Praktische Grenzen der elektrischen Kraftübertragung auf grosse Entfernungen

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **35/36 (1900)**

Heft 8

PDF erstellt am: **03.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-22045

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

wird erfüllt für einen Wert $\mu\beta > \frac{3\pi}{4}$, weil $Z_2[\mu\beta] = \mathfrak{Cof}[\mu\beta]\sin\mu\beta + \mathfrak{Sin}\,\mu\beta\cos\mu\beta$ sein Vorzeichen in unmittelbarer Nähe des Wertes $\mu\beta = \frac{3\pi}{4}$ nämlich bei $\mu\beta = \frac{3\pi}{4} + 0{,}0089$ wechselt.

Wählen wir also für $\mu\beta$ denjenigen Wert, bei welchem $Z_2[\mu\beta]$ verschwindet, setzen also $\mu\beta = \text{rund}\,\frac{3\pi}{4}$, so erhalten wir den bestimmten, stets positiven Bodendruck der Bogenmitte:

$\psi z_0 = \frac{P\sin\beta}{r}$, während der Druck nach den Kämpfern zunimmt nach der Gleichung:

$$\psi z = P\left[\frac{\sin\beta}{r} + \frac{1{,}26\cos\beta\sin\frac{3\pi\omega}{4\beta}\,\mathfrak{Sin}\frac{3\pi\omega}{4\beta}}{s}\right]$$

und wir erhalten für den grössten, ein mathematisches Maximum darstellenden Druck am Kämpfer den Wert:

$$\psi z_\beta = \frac{P\sin\beta}{r} + \frac{4{,}66\cos\beta P}{s}$$

Die Bedingung $\mu\beta = \frac{3\pi}{4}$ ergiebt für die Bogenstärke h die Gleichung:

$$h = \frac{2s}{3\pi}\sqrt[3]{\frac{2\psi s}{\pi E}} \qquad (2)$$

so dass also der Bogen mit gebundenen Kämpfern im Vergleich zum Bogen mit freien Enden eine $\frac{2}{3}\sqrt[3]{2/3} = 0{,}585$-fach kleinere Stärke erfordert, um den Zweck vollen Bodendruckes überall mit Sicherheit zu erreichen. Bei Wahl der Bogenstärke nach Gleichung (2) verschwindet auch hier der Bodendruck der Bogenmitte erst für den Grenzfall $\beta = 0$ des geraden Balkens.

Das innere Biegungsmoment ist allgemein gegeben durch die Gleichung:

$$M = -\frac{EJ}{r^2}\frac{d^2z}{d\omega^2} = -\frac{Pr\cos\beta\{Z[\mu\beta]Z_3[\mu\omega] - Z_2[\mu\beta]Z_1[\mu\omega]\}}{\mu(+\mathfrak{Cof}\,2\mu\beta - \cos 2\mu\beta)}$$

Man erhält daher für $Z_2[\mu\beta] = 0$, $\mu\beta = \frac{3\pi}{4}$

$$M = -\frac{Pr\cos\beta\,Z[\mu\beta]Z_3[\mu\omega]}{\mu(+\mathfrak{Cof}\,2\mu\beta)}$$

und man erkennt, dass M sein Zeichen wechselt im Punkte $\mu\omega = \frac{\pi}{2}$, also für $\omega = {}^2/_3\,\beta$.

Für das Moment in der Bogenmitte erhält man dann den Wert:

$$M_0 = -\frac{Pr\cos\beta\,Z[\mu\beta]}{\mu\left(+\mathfrak{Cof}\frac{3\pi}{2}\right)} = -Ps\cos\beta\cdot 0{,}028.$$

und für das Moment am Kämpfer:

$$M_\beta = \frac{Pr\cos\beta\,Z[\mu\beta]Z_3[\mu\beta]}{\mu\left(+\mathfrak{Cof}\frac{3\pi}{2}\right)} = +Ps\cos\beta\cdot 0{,}107.$$

Praktische Grenzen der elektrischen Kraftübertragung auf grosse Entfernungen*).

Obwohl die noch vorhandenen Schwierigkeiten der elektrischen Kraftübertragung in Zukunft sicherlich gehoben werden, dürfte die Frage, wo die Grenzen derselben liegen, von Interesse sein. Der Schwerpunkt der Frage liegt jedenfalls in der Spannung und deren zulässiger Steigerung. Denn, da der Wert des zu den Leitungen verwendeten Kupfers in umgekehrtem Verhältnisse mit dem Quadrate der Spannung steigt, ist es klar, dass, namentlich bei Uebertragungen elektrischer Energie auf grosse Distanzen, die Kenntnis der Grenzen, bis zu denen man gehen darf, sowohl für den Techniker als für den Kaufmann sehr wichtig ist.

*) Nach einer Studie von Dr. *L. Bell* in Cassiers Magazine.

Seit fünf oder sechs Jahren sind zahlreiche praktische Ausführungen von elektrischen Kraftübertragungen mit hoher Spannung durchgeführt worden. Man hat mit erstaunlicher Energie die sogenannten klassischen Werte der Spannung verlassen und ist mit geradezu revolutionärer Entschiedenheit zu den Hochspannungen übergegangen. Die eigentliche Ursache dieses Schrittes war die Anwendung des Wechselstromes. Man erkannte sehr schnell, dass diese Starkstromübertragungen Gefahren in sich bargen und kam dazu, grosse Sorgfalt auf die Ausführung der notwendigen Apparate und namentlich auf deren gute Isolation zu legen.

Die vor zehn Jahren angewendete Spannung von 1000 Volt wird heutzutage als ungenügend angesehen, so dass man selbst für kurze Entfernungen zu Spannungen von 5000 und 10000 Volt greift und letztere Spannung der ersteren vorzieht. In dem Momente, als man passende Transformatoren besass, war schon vom ökonomischen Standpunkt die Anwendung von hochgespannten Strömen gegeben. Derzeit können Spannungen von 10000 Volt als ganz normal angesehen werden. Die gemachten Erfahrungen haben erwiesen, dass man bei dieser Spannung auch auf weite Entfernungen keine besonderen Schwierigkeiten zu überwinden hatte. Aber soll man über 10000 Volt Spannung hinausgehen?

Wenn man darüber hinaus die Spannung erhöht, so ergeben sich keine besonders beunruhigenden Uebelstände. Es ist zwar eine grössere Gefahr des Durchschlagens der Isolationshülle vorhanden, doch kann dieselbe durch besondere Sorgfalt in der Ausführung der Isolationen gehoben werden. Und was die Frage der Transformatoren bei so hohen Spannungen anbetrifft, so liegen hier keine besonderen Konstruktionsschwierigkeiten vor.

Ein weiterer Umstand, der in Betracht zu ziehen wäre, ist die Funkenbildung. Die Distanz, bei welcher Funken überspringen, hängt nicht nur von dem dielektrischen Widerstande der Luft, sondern auch von der Form jener Flächen ab, von denen die Funken ausgehen. So wird, bei gleicher Spannung, der Funke zwischen zwei Nadelspitzen zu seinem Entstehen einer viel kürzeren Entfernung bedürfen, als zwischen zwei Kugelflächen von 25 bis 30 *mm* Durchmesser. Diese Vergrösserung der Funkenlängen schafft an und für sich keine grossen Schwierigkeiten, doch rollt sie die Frage der Resonanz auf. Denn bei der Elasticität gilt, wie beim Schall, das Gesetz, dass eine Verstärkung der Schwingungen zweier Materien dann eintritt, wenn die Schwingungen in Uebereinstimmung sind. Die elektrische Resonanz tritt zwar seltener, immerhin jedoch öfter, als man allgemein glaubt, auf. Dies ist die Ursache, welche die bei langen Leitungen konstatierte Erscheinung hervorruft, dass Funken auf grösseren Distanzen überspringen. Keinesfalls fällt jedoch dieser Umstand besonders ins Gewicht.

Wenn die Spannung auf 20000 Volt getrieben wird, beginnen die Leitungen in der Dunkelheit zu leuchten. Man sieht an ihren Oberflächen ein schwaches, bläuliches Licht. In der That ist auch die Elektricität überall dort, wo sie kann, namentlich an Spitzen und Ecken, sowohl bei den Leitungen, als auch bei den in Oel gebadeten Transformatoren, bestrebt zu entweichen. Bei 20000 Volt sind die hiedurch entstehenden Verluste nicht besonders gross. Ueber diese Spannung hinaus wird der Verlust durch die Luft schon fühlbar und er wird bei 40000 Volt, wenn auch gerade nicht nachteilig, immerhin schon beachtenswert. Es tritt hier dieselbe Erscheinung auf, welche man in einem dunklen Raume an den von einem Ruhmkorff'schen starken Konduktor ausgehenden Drähten beobachten kann; freilich in einem viel grösseren Masstabe, da an Stelle eines Elementensatzes z. B. ein 1000 *kw*-Generator den Strom erzeugt. Erhöht man die Spannung auf 50000 und 55000 Volt, dann wird die Sachlage ernster, die Elektricität beginnt mit grosser Geschwindigkeit zu entweichen, da bei so hohen Spannungen die Luft ihre Isolierfähigkeit einbüsst.

Es giebt nun zwei Mittel, diesem Uebelstande zu steuern. Entweder vergrössert man die Distanz zwischen den Leitungen, was den Uebelstand zwar verringert aber nicht hebt, oder man umhüllt die Leitungen mit guter Isolation, was jedoch nur eine relative Lösung bedeutet. Mit einer Kraftübertragungsanlage bei 40000 Volt Spannung ist man so ziemlich an den Grenzen, welche zwar nicht durch die Unvollkommenheit der Apparate, sondern durch das umgebende Mittel, die Luft, gezogen sind, angelangt; darüber hinaus, bei 50000 Volt und 60000 Volt Spannung, ergiebt sich die praktische Unmöglichkeit der Anlagen, bei Anwendung von Luftleitungen. In solchen Fällen müsste man die Leitungen unterirdisch oder in Röhren verlegen, in welchem Falle man die Möglichkeit der Resonanz näher rückt. Ueberhaupt darf man sich bei Anwendung hoher Spannungen nicht den Umstand verhehlen, dass man sich stets zwischen zwei gefährlichen Klippen — Resonanzgefahr und Blitzgefahr — bewegt.

Was nun die Frage der Entfernung betrifft, so ist man nach den bisherigen Erfahrungen bis zu einer Länge von 150 *km*, ausser etwaigen böswilligen Beschädigungen, keinen besonderen Schwierigkeiten begegnet. Denn bei gut ausgeführten Anlagen mit nackten, sowie mit gut isolierten Drähten waren es immer nur äussere Einflüsse, die störend auftraten. Bei einer Ueberschreitung von 150 *km* Kraftübertragungslänge wird man die Periodenzahl verringern. Man sieht, dass vom rein technischen Standpunkte kein Hindernis zu finden ist, bis auf 500 vielleicht sogar auf 800 *km* zu gehen.

Vom kommerziellen Standpunkte liegt die Frage anders. Da wird sich die bedeutende Entfernung nur dann lohnen, wenn es sich um Uebertragung einer sehr grossen Kraft handelt, wobei trotzdem die Kosten selbst bei 40000 Volt Spannung immense Ziffern erreichen. Nur in ganz wenigen Fällen kann dann von vornherein ein absoluter Erfolg verzeichnet werden, und auch nur in dem Falle, wenn die Generatorkraft sehr billig zu haben ist, die verkaufte Kraft hingegen verhältnismässig sehr hoch abgesetzt werden kann.

Es kann nicht genug betont werden, dass bei solchen Entfernungen die gute Wahrung gegen schädliche äussere Einflüsse von besonderer Tragweite ist. Kreuzungen mit anderen Kraftleitungen sollen vermieden werden. Gegen Telegraphen- und Telephondrähte sollen besondere Schutzvorrichtungen angeordnet werden, da erwiesenermassen die meisten Unglücksfälle bei Hochspannungsleitungen von Berührungen mit auf dieselben gefallenen Telegraphen- und Telephondrähten herrühren.

Spannungen von 10000 Volt sind schon lange im Gebrauch, während solche von 40000 Volt sich, mit wenigen Ausnahmen, noch im Versuchsstadium befinden. Trotzdem liegen, ausser besonders sorgfältiger Ueberwachung und Ausführung der Leitungen, vom technischen Standpunkte gegen die Anwendung von 40000 Volt Spannung keine weiteren Hindernisse vor.

Im allgemeinen gehen Kraftübertragungen von 5000 bis 10000 *kw* nicht viel über eine Länge von 25 *km* und rentieren sich sehr gut. Bei Entfernungen von 40 bis 80 *km* bedarf es schon günstigerer Umstände, um einen Erfolg zu sichern, während Kraftübertragungen von 80 bis 160 *km* sich nur für eine ganz besonders grosse zu übertragende Kraft rentieren. Ueber 160 *km* ist ein Erfolg selten zu verzeichnen, obwohl er nicht ausgeschlossen ist.

Die Architektur an der Pariser Weltausstellung von 1900.

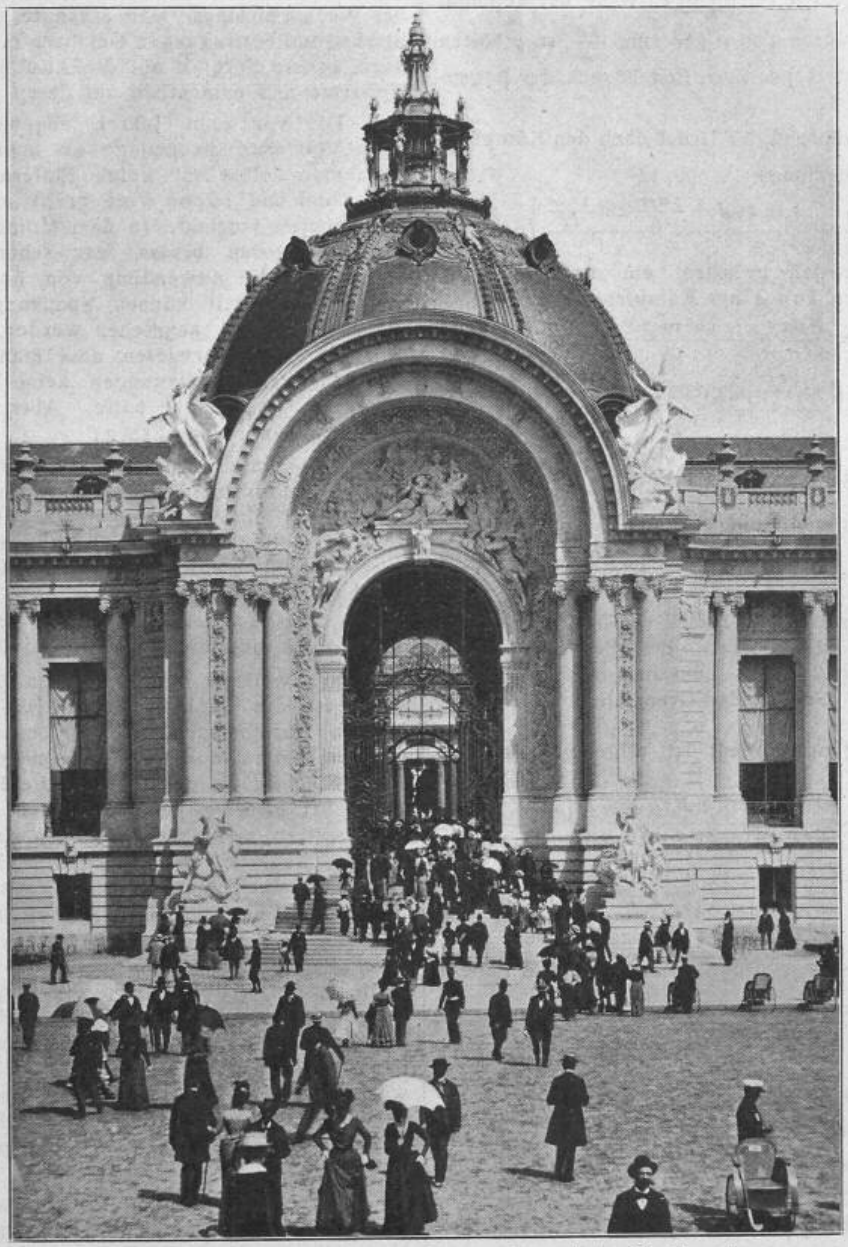

Fig. 17. Kleiner Kunstpalast. — Hauptportal. — Arch. *Ch. Girault.*

Die Architektur an der Pariser Weltausstellung.

III. Die Kunstpaläste. (Schluss.)

(Mit einer Tafel.)

Dem Grossen Palast gegenüber, auf der linken Seite der Avenue Nicolas, befindet sich der Kleine Palast, erbaut von Charles Girault, dem Sieger der Konkurrenz von 1896. Er ist zu Kunstsammlungen der Stadt Paris bestimmt, während der Ausstellung aber dient er zur Aufnahme kunsthistorischer Gegenstände.

Dieses Gebäude flankiert mit mehr Nachdruck als sein Gegenüber die Ecke der Avenue und wirkt trotz seiner geringeren Abmessungen monumentaler als jenes. Dies liegt wohl in der Harmonie seiner ganzen Struktur und in der bedeutenderen Markierung von Hauptachse und Eckpunkten. Die Grundform des Kleinen Palastes ist diejenige