Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 13 (1922)

Heft: 3

Artikel: Umriss des Prinzipes der Vakuum- oder Dichteregulierung für elektrische Dampfgleichrichter

Autor: Tschudy, Wm.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058291

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: 22.08.2025

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

Herr Johnson, sein Verfahren sei für die Reparaturmannschaft weniger gefährlich als die Arbeit an einer ausgeschalteten Leitung; und diese Ansicht ist nicht ganz unbegründet, denn es entstehen ziemlich leicht Unglücksfälle dadurch, dass als spannungsfrei betrachtete Drähte irrtümlicherweise unter Spannung versetzt werden; bei Anwendung des amerikanischen Verfahrens hingegen ist der Arbeiter vor solchen Unfällen geschützt, denn er ist gewöhnt, immer auf der Hut zu sein. Es verhalten sich die Leitungen ähnlich wie die Gewehre, von welchen man mit Recht sagt, nicht die als geladen bekannten seien gefährlich, sondern die angeblich ungeladenen.

Die Prüfmethode mit Hilfe des Summstockes hat zweifellos viel eher Aussicht, sich bei uns zu verbreiten; bei geeigneter Form der Tastspitzen kann der Prüfende tasten und kurzschliessen ohne übermässig nahe bei der Leitung stehen zu müssen. Ausserdem bietet die Methode genügende Genauigkeit. Es gibt keine andere und wird auch wohl keine geben, welche durch so einfache Mittel so genaue Auskunft über den Zustand der Isolatoren geben wird.

Umriss des Prinzipes der Vakuum- oder Dichteregulierung für elektrische Dampfgleichrichter.[1])

Dr. *Wm. Tschudy,* Yonkers U. S. A.

Im Jahre 1816 betrieb Way zuerst eine Quecksilberdampflampe. Im Jahre 1892 setzte Arons[2]) praktische Arbeiten an genannter Lampe fort und machte ausserdem Untersuchungen über den Quecksilberlichtbogen.

Die erste brauchbare Lampe wurde von Dr. P. C. Hewitt eingeführt, indem eine Kondensationskammer benützt wurde. Er machte umfangreiche Versuche, um die richtige Dimension der Kondensationskammer herauszufinden. Die Kondensationskammer war mit Erfolg an dem von Dr. P. C. Hewitt erfundenen Quecksilberdampfgleichrichter angewandt. Dieser Gleichrichter mag als der Vorgänger des Kenotrons[3]) und des mit Gas gefüllten Gleichrichters[4]) angesehen werden. Die Bedeutung der Kondensationskammer ist noch nicht vollständig verstanden. Der Zweck dieser Abhandlung ist, das vom Verfasser[5]) erfundene Prinzip der Vakuum- oder Dichteregulierung näher zu erklären.

Um den Lichtbogen zu entzünden, ist es notwendig, dass die Kathode eine hohe Temperatur besitzt. Diese von J. J. Thomson[6]) aufgestellte Hypothese hat sich als bestätigt erwiesen. Eine Bestätigung dieser Tatsache erhalten wir ohne Zweifel durch die von Weintraub[7]) gemachten Versuche. Einige Experimentatoren (Hewitt, Schulze) sind der Meinung, dass der negative Widerstand (Reluctance) überwunden werden muss, bevor ein Lichtbogen zustande kommt. Tatsache ist es, dass die hohe Kathodentemperatur nötig ist, um den Lichtbogen zu entzünden und deshalb tritt eine Verdampfung des Quecksilbers ein. Quecksilbertropfen, die verhältnismässig kalte Teile der Kondensationskammer berühren, geben einen Teil ihrer Wärme ab und das Quecksilber beginnt an den Wänden der Kammer zu kondensieren.

Dr. Hewitt[8]) führte eine richtig konstruierte Kondensationskammer für die Quecksilberlampe ein, um zu verhindern, dass die Dichte der Lampe einen solchen

[1]) Auszug aus einem Bericht an das amerikanische Patentamt.
[2]) Annalen der Physik, 1892.
[3]) General Electric Review, 1915, p. 156.
[4]) General Electric Review, 1916, p. 297.
[5]) Electrical World. Vol. 68, p. 536. 1916.
[6]) Conduction of electricity through gases. J. J. Thomson.
[7]) Philos. Magaz., 1904.
[8]) Transactien Amer. Inst. of Electr. Eng., 1903, p. 73.

Betrag erreichen würde, dass ein mangelhaftes Funktionieren der Lampe oder des Gleichrichters eintritt.

In einigen Patenten [1]) ist eine Luftpumpe in Verbindung mit der Kondensationskammer gezeigt. Diese Pumpe war jedoch nur zu dem Zwecke gedacht, den Apparat „luftleer" zu machen. Zu jener Zeit war es eine der Hauptschwierigkeiten, mit Quecksilberlampen und Gleichrichtern eine befriedigende Entlüftung vorzunehmen.

Man betrachtete es als einen guten Schritt vorwärts, als die Luftpumpe eliminiert werden konnte. Dieselbe Tendenz herrscht auch beim Grossgleichrichter vor. Jedermann, der mit der Fabrikation von Glasgleichrichtern zu tun hat, weiss, dass die Pumpe nur dem Zwecke dient, die Restgase herauszubringen und der Konstrukteur muss befriedigt sein, wenn er nicht mehr als 20 bis 30 Prozent Abgang hat von dem Totalbetrage der hergestellten Gefässe. Nach meinen im Versuchslokal der „General Electric Co." gemachten Erfahrungen geht dieser Prozentsatz der hergestellten Gefässe verloren, sei es durch Zerbrechen während des Entlüftungsprozesses, oder durch Färbung des Glases, die durch Verunreinigungen (Fremdgase) entsteht, oder deshalb, weil die Gefässe beim Versuch infolge Zerstäuben der Anoden versagen, oder dass beim Versuch das sogenannte „Pendeln" eintritt, wie bei Gleichrichtern mit Transformatoren für konstanten Strom, oder dass andere noch nicht aufgeklärte Erscheinungen auftreten.

Es ist richtig, dass einige Forscher die Wichtigkeit des Druckes in der Quecksilberlampe erkannt haben, so z. B. Recklinghausen [2]). Aber alle Forscher ohne Ausnahme dachten, eine Kondensationskammer sei hinreichend. Diese kann jedoch nur als ein Mittel angesehen werden, um zu verhindern, dass die Dichte oder der Druck im Gefäss gewisse Grenzen überschreite, denn bei beträchtlichem Ueberschreiten derselben, würde entweder die Zerstörung des Glasgefässes, oder wenigstens ein unbefriedigendes Arbeiten der Lampe oder des Gleichrichters hervorgerufen. Schon Arons fand, dass, wenn der Dampfdruck in der Lampe zu hoch ist, ein unbefriedigendes Arbeiten der Lampe eintritt, aber er fand nicht die richtigen praktischen Mittel, um diesen Uebelstand zu überwinden; das gelang erst Dr. P. C. Hewitt.

Eine andere Lösung wurde später von Küch [3]) gemacht. Während Dr. Hewitt eine ausserhalb des Lichtbogens angebrachte Kondensationskammer anwendet, so dass der Druck nie einen gewissen, vorher bestimmten Betrag übersteigt, wendet Küch Metallbänder an, die ausserhalb der Lampe angebracht sind. Indessen kann keine der angeführten Methoden als ein Mittel zur Regulierung des Dampfdruckes angesehen werden, da dies als eine höchst primitive Regulierung angesehen werden muss. Alles, was diese Erfinder mit ihren diesbezüglichen Anordnungen erreichen, ist, dass verhindert wird, dass der Druck einen gewissen, vorher bestimmten Betrag nicht übersteigt. Wir müssen nun zeigen, dass die Kondensationskammer nicht als ein Mittel zur Regulierung des Dampfdruckes angesehen werden kann.

Das Innere eines Gleichrichters enthält gesättigten Dampf, deshalb ist der Dampfdruck p eine Funktion der Innentemperatur t. Die nötige Wärme, um Quecksilber auf eine gewisse Temperatur zu bringen und um einen gewissen Betrag desselben zu verdampfen, lässt sich durch die Gleichung ausdrücken:

$$\lambda = q + r$$

wenn mit q die Flüssigkeitswärme und mit r die Verdampfungswärme des Quecksilbers bezeichnet wird. Schreiber dieser Zeilen hat eine Dampftabelle für Quecksilber berechnet, in derselben Weise, wie es für Wasserdampf getan wird. Die Verdampfungswärme des Quecksilbers war von Landolt und Börnstein (Physikalische Tabellen) entnommen. Die Temperatur-Druckkurve für gesättigten Quecksilberdampf wurde von der von Zeuner [4]) angegebenen Gleichung berechnet.

[1]) British patent No. 14171.
[2]) Elektrotechnische Zeitschrift, 1902.
[3]) Patent U. S. A. No. 793530.
[4]) Zeuner, Thermodynamik.

Einstweilen seien nur einige Werte angegeben, die nötig sind, um diese Verhältnisse zu besprechen.

Tabelle für gesättigten Quecksilberdampf. Tabelle

Temperatur t in °C	Dampfdruck p in mm Hg	Spezifisches Volumen s des Dampfes in m³	Spezifisches Volumen σ der Flüssigkeit in m³	$U = s - \sigma$	Verdampfungswärme r in WE	Flüssigkeitswärme q in WE	Totale Wärme $\lambda = q + r$	Gewicht eines m³ Dampfes
130	2,175	43,81	0,075	43,75	42,5	4,329	46,82	0,0229
170	8,091	12,80	0,075	12,72	46,0	5,661	51,66	0,0785
210	26,350	4,28	0,076	4,20	49,5	6,993	56,49	0,2340
250	75,750	1,63	0,076	1,55	53,0	8,325	61,32	0,6220

Indem Versuchsresultate von früheren Versuchen [1]) benützt wurden, und indem der Dampfdruck für die zugehörige mittlere Temperatur t [2]) des Lichtbogens berechnet wurde, ergab sich in Tabelle II die Beziehungen zwischen Anodenstrom I_2, Gleichrichtungsverluste $\frac{P_g}{2}$ pro Anode, die totalen Gleichrichtungsverluste P_g, die entwickelte Wärmemenge in gr/Kalorien pro Sekunde für eine konstante primäre Spannung $E = 110$ Volt und 50 Perioden pro Sekunde.

Gleichrichtungsverluste P_g in Funktion des Anodenstromes. Tabelle II

I_2 Ampere	P_g Watt	$\frac{P_g}{4{,}19}$ Kal. per Sek.	t Mittlere Temperatur	p Dampfdruck in mm Hg
2,64	44	10,46	137	3
3,43	58	13,82	176	10
4,13	69	16,47	213	28
4,80	84	20,20	243	63
5,40	100	23,95	280	140

Wenn wir nun den Anodenstrom, die Gleichrichtungsverluste, die mittlere Temperatur usw. als Funktion des Dampfdruckes p auftragen, so erhalten wir die Kurven [3]) der Fig. 1.

In derselben Weise kann man den Druck in Funktion der mittleren Temperatur auftragen wie in Fig. 2 dargestellt. Wie Fig. 1 zeigt, variiert der Dampfdruck für einen Glasgleichrichter mit Kondensationskammer, wie er gewöhnlich fabriziert wird, beträchtlich. Es kann daher der Druck nur durch einen Regulator geregelt werden.

Der Gleichrichter arbeitet in einem gewissen Druckbereich, bestimmt durch den minimalen Strom, der durch die minimale Belastung gegeben ist und den maximalen Strom bedingt durch die maximale Belastung. Die Abkühlungsfläche der Kondensationskammer muss daher von solcher Grösse sein, dass für die maximal ent-

[1]) Experimentelle Untersuchungen am Quecksilberdampfgleichrichter für Wechselstrom. Dissertation Eidg. Technische Hochschule, Zürich 1912. Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins 1912.

[2]) Wills Physical Review 1904.

[3]) Der Schreiber wünscht zu betonen, dass die in der Abhandlung gezeigten Kurven als approximative bezeichnet werden müssen, da eine exakte Beziehung zwischen Druck und dem Gleichrichtungsverlust, Anodenstrom usw. nur bei Anwendung eines empfindlichen Druckmessers bestimmt werden kann.

wickelte Wärmemenge der Druck gewisse Grenzen nicht übersteigt. Die Grösse der Kondensationskammer ist daher bestimmt durch die Grösse des Gleichrichters. Als der Schreiber dieser Zeilen seinerzeit in der Grossgleichrichterabteilung der Westinghouse Electric Co. in East Pittsburgh (U. S. A.) arbeitete (1913–1915) schlug er einen sehr empfindlichen Druckmesser [1]) vor. Es war um jene Zeit nur eine ganz unempfindliche Funkenstrecke im Gebrauch. (Die Grösse des Druckes angenähert angezeigt durch Farbenveränderung.)

Ein weiterer Zweck dieses Instrumentes war, diesen Apparat zur raschen Entdeckung von Undichtheiten im Gefäss zu gebrauchen, da zu jener Zeit beträchtliche Schwierigkeiten zu überwinden waren um genügend dichte Gefässe zu erhalten,

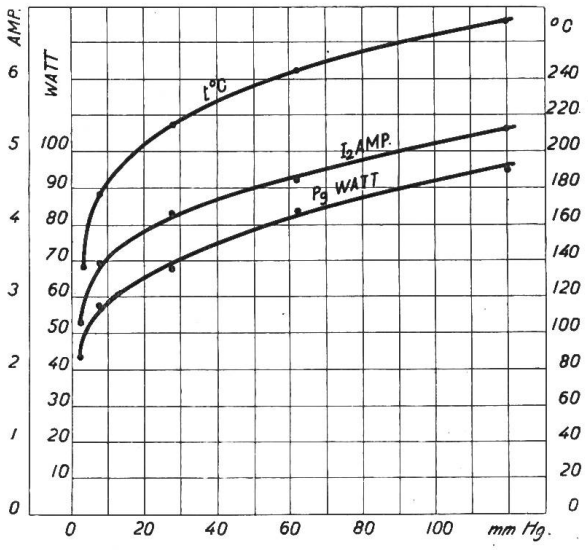

Fig. 1

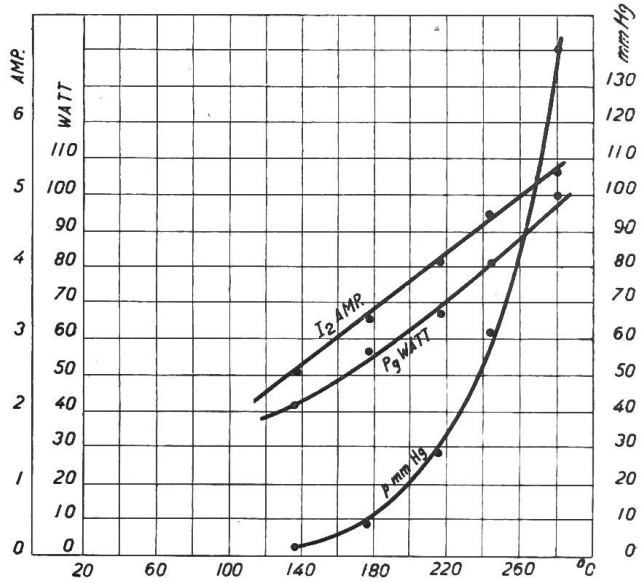

Fig. 2

trotz der Anwendung von Gaedepumpen. Erst nachdem systematische Untersuchungen in dieser Richtung vorgenommen wurden, konnten befriedigende Resultate erzielt werden.

Der Schreiber wusste von frühern Versuchen [2]) her, wie der Druck bezw. die Temperatur die Kurvenform beeinflusst und wie umgekehrt die Kurvenform die Gleichrichtungsverluste beeinflusst. Diese Verhältnisse können durch folgende Formel zum Ausdruck gebracht werden:

$$\frac{P_g}{2} = A\, I_2^2 + B\, I_2$$

wo I_2 den Anodenstrom bedeutet, währenddem A und B zwei Konstanten sind. Der Anodenstrom steht dabei zum gleichgerichteten Strom I_3 in folgender Beziehung:

$$I_2 = C\, I_3$$

wo C eine Konstante bedeutet.

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1918.
Revue Générale de l'Electricité, Sept. 21, 1918.
The Electrician, January 31, 1919.
Electrical World, 1919, Vol. 13, p. 137.

[2]) Dissertation Eidg. Technische Hochschule, 1912.
Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1912.
Zeitschrift für elektrische Kraftbetriebe und Bahnen, 1913.
Archiv für Elektrotechnik, 1913.
Electrical World, 1916 und 1918.
Schweizerische Bauzeitung, 1920, p. 147.

Ich hatte nun die Idee gefasst, die Gleichrichtungsverluste durch Temperatur- und Druckregulierung zu beeinflussen und hatte somit auch ein Mittel an der Hand, den Anodenstrom bezw. den gleichgerichteten Strom zu regulieren, oder ganz allgemein: Der physikalische Zustand des Lichtbogens kann durch Temperatur- oder Druckregulierung vollständig kontrolliert werden. Ein anderer Punkt, der oft nicht berücksichtigt wird, ist der, dass in einem Gleichrichter eine Kombination von Wellenstrom und reinem Gleichstrom fliesst. Es wäre jedenfalls richtiger, wenn von einem Wellenstromlichtbogen gesprochen würde.

Wenn der Druck variiert wird, wird er deshalb in einer andern Weise auf die elektrischen Verhältnisse in einem Wellenstromlichtbogen wirken als im Falle eines Gleichstromlichtbogens, deshalb besteht ein Unterschied zwischen einem Gleichrichter[1]) und einer Gleichstrom-Quecksilberlampe.

Die Unterscheidung ist deshalb die folgende:

Elektrische Verhältnisse für eine Gleichstrom-Quecksilberlampe:	Elektrische Verhältnisse für einen Quecksilbergleichrichter:
$I_2 =$ Anodenstrom	$I_2 = \sqrt{J_0^2 + \frac{J_1^2 + J_2^2}{2} + \ldots}$
$V_2 =$ Anodenspannung	$V_2 = \sqrt{U_0^2 + \frac{U_1^2 + U_2^2}{2} + \ldots}$
$R =$ Widerstand $= \frac{V_2}{I_2}$	$R = \frac{\sqrt{U_0^2 + \frac{U_1^2 + U_2^2}{2} + \ldots}}{\sqrt{J_0^2 + \frac{J_1^2 + J_2^2}{2} + \ldots}}$
$f =$ Formfaktor	$f = \frac{I_2}{J_0}$
$P_g =$ Gefässverlust $= I_2 \cdot V_2$	$\frac{P_g}{2} = J_0 U_0 + \frac{J_1 U_1}{2} \cos \alpha_1 + \ldots$
$p =$ Dampfdruck	$= p$
$t =$ mittlere Temperatur	$= t$

In diesen Gleichungen bedeuten I und V Effektivwerte, J und U Scheitelwerte. Die einzige gemeinsame Charakteristik ist die Unipolarität, man sollte deshalb eine bestimmte Unterscheidung zwischen Gleichstrom-Quecksilberlampe und Gleichrichter machen. Alle Firmen, die Grossgleichrichter bauen, haben keinen Regulator vorgesehen und in den folgenden Figuren seien typische Anordnungen für Grossgleichrichter gezeigt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass Coffin[2]) (General Electric Co.) einen sogenannten „Exhaust apparatus" einführte, um der Entstehung von Gasen im Gefäss entgegenzuwirken. In Fig. 3 ist der Grossgleichrichter der Firma Brown, Boveri & Cie. gezeigt, der von Hartmann & Schaefer (vergl. Bemerkung)[3]) entwickelt wurde. In Fig. 4 ist der Grossgleichrichter der Westinghouse Electric Co.[1]) dargestellt, wie er zuerst von Conrad und Sakai gebaut wurde und die Grundtype der Westinghouse Gesellschaft bildete.

Der Apparat der General Electric Co.[4]) ist in Fig. 5 kurz angedeutet. Diese Type wurde von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin, übernommen. In

[1]) Vergl. Electrical World, 1916 und Elektrotechnische Zeitschrift 1917.
[2]) U. S. A. Pat. No. 1 011160.
[3]) The Electrician, June 11 th, 1920, p. 645; Scientific American Monthly, June 1920, p. 572.
[4]) Im Interesse einer genauen Berichterstattung muss indessen bemerkt werden, dass bis zur gegenwärtigen Zeit diese Typen nicht als kommerzielle Apparate angesehen werden können. (Vergl. Bemerkung in "Revue Générale de l'Electricité", 26 avril 1919).

Fig. 6 ist der bekannte Glasgleichrichter gezeigt, wie er von Dr. P. C. Hewitt erfunden wurde. Der Schreiber ist gegenwärtig nicht in der Lage, die Beschreibung des Druckregulators anzugeben, möchte aber in schematischer Weise allgemein Mittel zur Regulierung angeben, zur Illustration des Prinzips der Vakuum- oder Druckregulierung.

Wie bereits erwähnt, ist es möglich, die Temperatur oder den Druck des Lichtbogens zu regulieren, da beide voneinander abhängig sind; deshalb wird irgend eine Vorrichtung, mit welcher Druck oder Temperatur geregelt werden kann, als ein Regulator bezeichnet werden müssen. Betrachtet man die Methode der Temperaturkontrolle in Fig. 7, so ist zu sagen, dass hierbei die Temperatur des Lichtbogens durch Veränderung der Temperatur des Kühlungswassers geändert wird und dass dies mit Hilfe einer Pumpe und eines durch ein Ventil geregeltes Kühlungssystem bewirkt wird, während die schematische Anordnung in Fig. 8 als Schema zur direkten Regulierung des Dampfdruckes dienen könnte, indem eine Pumpe benutzt wird, um den Druck zu vermindern, während ein Behälter ein Gas enthält, um dasselbe zur Steigerung des Druckes in das Gefäss hineinzulassen. In dieser Weise ist es möglich, den physikalischen Zustand des Lichtbogens zu ändern, obgleich die primäre Spannung konstant gehalten wird. Es wurde schon betont, dass Schwierigkeiten beim Entlüften bestehen. Es ist aus diesem Grunde wahrscheinlich, dass die meisten Ingenieure ein solches Regulierungssystem nicht gebrauchen würden, in der Meinung, dass dadurch unerwünschte Gase in den Zylinder eingeführt würden, die das gute

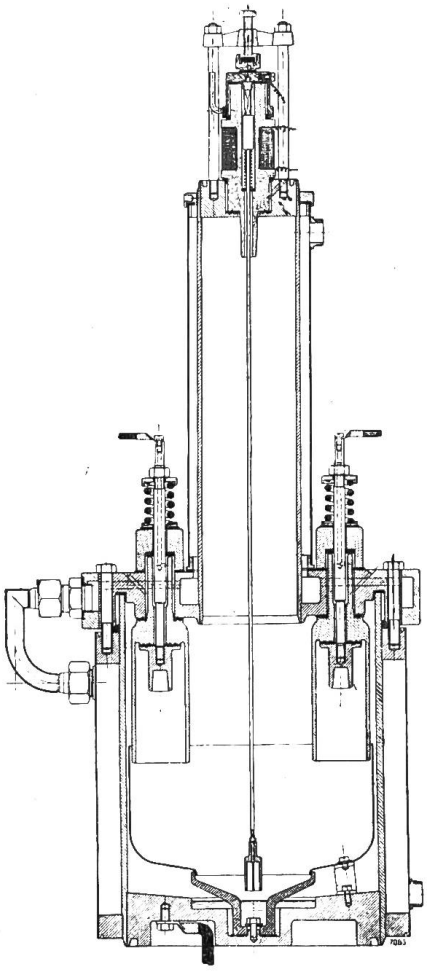

Fig. 3

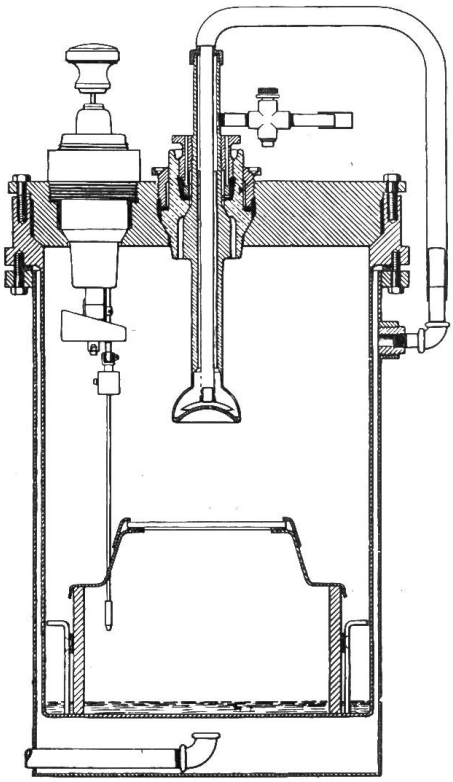

Fig. 4

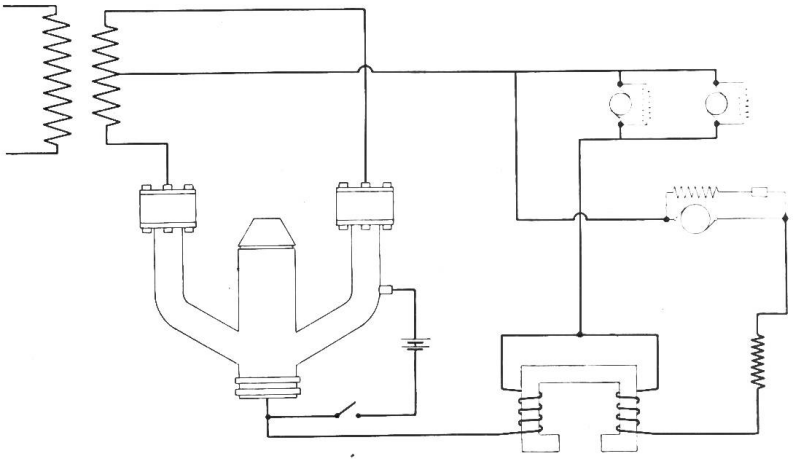

Fig. 5

Arbeiten des Gleichrichters beeinträchtigen könnten, oder dass dadurch die Kosten für die Fabrikation erhöht würden und in keinem Verhältnis zur Verbesserung der Konstruktion wären. Während solche Bedenken mit Bezug auf Gasgleichrichter eher begreiflich sind, so ist jedoch mit Bezug auf Grossgleichrichter darauf hinzuweisen, dass deren Regulierung notwendig ist, um die beste Wirkung zu erhalten. Ich habe hier besonders die ganz grossen Einheiten (über 1000 kW) im Auge, die ohne Regulierung kaum befriedigend arbeiten könnten.

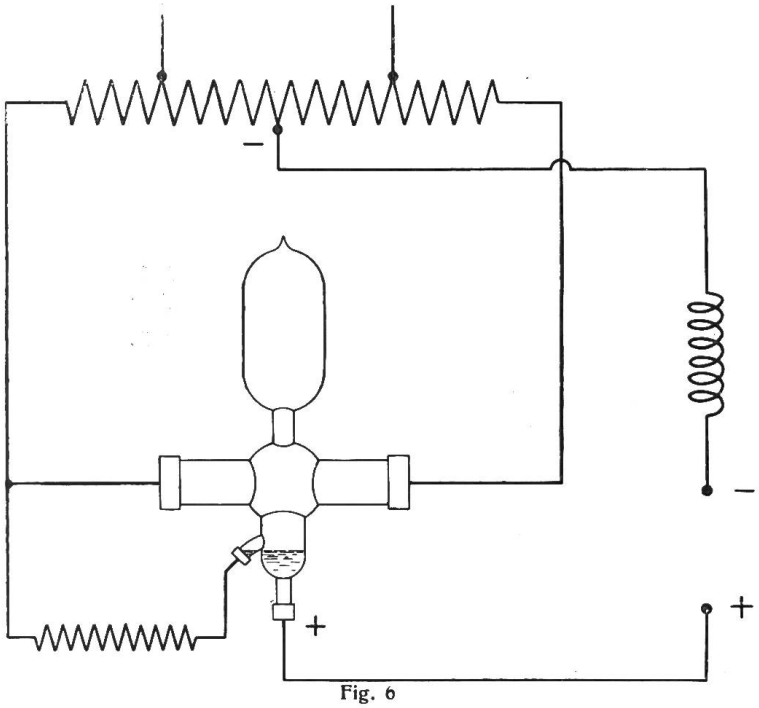

Fig. 6

Die Entlüftung eines Metallgleichrichters ist viel leichter zu bewerkstelligen als diejenige von Glasgleichrichtern, weil beim Eindringen von unerwünschten Fremdgasen in die ersteren nur eine ungenügende Arbeitsweise, nicht aber Zerstörung des Apparates, wie dies manchmal beim Gasgleichrichter vorkommt, eintritt. Trotz neuern Entwicklungen im Dampfgleichrichtergebiet, wie z. B. das Kenotron und der Gasgleichrichter der General Electric Co., welche mit hoher Spannung arbeiten, aber nur kleine Ströme abgeben, hat der Quecksilberdampfgleichrichter immer noch die grösste Anwendungsmöglichkeit für die Starkstromtechnik und in diesem Falle ist eben eine exakte Regulierung des Dampfes höchst wünschenswert. Ich ziehe zusammenfassend deshalb die folgenden Schlüsse:

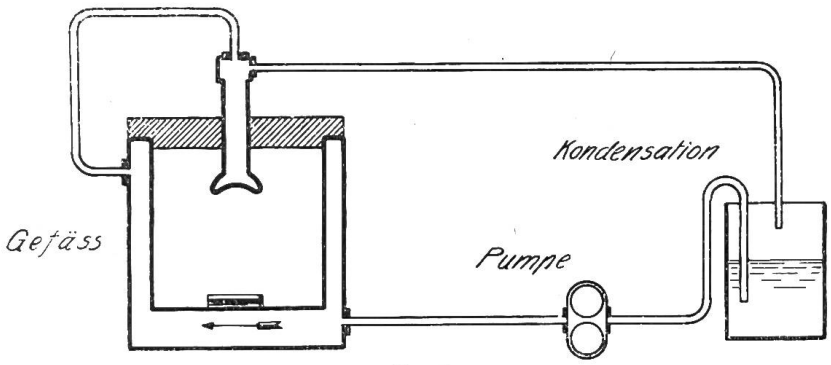

Fig. 7

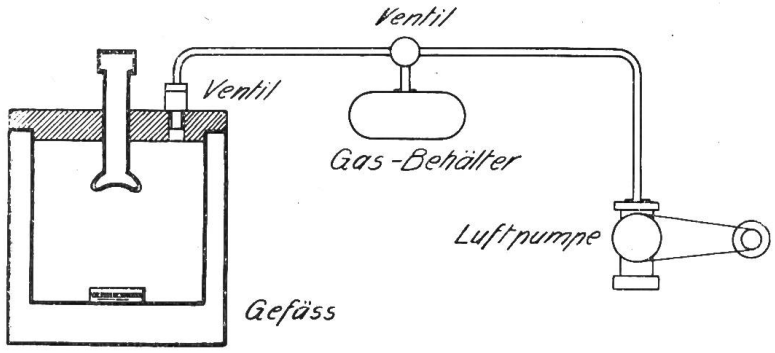

Fig. 8

1. Die Kondensationskammer, wie sie nun für Dampfgleichrichter gebaut wird, kann nicht als ein Mittel zur Dampfdruckregulierung angesehen werden, sondern lediglich als ein Mittel um zu verhüten, dass der Druck einen gewissen Maximalwert bei maximaler Belastung nicht übersteigt.
2. Der Dampfdruck in einem Glasgleichrichter und Grossgleichrichter, wie sie gegenwärtig gebaut werden, variiert beträchtlich für eine variable Belastung

und kann bei den gegenwärtigen Ausführungsformen nicht in dem Masse reguliert werden, wie im Interesse eines ökonomischen Arbeitens verlangt werden sollte.

3. Die Dampfgleichrichter, wie sie gegenwärtig gebaut werden, sind nicht mit einem Vakuum- oder Dichteregulator versehen.
4. Der Vakuumregulator [1]), wie er vom Schreiber erfunden wurde, gestattet die Regulierung des Anodenstromes, der Anodenspannung, des Gleichrichtungsverlustes (Wirkungsgrad) der Kurvenform (Formfaktor) der gleichgerichteten Spannung und des gleichgerichteten Stromes, oder kurz gesagt, des physikalischen Zustandes des Dampfes.
5. Die angeführte Regulierungsart kann durch verschiedene Mittel hervorgebracht werden. Ich verstehe darunter alle Mittel, durch welche die mittlere Temperatur des Lichtbogens und der Dampfdruck beeinflusst werden kann, so z. B. auch der Einfluss eines magnetischen Feldes auf den Lichtbogen, da ein magnetisches Feld die kinetische Energie der Ionen und damit direkt den Dampfdruck oder die mittlere Temperatur beeinflusst.

Zahnradanschlussbahnen.

Von *A. Wichert,* dipl. Ing., Mannheim.

Nicht selten weist die Höhenlage eines industriellen Unternehmens gegenüber der Hauptbahn, auf die es für den Bezug und Versand seiner Güter angewiesen ist, einen erheblichen Höhenunterschied auf. Dieser wird in der Regel durch besondere Förderanlagen überwunden. Handelt es sich um ein einheitliches Fördergut, wie Kohle und dgl., das sich im Wesentlichen in einer Richtung zu bewegen hat und auf Stapelplätze oder in Bunker geschüttet wird, von denen es ohne wesentliche Mehrkosten zur Verbrauchsstelle gebracht werden kann, so verursacht die mit derartigen Anlagen verbundene Umladung nicht immer erhebliche Mehrkosten gegenüber solchen Anlagen, die nicht unter der Erschwerung durch einen grösseren Höhenunterschied leiden und daher in der Lage sind, das Gut in den Güterwagen bis unmittelbar an die Verbrauchsstelle heranzubringen..

Anders bei Anlagen, bei denen sich verschiedenartiges Gut in beiden Richtungen, bewegen soll und dies von verschiedenen Verbrauchs- bew. Ursprungsstellen. Hier ist es immer erwünscht, die Güterwagen bis an diese Stellen heranzubringen und dort mit Trichteranlagen, Kippern oder dergl. zu beladen und zu entladen. In diesem Falle geht das Anschlussgeleise über in das Fabrikgeleise, und die Anlage nimmt die Gestalt einer „Industriebahn" an. Sind grosse Höhenunterschiede zu überwinden, so muss bei Adhäsionsbahnen das Anschlussgeleise eine entsprechende Länge erhalten, da andernfalls die Steigung für Adhäsionsbetrieb zu gross wird. Solche Anlagen werden unter Umständen sehr teuer; ihrer Verwirklichung treten ausserdem wegen der dadurch bedingten Verschiebung der Eigentumsverhältnisse erhebliche Schwierigkeiten entgegen.

Ein ähnlicher Fall liegt bei den Metall- und Farbwerken in Oker im Harz vor. Dort ist ein Gesamthöhenunterschied von 24,04 m zu überwinden (Fig. 1 und 2, Gesamtlageplan und Längenprofil der Steigungsstrecke). Zu befördern sind täglich bis

[1]) U. S. P. No. 1 189 887 (re-issue No. 14816);
D. R. P. No. 255 547.
Vergl. auch „Electrical World", 1916, Vol. 68, p. 536.