

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Mutatoren  
**Autor:** Ehrenspurger, C. / Gerecke, E. / Loosli, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060861>

#### **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:** 16.01.2026

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

Ein weiteres Sondergebiet sind die *Lokomotivtransformatoren*. Der hochspannungsgesteuerte Lokomotivtransformator, der trotz anfänglicher Widerstände auf drei Doppel-Lokomotiven der Schweiz. Bundesbahnen eingeführt wurde, hat sich so gut bewährt, dass er nun auf weiteren SBB-Lokomotiven wieder zur Anwendung kommt. Seine wichtigen Vorteile sind: fast keine Wartung und eine recht hohe und für das Anfahren und Fahren angenehme Stufenzahl.

Aber auch der *stufenlos regulierbare Traktionstransformator* beginnt sich einzuführen. Er ist für das Fahren noch günstiger, weil er vollständig stosslos arbeitet. Es ist dies eine Neuschöpfung, welche

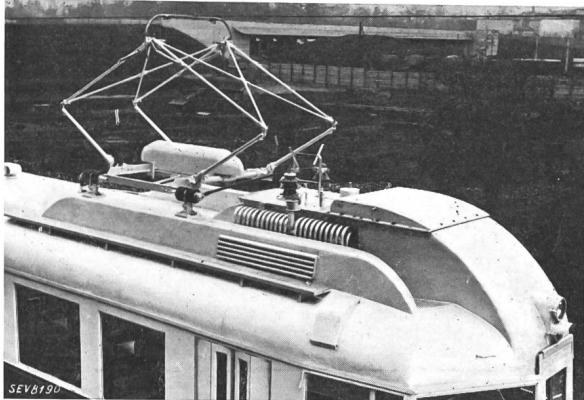


Fig. 8.

Transformator mit Röhrenkessel in Triebwagendach eingebaut.  
(Sécheron.)

noch diese und jene Kinderkrankheit aufweist. Ueberhaupt werden Neuschöpfungen — nur mit diesen wird der Fortschritt gewahrt — nie von allem Anfang an restlos gelingen. Aber ein zähes Arbeiten und Streben zur Verbesserung im Laboratorium, auf dem Versuchsstand, im Konstruktionssaal und im Betriebe wird stets alle Widerstände überwinden können.

Transformatoren mit Röhrenkesseln werden auch für Lokomotiven und Triebwagen angewendet; sie können bei Triebwagen unter dem Wagenboden oder auch auf dem Dach eingebaut werden, was vorzügliche Kühlung ergibt (Fig. 8).

Die am Transformator erzielten Fortschritte kamen auch den *Messwählern* zu gut, die an Sicherheit, an Wirtschaftlichkeit und an Messgenauigkeit gewannen. Ihre Dimensionen sind besonders stark von den Eigenschaften des Isoliermaterials abhängig. Doch bringt ihnen die Verbesserung der Blechquali-

täten — es sei nur an die Stromwandler erinnert — sehr weitgehende Vorteile. Bei den Schaltern wird das gefährliche Oel verlassen. Um aber Schaltanlagen ganz ölfrei zu bauen, müssen auch die Wandler ölfrei sein. Es genügt dabei nicht, nur das Oel wegzulassen und es durch ebenfalls verhältnismässig leicht brennbare, andere Isolierfüllmassen zu ersetzen. Vollständig ölf- und massefreie Wandler sind unter diesen Umständen die allein richtige Ausführung. So entstand der Druckluftspannungswandler, der da am Platze ist, wo Druckluft schon der Schalter wegen verfügbar ist, der für 42 kV Prüfspannung schon fertig probiert und für 152 kV Prüfspannung auf dem Versuchsstande steht. Man hat auch bei den Wählern daran gedacht, die brennbaren Oele durch sogenannte unbrennbare, die chlorierten Oele zu ersetzen. Aber einmal sind diese Oele, entgegen der Propaganda, nicht unbrennbar, dann bewähren sich darin nicht alle Isoliermaterialien und Lacke und wenn sie einmal grosser Hitze ausgesetzt sind, so besteht die Gefahr, dass sich aus ihnen für Menschen und Tiere gefährliche Gase entwickeln. So ist ihre Einführung bisher in Europa nicht gelungen, obgleich sie in Amerika infolge des Verlangens der Feuerversicherungsgesellschaften noch verhältnismässig öfters zur Anwendung kommen.

Vollständig ölf- und masselose Wandler, rein nur mit organischen und keramischen Isoliermaterialien und Ausnutzung aller Möglichkeiten für die elektrische Feldbemessung aufgebaut, sind zum Teil auf dem Markte, zum Teil im Studium.

Zum Schluss noch einiges über *Löschspulen*. Ihr Bau hat, unter Benützung der Erfahrungen an Betriebsdrosselspulen und an Transformatoren, von Anfang an nicht grosse Schwierigkeiten gezeigt. Nur der Bau der Wicklungen für die Regulierung der Stromstärke war nicht immer einfach und gerade bei hohen Spannungen nur mit sorgfältig ausgewählten Wicklungsanordnungen einwandfrei möglich. Man kann Löschspulen mit Lastschaltern bauen, woraus sich der Vorteil ergibt, dass bei Netzen, deren Zusammensetzung sich häufig ändert, die jeweilen gewünschte Reaktanz der Spule vom Schaltpult aus eingestellt werden kann, ohne die Spule vom Netz abzutrennen. Aber immer musste die Regulierung in Stufen erfolgen, was dem Zwecke nicht ganz entspricht. Es wurde deshalb die Regulierung stufenlos auch hier versucht, allerdings nicht an der Wicklung, sondern durch Veränderung des magnetischen Widerstandes; die Ausführung dieser Ideen brachte die erwarteten Resultate.

## Mutatoren.

Von C. Ehrensperger, Baden, E. Gerecke, Genf, H. Loosli, Wallisellen, und C. Sturzenegger, Zürich-Oerlikon.

621.314.65

Die Pionierarbeit der schweizerischen Industrie auf dem Gebiete der Quecksilberdampfmutatoren wird durch eine kurze Zusammenstellung der Marksteine der Entwicklung ins Licht gesetzt. Anschliessend wird das Problem der luftgekühlten und der pumpenlosen Ausführung gestreift. Zum Schluss wird auf die Glasmutatoren und Trockengleichrichter hingewiesen.

Vor mehr als 25 Jahren wurden in der Schweiz die ersten Quecksilberdampf-Mutatoren in Stahl-

gefäß in Betrieb genommen. Schon nach den ersten Erfolgen war der Konstrukteur bestrebt, die Le-

*Un coup d'œil rétrospectif sur les principales étapes du développement des mutateurs à vapeur de mercure met en lumière les mérites que s'est acquis l'industrie suisse dans ce domaine. Suit un exposé de quelques problèmes que soulèvent le refroidissement à air et la suppression des pompes à vide. L'étude se termine par quelques mots sur les mutateurs à ampoule de verre et les redresseurs secs.*

stung der Mutatoren zu steigern und in den darauf folgenden Jahren wurden stets bedeutendere Anlagen erstellt. Es darf hier festgehalten werden, dass es schweizerische Entwicklungsarbeit war, die diesen Apparat konstruktiv so durchgebildet hat, dass er praktisch brauchbar wurde; sie darf auch das Verdienst in Anspruch nehmen, die Gittersteuerung zu einem im praktischen Betrieb einwandfrei funktionierenden Element entwickelt und die dadurch entstandenen ganz neuen Anwendungsmöglichkeiten in die Praxis eingeführt zu haben. Der anfänglich nur für die Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom verwendbare Mutator wurde so zum heutigen allgemeinen Umformer.

Eine der ersten Anlagen wurde im Jahre 1914 in Schlieren für die Limmattal-Strassenbahn in Betrieb genommen. Die beiden Mutatoren für total 300 kW bei 600 V zeigen grundsätzlich den gleichen äusseren Aufbau, wie heutige Apparate. Eine besonders bedeutungsvolle Etappe der Anwendung des Mutators war dann der Beginn der Elektrifizierung der Vollbahnen in Frankreich. Für die Chemins de Fer du Midi wurden damals mehrere Unterstationen mit Mutatoren ausgerüstet. Vom Erfolg jener Ausführung, man darf es heute ruhig sagen, wurde die ganze Entwicklung des Mutators entscheidend beeinflusst.

Um das Jahr 1927 begann die Einführung der gesteuerten und ungesteuerten Gitter. Der blosse Einbau ungesteuerter Entionisierungsgitter ergab damals eine bedeutende Erhöhung der Betriebssicherheit und erlaubte eine weitere Steigerung der Typenleistung. Die Verwendung der gesteuerten Gitter gestattet das Löschen von Rückzündungen und Kurzschlüssen und das Regulieren der Gleichspannung. Durch die Löschung der Rückzündungen in kürzester Zeit konnten ihre schädlichen Wirkungen auf Netz und Mutator ganz bedeutend herabgesetzt werden.

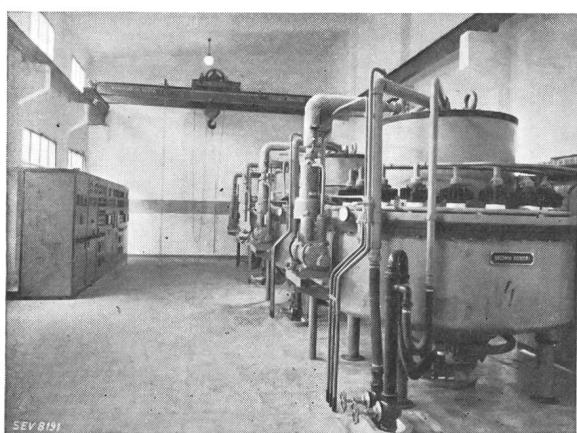


Fig. 1.

Mutatoranlage Martigny für Aluminium-Elektrolyse.  
23 000 A, 350 V. Baujahr 1938.  
(Brown Boveri.)

Für Elektrolyseanlagen (Aluminium, Zink) werden grosse Leistungen benötigt mit Stromstärken zum Teil sogar über 100 000 A und Spannungen bis

gegen 1000 V. Dieses Anwendungsgebiet blieb in letzter Zeit zum überwiegenden Teil dem Mutator vorbehalten (Fig. 1).

Parallel zur Entwicklung des Mutators für hohe Stromstärke ging die Entwicklung für sehr hohe Spannung, gefördert durch den Bedarf der Radiosender. An zwei grossen Ausstellungen wurden Höchstleistungen in bezug auf erreichte Spannung im Betrieb vorgeführt: Im Sommer 1926 wurde an der Internat. Ausstellung für Binnenschiffahrt und Wasserkraftnutzung in Basel ein Mutator für 5000 V Gleichspannung im Betrieb gezeigt; an der Schweiz. Landesausstellung 1939 ist die Endstation der ersten Gleichstrom-Hochspannungs-Uebertragung mit Mutatoren zu sehen (Fig. 2)<sup>1)</sup>. Deren Betriebsspannung

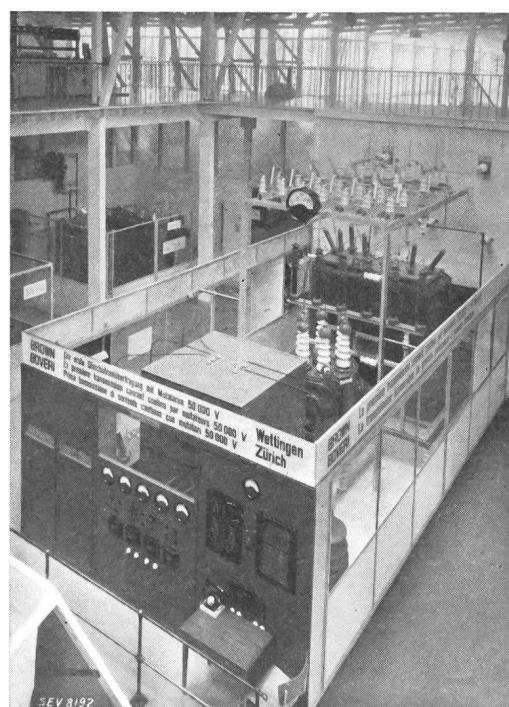


Fig. 2.  
Gleichstrom-Uebertragung Wettingen—Zürich.

Gleichstrom-Wechselstrom-Mutator. 50 000 V, 500 kW. Im Unterwerk der Schweizerischen Landesausstellung 1939, zur Speisung der Energieversorgung der Ausstellung parallel mit dem städtischen Netz.  
(Brown Boveri.)

von 50 kV ist also bereits das Zehnfache der in der früheren Ausstellung gezeigten Anlage. Die Leistung wurde mit Rücksicht auf die schon vorhanden gewesenen Transformatoren auf 500 kW festgesetzt, was einer Stromstärke von 10 A entspricht. Die Anlage verbindet das Kraftwerk Wettingen mit dem Verteilungsnetz der Stadt Zürich. Zur Uebertragung wird das Erdseil der bestehenden Drehstromleitung benutzt, das zu diesem Zwecke isoliert wurde. Die Rückleitung erfolgt über die Erde. Die Sendestation Wettingen ist mit der Empfängerstation Zürich telefonisch über eine Hochfrequenzträgerwelle, die ebenfalls auf der 50-kV-Gleichstromleitung übertragen wird, verbunden. Die Anlage ist

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1939, Nr. 17, S. 481.

seit Beginn der Ausstellung täglich während der ganzen Besuchszeit im regelmässigen Betrieb. In diesem Zusammenhang soll auf die bereits bekannten Vorteile der Gleichstromübertragung gegenüber

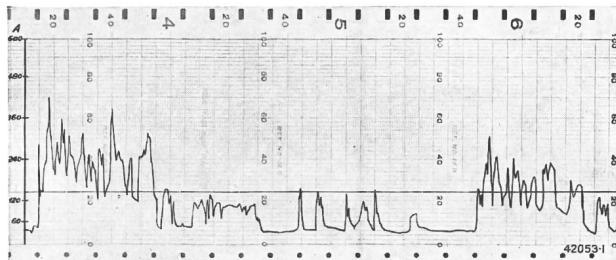


Fig. 3.

Belastungsdiagramm des Gleichstrom-Wechselstrom-Mutators der Anlage Van Reenen in Südafrika.  
(Brown Boveri.)

der Drehstromübertragung hingewiesen werden<sup>2)</sup>. Es kann auf Grund des heute erreichten Resultates schon ausgesagt werden, dass damit das modernste Uebertragungssystem seinen Anfang nimmt.

Die Einführung der gesteuerten Gitter eröffnete dem Mutator eine Reihe von neuen Anwendungsbereichen<sup>3)</sup>. Von besonderem Interesse sind die im Jahre 1935 in Betrieb genommenen 3400-V-Mutatoren der Electricity Supply Commission für die Südafrikanischen Bahnen, da dort Mutatoren nicht nur für die Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom, sondern auch für die Umformung von Gleich-

strom in Wechselstrom aufgestellt wurden. Die Gleichstrom-Wechselstrom-Mutatoren dienen zur Nutzbremsung der talwärtsfahrenden Züge (Fig. 3).

Der Mutator ist nicht nur befähigt, Wechselstrom in Gleichstrom und Gleichstrom in Wechselstrom umzuformen, sondern er kann auch zur Umformung von Wechselstrom einer Frequenz in Wechselstrom einer andern Frequenz Verwendung finden. Es sei hier auf die Umformung von Drehstrom von 50 Hz in Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Hz hingewiesen<sup>4)</sup>, deren Anwendung für den Bahnbetrieb schon seit einigen Jahren in Angriff genommen worden ist. Auf ähnliche Weise kann auch Drehstrom von 50 Hz in Einphasen-Wechselstrom höherer Frequenz zur

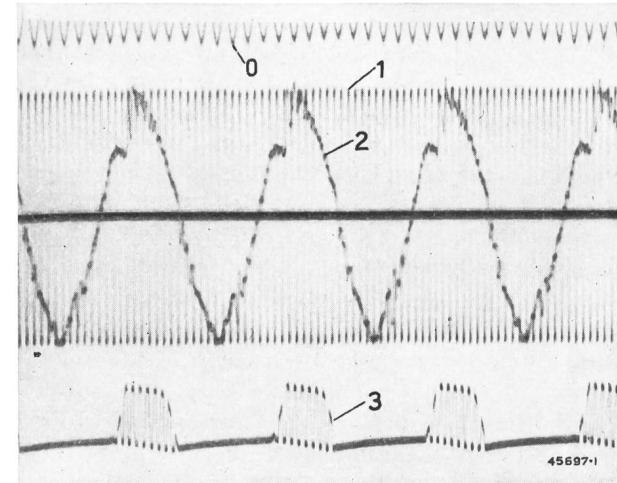
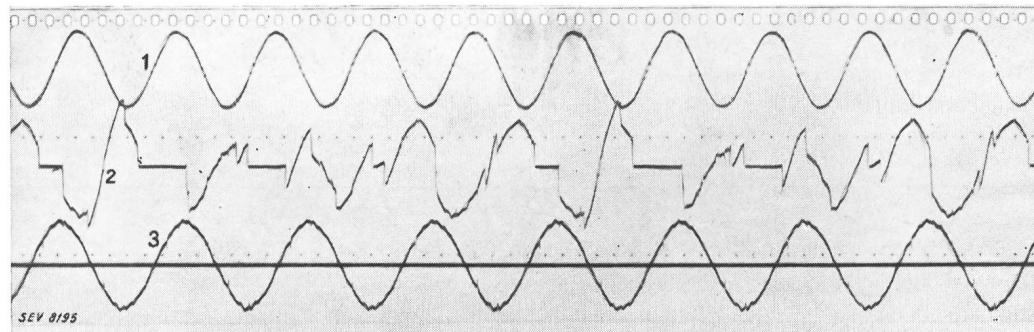


Fig. 4.

Strom- und Spannungs-Verhältnisse eines Dreiphasen-Einphasen-Mutators bei der Speisung einer 1000-Hz-Induktionsöfen.  
0 Eichfrequenz 500 Hz.  
1 Ofenspannung 1000 Hz.  
2 Drehstromseitige Phasenspannung.  
3 Strom einer Anode.  
(Brown Boveri.)

nen Jahres zum erstenmal ausgeführt<sup>6)</sup> (Fig. 5). Die Regulierung dieses Dreiphasen-Dreiphasen-Mutators erfolgt durch eine neuartige trägeheitslos arbeitende Steuerung und Regulierung (Fig. 6). Die



strom in Wechselstrom aufgestellt wurden. Die Gleichstrom-Wechselstrom-Mutatoren dienen zur Nutzbremsung der talwärtsfahrenden Züge (Fig. 3).

Der Mutator ist nicht nur befähigt, Wechselstrom in Gleichstrom und Gleichstrom in Wechselstrom umzuformen, sondern er kann auch zur Umformung von Wechselstrom einer Frequenz in Wechselstrom einer andern Frequenz Verwendung finden. Es sei hier auf die Umformung von Drehstrom von 50 Hz in Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Hz hingewiesen<sup>4)</sup>, deren Anwendung für den Bahnbetrieb schon seit einigen Jahren in Angriff genommen worden ist. Auf ähnliche Weise kann auch Drehstrom von 50 Hz in Einphasen-Wechselstrom höherer Frequenz zur

Anwendung der elastischen Kupplung zweier Drehstromnetze ist nicht nur auf die Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz beschränkt, sondern sie

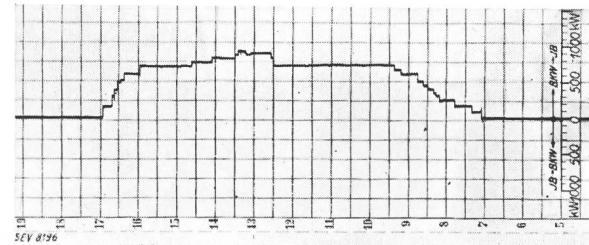


Fig. 6.

Registrierstreifen für die Leistungsabgabe des Dreiphasen-Dreiphasen-Mutators Lütschenthal.  
Automat, Regulierung mit Elektronenregler zur Einhaltung einer konstanten Last und Einstellung der gewünschten konstanten Leistung durch Fernbetätigung.  
(Brown Boveri.)

<sup>2)</sup> Siehe in dieser Nummer: E. Kern: Die Gleichstromkraftübertragung, ihr heutiger Stand und ihre Zukunft.

<sup>3)</sup> Bull. SEV 1931, Nr. 22, S. 533; 1933, Nr. 13, S. 281, und 1936, Nr. 24, S. 690.

<sup>4)</sup> Brown-Boveri-Mitteilungen, Juni 1934, S. 96.

<sup>5)</sup> Brown-Boveri-Mitteilungen, Mai/Juni 1938, S. 130.

<sup>6)</sup> Bull. SEV 1939, Nr. 9, S. 225.

wird ganz besonders für die elastische Kupplung von Netzen gleicher Frequenz von Bedeutung sein<sup>7)</sup>), ergibt sich doch daraus die Möglichkeit, die bestehenden Netze weitgehend miteinander zu kuppeln, ohne die unabhängige Betriebsführung der gekuppelten Netze einzuschränken. Die elastische Kupplung von Netzen gleicher Frequenz mittels Mutatoren ermöglicht, den Energieaustausch auf rein wirtschaftlicher Grundlage planmäßig aufzubauen ohne Behinderung durch Regulierprobleme.

### Die Luftkühlung.

Die Wasserkühlung, die viele Komplikationen und Verteuerungen bei der Konstruktion, bei der Montage und beim Betrieb mit sich bringt, wird heute mehr und mehr durch Luftkühlung ersetzt. Heute darf auch dieses Problem für gelöst gelten. Die luftgekühlten Mutatoren können die Fabrik als fertige Einheit verlassen; am Montageort brauchen sie nur noch an Transformator und Sammelschiene angeschlossen zu werden.

Das Problem des luftgekühlten Mutators liegt in der wirtschaftlichen Abfuhr der Verlustwärme. Für geringste Kühlleistungen müssen höhere Temperaturen in Kauf genommen werden als bei Wasserkühlung; auch die ziemlich gleichmässige Temperaturverteilung des wassergekühlten Gefäßes geht verloren. Dadurch werden die physikalischen Vorgänge in der Entladungsbahn wesentlich beeinflusst, so dass die Rückzündungssicherheit von neuem überprüft und durch geeigneten Bau der Einzelteile gewährleistet werden musste. Die höheren Temperaturen verlangten erneutes Studium der Dichtungsfrage und es entstanden hiefür neue Lösungen.

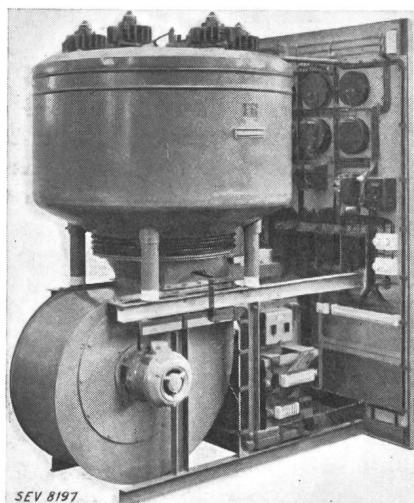


Fig. 7.  
Mutator-Bloc. 1600 A, 600 V.  
(Brown Boveri.)

Mutatoren mit Luftkühlung zeigen mannigfaltige Ventilationseinrichtungen (Fig. 7 bis 10). Ein geschlossenes, separat aufgestelltes Gebläse lässt sich leichter mit gutem Wirkungsgrad herstellen, benötigt aber etwas mehr Platz, während ein offenes

<sup>7)</sup> Siehe in dieser Nummer: F. Grieb: Netzkupplung.

Schraubenrad oder ein Propeller, unter der Kathode eingebaut, eine bessere Raumausnutzung auf Kosten des Wirkungsgrades ergibt. Die Vorteile bei der Methoden können durch zweckmässige Erzeugung und Führung des Luftstromes kombiniert werden (Fig. 8).

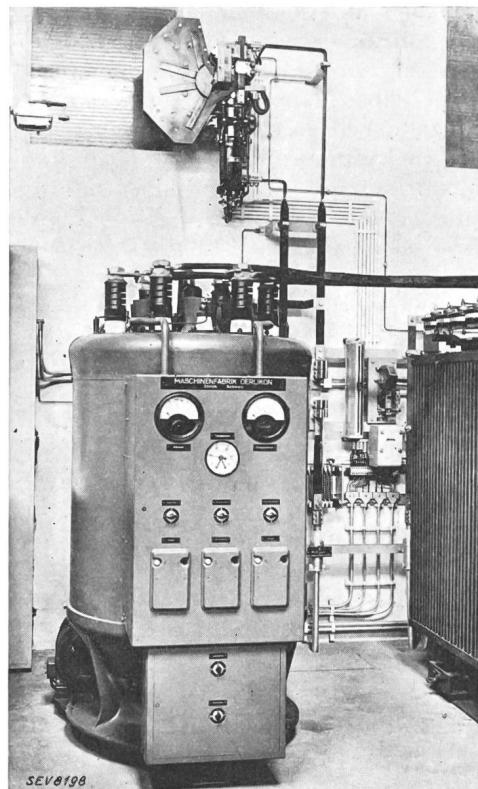


Fig. 8.  
Luftgekühlter Mutator. 1000 kW, 600 V.  
Im Unterwerk der Schweizerischen Landesausstellung 1939, Zürich, zur Speisung der städtischen Strassenbahn parallel mit dem städtischen Netz. Grundfläche des Mutators mit Zubehör 1,75 m<sup>2</sup>. KühlLuftmenge 75 Liter pro 100 Amp. Kathodenstrom und Sekunde.  
(Maschinenfabrik Oerlikon.)

Die bisher mit Frischwasser gekühlte Hochvakuumpumpe musste ebenfalls eine Umkonstruktion erfahren. Eine der gewählten Lösungen besteht darin, dass das Düsenrohr der Hochvakuumpumpe in einen mit Flüssigkeit gefüllten Rippenkühler untergebracht wird. Die umgebende Luft genügt ohne forcierte Strömung, um die Wärme abzuleiten, so dass die Pumpe auch bei hohen Raumtemperaturen noch mit unverminderter Saugleistung arbeitet. Andere Lösungen bevorzugen eine durch Luftstrom gekühlte Pumpe ohne Kühlflüssigkeit.

Als wesentliches Resultat dieser Bestrebungen darf festgestellt werden, dass bisher luftgekühlte Typen keine grösseren Abmessungen aufweisen als wassergekühlte gleicher Leistung. Die erzielten Erfolge gestatten, Einheiten grösserer Leistung zu bauen. Es steht nichts im Wege, Mutatoren mit Luftkühlung heute schon für mehrere tausend Amperé auszuführen.

### Pumpenlose Mutatoren in Stahlgefäß<sup>8)</sup>.

Auf diese Bauart, eine schweizerische Schöpfung, soll hier ebenfalls kurz eingegangen werden. Schweizer Ingenieure stellten und lösten erstmals das Problem, die im Elektronenröhrenbau zu grosser Vollkommenheit entwickelten Methoden der Hochvakuumtechnik auf Quecksilberdampfmutatoren in Stahlgefässen anzuwenden, also die Gefässer unter Vakuum auf 400 ° C zu erhitzen und dann von der Pumpe abzutrennen. Es musste eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer angestrebt werden, im Gegensatz zu der begrenzten Lebensdauer der Glühlampen, Elektronenröhren und Glasmutatoren. Die Dichtigkeit der Gefässer wird durch ein speziell entwickeltes, höchst empfindliches chemisches Prüfverfahren sichergestellt. Für die Elektrodeneinführungen, die Temperaturen von 450 ° C gewachsen sein müssen, werden Verschmelzungen zwischen keramischen Rohren und Metallkragen verwendet (seit 1934) die unter Anwendung eines Glas- oder Emailflusses hochvakuumdicht sind. Die wegen der Wasserstoffdiffusion aus dem Kühlwasser ins Vakuum (1930) zwingende Forderung «Weg vom Kühlwasser» führte zum luftgekühlten Mutator. Durch eingehende physikalisch-chemische Studien reifte die Erkenntnis, dass bei vorzüglich entgasten Stahlmutatoren die gasaufzehrenden Vorgänge (clean up) das Uebergewicht über die gasabgebenden Vorgänge haben, wodurch die dauernde Auf-

rechterhaltung des Vakuums gesichert ist. Eingehende entladungstheoretische Untersuchungen führten zur Lösung des Problems der von Mutatoren selbst erzeugten hohen Ueberspannungen, die in Form von ungedämpften Hochfrequenzschwingungen dann auftreten, wenn mehr Strom gefordert

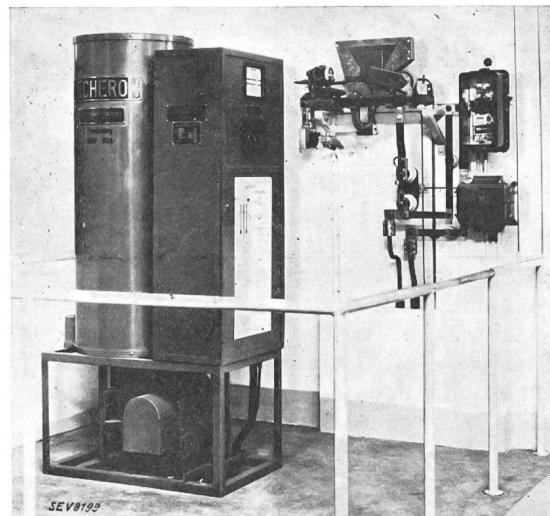


Fig. 10.

Luftgekühlter pumpenloser Mutator mit Stahlgefäß.

300 A, 600 V.

Im Unterwerk der Schweizerischen Landesausstellung 1939 zur Speisung der Ladestration der Akkumulatoren für die Ausstellungsbahn. (Sécheron.)

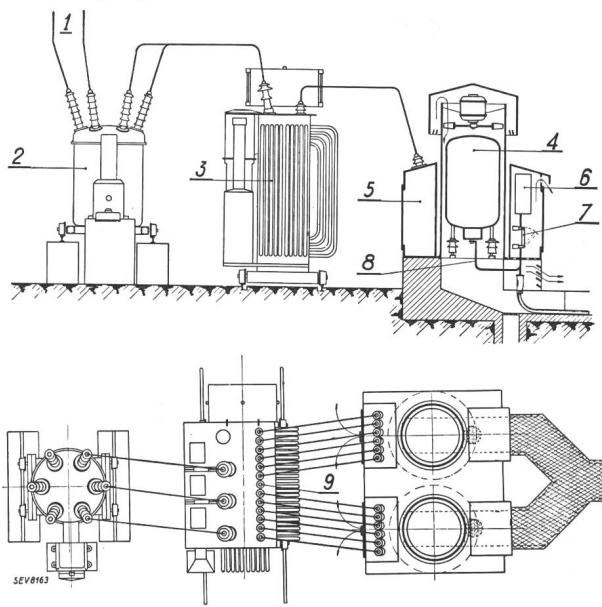


Fig. 9.

Projekt eines Freiluftmutators. 1000 kW, 750 V.

1 Drehstromhochspannung 30 kV. 2 Oelschalter. 3 Transformatormit Regulierung unter Last. 4 Mutator. 5 Schrank. 6 Schnellschalter. 7 Trenner. 8 Positiver Pol. 9 Negativer Pol.

<sup>8)</sup> Walter Dällenbach: Grossgleichrichter ohne Vakuumpumpe. ETZ Bd. 55 (1934), S. 85.

Eduard Gerecke: Grossgleichrichter ohne Vakuumpumpe. Bulletin SEV 1934, S. 179.

Walter Dällenbach: Grossgleichrichter ohne Vakuumpumpe. Bulletin SEV 1936, S. 693.

Walter Dällenbach und Eduard Gerecke: Grossgleichrichter ohne Vakuumpumpe. ETZ Bd. 57 (1936), S. 937.

Eduard Gerecke: Le redresseur type Sécheron. Bull. Sécheron Nr. 12.

wird, als der Leitfähigkeit des Dampfes entspricht, z. B. im kalten Zustand. Erstmals in der Entwicklungsgeschichte der Mutatoren können nun derartige Gefässer im kalten Zustand ohne Ueberspannungen auf Vollast, Ueberlast, ja auf Kurzschluss geschaltet werden. Der Bau von Freiluftanlagen wurde dadurch ermöglicht (Fig. 9). Der erste pumpenlose Mutator der Welt war 1933 in Zürich in Betrieb<sup>9)</sup>. Im Unterwerk der Schweizerischen Landesausstellung in Zürich steht ein solcher Apparat im Dauerbetrieb (Fig. 10). Die Luftleere hat sich nach 16 000 Brennstunden nicht im geringsten verschlechtert.

### Mutatoren in Glasgefäß.

Während im Ausland schon seit 40 Jahren der Glasmutator im Vordergrund stand und zu grosser Vollkommenheit entwickelt wurde, ging die schweizerische Industrie, wie erwähnt, vom Typ mit Eisengefäß aus, dessen Durchbildung ihr eigentliches Werk ist. Die rasche Entwicklung des Rundfunks, die erhöhten Ansprüche im automatisierten Fernsprechdienst usw. bewirkten jedoch im Laufe der letzten Jahre eine stetige und grosse Nachfrage nach einem billigen, einfachen und sicher arbeitenden Klein-Mutator, wofür der Glas-Typ in Frage kam. Vor 15 Jahren wurde daher in der Schweiz mit dem Bau solcher Apparate begonnen, wobei auch eine Glasbläserei eingerichtet wurde. Die Einführung dieses für die Schweiz damals noch vollständig neuen Fabrikationsgebietes bereitete zuerst

<sup>9)</sup> Bull. SEV 1934, S. 180, Fig. 3, und ETZ 1934, S. 88, Fig. 6.

grosse Schwierigkeiten. Aber es gelang in relativ kurzer Zeit, den Markt mit einem guten Glühkatho-

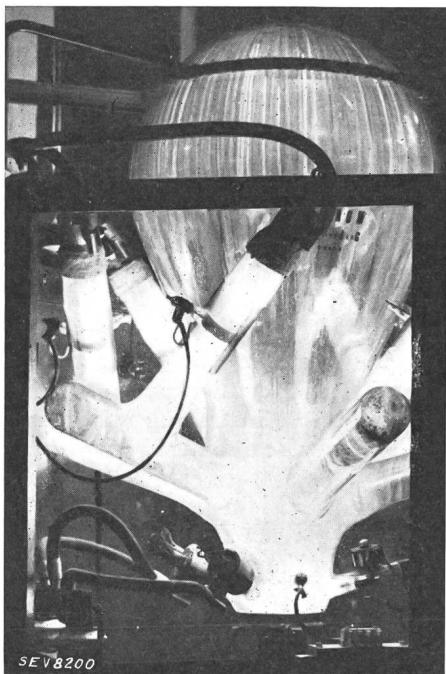


Fig. 11.

Glasmutator. 60 ... 260 V, 200 A.

Im Unterwerk der Schweizerischen Landesausstellung zur Speisung des aerodynamischen Laboratoriums der Abteilung Flugwesen der Ausstellung.  
(Signum.)

denmutator mit thorierter Wolframkathode in argonhaltiger Atmosphäre zu gewinnen. Es folgte der Bau von Quecksilberdampf-Mutatoren mit flüssiger Kathode. Der grösste dieser Kolben genügt für eine Nennleistung von 500 A bei einer Spannung von 600 V (Fig. 11). Entionisierungsgitter erlauben, die Betriebsspannung auf 10 000 V zu steigern. Diese Mutatoren dienen speziell zum Betrieb von Sende-anlagen in Radiostationen. Die umständlichen, besonders bei automatischem Betrieb komplizierten Schaltungen zur Zündung dieser Quecksilberdampf-kolben wurden durch die sog. Resonanz-Zündung vereinfacht und die Zündung wesentlich erleichtert und beschleunigt<sup>10)</sup>.

Neben den gas- und dampfhaltigen Mutatoren werden ferner Hochvakuumapparate für Sperrspannungen bis 300 000 V gebaut.

Neuerdings werden auch Trockengleichrichter hergestellt. In bezug auf Einfachheit, Lebensdauer und Preis kann der Glühkathoden- und der Quecksilberdampf-Mutator mit flüssiger Kathode, wenn es sich um relativ niedere Gleichspannungen handelt, mit dem Trockengleichrichter nicht mehr konkurrieren. Bei höherer Leistung und insbesondere höherer Spannung kommt der Trockengleichrichter jedoch nicht in Frage, weil seine Abmessungen und die inneren Verluste zu gross werden. Dieses Gebiet bleibt nach wie vor dem thermoionischen Apparat vorbehalten.

<sup>10)</sup> Bull. SEV 1936, S. 703.

## Netzkupplung.

Von F. Grieb, Baden.

621.311.161

Die Bedingungen, die an elastische Netzkupplungsanlagen für den Leistungsaustausch zwischen Netzen gleicher oder verschiedener Frequenz gestellt werden müssen, werden formuliert und es wird unter Bezugnahme auf ausgeführte Anlagen untersucht, wie einerseits Anlagen mit rotierenden Maschinen, anderseits solche mit statischen Apparaten (Mutatoren) diese Bedingungen zu erfüllen vermögen. Beide Anlagetypen genügen allen Bedingungen fast restlos, wenn auch auf verschiedene Art. Die Zukunft wird wohl den in voller Entwicklung befindlichen statischen Anlagen gehören. Sie sind vielleicht in einer weiteren Zukunft berufen, die heute übliche starre Netzkupplung durch eine elastische zu ersetzen, so dass die verschiedenen Kraftwerke zu einer vollständig freien, nur durch wirtschaftliche Rücksichten bestimmten Betriebsführung übergehen könnten.

Wirtschaftliche Gründe verlangen oft den Zusammenschluss von Netzen verschiedener Frequenz; betriebstechnische Bedingungen können auch die elastische Kupplung von Netzen gleicher Frequenz sehr wünschenswert werden lassen.

Die Bedingungen, die an solche elastische Kupplungen zweier selbständiger Netze gleicher oder verschiedener Frequenz gestellt werden, sind die folgenden:

1. Der Leistungsaustausch zwischen gekuppelten Kraftwerken soll unabhängig von der relativen Frequenz der beiden Netze innerhalb der Belastungsgrenze des Kupplungsgliedes in beiden Richtungen möglich sein. Die übertragene Leistung soll entweder auf einem beliebig einstellbaren Wert konstant gehalten oder in Abhängigkeit der Fre-

L'auteur formule les conditions que doivent remplir les installations de couplage élastique pour les échanges de puissance entre réseaux de fréquences égales ou différentes, et recherche en partant d'installations existantes, comment les installations à machines rotatives et celles à appareils statiques (mutateurs) remplissent ces conditions. Les deux types d'installations répondent presqu'entièrement à ces conditions, chacun à sa manière. L'avenir semble appartenir aux installations statiques, actuellement en plein développement. Celles-ci seront probablement appelées, dans un avenir plus éloigné, à remplacer les couplages rigides actuels par des couplages élastiques, de sorte que les différentes usines pourront passer à un régime d'exploitation absolument libre, dicté uniquement par des considérations économiques.

quenz des einen oder andern Netzes geregelt werden können. Bei der zweiten Regulierart muss die Leistungsabhängigkeit von der massgebenden Frequenz, d. h. die Statik, wie auch der Leerlaufpunkt (Frequenz für Leistung 0) im Interesse eines anpassungsfähigen Parallelbetriebes einzeln auf zum voraus bestimmte Werte eingestellt werden können. Bei diesem Pufferbetrieb ist im Interesse der Erhaltung der Kupplung eine Leistungsbegrenzung nötig, um beim Ueberschreiten einer bestimmten Frequenz das weitere für das Kupplungsglied unerträgliche Anwachsen der Uebertragungsleistung zu verhindern.

2. Störungen in einem gekuppelten Netze, wie Kurzschlüsse, mit raschen Frequenzänderungen, sollen eine möglichst geringe Rückwirkung auf das ge-