Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 69/70 (1917)
Heft: 3

Artikel: Quecksilberdampf-Gleichrichter, Bauart Brown, Boveri & Cie.
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-33821

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: 16.07.2025

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

Quecksilberdampf-Gleichrichter,
Bauart Brown, Boveri & Cie.

(Schluss von Seite 20.)

Die Gleichrichter-Anlage der *Limmattal-Strassenbahn in Schlieren* (Abb. 3, S. 27) umfasst zwei Apparate von je 160 *kW* Dauerleistung und 240 *kW* Spitzenleistung, von denen jeweils einer, sowohl an Wochen- wie an Sonntagen, allein in Betrieb steht. Die Schaltung ist aus Abbildung 4 ersichtlich. Primär steht hochgespannter Dreiphasenstrom mit 6000 *V* 50 Per. zur Verfügung, der über einen Transformator als Sechsphasenstrom von 530 *V* sekundärer Phasenspannung dem Gleichrichter zugeführt wird. Die Spannung zwischen zwei Anoden beträgt somit 1060 *V*. Die auf einem gemeinsamen Eisenblechsockel montierten zwei Apparate sind mit je sechs Anoden ohne Wasserkühlung versehen. Die Kühlung des Vakuumbehälters erfolgt in der in letzter Nummer beschriebenen Weise, zu welchem Zwecke der Behälter mit einem erhöht aufgestellten Rückkühler verbunden ist.

Abb. 23. Uebersicht talauswärts der untern, offen verlegten Druckleitungsstrecke.

Zur Sicherung der Betriebsbereitschaft auch bei vollständig aussetzendem Strombedarf ist die Kathode jedes Gleichrichters mit Hülfe eines 0,5 *kW*-Erreger-Transformators fremd erregt, wodurch ständig ein Hülfslichtbogen von etwa 5 *A* Stärke unterhalten wird.

Das Anlassen und das Abstellen der Quecksilberdampf-Umformer gestalten sich äusserst einfach. Den zum Anlassen erforderlichen Zündstrom liefert ein 1 *kW*-Umformer-Aggregat. Befindet sich dieses in Betrieb, so genügt das Niederdrücken eines auf der Gleichstrom-Schalttafel angebrachten Druckknopfes, um die Fremderregung einzuleiten, worauf die Stromlieferung an das Bahnnetz sofort einsetzen kann. Der eigentliche Anlassvorgang beansprucht somit nur den Bruchteil einer Sekunde.

Die zur Sicherung des Gleichrichter-Vakuums aufgestellte Hochvakuum-Pumpe konnte nach etwa zwei Monaten Betriebsdauer stillgesetzt werden. Infolge der hohen Dichtigkeit der Gleichrichter-Stahlbehälter, sowie der gasabsorbierenden Wirkung des im Gleichrichter wirksamen Lichtbogens ist, wie schon früher erwähnt, die ständige Mitarbeit der Luftpumpe entbehrlich. Da auch die Kühlung keine Aufmerksamkeit erfordert, beansprucht die Schlierener Gleichrichter-Anlage keine nennenswerte Wartung mehr. Abbildung 5 zeigt oszillographische Aufnahmen der vom Gleichrichter gelieferten Gleichspannung und des entsprechenden Stromes. Auffallend ist die verhältnismässig geringe Pulsation des letztern, was auf die grosse Induktivität der Stromverbraucher, d. h. der Strassenbahn-Serie-Motoren zurückzuführen ist. Bei Netzen mit geringer Induktivität empfiehlt es sich, zur Herabsetzung der sonst erheblichen Strompulsationen nicht nur wie im vorliegenden Fall vor den Anoden, sondern auch im Gleichstromkreis Drosselspulen einzuschalten.

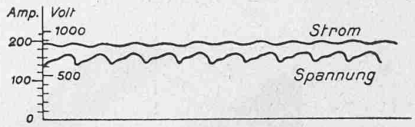

Abb. 5. Gleichstrom-Oszillogramm.

Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage beträgt zwischen Halblast und Vollast 93,2 %. Da der Spannungsabfall im Gleichrichter von der Belastung unabhängig ist, ändert sich der Gesamtwirkungsgrad im wesentlichen

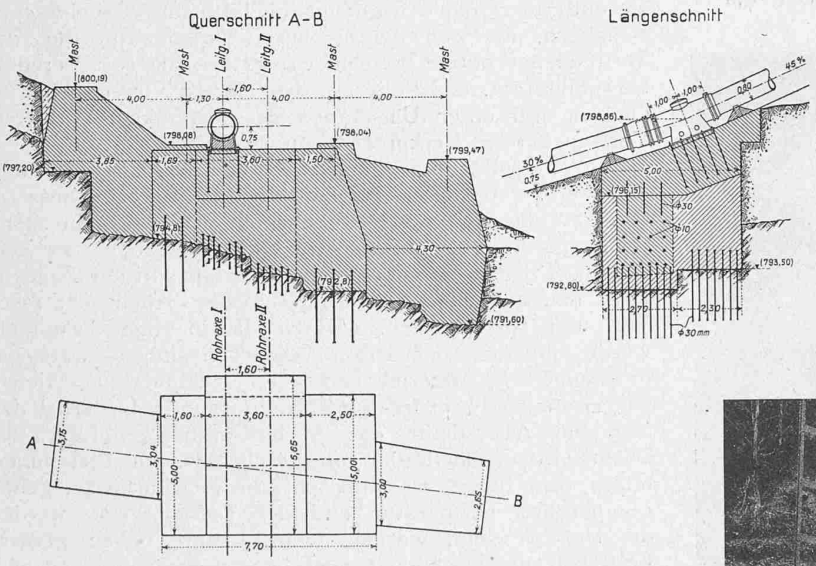

Abb. 21. Fixpunkt V. — Masstab 1 : 250.

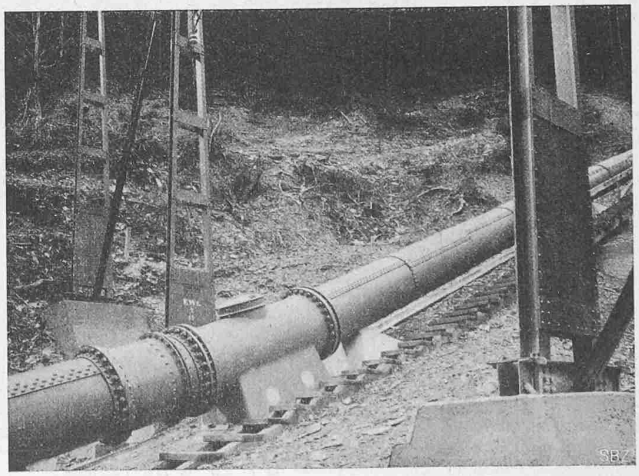

Abb. 22. Einsteig-Oeffnung und Expansionsstück bei Fixpunkt V.

entsprechend dem Wirkungsgrad des Transformators und ist somit auch bis zu sehr niedrigen Teilbelastungen herab noch günstig. Vor der Inbetriebsetzung der Gleichrichter-Anlage wurde die für den Bahnbetrieb erforderliche Energie von zwei Motor-Generatoren von je 80 *kW* Leistung geliefert, die zur Deckung der Spitzenleistungen parallelgeschaltet ständig in Betrieb bleiben mussten. Die von der Betriebsleitung der Limmattal-Strassenbahn auf mehrere Monate ausgedehnten und auf frühere Betriebsjahre bezogenen Vergleichsmessungen haben nun ergeben, dass die neue Umformeranlage um 20 bis 26 % wirtschaftlicher arbeitet als die früher benutzten Motor-Generatoren. Dazu kommt noch der geringere Platzbedarf, der in Abbildung 3 besonders ins Auge fällt, wenn man bedenkt, dass die im Vordergrund sichtbare Gleichrichter-Gruppe mit 2 × 160 *kW* die vierfache Leistung des im Hintergrund erkennbaren Motor-Generators abgeben kann.

Es sei noch bemerkt, dass ein Parallelbetrieb der Gleichrichter sowohl mit den vorhandenen rotierenden Umformern, wie auch mit den Maschinen der Zürcher Strassenbahn sich ohne weiteres durchführen liess, da der Spannungsabfall des Gleichrichters durch geeignete Wahl der Transformatorenschaltung zwischen 5 und 17 % eingestellt werden kann. Störungen im Telephonnetz, wie auch im Diensttelephon treten bei richtiger Isolation nicht auf. Auch konnte eine allenfalls durch den pulsierenden Gleichstrom verursachte zusätzliche Erwärmung an den Bahnmotoren nicht konstatiert werden.

Die schon erwähnte, ebenfalls für Strassenbahnbetrieb dienende Gleichrichter-Anlage des Elektrizitätswerkes Deuben bei Dresden ist aus Abbildung 6 ersichtlich. Sie umfasst drei Gleichrichter von normal je 200 *kW* Leistung bei 520 *V*. Der zur Verfügung stehende primäre Zweiphasenstrom von 2 × 2900 *V* 50 Per. wird durch zwei Einphasen-Transformatoren von passender Niederspannung den Gleichrichtern als Vierphasenstrom zugeführt. Zum Ausgleich der zwischen den beiden Hochspannungsphasen auftretenden wechselnden Spannungsdifferenz ist zur Vermeidung einer ungleichmässigen Belastung des Gleichrichters in eine Sekundärphase der in Abbildung 6 im Vordergrund sichtbare Einphasen-Induktionsregler eingeschaltet. Jeder Gleichrichter besitzt vier Hauptanoden und zwei Hülfsanoden für die Fremderregung. Die einzelnen Hauptanoden haben getrennte Wellblechkühler mit konstantem Wasserinhalt, wie der in Abbildung 1 in letzter Nummer gezeigte Apparat, zwecks Kühlung der Quecksilberdichtungen an der Elektroden-Einführungsstelle. Auch die innere Ausstattung des Zylinders entspricht der Abbildung 1. Die Kühlung der Zylinder besorgt auch hier ein erhöht aufgestellter Umlaufkühler, doch ist auch die Zuführung von Frischwasser möglich.

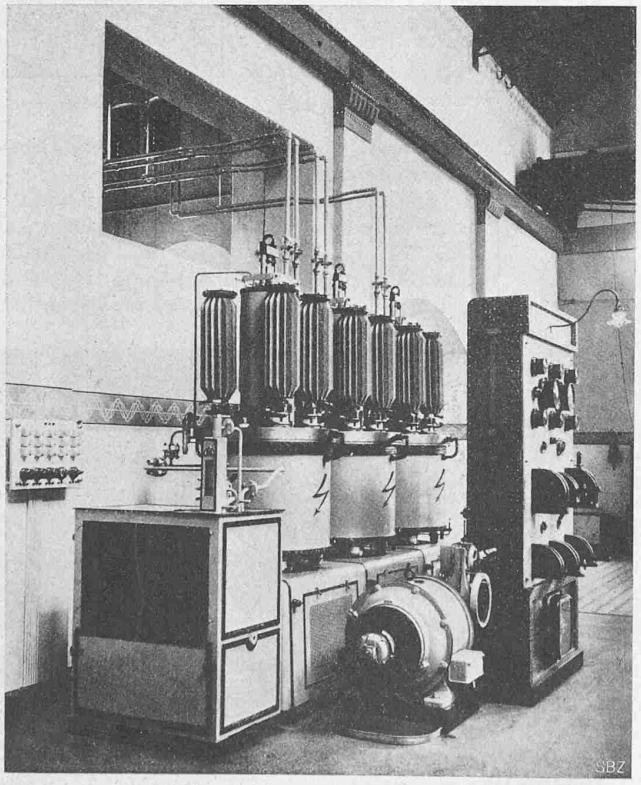

Abb. 6. Drei Gleichrichter für je 200 *kW* Dauerleistung im Elektrizitätswerk Deuben bei Dresden.

Die drei Gleichrichter-Zylinder sind durch eine Sammel-Vakuumleitung verbunden. Der an jedem Zylinder angebrachte Vakuumhahn gestattet das wahlweise Anschliessen der drei Gleichrichter-Einheiten an das Luftpumpen-Aggregat, das auch bei dieser Anlage nicht mehr ständig in Betrieb bleiben muss.

Die Parallelschaltung des Gleichrichters mit der Puffer-Batterie, mit andern in der Zentrale vorhandenen Bahnstrom-Erzeugern wie auch der einzelnen Zylinder unter sich gestaltet sich mit Hülfe von Drosselspulen vollkommen sicher und einwandfrei. Der durch die Drosselspulen verursachte induktive Spannungsabfall beträgt bei Vollast etwa 5 %.

Der Wirkungsgrad der Gleichrichter-Anlage in Deuben wird zu ungefähr 92 % angegeben. Bis jetzt hat die Anlage über 400 000 *kWh* abgegeben, ohne dass an den Elektroden oder an sonstigen Teilen des Gleichrichters irgendwelche Aenderungen wahrzunehmen wären.

„Drahtkultur".

Technisch-ästhetische Betrachtungen

von Ing. *A. Trautweiler*, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 4.)

Mit dem Gesagten sind natürlich die beim Drahtziehen nötigen Operationen nur angedeutet. Es ist insbesondere noch zu erwähnen, dass eine Menge Nebenoperationen damit verbunden sind, wie z. B. das Beizen des Drahtes in verdünnter Schwefelsäure, um die Walzhaut zu entfernen, das Ausglühen in luftdicht verschlossenen Behältern, um dem Draht jeweils wieder die für das Weiterziehen nötige Weichheit zu geben, das sog. Veredeln bei Stahldraht, das Polieren, das Härten von Drähten im Oelbad und unter Umständen das Verzinken, Verbleien, Verzinnen oder Verkupfern von Drähten.

Wir wollen hier nur kurz auf das *Veredeln der Drähte* eintreten, weil dieses bei den Stahldrähten von besserer Qualität eine besondere Rolle spielt. Wollte man Stahldraht auf die gewöhnliche Art herstellen, so müsste man ihn nach jedem zweiten oder höchstens dritten Zuge jeweils neu ausglühen, da er durch das Ziehen sehr rasch hart und spröde wird. Durch das häufige Ausglühen würde ohnedies der Draht verdorben und es wäre gar nicht möglich, Material von guter Qualität zu erzielen, wie es für Seil-, Feder- und Saitendrähte erforderlich ist. Man hat nun dafür das Aushülfsmittel gefunden, die Drähte in einem Bade von geschmolzenem Blei zu erhitzen und damit zu enthärten. Die gleichmässige, genau regulierbare Temperatur und der Luftabschluss werden die Ursache sein, warum solche Drähte neben grosser Festigkeit und Zähigkeit auch jene Geschmeidigkeit sich aneignen, die für das mehrmalige Ziehen erforderlich ist. Man nennt dies das „Veredeln" der Drähte. Werden an den Stahldraht nur geringe Ansprüche gestellt, so geschieht das Veredeln einfach durch Einlegen der Drahtringe in geschmolzenes Blei. Bei höheren Ansprüchen an die Zähigkeit und Gleichmässigkeit des Materials werden die Drähte vermittels eines Wickelwerks durch das Bleibad hindurchgezogen. Das *Härten* der Drähte im Oelbad ist namentlich erforderlich für Drähte, die zu Bürsten und Kratzen verwendet werden. Saiten- und Federdrähte werden noch poliert, indem man sie durch mit Schmirgelmasse getränkte Stoffpolster hindurchzieht.

Bekanntlich werden an die verschiedenen Drahtsorten sehr mannigfache *Qualitätsansprüche* gestellt und die Prüfung der Drähte ist deshalb von grosser Wichtigkeit. Immerhin sind die Untersuchungsmethoden sehr einfach. Es kommen in Frage: die Zerreissprobe, die Biegeprobe, die Torsionsprobe und die Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens. Bei der Zerreissprobe wird natürlich der Verlauf der Streckung genau aufgenommen und die Dehnung des Materials bestimmt. Bei der Biegeprobe wird festgestellt, wie oft sich der zwischen Klemmbacken eingespannte Draht um 180° nach einem vorgeschriebenen Radius umbiegen lässt. Bei der Torsionsprobe wieviel Umdrehungen bezw. Verwindungen ein auf bestimmte Länge, etwa 150 oder 200 *mm* eingespannter Draht bis zum Bruch aushält.

Quecksilberdampf-Gleichrichter, Bauart Brown, Boveri & Cie.

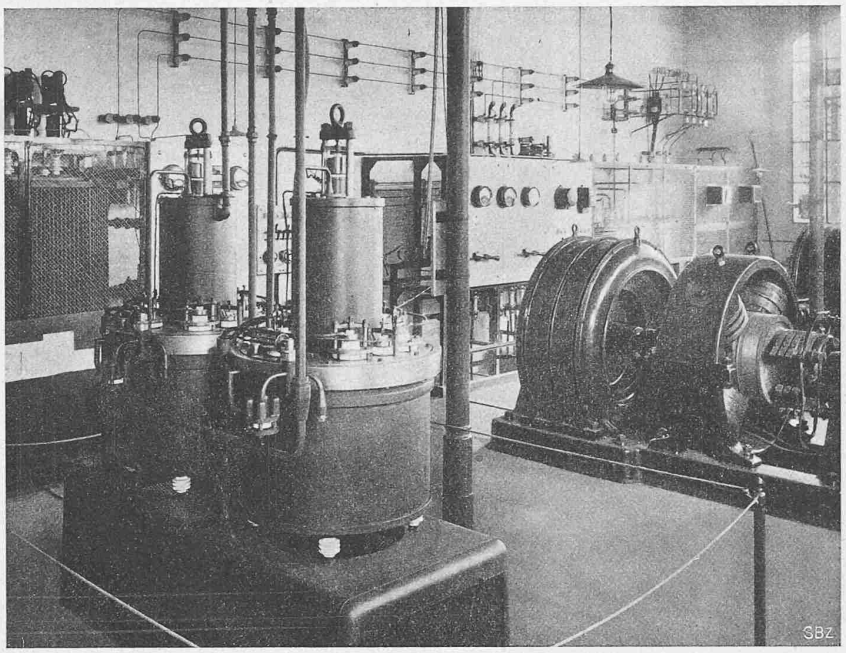

Abb. 3. Zwei Gleichrichter für je 160 *kW* Dauerleistung und 240 *kW* Spitzenleistung in der Zentrale der Limmattal-Strassenbahn in Schlieren bei Zürich.

Die Qualitätsansprüche sind im allgemeinen folgende: Bruchspannung für Eisendraht 40 bis 70 kg/mm^2, für gewöhnlichen Stahldraht 100 kg/mm^2, für Seildraht aus Stahl 120 bis 180 kg/mm^2, für Saitendraht 200 bis 300 kg/mm^2, für Kupferdraht 32 kg/mm^2, für Bronzedraht 50 bis 70 kg/mm^2. Die Dehnung ist etwa 1 %, für Stahldraht jedoch etwa 3 %. Die Anzahl der Biegungen und Torsionen, die gefordert werden, wechselt sehr mit dem Durchmesser des Drahtes. Seildraht von 130 bis 140 kg/mm^2 Festigkeit muss bei 1 *mm* Dicke wenigstens 45 Biegungen über Backen mit 5 *mm* Radius und 110 Torsionen auf 200 *mm* Länge aushalten, bei 2 *mm* Dicke 13 Biegungen und 30 Torsionen. Bei Klaviersaitendraht erreicht man Festigkeiten bis gegen 400 kg/mm^2.

Der Draht ist dazu bestimmt, ausschliesslich Zugkräfte aufzunehmen, und wir haben gesehen, dass er hierin ganz Bedeutendes leistet. Ohne diese in der Massenfabrikation, oder was das nämliche sagen will um niederen Preis, erst in der neuen Zeit erreichte Tragfähigkeit des Drahtes wären viele technischen Fortschritte nicht möglich gewesen; man denke nur an die Fahrräder, Automobile, die Luftschiffe und Flugmaschinen, die Luftseilbahnen, Kabelbahnen, Förderseile für grosse Tiefen, an die vielen Gattungen von Elevatoren, Kranen, Baggern usw.

Da wir uns aber gerade mit der *Zugfestigkeit* des Drahtes beschäftigen, ist es erwünscht, auch der Leistung jener Gebilde zu gedenken, die in der *Natur* die Rolle des Drahtes spielen, der Gespinnstfasern und Tiersehnen, sowie der künstlichen, nicht metallischen Fäden. Wir begegnen auch bei diesen schon ganz beachtenswerten Festigkeitszahlen. In der folgenden Tabelle sind für verschiedene Materialien die höchst erreichbare Zugfestigkeit K_z in kg/mm^2, sowie der, einer Bruchbelastung von 100 *kg* entsprechende Drahtdurchmesser *d* in *mm* angegeben.

		K_z	d
1.	Bleidraht, hart	2,2	7,6
2.	Gewöhnliches Leder	4	5,6
3.	Balata	4,5	5,3
4.	Schlangenleder	9,0	3,8
5.	Chromleder	9,0	3,8
6.	Hanffaser	10	3,6
7.	Manila und Ramie	12	3,3
8.	Hartholzfaser	14	3,0
9.	Zinkdraht	19	2,6
10.	Seidenfaser	20	2,6
11.	Achillessehne	30	2,1
12.	Aluminiumdraht	50	1,6
13.	Kupferdraht	50	1,6
14.	Messingdraht	50	1,6
15.	Bronzedraht	70	1,4
16.	Schweisseisendraht	80	1,3
17.	Siliziumbronzedraht	85	1,2
18.	Phosphorbronze	140	1,0
19.	Martinstahl	150	0,9
20.	Tiegelstahldraht	300	0,6
21.	Wolframstahldraht	400	0,5
22.	Wolframdraht (0,015 *mm*)	700	0,4

Man sieht, dass die Skala eine sehr ausgedehnte ist, dass die pflanzlichen und tierischen Drähte, bei denen die Zugbeanspruchung der eigentliche Lebenszweck ist, erheb-

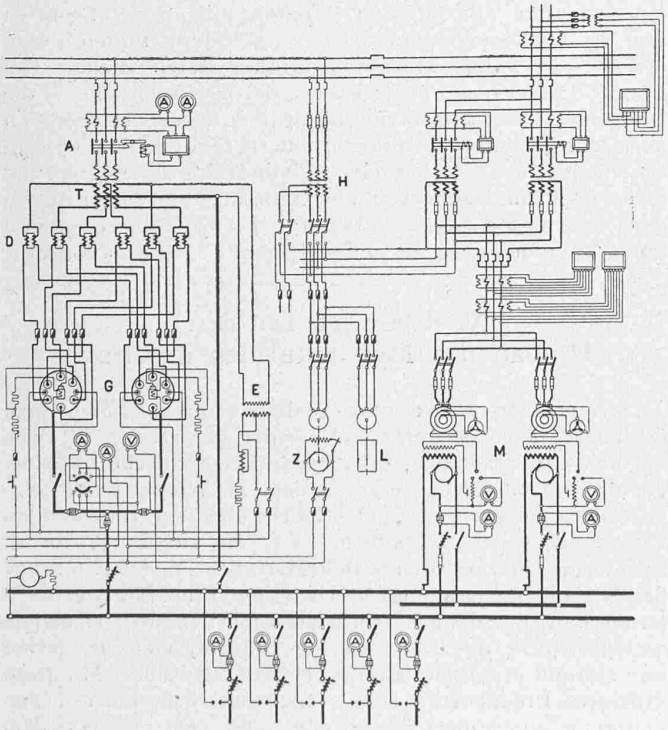

Abb. 4. Schaltungsschema der Gleichrichter-Anlage in Schlieren.

LEGENDE: A Maximal-Automat bezw. Ampèremeter, D Drosselspulen, E Erregertransformator, G Gleichrichter, H Hülfstransformator, L Luftpumpe, M Motor-Generator, T Haupttransformator, V Voltmeter, Z Zünddynamo.