

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 28 (1950)

Heft: 8

Artikel: Neue Entwicklungen in der Gleichrichtertechnik = Développement de la technique des redresseurs

Autor: Kesselring, Fritz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874383>

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: 30.04.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DER SCHWEIZERISCHEN POST-, TELEGRAPHEN- UND TELEPHONVERWALTUNG

BULLETIN TECHNIQUE / BOLLETTINO TECNICO

PUBLIÉ PAR L'ADMINISTRATION DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES SUISSES

PUBBLICATO DALL'AMMINISTRAZIONE DELLE POSTE, DEI TELEGRAFI E DEI TELEFONI SVIZZERI

Neuere Entwicklungen in der Gleichrichtertechnik

Von Fritz Kesselring, Zürich

Développement de la technique des redresseurs

Par Fritz Kesselring, Zurich

621.314.63

Zusammenfassung. Zu Beginn des Jahres 1945 gelang es wohl zum erstenmal, elektromagnetisch betätigte Schalter mit Schaltzeiten von etwa 10^{-4} s zu bauen. Damit waren die Voraussetzungen gegeben, um die Arbeitsweise eines echten Ventils auf einen schnellen Schalter abzubilden. Zur Steuerung wurden zunächst Selengleichrichter verwendet; sie befriedigten jedoch nur bis zu Sperrspannungen von etwa 200 V. Für höhere Spannungen musste daher ein neues Ventil entwickelt werden, dessen Zündung zudem durch Gittersteuerung beeinflussbar sein sollte.

Entsprechend dieser Aufgabenstellung entstanden zwei neuartige Gleichrichter, nämlich der sogenannte Schaltgleichrichter, als Kombination aus einem Steuerventil kleiner Leistung mit einem elektromagnetischen Schnellschalter, und, in Fortführung der Arbeiten an dem Steuerventil, ein Röhrengleichrichter für Stromstärken bis zunächst etwa 30 A und Spannungen bis zu 1500 V. Im nachfolgenden wird kurz über die Grundprinzipien dieser neuen Gleichrichter berichtet.

Der Schaltgleichrichter

Etwas allgemeiner ausgedrückt, liegt dem Schaltgleichrichter folgende übergeordnete Idee zugrunde: Es wird zunächst eine an sich beliebige Gleichrichterschaltung mit Hilfe «echter Ventile» sehr kleiner Leistung aufgebaut und dann jedem Ventil ein Überbrückungsschalter derart zugeordnet, dass er sich schliesst, wenn in dem zugehörigen Ventil Vorwärtsstrom zu fließen beginnt, und sich wieder öffnet, unmittelbar bevor der Schalterstrom seinen Nullwert erreicht.

Unter den vielen möglichen und zum grösseren Teil auch untersuchten Schaltungen hat sich bisher lediglich die Anordnung nach Figur 1 bewährt. Die Wirkungsweise ist kurz folgende: Mit positiv werdender Spannung u beginnt der Strom i zu fließen. Seine Anstiegsgeschwindigkeit ist zunächst allein durch die Schaltdrossel D bestimmt. Da der Schalter S noch offen ist, fließt der Strom i zwar durch dessen Steuerwicklung, nimmt aber dann seinen Weg über

Résumé. Au début de 1945, on est arrivé pour la première fois à construire des interrupteurs à commande électromagnétique dont le temps d'ouverture et de fermeture est d'environ 10^{-4} s. On pouvait dès lors réaliser le fonctionnement d'un redresseur idéal à l'aide d'un interrupteur rapide. Pour la commande, on recourut tout d'abord à des redresseurs au sélénium; leur fonctionnement ne donna toutefois satisfaction que jusqu'à des tensions de blocage de 200 V environ. Pour les tensions plus élevées, on dut mettre au point un nouveau redresseur, dont l'allumage devait en outre être influencé par commande au moyen de la grille.

Le problème posé fut résolu par la création de deux nouveaux types de redresseurs, soit le redresseur mécanique, qui est une combinaison d'un redresseur de commande de faible puissance avec un interrupteur rapide électromagnétique, et le redresseur électronique pour courants de 30 A environ et tensions jusqu'à 1500 V, résultant du développement du redresseur de commande. L'article qui suit expose les principes de ces deux nouveaux redresseurs.

Le redresseur mécanique

L'idée fondamentale de la construction du redresseur mécanique est la suivante: On construit d'abord un redresseur quelconque à l'aide de «redresseurs idéaux» de très faible puissance. On connecte à chacun de ces redresseurs un interrupteur de pontage de sorte que l'interrupteur se ferme lorsqu'un courant commence à circuler dans le sens positif dans le redresseur correspondant, et qu'il s'ouvre juste avant que le courant revienne à la valeur zéro.

De tous les montages possibles, dont la plus grande partie a été essayée, seule la disposition représentée à la figure 1 a fait ses preuves jusqu'ici. Le fonctionnement est le suivant: Sous une tension u devenant positive, un courant i commence à circuler. Il s'accroît d'abord à une vitesse déterminée par la bobine d'inductance D . L'interrupteur S étant encore ouvert, le courant i circule dans l'enroulement de commande, et dans le redresseur V . Lorsque le courant atteint la valeur I_e l'interrupteur S se ferme;

das Ventil V. Bei Erreichen des Einschaltstromes I_e spricht der Schalter S an; das Ventil V wird überbrückt, wobei sich der Spannungsabfall u_s augenblicklich auf Bruchteile eines Volts verringert. Sobald der innerhalb der Stufe liegende Abfallstrom I_a erreicht ist, öffnet sich der Schalter S, und der Strom fliesst nun bis zum Erreichen seines Nulldurchganges erneut über das Ventil V. In der darauffolgenden Halbwelle ist die Spannung u negativ, das Ventil V sperrt somit; eine Betätigung des Schalters S unterbleibt.

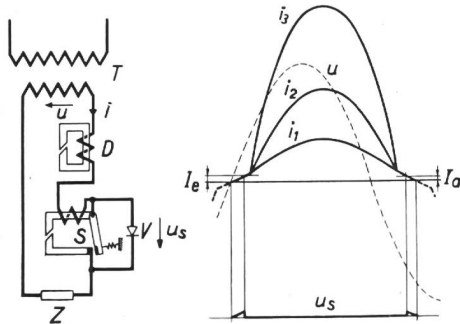


Fig. 1. Prinzip des Schaltgleichrichters
Prinzip des Redresseurs mechanische

Wenn auch das Prinzip des Schaltgleichrichters einfach ist, so hat es doch vier Jahre angestrebter Arbeit bedurft, um die dabei aufgetretenen Probleme zu lösen.

Zunächst genügte der elektromagnetisch betätigte Schalter noch keineswegs den Anforderungen im Gleichrichterbetrieb; es zeigte sich nämlich, dass die Phasenverschiebung zwischen dem Strom und dem von ihm erzeugten magnetischen Fluss unzulässig gross werden konnte, was zu Fehlschaltungen Anlass gab. Erst durch sorgfältige Untersuchungen, besonders von *G. Weissenberger*, konnten Magnetkreise gefunden werden, die über den ganzen Strombereich Phasenverschiebungen von weniger als 1° elektrisch gewährleisten.

Wenn auch die ersten Schalter bereits der Forderung nach genügend kleiner Schaltzeit in der Größenordnung von etwa 10^{-4} s genügten, so waren sie doch weder dauerhaft, noch arbeiteten sie genügend prellfrei. Auf Grund der Aussagen einer von *E. Wettstein* entwickelten allgemeinen Modelltheorie elektromagnetischer Systeme konnte die Masse des Ankers soweit verringert und seine Form so gestaltet werden, dass auch nach Milliarden von Schaltungen keine Veränderungen mehr auftraten. Durch Verwendung extrem leichter Systeme, kleinstmöglicher Schalthübe, von Kontaktwerkstoffen mit grosser Eigendämpfung und Ausnützung der Mehrfachreflexion gelang es schliesslich, auch das so überaus schwierige Prellproblem zu meistern.

Da unser Streben von Anfang an darauf gerichtet war, auch grosse Stromstärken zu beherrschen, war es nötig, das Erwärmungsproblem sorgfältig zu studieren. Aufbauend auf Arbeiten von *F. Kohlrausch*

der Redresseur V ist ponté und die chute de tension u_s se réduit instantanément à une fraction de volt. Dès que le courant de relâchement I_a (qui se trouve sur un palier) est atteint, l'interrupteur S s'ouvre et le courant s'écoule de nouveau par le redresseur V jusqu'à ce qu'il s'annule. Pendant l'alternance suivante, la tension u est négative, le redresseur V interrompt le passage du courant et l'interrupteur S n'est pas actionné.

Bien que le principe du redresseur mécanique soit simple, il n'en a pas moins fallu quatre ans d'efforts pour résoudre les problèmes que posait sa mise au point.

L'interrupteur à commande électromagnétique ne satisfaisait pas tout d'abord aux exigences imposées par l'emploi de redresseurs; on constata notamment que le déphasage entre le courant et le flux magnétique qu'il produisait atteignait des valeurs inadmissibles, et qu'il en résultait de fausses commutations. Seuls des essais approfondis, faits en particulier par *G. Weissenberger*, permirent de trouver des circuits magnétiques donnant électriquement des déphasages de moins de 1° dans toute la gamme des courants.

Si les premiers interrupteurs satisfaisaient à l'exigence d'un temps d'ouverture ou de fermeture suffisamment bref, de l'ordre de 10^{-4} s, ils n'étaient cependant pas assez résistants ni assez exempts de vibrations. En appliquant une théorie générale des systèmes électromagnétiques formulée par *E. Wettstein*, on a pu réduire la masse de l'armature et donner à celle-ci une forme telle que même après des milliards d'enclenchements et de déclenchements, il ne se produise pas de modifications. En recourant à des systèmes extra-légers, à des matériaux de contact ayant un grand affaiblissement propre, en donnant une course aussi réduite que possible aux interrupteurs et en utilisant la réflexion multiple, on est arrivé à résoudre le problème extrêmement difficile des vibrations.

Dès le début, nous avons cherché à construire des dispositifs supportant également les grandes intensités. Pour cela, il était nécessaire d'étudier avec soin le problème de l'échauffement. D'après les travaux de *F. Kohlrausch* et *H. Diesselhorst*, nous avons pu calculer d'avance le refroidissement axial de tels systèmes, ce qui nous ouvrit le chemin vers la construction de cartouches de contact pour courants d'intensités élevées.

Quiconque s'est occupé de contacts sait dans quelle mesure la longévité de ceux-ci dépend de la formation de cratères et du transport de matière par courant de rupture. On appelle formation de cratères le transport de matière accompagné d'étincelles. Il était évident que, étant donné le nombre extrêmement grand d'enclenchements et de déclenchements, il fallait éliminer toute formation d'étincelles.

Il était encore plus difficile d'empêcher le transport de matières par courant de rupture, les conditions

und *H. Diesselhorst*, liess sich die axiale Kühlung derartigen Systeme voraus berechnen, womit der Weg zur Konstruktion von Hochstrom-Schaltpatronen vorgezeichnet war.

Wer sich je mit Kontaktfragen beschäftigt hat, der weiss, in welchem Grade die Lebensdauer von der sogenannten Grob- und Feinwanderung abhängig ist. Grobwanderung nennt man bekanntlich den Materialtransport, der bei Funkenbildung auftritt. Es war von vornherein klar, dass bei der ausserordentlich hohen Schaltzahl jede Funkenbildung vermieden werden musste.

Noch schwieriger war es, den Materialtransport durch Feinwanderung zu verhindern, da bei dieser in vollkommen funkenfreiem Betrieb auftretenden Erscheinung nicht einmal die theoretischen Voraussetzungen völlig klar lagen. Es wurde zwar von *R. Holm* und *H. Paetow* vermutet, dass durch den Thomson-Effekt eine Unsymmetrie in der bei jeder Unterbrechung auftretenden flüssigen Brücke erzeugt wird, derart, dass die heisseste Stelle nicht mehr in der Mitte liegt; jedoch stand diese Deutung zunächst bezüglich der Richtung der Feinwanderung im Gegensatz zu der Erfahrung. Auf Grund theoretischer Untersuchungen von *A. Sommerfeld* sollte das Vorzeichen des Thomson-Koeffizienten, im Gegensatz zu der bisherigen Auffassung, negativ sein. Diese Voraussage wurde dann durch Versuche von *G. J. Ekkers*, *A. Farner* und *R. Kläui* insofern bestätigt, als es sich zeigte, dass vermutlich bei allen Metallen ein Vorzeichenwechsel des Thomson-Koeffizienten noch weit unterhalb der Schmelztemperatur auftritt.

Figur 2 zeigt in Abhängigkeit von der absoluten Temperatur die jeweiligen Werte des Thomson-Koeffizienten für die Metalle Wolfram, Molybdän und Platin. Entsprechend der Sommerfeld'schen Theorie treffen sich die gestrichelten Linien annähernd im Nullpunkt des Koordinatensystems. Die eigenartigen Sprungstellen haben bei den theoretischen Physikern grosses Interesse gefunden, da ihre Deutung unter Umständen wesentlich zur Vertiefung unserer Kenntnisse der metallischen Leitung beitragen könnte.

Nachdem die physikalischen Vorgänge bei der Kontakttrennung abgeklärt waren, gelang es verhältnismässig leicht, Anordnungen zu finden, die im statistischen Mittel keinerlei Feinwanderung mehr

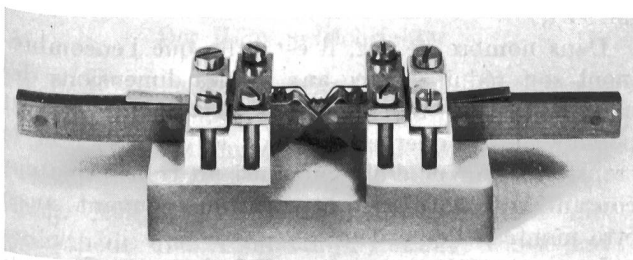


Fig. 3a. Schaltpatrone für 200 A in offener Ausführung
Cartouche de contact pour 200 A, sans enveloppe

theoretiques de production de ce phénomène étant encore mal connues. *R. Holm* et *H. Paetow* ont supposé que par l'effet de Thomson une asymétrie était créée dans le pont fluide se produisant à chaque interruption, asymétrie telle que le point le plus chaud ne se trouve plus au milieu; toutefois cette supposition est contredite par l'expérience en ce qui touche le sens du transport. D'après le résultat de recherches faites par *A. Sommerfeld*, le signe du coefficient de Thomson, contrairement à ce qu'on avait admis jusqu'ici, devrait être négatif. Les travaux de *G. J. Ekkers*, *A. Farner* et *R. Kläui* ont confirmé en partie cette dernière hypothèse en montrant que le signe du coefficient de Thomson change bien avant la température de fusion, probablement pour tous les métaux.

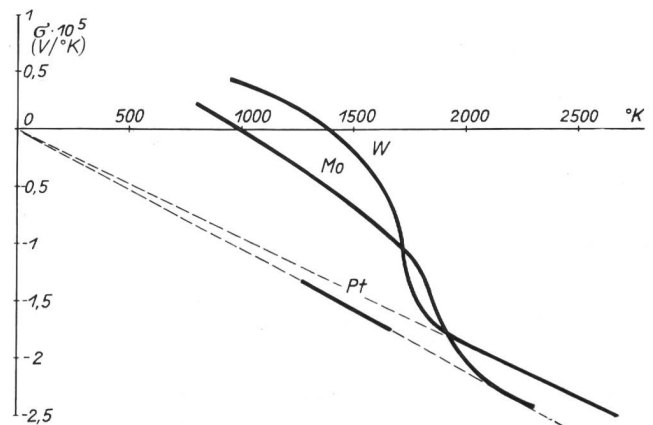


Fig. 2. Thomson-Koeffizient in Abhängigkeit der absoluten Temperatur
Coefficient de Thomson en fonction de la température absolue

La figure 2 montre les valeurs du coefficient de Thomson pour le tungstène, le molybdène et le platine en fonction de la température absolue. Conformément à la théorie de Sommerfeld, les lignes pointillées se rencontrent à proximité du point zéro du système de coordonnées. Les points de discontinuité si particuliers ont éveillé un grand intérêt chez les physiciens, leur interprétation pouvant, suivant les cas, contribuer à accroître nos connaissances de la conductivité des métaux.

Lorsqu'on connut les phénomènes physiques qui se produisent à la rupture des contacts, on put assez facilement trouver des systèmes qui, en moyenne statistique, n'accusent plus de transport de matière par rupture de courant. On dut cependant rompre avec l'ancienne habitude d'employer le même métal ou alliage pour les deux contacts.

La figure 3a montre une cartouche de contact ouverte pour 200 A d'amplitude, la figure 3b une cartouche pour 1000 A d'amplitude, mais sous enveloppe. Les armatures ont la forme de prismes et ne pèsent que 60 mg environ. Pour les tensions de service élevées, les cartouches sont fermées de manière hermétique et remplies d'un gaz inerte sous

aufweisen. Man musste hierzu aber von der alten Gepflogenheit abgehen, für beide Kontakte den gleichen Werkstoff zu verwenden.

Figur 3a zeigt eine offene Schaltpatrone für 200 A Amplitudenwert, Figur 3b eine entsprechende Patrone für 1000 A Amplitudenwert, jedoch in gekapselter Ausführung. Die Anker sind prismenartig ausgeführt und haben ein Gewicht von nur etwa 60 mg. Für grössere Betriebsspannungen werden die Patronen gasdicht verschlossen und mit einem inerten Gas, das unter einigen Atmosphären Überdruck steht, gefüllt. Es lassen sich auf diese Weise, trotz der kleinen Unterbrechungswege, Sperrspannungen von 10 000 V und mehr erreichen. Dauerversuche bis zu einer Milliarde Schaltungen haben keine Veränderung der Ansprechwerte und der Kontaktoberflächen erkennen lassen.

Figur 4 zeigt die Aussenansicht des sogenannten Steuerventils, das für alle Typen der neuen elektromagnetischen Schaltgleichrichter von 200...10 000 A Anwendung findet. Auf seinen Aufbau und seine Wirkungsweise kommen wir im folgenden noch zurück.

Worin bestehen nun die Vorteile des Schaltgleichrichters gegenüber den bis heute bekannten Konstruktionen?

Besonders bei niedrigeren Betriebsspannungen, wie sie im Bereiche der Stromversorgung in Schwachstromanlagen häufig auftreten, kann mit wesentlich günstigeren Wirkungsgraden gerechnet werden. Der Schaltgleichrichter allein erreicht leicht Werte von 98...99%; selbst bei 10 V Betriebsspannung ergibt sich für Gleichrichter, einschliesslich Transformator, noch ein Wirkungsgrad von 90%.



Fig. 4.
Steuerventil
Redresseur de commande

Für viele Zwecke kann der geringe Raumbedarf von Bedeutung sein. Die kleinen Abmessungen von Schaltpatrone, Steuerventil und Schaltdrossel gestatten es, den Gleichrichter mit dem Transformator

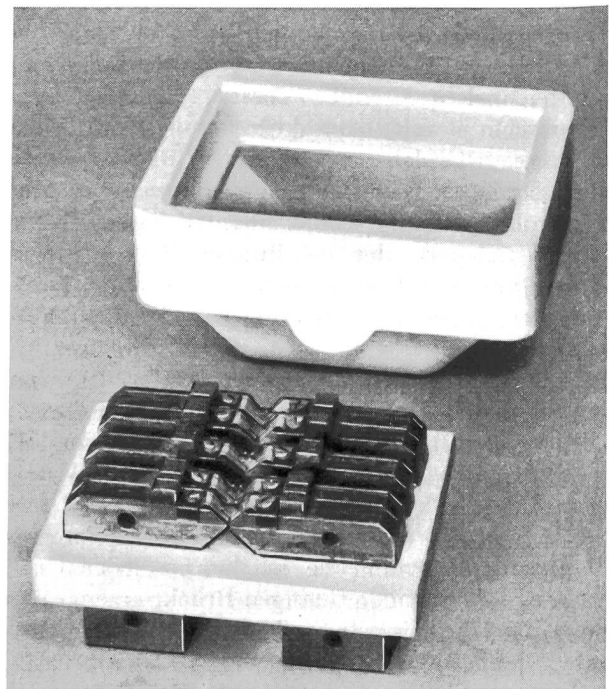


Fig. 3b. Schaltpatrone für 1000 A in gekapselter Ausführung
Cartouche de contact pour 1000 A, sous enveloppe

une pression de plusieurs atmosphères. On peut de cette manière, bien que la course des interrupteurs soit faible, atteindre des tensions de blocage de 10 000 V et plus. Des essais portant sur un milliard d'enclenchements et de déclenchements n'ont permis de déceler aucune modification des valeurs de fonctionnement et de la surface des contacts.

On voit, à la figure 4, un redresseur de commande pouvant être utilisé pour tous les nouveaux redresseurs mécaniques électromagnétiques de 200 à 10 000 A. Nous reviendrons plus loin sur les détails de sa construction et de son fonctionnement.

En quoi consistent les avantages du redresseur mécanique par rapport aux appareils construits jusqu'à maintenant?

Pour les faibles tensions de service en particulier, telles qu'on les trouve fréquemment dans l'alimentation des installations à faible courant, on obtiendra un rendement bien meilleur. Le redresseur mécanique seul peut donner un rendement de 98 à 99%; même pour une tension de service de 10 V, un redresseur avec transformateur a encore un rendement de 90%.

Dans nombre de cas, il est utile que l'encombrement soit réduit. Grâce aux faibles dimensions des cartouches, des redresseurs et des bobines, il est possible de grouper en un bloc le redresseur et le transformateur et d'obtenir ainsi un transformateur courant alternatif/courant continu pouvant aussi être monté à l'extérieur.

Les propriétés des nouveaux redresseurs de commande ne variant pas même après des années d'emploi, aucun vieillissement n'est à craindre; en re-

zu einer Einheit zusammenzubauen, wodurch ein Wechselstrom-Gleichstrom-Transformator entsteht, der sich auch in Freiluftausführung bauen lässt.

Da sich die neuartigen Steuerventile selbst nach jahrelangem Betrieb in ihren Eigenschaften nicht verändern, ist keine Alterung zu befürchten; hingegen wird man vorerst in Abständen von ein bis zwei Jahren die Schaltpatronen auswechseln müssen.

Gegenüber dem sogenannten Kontaktumformer, bei dem bekanntlich die Bewegung der Schaltkontakte mit Hilfe eines Synchronmotors erfolgt, weist der Schaltgleichrichter den grossen Vorteil auf, dass sein Verhalten demjenigen echter Ventile vollkommen entspricht. Dies geht klar aus Figur 5 hervor, in der die Arbeitsweise von Kontaktumformer (Fig. 5a) und Schaltgleichrichter (Fig. 5b und c) gegenübergestellt sind.

Beim Kontaktumformer ist der Öffnungszeitpunkt A im Verhältnis zu den Spannungen u_1 und u_2 ein für allemal festgelegt. Erfolgt die Kontakttrennung innerhalb der Stufe, wie dies für den Leerlauf- (I_0) und den Nennstrom (I_n) angedeutet ist, so kommt eine funkenfreie Öffnung zustande. Bei Überlastungen oder gar Kurzschlüssen (I_k) liegt die Stufe jedoch weiter nach rechts und es entstehen Rückzündungen. Lediglich bei allmählich auftretenden Überlastungen kann der Unterbrechungs-Zeitpunkt mit Hilfe besonderer Regulieranordnungen, zum Beispiel an die Stelle B, verschoben werden; für plötzliche Laständerungen ist dies jedoch nicht möglich.

Beim Schaltgleichrichter liegen die Verhältnisse grundsätzlich anders. Der Schalter wird immer nur dann geschlossen, wenn der Einschaltstrom I_e (Fig. 5c) erreicht ist. Andererseits erfolgt die Kontakttrennung, sobald der Strom i auf den Abfallwert I_a abgesunken ist. Die Lage der Stufe im Verhältnis zu den Spannungen u_1 und u_2 ist dabei, wie Figur 5b zeigt, vollkommen belanglos. Plötzliche Last- und Frequenzschwankungen, ja selbst der Unterbruch einer Phase auf der Drehstromseite, führen zu keinen Schwierigkeiten im Betrieb des Schaltgleichrichters.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Schaltgleichrichter gegenüber den bekannten Gleichrichtern eine Reihe von Vorteilen aufweist; sollte er sich im praktischen Betrieb bewähren, so ergeben sich sicherlich mancherlei Einsatzmöglichkeiten.

Der Röhrengleichrichter

Es bestand zunächst lediglich die Absicht, ein Steuerventil mit einer Zündspannung unterhalb 10 V und einer Sperrspannung von mindestens 1000 V zu entwickeln, das kurzzeitig einige Ampère zu führen vermag. Ausgehend von Gleichrichterröhren mit Oxydkathode und Alkalidampf-Füllung, wurde auf Grund allzu hoher Gitteremission das Prinzip der Adsorptionskathode neu entdeckt und in jahrelanger Arbeit ausgestaltet. Schon bald zeigte sich, dass es

vanche, on devra changer les cartouches de contact à des intervalles de un à deux ans.

Comparativement à la commutatrice, dans laquelle les contacts sont mis en mouvement à l'aide d'un moteur synchrone, le redresseur mécanique présente l'avantage que son fonctionnement correspond absolument à celui de redresseurs idéaux. On peut le voir par la figure 5, où le fonctionnement d'une commutatrice (fig. 5a) est mis en regard de celui d'un redresseur mécanique (fig. 5b et c).

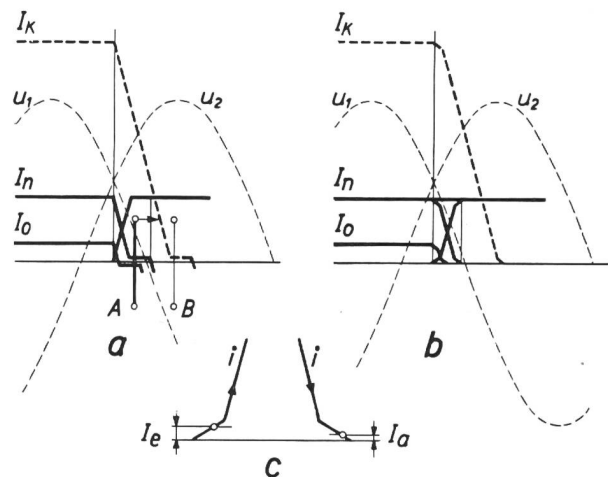


Fig. 5. Schaltvorgänge beim Kontaktumformer (a) und Schaltgleichrichter (b und c)

Ouverture et fermeture des contacts de la commutatrice (a) et du redresseur mécanique (b et c)

Dans la commutatrice, le moment d'ouverture A est fixé une fois pour toutes par rapport aux tensions u_1 et u_2 . Si le contact s'ouvre pendant la durée du palier de courant, comme on l'a indiqué pour le courant de marche à vide (I_0) et le courant nominal (I_n), l'ouverture ne produit pas d'étincelle. En cas de surcharge ou même de court-circuit (I_k), le palier de courant se trouve cependant plus à droite et des allumages en retour se produisent. Ce n'est qu'en cas de surcharge progressive qu'on peut reporter le moment de l'interruption au point B, par exemple, au moyen de dispositifs de réglage spéciaux; il n'est pas possible de le faire en cas de brusque variation de la charge.

Avec le redresseur mécanique, les conditions sont tout autres. Dans tous les cas, l'interrupteur n'est fermé que lorsque le courant d'enclenchement I_e (fig. 5c) atteint son intensité normale. Inversement, la rupture du contact a lieu dès que le courant i est redescendu à la valeur I_a . La position du palier de courant par rapport aux tensions u_1 et u_2 est absolument indifférente, comme le montre la figure 5b. De brusques variations de la charge ou de la fréquence, même l'interruption d'une phase côté courant triphasé, n'entravent pas le service du redresseur.

En résumé, on peut dire que le redresseur mécanique présente toute une série d'avantages sur les redresseurs connus jusqu'ici; s'il fait ses preuves en pratique, il trouvera certainement de nombreuses applications.

mit Hilfe derartiger Kathoden möglich sein müsste, auch grössere Stromstärken zu erreichen. Konstruktionen bis 30 A liegen vor; eine Ausführung für 150 A ist in Vorbereitung.

Der neue Röhrgleichrichter, entwickelt von *G. J. Ekkers, W. Spinnler* und *J. Bacher*, besteht im wesentlichen aus einem Glaskörper mit einer wendelförmigen Kathode aus Metall, auf dem sich der Alkali-, insbesondere der Caesiumdampf, niederschlägt, einer üblichen, jedoch besonders formierten und «vergifteten» Anode und einem speziellen Gitter, das in bekannter Weise zur Verschiebung des Zündensatzes dient. Die wahre Brennspannung liegt bei 0,5...0,7 V; diese tritt bei indirekter Heizung der Kathode als einziger Spannungsabfall auf. Bei direkter Heizung kommen hierzu noch ohmsche Verluste in der Heizwendel, wodurch eine Brennspannung bis zu 2 V vorgetäuscht wird. Die Sperrspannungen liegen, je nach Material und Art der Formierung, zwischen 800 und 3000 V.

Die weitaus schwierigste Aufgabe lag auf technologischem Gebiete. Erst nach vielen mühsamen und zeitraubenden Versuchen konnten Materialkombinationen gefunden werden, die Alkalidämpfen höherer Temperatur dauernd zu widerstehen vermögen. Bis heute liegen Prüfergebnisse an Röhrgleichrichtern vor, die über eine Zeitspanne von mehr als 2 Jahren reichen. Hierbei zeigte sich, dass die Brennspannung meist noch etwas niedriger und die Sperrspannung nicht unwesentlich höher wurden. Irgendwelche Veränderungen am Glaskörper, den Einführungen und den Elektroden konnten nicht festgestellt werden; auch eine Verarmung der Metaldampffüllung trat nicht auf.

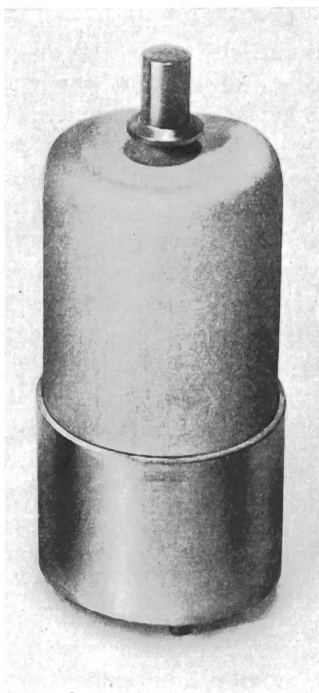


Fig. 6b.
Röhrgleichrichter für 15 A
Redresseur électronique
pour 15 A

Le redresseur électronique

On a cherché d'abord simplement à mettre au point un redresseur de commande avec une tension d'allumage inférieure à 10 V et une tension de blocage d'au moins 1000 V, et qui puisse conduire quelques ampères durant une brève période. Partant des tubes redresseurs avec filament à oxyde rapporté et chargés de vapeur alcaline, on a, en donnant à la grille une émission trop élevée, découvert le principe de la cathode à adsorption, sur lequel on a travaillé des années. On remarqua bientôt qu'il serait possible, au moyen de cathodes de ce genre, d'atteindre de grandes intensités de courant. On a déjà construit des redresseurs pour 30 A; la construction d'un redresseur pour 150 A est à l'étude.



Fig. 6a.
Steuerventil, ungekapselt
Redresseur de commande, sans enveloppe

Le nouveau redresseur électronique, développé par *G. J. Ekkers, W. Spinnler* et *J. Bacher*, se compose essentiellement d'un tube de verre contenant une cathode métallique en forme d'hélice sur laquelle se déposent des vapeurs alcalines ou des vapeurs de césium, une anode ordinaire formée toutefois de manière spéciale et une grille spéciale servant à déplacer le début de l'amorçage de la manière généralement connue. La tension de régime réelle est de 0,5 à 0,7 V; en cas de chauffage indirect de la cathode, elle représente l'unique chute de tension. En cas de chauffage direct, des pertes ohmiques se produisent dans le filament de chauffage; la tension de régime virtuelle peut alors atteindre 2 V. Les tensions de blocage peuvent, suivant le matériel employé et le genre de formation, être de 800 à 3000 V.

La principale difficulté à vaincre était d'ordre technologique. Il fallut de longs et patients essais pour trouver des combinaisons de matériaux qui puissent résister assez longtemps aux vapeurs alcalines de température élevée. Nous possédons aujourd'hui les résultats d'essais faits avec des redresseurs électroniques pendant plus de 2 ans. On a constaté qu'en général la tension de régime s'abaissait encore un peu, tandis que la tension de blocage s'élevait dans une assez grande mesure. Aucune modification du tube de verre, des fils d'entrée ou des électrodes n'a pu être constatée; la densité de la vapeur métallique n'a pas diminué.

Weitere Versuche ergaben, dass die Röhrengleichrichter kurzzeitig Ströme bis zum Zehnfachen des Nennstromes zu führen vermögen. Bei länger dauernder Überlastung tritt meist eine Abschaltung infolge Verringerung der Emission der Kathode auf. Es gibt aber auch Fälle, in denen eine Rückzündung entsteht, die immer dann unschädlich ist, wenn der Kurzschlußstrom beispielsweise durch eine Sicherung schnell unterbrochen wird.

Figur 6a zeigt den Glaskolben des 3-A-Steuerventils, gemäss Figur 4, während Figur 6b die Aussenansicht eines Röhrengleichrichters für 15 A wiedergibt. Beim 3-A-Typ ist es zur Aufrechterhaltung der Wärmebilanz notwendig, den Glaskolben zu kapseln, was bei der Röhre für 15 A nicht mehr erforderlich ist.

Auf Grund der niedrigen Brennspannung, der verhältnismässig hohen Sperrspannung, der Steuerbarkeit und der langen Lebensdauer glauben wir, dass der neue Röhrengleichrichter für Stromversorgungsanlagen mässiger Stromstärken eine wesentliche Bereicherung der Technik darstellt.

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. Fritz Kesselring, i. Fa. Albiswerk Zürich AG., Zürich.

Il résulte d'autres essais que les redresseurs électroniques peuvent, pendant une brève période, conduire des courants atteignant dix fois la valeur nominale. En cas de surcharge de longue durée, le redresseur cesse généralement de fonctionner, l'émission de la cathode diminuant. Des allumages en retour peuvent également se produire; ils n'occasionnent aucun dégât lorsque le courant de court-circuit est rapidement interrompu par un fusible, par exemple.

La figure 6a montre le tube de verre du redresseur de commande pour 3 A représenté à la figure 4, tandis que la figure 6b montre l'aspect extérieur d'un redresseur électronique pour 15 A. Pour maintenir l'équilibre thermique dans le redresseur pour 3 A, on dut mettre le tube sous enveloppe; cette précaution n'est pas nécessaire pour le redresseur pour 15 A.

Etant données leur faible tension de régime, leur tension de blocage relativement élevée, leur commande facile et leur longévité, nous estimons que les redresseurs électroniques représentent un enrichissement de la technique des installations de fourniture d'énergie pour intensités moyennes.

Adresse de l'auteur: Fritz Kesselring, dr sces techn., Albiswerk Zurich S.A., Zurich.

Essais de transmission par ondes dirigées exécutés dans les Alpes pour contribuer à l'établissement d'un réseau radiotéléphonique suisse*)

Par W. Klein, Berne

621.396.4.029.6.001.4 (494)

Résumé. *Après avoir rappelé quelques caractéristiques fondamentales de la technique des ondes dirigées, l'auteur indique les principaux points à considérer dans l'étude d'un réseau suisse de liaisons hertziennes. L'établissement d'une liaison franchissant les Alpes dans la direction Nord-Sud joue naturellement un rôle particulièrement important dans cette étude. Des essais de transmission sur ondes métriques et décimétriques exécutés en 1948 entre le Jungfrauoch et le Monte Generoso ont donné des résultats très satisfaisants. Ils ont conduit à l'installation d'une liaison multiplex provisoire Berne-Lugano et à l'exécution des travaux préparatoires pour la construction d'une station relais au bas de l'arête nord-est de la Jungfrau, à l'altitude d'environ 3600 m. Tous ces travaux et les débuts de réalisations pratiques opérés en vue de la création d'un réseau radiotéléphonique communiquant avec des points situés à de grandes distances, à l'étranger, ouvrent des perspectives intéressantes pour l'avenir.*

*) L'article reproduit ci-dessus a paru en première édition dans le numéro 12, pages 387 à 395, de la Revue Brown Boveri 1949 (Numéro spécial: Technique des ondes dirigées). Avec l'autorisation bienveillante de la maison Brown, Boveri & Cie. à Baden (Argovie), nous avons repris ce travail et l'avons fait traduire en italien. Très obligeamment, la maison a mis les clichés à notre disposition. Les explications reposent en majeure partie sur un travail que l'auteur a publié dans le n° 2, 1949, du Bulletin technique PTT, pages 49 à 69, sous le titre «Richtstrahl-Übertragungsversuche in den Alpen».

Esperimenti di trasmissione su ponti radio eseguiti nelle alpi in vista della creazione d'una rete radiotelefonica svizzera*)

Da W. Klein, Berna

621.396.4.029.6.001.4 (494)

Riassunto. *Dopo aver accennato ad alcune caratteristiche fondamentali della tecnica dei ponti radio, l'autore indica i principali punti da considerare nello studio d'una rete svizzera di collegamenti hertziani. Lo stabilimento d'una comunicazione sopra le alpi nella direzione nord-sud, riveste naturalmente un'importanza particolare in questo studio. Degli esperimenti di trasmissione su onde metriche e decimetriche eseguiti nel 1948 tra il Jungfrauoch ed il Monte Generoso, hanno dato dei risultati molto soddisfacenti. In seguito agli stessi si è proceduto all'impianto d'un collegamento multiplex provvisorio Berna-Lugano ed all'esecuzione dei lavori preliminari per la costruzione d'una stazione relè in fondo alla cresta nord-orientale della Jungfrau, all'altitudine di circa 3600 metri. Tutti questi lavori e gl'inizii di realizzazioni pratiche eseguiti in vista della creazione d'una rete radiotelefonica comunicante con punti situati a grandi distanze, all'estero, preludiano ad aspettative interessanti per l'avvenire.*

*) Il presente articolo è apparso per la prima volta nella Rivista Brown Boveri 1949, n° 12, p. 387...395 (numero speciale: Technique des ondes dirigées). Con il gentile consenso della ditta Brown, Boveri e Cia. a Baden (Argovia), abbiamo fatto tradurre l'articolo in lingua italiana. I clichés sono stati messi cortesemente a nostra disposizione della ditta summentovata. Le spiegazioni contenute nell'articolo in parola sono basate principalmente sur un lavoro che l'autore ha pubblicato nel Bollettino tecnico PTT 1949, n° 2, p. 49...69 sotto il titolo «Richtstrahl-Übertragungsversuche in den Alpen».