Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89/90 (1927)
Heft: 14

Artikel: Die Abgabe konstanter Leistung durch die Gleichstrom-Kompoundmaschine

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41774

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: 26.07.2025

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

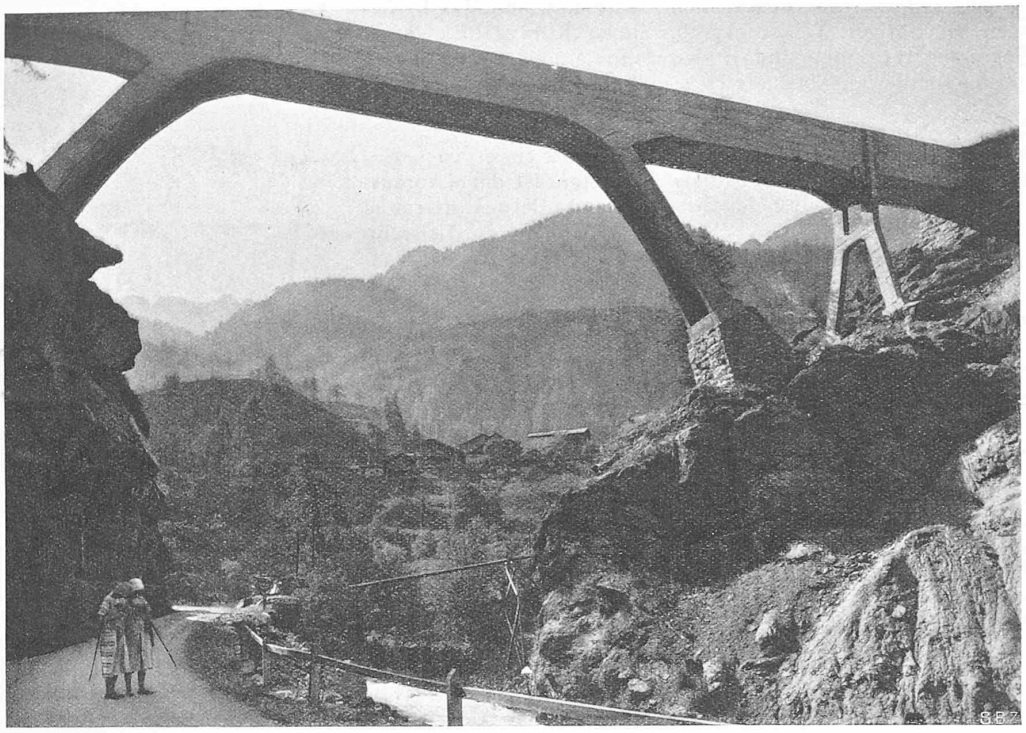


Abb. 9. Aquädukt über die Eau-Noire bei Châtelard, für das Kraftwerk Vernayaz der SBB. Entwurf Ingenieurbureau Maillart & Cie., Ausführung Prader & Cie., Zürich.

ausgeführte Dichtung in Goudron, insbesondere an den Stellen der Dilatationsfugen, die sich sehr gut bewährt hat (Abbildung 13, nebenan).

Der Aquädukt über die Eau-Noire ist ein Bauwerk, das technisch-wirtschaftliches Denken und künstlerisches Gestalten des Ingenieurs verkörpert; unverkennbar ist seine Verwandschaft mit dem Konstruktionsgedanken, der der von Maillart & Cie. schon 1904 entworfenen und ausgeführten Rheinbrücke bei Tavanasa[1]) zugrunde lag.

*

Anmerkung der Redaktion. Seit Inbetriebsetzung des Aquädukts über die „Eau-Noire" ist zum Transport von Baumaterial ein Rollbahngeleise darüber gelegt worden. Es ist nun der Wunsch erwacht, auch Einzellasten bis zu 10 t über dieses Geleise führen zu können, was nach rechnerischer Prüfung zulässig erscheint; immerhin wollen die Organe der S. B. B. dem Entscheide vorgängig das Objekt durch entsprechende Belastungs-Versuche mit Messungen über sein elastisches Verhalten untersuchen. Wir hoffen, zu gegebener Zeit auch über diese Messungen berichten zu können.

☞ Obiges war bereits gesetzt, als wir in Erfahrung bringen konnten, dass anlässlich des Katastrophen-Hochwassers am letzten Sonntag im Bündner Oberland bei Tavanasa eine gewaltige Rüfe niedergegangen ist, wobei ein grosser Felsblock auf das eine Widerlager der von Prof. Dr. Roš erwähnten Brücke (Abb. 14) stürzte. Dadurch sei die Brücke von dem Widerlager abgedrückt und dann durch die Wassermassen des hochgehenden Rheins „auf das andere Ufer geschwemmt" worden. Es dürfte nun ausserordentlich interessant sein, aus dem Zustand des derart abnormal beanspruchten Bauwerks das Verhalten seiner monolithischen Konstruktion beurteilen zu können, worüber wir auf Grund einer Besichtigung der Brücken-Trümmer sobald wie möglich berichten wollen.

[1]) Vergleiche die Beschreibung in „S. B. Z." Band 63, Seite 343 (13. Juni 1914). Red.

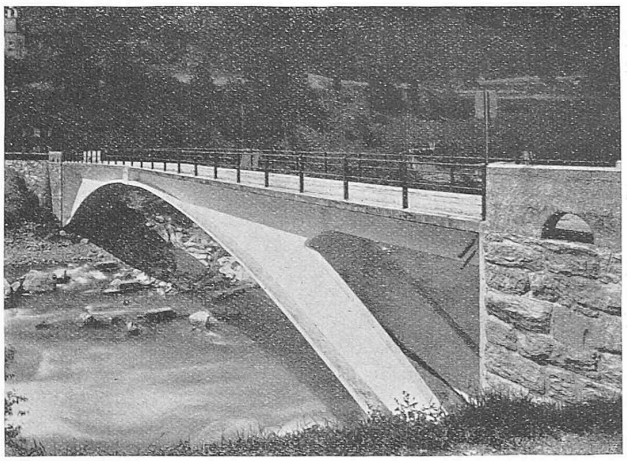


Abb. 14. Strassenbrücke über den Rhein bei Tavanasa, Graubünden. Dreigelenkbogen von 51 m Stützweite, mit kastenförmigem Aufbau, gebildet aus zwei Längswänden mit der darüber gelegten Fahrbahntafel. Entworfen und erbaut 1904/05 durch Maillart & Cie.

Die Abgabe konstanter Leistung durch die Gleichstrom-Kompoundmaschine.

Von Prof. Dr. W. KUMMER, Ingenieur, Zürich.

Die erfolgreiche Entwicklung der Kompoundierung der Asynchronmaschinen für den elektromotorischen Antrieb und für die Netzkupplung, über die wir kürzlich in dieser Zeitschrift[1]) berichteten, veranlassen uns zum Hinweis darauf, dass auch die in üblicher Weise kompoundierte Gleichstrommaschine ähnliche Aufgaben, insbesondere auch eine, in den durch praktische Verhältnisse gegebenen Grenzen wünschenswerte Abgabe konstanter Leistung, einigermassen zu verwirklichen vermag. Wir denken dabei in erster Linie an die Kupplung eines Gleichstrombahnnetzes mit einem Drehstromnetze mittels eines Umformers, bestehend aus einer Gleichstrom-Kompoundmaschine und einer Drehstrom-Synchronmaschine, wobei unabhängig von den Spannungsschwankungen auf der Gleichstromseite die durch den Umformer übertragene Leistung konstant, bezw. unbeeinflusst von der Drehzahlschwankung bleiben solle.

Die für die vorliegende Untersuchung massgebende mechanische Charakteristik der kompoundierten Gleichstrom-Maschine haben wir vor sechs Jahren in dieser Zeitschrift im Hinblick auf die modernen Bestrebungen der Nutzbremsung auf Gleichstrombahnen mitgeteilt.[2]) Für die geradlinig magnetisierende und, abgesehen von den Stromwärmeverlusten, verlustlose Maschine gilt danach hinsichtlich dieser Charakteristik die Formel:

$$D\left[\omega(\eta_n - \alpha) \pm \omega_n(1-\eta_n)\right]^2 = \frac{D_n\,\omega_n}{\eta_n}(m\,\omega_n - \omega\,\alpha)\left[m(\eta_n - \alpha) \pm \alpha(1-\eta_n)\right]$$

wobei D und ω die variablen Werte des Drehmoments und

[1]) Vergleiche Seite 41 dieses Bandes (23. Juli 1927).

[2]) Vergl. Band 77, Seite 141 (26. März 1921).

×) Bis dahin wohl; 1938 umgebaut mit Kupferblech-Federung (Plan SBB Nr. 11485, 25.XI.38, O.J.E)

der Winkelgeschwindigkeit, D_n und ω_n die bezüglichen Werte bei Normallast, η_n den zugehörigen Wirkungsgrad, m den Parameter einer Spannungsregelung, und α den benutzten Parameter der Kompoundierung bedeuten; es ist α definiert durch:

$$\alpha = \frac{\omega_n}{\omega_0}$$

wobei ω_0 die Winkelgeschwindigkeit im Leerlauf, bezw. bei Stromlosigkeit im Hauptstromkreis bedeutet. Bei *völliger* Verlustlosigkeit, mit $\eta_n = 1$, lautet die Gleichung der Charakteristik:

$$D\,\omega^2 = D_n\,\omega_n\,m^2\,\frac{\omega_n - \alpha\,\frac{\omega}{m}}{1-\alpha}$$

Da im Bahnbetriebe nur grössere Spannungsunterschiede, wie z. B. bei Serieparallelschaltungen, wo $m = 1$, $= 1/2$, $= 1/4$ ist, Bedeutung haben, solche Schaltungswechsel bei der Nutzbremsung jedoch nicht vorkommen, diskutierten wir die Gleichung in der erwähnten und in einer späteren, 1924 in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeit[1]) *ausschliesslich* für $m = 1$, also in der Form:

$$D\,\omega^2 = D_n\,\omega_n\,\frac{\omega_n - \alpha\,\omega}{1-\alpha}$$

wobei aber versehentlich der zu $+1$ gemachte Faktor m^2 als solcher in den Formeln stehen blieb.[2])

Für die uns heute interessierende Anwendung von Kompoundmaschinen ist normal auch mit $m = 1$ zu rechnen; Spannungsschwankungen im Betrieb, im Ausmass von etwa:

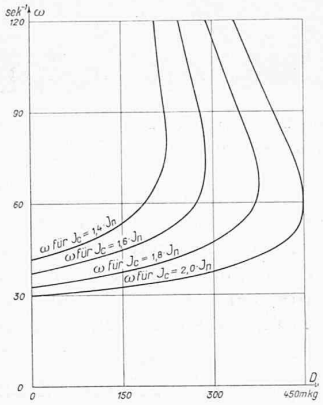
$$0{,}92 < m < 1{,}07$$

veranlassen jedoch die Benutzung der vollständigen Formel:

$$D\,\omega^2 = D_n\,\omega_n\,m^2\,\frac{\omega_n - \alpha\,\frac{\omega}{m}}{1-\alpha}.$$

Ersetzt man α durch seinen Wert ω_n/ω_0 und berücksichtigt man, dass für $\alpha > 1$, d. h. bei Kompoundierungen, bei denen die Stromstärke J_c der, die Kompoundierung bewirkenden Sondererregung der Stromstärke J im Hauptstromkreis, bezw. J_n bei Norlast, entgegenwirkt, bei $m = 1$ die Beziehung:

$$\frac{\omega_n}{\omega_n - \omega_0} = \frac{J_c}{J_n}$$



Charakteristiken, die zwischen $\omega = 30$ bis 60 für die Nutzbremsung, zwischen $\omega = 80$ bis 120 zur Abgabe ungefähr konstanter Leistung dienen können.

gilt, so erhält man für die Charakteristik die Gleichung:

$$D\,\omega^2 = D_n\,\omega_n\,m\,\frac{J_c}{J_n}\,(\omega - \omega_0\,m);$$

diese haben wir für $m = 1$ in der Arbeit von 1924 für die Verhältniswerte $J_c/J_n = 2{,}0$, $= 1{,}8$, $= 1{,}6$, $= 1{,}4$, bei $D_n = 450$ mkg und bei $\omega_n = 60$ sek^{-1}, durch Kurven veranschaulicht, die wir hier, in obenstehender Abbildung, nochmals vorführen.[3])

Da nun eine konstante Leistung nur durch eine Charakteristik von der Gleichung:

$$D\,\omega = \text{Konstante}$$

verwirklicht wird, führen wir unsere Gleichung über in die Form:

$$D\,\omega = D_n\,\omega_n\,m\,\frac{J_c}{J_n}\,\frac{\omega - \omega_0\,m}{\omega}$$

wobei der Bruch:

$$\frac{\omega - \omega_0\,m}{\omega} = 1 - \frac{\omega_0}{\omega}\,m$$

zu diskutieren ist. Für die in Betracht gezogene Gegenkompoundierung ist stets:

$$\omega_0 < \omega\,.$$

Im Bereich solcher Werte ω, die genügend hoch über dem besondern, für D_{max} der betreffenden Charakteristik gültigen ω liegen, kann neben 1 näherungsweise:

$$\frac{\omega_0}{\omega}\,m = \sim 0$$

gelten, womit das bezügliche Kurvenstück durch eine annähernd konstante Leistung vom Betrag:

$$D_n\,\omega_n\,m\,\frac{J_c}{J_n}$$

gekennzeichnet ist; $m =$ konstant ist dabei vorausgesetzt. Bei unkonstantem m schwankt die Leistung im betrachteten Kurvenstück im gleichen Verhältnis wie m; jedoch ist diese Schwankung nicht etwa die Folge der mechanischen Charakteristik, bezw. des Drehzahl-Verhaltens der Maschine.

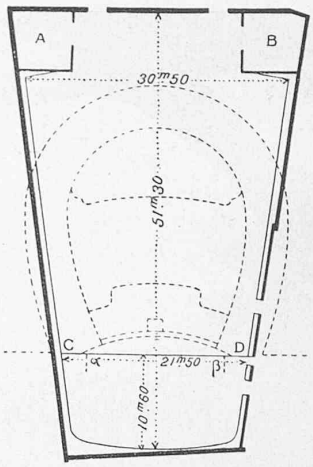


Abb. 1. Die Salle Pleyel in Paris. Grundriss. — Masstab 1 : 800. A B Treppen und Aufzüge, C D Rampe. ($\alpha\,\beta$ Bühnenöffnung der Grossen Oper.)

Dabei ergibt sich das bemerkenswerte Resultat, dass Charakteristiken der Gleichstrom - Kompoundmaschinen, nach Art der nebenan veranschaulichten, nunmehr auch für höhere ω, als für solche, die dem jeweiligen D_{max} entsprechen, zur Bedeutung gelangen können; für die Nutzbremsung auf Gleichstrombahnen kommt dagegen nur der, unter den ω für D_{max} liegende Kurventeil in Frage, wie aus unsern, hier aufgeführten Aufsätzen von 1921 und 1924 ersichtlich ist.

Zur allfälligen praktischen Verwendung des hier zunächst nur grundsätzlich in Betracht gezogenen Kurventeils mit Werten ω über denen für D_{max} ist zu bemerken, dass es sich dabei um schwächere Grade der Magnetisierung im Eisenpfad handelt, derart, dass die Stabilität des Zustandes im Zweifel sein kann; deshalb würde man zur Stabilisierung einen, sukzessive in seinen einzelnen Teilen zur magnetischen Sättigung gelangenden Eisenpfad verwenden müssen. Die Ingangsetzung dürfte ohne Schwierigkeiten erfolgen können, wenn man den Leerlauf mit demjenigen ω_0 beginnt, das gleich dem mittlern gewünschten Betriebswerte ω' ist, und wobei man dann mit $\alpha = \omega'/\omega_0 = 1$ die Einstellung vornimmt.

[1]) Vergl. Band 83, Seite 275 (14. Juni 1924).

[2]) Auf Spalte 2, Seite 141 in Band 77, sowie auf Seite 275 und 276 von Band 83, wo der Leser den Faktor m^2 jeweils streichen möge.

[3]) Band 83, Seite 276 (14. Juni 1924).

Zum Rücktritt von Prof. Dr. M. Grossmann von der E. T. H.

Mit dem gestrigen Tage ist Prof. Dr. Marcel Grossmann nach 20-jähriger erfolgreicher Tätigkeit aus dem Lehrkörper der E. T. H. geschieden. Wir könnten seine Verdienste nicht besser würdigen als durch die Wiedergabe der Adresse, die ihm seine Kollegen zu diesem Anlass überreicht haben:

„Die Dozenten der Eidgen. Technischen Hochschule, in erster Linie die Dozenten derjenigen Abteilungen, denen ihre eigene Lehrtätigkeit zugute gekommen ist, haben sich vereinigt, Ihnen ihre grosse Dankbarkeit auszudrücken für die vorbildliche und ausserordentlich fruchtbare Arbeit, die Sie als Lehrer unter uns geleistet haben, in harmonischer Anpassung an die beherrschenden Ausbildungsziele der einzelnen Abteilungen und an die sachlichen Forderungen des Lehrgebietes, das Sie vertraten. Wir sind gewiss, dass die grosse Zahl Ihrer ehemaligen Schüler, die jetzt auf verschiedenen Gebieten nutzen, was sie von Ihnen empfingen, in unsern Dank einstimmen. In dem Schmerz, mit dem wir Sie aus unserem Kollegium scheiden sehen, ist dies ein Trost, dass wir nur von dem Mit-Lehrer, nicht von dem Mit-Gelehrten Abschied zu nehmen haben.

Die Unumgänglichkeit der darstellenden Geometrie für den Techniker im weitesten Sinne, den zweckvoll bauenden Menschen hat Schiller durch die kurze Sentenz begründet: Leicht beieinander wohnen die Gedanken, doch hart im Raume stossen sich die Sachen. Der Raum ist das Medium, in dem die konstruktiven Ideen durch kluge Nutzung der vorhandenen Stoffe und der gesetzmässig wirkenden Naturkräfte Gestalt gewinnen müssen; und mehr Platz, als seine drei Dimensionen gewähren, ist in der Wirklichkeit nun einmal nicht da. Als Sie Ihr Lehramt antraten, seufzten die Polytechniker unter dem Joch dieser Notwendigkeit wie unter einem