Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 12 (1921)
Heft: 2

Artikel: Die kritischen Drehzahlen der Kurbelgetriebe elektrischer Lokomotiven
Autor: Wichert, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057100

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: 08.08.2025

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

Die kritischen Drehzahlen der Kurbelgetriebe elektrischer Lokomotiven.

Von *A. Wichert,* Mannheim.

Es dürfte allgemein bekannt sein, dass die ersten grossen Wechselstrom-Lokomotiven, bei welchen man sich zwecks Erzielung eines hochliegenden Schwerpunktes und guter Zugänglichkeit der Motoren des Parallelkurbelgetriebes als Bindeglied zwischen Motor und Rädern bediente, ganz unerwartete Störungen im Betriebe gezeigt haben. Diese führten letzten Endes dazu, dass gewisse Bauformen, die nach den schönen Untersuchungen *Kleinows* [1]) über die *statischen* Verhältnisse besonders zweckmässig waren, aufgegeben wurden und man sich den Zwang gefallen liess, wenn irgend möglich nur Lokomotiven mit auf getrennten Rädergruppen arbeitenden Motoren zu verwenden, bei denen die Störungen von Anfang an geringer waren.

Diese Störungen lösten eine ganze Reihe Untersuchungen der *dynamischen* Vorgänge aus, teils experimenteller, teils theoretischer Art, mit dem Erfolge, dass Mittel gefunden wurden, durch welche die Störungen beseitigt werden konnten (Einbau federnder Zwischenglieder nach dem Vorschlage von Buchli und dem Verfasser). Der Erfolg dieser Mittel ist zweifellos, obwohl man in ihrer Bemessung noch sehr empirisch vorgegangen ist. Dagegen herrscht ein wahrhaft heilloses Durcheinander in den theoretischen Erklärungen des Vorganges, welches nur allzu geeignet ist, von dem Studium des Problems abzuschrecken. Der Zweck dieser Zeilen ist, einen ganz kurzen, vergleichenden Abriss zu geben über *das Wesentliche der verschiedenen Theorien der «Schüttelschwingungen»* (um solche handelt es sich bei den besagten Erscheinungen), der natürlich nicht das vergleichende Studium der recht umfangreichen Arbeiten über dieses Thema entbehrlich machen soll, sondern zum Lesen der einen oder andern, den Lesern dieser Zeitschrift bisher weniger bekannten Arbeit anregen soll.

Die beste Bestätigung für die Richtigkeit einer Theorie ist immer der Versuch bezw. die Messung irgendwelcher Vorgänge innerhalb der Erscheinung. Greifen wir hiervon die auffälligste heraus, die „kritischen Drehzahlen", das sind diejenigen, bei welchen die Störung (Stossen, Erschütterungen, Schwanken u. dergl.) am stärksten ist, so kann folgendes ausgesagt werden:

Es wurden *kritische* Drehzahlen festgestellt bei einer ganzen Reihe von Lokomotiven bei *Geschwindigkeiten,* die zueinander in einem ganzzahligen Verhältnis standen, z. B. bei V – 2V – 3V – 4V km/h. Bei manchen Lokomotiven wird betriebsmässig die 2., 3. bezw. 4. „kritische Geschwindigkeit" gar nicht erreicht. Die dritte ist manchmal sehr wenig ausgeprägt. Die als Fortsetzung der Reihe zu erwartenden 5., 6. usf. liegen bei allen Lokomotiven ohne besondere Triebwerksfederung über der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit; ist Federung vorhanden, so treten sie wegen der dann vorhandenen Dämpfung nicht in Erscheinung.

Buchli hat an einem *Modell* die beiden untersten kritischen Geschwindigkeiten aus den Erschütterungen feststellen können (E. T. Z. 1914, S. 646), K. E. Müller hat am gleichen Modell Aufnahmen des Wattverbrauches des Antriebmotors gemacht und je nach der Grösse der eingebauten Federung zwei oder auch drei Höcker gemessen, die in einer ganzzahligen Reihe der Umdrehzahlen liegen [2]). Der Verfasser hat bis zu vier kritische Geschwindigkeiten an *fahrenden Lokomotiven,* sowohl durch fortlaufende Aufnahmen der überlagerten Ankerdreh-Schwingungen, als auch durch Messung des zusätzlichen Fahrwiderstandes festgestellt [3]). *Somit darf als erwiesen*

[1]) E. K. B. 1910, 1911 und 1913.

[2]) Schweiz. Bauzeitung 1919, S. 141 u. ff.

[3]) Erstere werden veröffentlicht werden, über letztere vgl. „Elektr. Kraftbetriebe und Bahnen", 1919, Heft 32.

gelten, dass die «kritischen Geschwindigkeiten», zunächst bis zum vierten Gliede, tatsächlich *einer arithmetischen Reihe angehören* von der Form V – 2V – 3V . . . nV.

Wir wollen nun sehen und zwar in der Reihenfolge ihres Erscheinens, was das Ergebnis der verschiedenen Theorien in dieser Hinsicht ist. Dabei soll von allen Untersuchungen über den Einfluss von Stichmassfehlern abgesehen werden, weil diese allein, ohne das gleichzeitige Vorhandensein von Lagerspiel oder zeitlich veränderlicher Elastizität, wie hier nicht weiter erörtert werden kann, physikalisch neuartige Erscheinungen nicht hervorrufen können [1]).

1. Kummer: „Ueber Triebwerksbeanspruchungen bei elektrischen Lokomotiven, mit besonderer Berücksichtigung des Kurbelantriebes [2]).

In dieser Arbeit wird versucht, unter Verallgemeinerung der Pfleiderer'schen Abhandlung über „Dynamische Vorgänge beim Anlaufen von Maschinen" den Nachweis zu erbringen, *dass Kurbelgetriebe* an sich (von Spiel und Stichmassfehlern ist nicht die Rede), *auch bei idealer Ausführung des Getriebes einer höheren Resonanzgefahr ausgesetzt sind,* als „Getriebe mit nur rotierenden Konstruktionsteilen". (Dieser Ausdruck ist missverständlich, auch beim Kurbelantrieb rotieren alle Konstruktionsteile.) Unter idealen Getrieben ist verstanden, dass die Rückstellkraft des Systems verhältnisgleich mit dem Voreilwinkel der treibenden Kurbeln wächst. Es wird dann behauptet, dass solche Kurbelgetriebe bei Motoren mit stark pulsierendem Drehmoment „einer besonders gefährlichen" Resonanz [3]) zwischen dem Puls der Kurbelbewegung und der Pulsation der „Motorkraft" ausgesetzt sind. Die möglichen Frequenzen der erzwungenen Schwingungen sind nach Kummer die zwei- und vierfache der Kurbeldrehzahl. Irgendwelche Mittel zur Beseitigung der auf diese Weise erklärten störenden Erscheinungen werden in dieser Arbeit nicht vorgeschlagen.

Ohne mich hier irgendwie auf eine Diskussion der Kummer'schen Gleichungen einlassen zu können, behaupte ich, dass es *rein physikalisch unmöglich* ist, dass ein Unterschied zwischen dem Verhalten eines „idealen" Kurbelgetriebes und eines Getriebes „mit nur rotierenden Konstruktionsteilen" besteht. Ein solches System vermag, wenn, wie dies bei Kummer der Fall ist, die Elastizität in beiden Fällen zeitlich konstant angenommen wird und die Gesamt-Rückstellkraft dem Hooke'schen Gesetze folgt, in beiden Fällen nur harmonische Schwingungen auszuführen, gleichgültig, in welcher Weise diese Rückstellkraft entsteht. Es besteht dann keinerlei Unterschied zwischen Kurbelgetrieben und gewöhnlichen Getrieben.

2. Wichert: „Ueber den Einfluss des Lagerspiels bei Kurbelgetrieben elektrischer Lokomotiven [4]).

In dieser Arbeit ist gezeigt, wie bei einer einfachen Kuppelstangenverbindung unter Vernachlässigung der Wellenverdrehungen Schwingungen möglich sind und durch Impulse, welche von der Ungleichförmigkeit der Uebertragung infolge Lagerspieles herrühren, im ganzen Geschwindigkeitsbereich der Lokomotive dauernd unterhalten werden können. *Die Gesetze für diese ganz neuartige Schwingungsform* werden abgeleitet. Sie lauten in ihrer Anwendung auf Kuppelstangenlokomotiven: (Die nachstehend eingeklammerten Satzteile sollen die damaligen Mitteilungen zwecks besseren Vergleichs mit den anderen Theorien erläutern).

1. Die *Ungleichförmigkeit der Uebertragung* einer einfachen Kuppelstangenverbindung hat die *vierfache Frequenz* von deren sekundlichen Umdrehungszahl. Die Gleichung der Ungleichförmigkeit für treibenden und verzögernden Anker haben entgegengesetztes Vorzeichen. (Dies besagt, dass die Schwingungserregenden Ursachen beider Fälle in der Phase um 90 Grad gegeneinander versetzt sind.)

[1]) Vgl. Wichert, E. T. Z. 1915, Heft 2 und 3.
[2]) Schweiz. Bauzeitung 1914, Band 63, Seite 156.
[3]) Gemeint ist wohl: Interferenz.
[4]) E. K. B. 1914, Seite 325 und 364.

2. Die Ungleichförmigkeit wächst verhältnisgleich mit dem Lagerspiel.

3. Diese Ungleichförmigkeit der Uebertragung versetzt den Anker in *Drehschwingungen,* welche sich der Drehung der Anker überlagern.

4. Die (erregten) Schwingungen haben ein Abheben der Kurbelzapfen von ihren Stangenlagern zur Folge mit darauffolgendem *Durcheilen* des Spiels und Zumeingriffkommen in die entgegengesetzte Seite des Lagers, also im bremsenden Sinne (Schüttelschwingungen).

5. Ihre *Schwingungsdauern* nehmen ab mit zunehmenden Ausschlägen, bis zu einer ersten theoretischen Schüttelgrenze, in welcher die Ausschläge unendlich gross werden und nach deren Ueberschreitung die Schwingungen plötzlich abfallen.

6. Im ganzen Gebiet unterhalb dieser Grenze sind immer resonanzähnliche Schwingungen möglich (d. h. solche, bei denen die Erregerfrequenz gleich der Eigenfrequenz ist, vgl. den Fall des elektromagnetischen Schwingungskreises mit eisenhaltiger Drosselspule). In der Nähe derselben wachsen sie sehr schnell an mit der Geschwindigkeit. Sie sind (da von der Dämpfung abgesehen wird) *Schwebungen* unterworfen.

7. Ihre *Frequenz* unterhalb der ersten Schüttelgrenze ist gleich der doppelten Umdrehungszahl des Triebwerkes pro Sekunde.

8. Ausser der ersten sind noch *unendlich viele* weitere theoretische *Schüttelgrenzen* vorhanden, in welchen die Ausschläge ebenfalls unendlich gross werden und durch welche der ganze Geschwindigkeitsbereich in *Schüttelzonen* eingeteilt wird. Sie liegen bei ganzen vielfachen Umdrehungszahlen derjenigen der ersten und nach ihrer Ueberschreitung tritt jedesmal ein plötzlicher Abfall der Schwingungen ein. Die Frequenz in den Schüttelgrenzen ist immer dieselbe und zwar bezogen auf die Umdrehungszahl des Triebwerkes 2 ($^1/_1 - ^1/_2 - ^1/_3 - ^1/_4 \ldots ^1/n$) mal so gross als diese.

9. Da mit zunehmendem Lagerspiel auch die Ungleichförmigkeit der Uebertragung wächst, (entspr. Punkt 3), *wachsen* die Ausschläge und damit *die Beanspruchungen,* bezogen auf gleiche Umdrehungszahlen verhältnisgleich *mit dem Lagerspiel.*

10. Um bei einer bestimmten Umdrehungszahl die Schüttelschwingungen einzuleiten, ist ein bestimmter *Anfangsstoss* erforderlich.

11. Bei *einmotorigen* Lokomotiven schwingt der Anker gegen den Lokomotivkörper. Die *Räder* bilden dabei eine *Rutschkupplung* und begrenzen die Beanspruchung des Triebwerkes. *Bei* Maschinen, bei denen *zwei Motoren* auf ein gemeinsames Triebwerk arbeiten. („Doppelmotoren" oder solche, die auf ein gemeinsames Zahnrad arbeiten, zählen als ein Motor), können die Anker auch gegeneinander schwingen, so dass die Triebwerke bis zum Bruch beansprucht werden können.

12. *Durch Erhöhung der Elastizität* des Triebwerkes werden die durch die Ungleichförmigkeit des Triebwerkes bedingten erregenden Impulse herabgesetzt, und es verringert sich die in der Zeiteinheit in Schwingungen umsetzbare Energie mit der 1,5 ten Potenz der Elastizität. Das Arbeiten einmotoriger Lokomotiven lässt sich dadurch verbessern und die Verwendung zweimotoriger wird dadurch erst ermöglicht.[1])

Die Ableitung obiger Gesetze erfolgt, da die mathematische Analyse versagt, durch Diskussion *zeichnerisch* ermittelter Kurven erzwungener Schwingungen. Der Ermittlung zugrundegelegt ist eine Kurvenschar des Drehmomentes in Abhängigkeit von der Vor- bezw. Nacheilung der treibenden Kurbeln und der Kurbelstellung, welche aus denselben Gleichungen entsteht wie sie von l'Hoest für die *statischen,* zwischen zwei gekuppelten Triebradsätzen geltenden Beanspruchungen aufgestellt sind.[2]) Die bereits erwähnten Aufnahmen von Schüttelschwingungen an fahrenden Lokomotiven haben eine recht gute Bestätigung dieser damals aufgestellten Gesetze ergeben.[3])

---

[1]) Unabhängig vom Verfasser hat Buchli dieses Mittel experimentell versucht und vorgeschlagen. Vgl. E.T.Z. 1914, Seite 612 und 923, sowie 1915 Seite 94.

[2]) l'Hoest „Note sur le fonctionnement des bielles d'accouplement", Bulletin de l'association du congrès international des chemins de fer, 1912, No. 9.

[3]) Vergl. auch den Bericht über meinen Vortrag: „Ueber Schüttelschwingungen bei elektrischen Lokomotiven mit Parallelkurbelgetriebe" E.T.Z. 1920, Seite 976.

3. Kummer: „Ueber zusätzliche Triebwerksbeanspruchung durch Lagerspiel bei Kurbelgetrieben elektrischer Lokomotiven“[1]).

In diesem Aufsatz berichtet Kummer bruchstückweise über die erwähnte Arbeit Buchlis und über meine unter 2. besprochene.

Im Gegensatz zu meiner Behauptung, dass es ausgeschlossen sei, die Schwingungs*form* der bei den Schüttelerscheinungen der Lokomotiven auftretenden Schwankungen *analytisch* zu bestimmen, glaubt Kummer eine einfache Lösung angeben zu können, indem er als Ersatz für die durch das Lagerspiel bewirkte Schwankung des Drehmomentes eine mittlere, bei allen vorkommenden Voreilwinkeln der treibenden Kurbeln gleichbleibende Schwankung einführt. Er erhält so, unter weiterer vereinfachender Annahme einer zeitlich gleichbleibenden Triebwerkselastizität, ausser den unter 1. erwähnten, noch weitere Schwingungsmöglichkeiten, die er in den Schüttelzonen der Lokomotiven miteinander ebenfalls interferieren lässt.

Als Mittel zur Beseitigung der störenden Erscheinungen werden in diesem Aufsatz ebenfalls elastische Zwischenglieder empfohlen, „welchen praktisch bedeutsamen Schluss *auch* J. Buchli und A. Wichert aus ihren Betrachtungen ziehen konnten“.

Das in meiner Arbeit als besonders charakteristisch hingestellte *Einschwingen der Zapfen in das Spiel* wird von Kummer in diesem Aufsatz vollständig *übergangen,* ebensowenig werden die sich daraus ergebenden besonderen Gesetze der Schüttelschwingungen untersucht, und es scheint, als ob Kummer mit einer solchen Möglichkeit auch nicht gerechnet hat, denn anders ist der Ersatz der nach den l'Hoest'schen Formeln, sowohl mit dem Voreilwinkel, als auch des zeitlich (mit der Kurbelstellung) stark veränderlichen übertragenen Drehmomentes durch ein im Mittel gleichbleibend schwankendes Moment nicht zulässig. Beim Abheben der Zapfen wird nämlich überhaupt kein Moment übertragen, beim Eingriff der Kurbelzapfen in die Gegenseite der Schalen ist aber das Spiegelbild der für voreilende Motorwelle geltenden Drehmomentskurven massgebend[2]). Ein solches Einschwingen in das Spiel tritt nun, wie die erwähnten Aufnahmen von Drehschwingungen der Anker fahrender Lokomotiven gezeigt haben, auch bei belasteten Motoren schon bei ganz geringer Umdrehungszahl des Triebwerkes ein, und zwar in ganz ähnlicher Weise, wie es in der unter 2 erwähnten Arbeit zeichnerisch ermittelt worden ist. *Die Voraussetzungen für die analytische Behandlung Kummers sind also falsch.* Die zeichnerisch in der unter 2. erwähnten Arbeit ermittelten Schwebungen sind dabei keineswegs, wie Kummer annimmt, durch Interferenz zweier erzwungener, harmonischer Schwingungen zu erklären, denn dann müsste die Dauer einer Schwingung im Verlaufe der Schwebung ungeändert bleiben, sie findet vielmehr ihre Erklärung darin, dass es sich hier um sogenannte pseudoharmonische Schwingungen handelt[3]), bei denen mit dem Ausschlage eine Veränderung der Schwingungsdauer und damit eine Phasenverschiebung zwischen Schwingung und periodischer Erregung eintritt.

4. Meissner: Ueber Schüttelerscheinungen in Systemen mit periodisch veränderlicher Elastizität.[4])

Wie der Titel sagt, werden hierin die Schüttelerscheinungen einzig und allein auf die Veränderlichkeit der Elastizität mit der Zeit (bei Kurbelantrieben mit der Kurbelstellung) zurückgeführt und es wird mit Hilfe der Störungstheorie der Planetenberechnungen *analytisch exakt* in dieser hochinteressanten Arbeit nachgewiesen, dass durch diese Veränderlichkeit von den harmonischen Schwingungsgesetzen vollständig abweichende Verhältnisse entstehen, indem die Eigenschwingung nicht mehr

[1]) Schweiz. Bauzeitung 1914, Band 64, Seite 129.

[2]) Vgl. auch meine Zuschrift E. T. Z. 1915, Seite 59.

[3]) Vgl. Duffing: Erzwungene Schwingungen mit veränderlicher Eigenfrequenz usw. Sammlung Viehweg 1918, Hefte 41 und 42. Ferner meine Bemerkungen über „Einige Sonderfälle pseudo-harmonischer Schwingungen“, Sammelheft I des Ausschuss für techn. Mechanik des Berliner Bergwerkvereins deutscher Ingenieure.

[4]) Schweiz. Bauzeitung 1918, Seite 95.

periodisch ist, sondern bis ins Unendliche anwachsen kann und dies innerhalb einer unendlich grossen Anzahl von sogenannten Instabilitätsgebieten mit Frequenzen gleich 4 ($^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_3$ – $^1/n$) der Kurbeldrehzahl.

Ohne die Bedeutung dieser Arbeit, deren Ergebnisse viel Aehnlichkeit mit meinen unter 2. erwähnten zeichnerischen Untersuchungen haben, irgendwie verkennen zu wollen, möchte ich doch darauf hinweisen, dass es praktisch möglich gewesen ist, Lokomotiven durch genaueste Einstellung und peinlichste Vermeidung von Spiel in den Lagern zum schüttelfreien Lauf zu bringen, obwohl gerade die in Betracht kommenden Maschinen eine starke Veränderlichkeit der Triebwerkselastizität mit der Kurbelstellung aufwiesen. Es scheint darnach, als ob bei Lokomotiven mit Parallelkurbelgetriebe diese Veränderlichkeit doch nicht so gross ist, dass dadurch die beobachteten Schüttelerscheinungen erklärt werden könnten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass u. U. die durch das Lagerspiel, welches in geringem Masse auch bei peinlichster Einstellung des Triebwerkes vorhanden ist, hervorgerufenen Ungleichförmigkeiten der Uebertragung durch die zeitlichen Schwankungen der Elastizität mehr oder minder ausgeglichen werden können, und es wäre denkbar, dass bei den erwähnten Lokomotiven bei theoretisch vollständiger Beseitigung des Spieles Schüttelerscheinungen auftreten, die dann lediglich auf die periodische Veränderlichkeit der Elastizität zurückzuführen wären. Anderseits lässt sich aber auch zeigen, dass bei dem Lagerspiel, wie es praktisch vorkommt, *die auf dasselbe zurückzuführenden Ungleichförmigkeiten* der Uebertragung einen wesentlich *grösseren Einfluss haben, als die Schwankungen der Elastizität.* Dafür spricht ja auch ohne weiteres die Tatsache, dass die Schüttelerscheinungen um so heftiger sind, je grösser das Spiel ist.

5. K. E. Müller: „Ueber Schüttelschwingungen des Kuppelstangenantriebes". [1])

In dieser Arbeit ist angenommen, dass auch in Systemen mit Spiel die Veränderlichkeit der Elastizität die eigentliche Ursache für das Auftreten der Schüttelerscheinungen ist und der Vorgang wird so erklärt, dass *in den* von Meissner ermittelten *Instabilitätsgebieten* Schwingungen entstehen, welche trotz des Vorhandenseins eines Drehmomentes ein Abheben der Zapfen von den Schalen und *Einschwingen in das Spiel* unter Umständen bis zum Eingriff der Zapfen in die Gegenseite zur Folge haben. Die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Schwingungsweite wird genauer untersucht. In welcher Weise diese Art Schwingungen unterhalten werden können, ist nicht nachgewiesen. Als Schwingungsmöglichkeiten werden solche mit vier-, drei- und einfacher Frequenz der Umdrehungszahl des Getriebes angegeben.

6. Couwenhoven: „Ueber Schüttelerscheinungen elektrischer Lokomotiven mit Kurbelantrieb". [2])

In dieser sehr gründlichen Arbeit wird als erregende Ursache der Schwingungen die *gesamte Ungleichförmigkeit der Uebertragung* des Triebwerkes zugrundegelegt, ob sie nun durch Veränderlichkeit der Elastizität oder durch Lagerspiel hervorgerufen ist, wobei – das ist der Verdienst Couwenhovens – zum ersten Male der Versuch gemacht ist, die Verhältnisse von Lokomotiven mit mehreren aneinandergelenkten Kuppelstangensystemen und dem dabei vorhandenen grossen Einfluss der Blindwellenverdrehung auf die Gesamtelastizität des Triebwerkes zu ermitteln. Aber auch Couwenhoven nimmt an, dass unter dem Einfluss des Motordrehmomentes ein Abheben der Zapfen von den Schalen zunächst nicht stattfindet; dies ist nach ihm erst der Fall, *wenn Resonanz im Sinne harmonischer Schwingungen* entsteht (also wie in Systemen ohne Spiel), zwischen Grundwelle oder einer Oberwelle der erregenden Kraft und der Eigenschwingung des Systems. *Das im «Resonanzfall»*

[1]) Schweiz. Bauzeitung 1919, Seite 141.
[2]) Dissertation Zürich 1918.

stattfindende Einschwingen in das Spiel *bezeichnet Couwenhoven als die eigentliche,* auf der fahrenden Lokomotive empfundene *Schüttelerscheinung.* Die Möglichkeit, dass die Zapfen nach vollständigem Durchlaufen des Lagerspiels zum Eingriff in die Gegenseite der Schalen kommen können, wird nicht bestritten, jedoch als seltene Ausnahme hingestellt, die nur bei ganz kleinen Motordrehmomenten bestehen soll, wobei es sogar fraglich sei, ob diese kleinen Momente nicht schon durch die immer vorhandene Lagerreibung der Motoren überschritten würden. Die dem Einschwingen der Zapfen in das Spiel vorausgehenden kritischen Schwingungszahlen haben nach Couwenhoven die vierfache Frequenz der Umdrehungszahl bezw. ein Vielfaches davon.

Auch diese Erklärung des physikalischen Vorganges und die daraus gefolgerte Frequenz der möglichen Schwingungen wird nicht durch die Messungen an Lokomotiven bestätigt. Er dürfte sich in dieser Form auf Ausnahmefälle erstrecken, wie auf Lokomotiven mit zusätzlicher Federung.

Fassen wir nun die Ergebnisse zusammen, so ergibt sich nachstehende Tabelle:

Verhältnisse der Frequenz der erzwungenen Schwingungen zur Umdrehungszahl eines einfachen Kuppelstangenantriebes in den kritischen Geschwindigkeiten.

Autor	Veröffentlichung	Frequenz: Drehzahl
Wichert	E. K. B., 1914, H. 17	$2.\left(\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots \frac{1}{n}\right)$
Kummer	Schweiz. Bauztg. 1914, Bd. 64, S. 129	4–2–1
Meissner	Schweiz. Bauzeitung 1918, S. 95	$4.\left(\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots \frac{1}{n}\right)$
Couwenhoven	Dissertation 1918	4. (1–2–3 . . . n)
Müller	Schweiz. Bauztg. 1919, S. 141 (Diss. 1918)	4–2–1

Man erkennt: *Nicht zwei Autoren stimmen miteinander* bezüglich dieses wichtigen Kennzeichens der Schüttelschwingungen *überein!*

Die mehrfach erwähnten *Schwingungsaufnahmen an fahrenden Lokomotiven haben indessen einwandfrei gezeigt, dass die an erster Stelle stehende Reihe auf Richtigkeit beruht.* Die Meissner'sche Reihe kommt dieser am nächsten, denn nur das erste Glied ist hierin neu. Nach meiner Ansicht hat dieses übrigens auch bei Berücksichtigung lediglich einer zeitlichen Veränderlichkeit der Elastizität nur Geltung, wenn die Nullage des Systems durch einseitige Belastung aus der Symmetrielage verschoben wird.

Es kann nunmehr dem Leser überlassen bleiben, sich auch ein Urteil über die im gleichnamigen Aufsatz von *Kummer,* Heft 9, Jahrgang 1920, dieser Zeitschrift zu findende Bemerkung zu bilden, wonach das Problem auf Grund seiner Untersuchungen im Wesentlichen als gelöst gelten kann. Er möge versuchen, über das Wesen der Schüttelschwingungen (die Ungleichförmigkeit der Uebertragung als erregende Ursache, die Veränderlichkeit der Eigenfrequenz wegen des Spieldurchlaufens und das Vorhandensein unendlich vieler „kritischer Geschwindigkeiten" in der genannten, durch Messung bestätigten Reihe) und über die Mittel zur Beseitigung derselben in den Arbeiten von Kummer etwas bis dahin Neues zu finden.

Bibliographie.

Elektrische Kraftübertragung, *von Herbert Kyser. I. Band: Die Motoren, Umformer und Transformatoren.* – 2. Auflage. Verlag: Springer, Berlin. Preis Mk. 50.–.

Der erste Band des Kyser'schen Buches ist eben in 2. Auflage[1]) erschienen, nachdem die erste Auflage schon lange vergriffen war. Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, den Leser über das gesamte Gebiet der elektrischen Energieerzeugung, Übertragung, Umformung und Umwandlung in andere Energieformen einzuführen. Er geht aber von den Eigenschaften der Stromverbraucher aus, die ja ihrerseits in vielen Fällen diejenigen der Umformeranlagen, in weniger ausgeprägtem Masse

[1]) Siehe Besprechung der ersten Auflage dieses Bandes, Bulletin 1913, Seite 138.

auch die Eigenschaften der Kraftübertragungs- und Erzeugungsanlagen beeinflussen, und durchläuft also die Reihe in der entgegengesetzten Richtung des Energieflusses. Der vorliegende erste Band behandelt dementsprechend die Eigenschaften der Motoren, Umformer und Transformatoren. Die noch verbleibenden Gebiete sind in einem zweiten Bande behandelt, der demnächst auch in zweiter Auflage erscheinen soll.

Der erste Abschnitt behandelt in drei Kapiteln die Eigenschaften der Gleichstrommotoren, der Wechselstrom-Induktionsmotoren und der Wechselstromkollektormotoren. Für die verschiedenen Motorarten sind die Grundgleichungen und die Betriebscharakteristiken angegeben; es werden jeweilen die verschiedenen Betriebsoperationen anhand von Schaltungsschemata erläutert und ausführliche Angaben über die Eigenschaften der verschiedenen Motorarten, das Anlassen, die Regelung der Drehzahl usw. gemacht. Bilder der verschiedenen Motorgattungen und der zu ihrer In- und Ausserbetriebsetzung notwendigen Apparate vervollständigen die Beschreibungen.

Im zweiten Abschnitte ist von den *Umformern* die Rede. Der Autor behandelt hier den Motorgenerator, den Einankerumformer, den Kaskadenumformer und die Spannungswandlung bei Gleichstrom. Neu hinzugekommen ist bei dieser zweiten Auflage ein Kapitel über Periodenumformer und zwei über den Quecksilbergleichrichter, was der wachsenden Bedeutung der entsprechenden Maschinen wegen sehr zu begrüssen ist.

Der dritte Abschnitt der auf 200 Seiten die Hälfte des Buches einnimmt, behandelt eingehend die *Transformatoren* und den Aufbau vollständiger Transformatorenanlagen. Besondere Kapitel sind unter anderem der Kühlung von Transformatoren und besonderen Schaltungen derselben (Skott-Schaltung, Spar-Schaltung usw.) gewidmet.

Es folgen darauf Kapitel, in denen von der Schaltungsweise und Inneneinrichtung von Transformatorenstationen die Rede ist. Einfach und klar werden die Schaltungsschemata entwickelt. Bezüglich der baulichen Anordnung wird man, das liegt in der Natur der Sache, oft verschiedener Meinung sein können. Der Verfasser redet beispielsweise der Phasentrennung das Wort; diese wird aber bei allen angeführten Beispielen nicht konsequent durchgeführt. Wir vermissen auch hier etwas die Kritik des Verfassers.

Das Buch orientiert Betriebsleiter und projektierende Ingenieure gut über die erwähnten Gebiete und kann denjenigen, die es noch nicht kennen, empfohlen werden. *Zangger.*

Die elektrischen Maschinen, von Ingenieur *Ernst Schulz*. Erster Band: Dynamomaschinen und Elektromotoren für Gleichstrom. Vierte Auflage, Leipzig 1920. Preis Mk. 7.95.

Wie der Verfasser im Vorwort erwähnt, ist das Buch für Elektroinstallateure bestimmt. Entsprechend dem Leserkreis, an den es sich wendet, ist der Stoff ganz elementar behandelt und sieht von der Angabe von Formeln ab, bringt dagegen zahlreiche Rechnungsbeispiele.

Es behandelt nach einleitenden Kapiteln über Elektrizitätslehre, in dem von der populären Analogie des elektrischen Stromes mit dem Wasserstrom ein recht ausgiebiger Gebrauch gemacht wird, Magnetismus und Induktion, in drei weiteren Abschnitten die einfache Wechselstrommaschine, die Gleichstrommaschine (gemeint ist der Gleichstromgenerator) und den Gleichstrommotor. Die folgenden Abschnitte enthalten Angaben über die Geschwindigkeitsregulierung von Gleichstrommotoren, den magnetischen Aufbau und die Magnetformen, ferner über Erwärmung und Funkenbildung, Wendepolmaschinen und Gleichstromumformer. Den Schluss bilden noch ein Abschnitt über „Beachtenswertes bei Bestellung von Gleichstrommaschinen" und eine eingehendere Betrachtung der Wendepolmaschinen. Dieser letzte Abschnitt wäre wohl besser mit dem schon eingefügten Kapitel über dasselbe Thema vereinigt worden.

Das Buch ist leicht fasslich geschrieben, und wenn auch nicht alle Erklärungen einer streng physikalischen Prüfung standzuhalten vermögen, wird es doch Installateuren als Einführung in das Gebiet nützlich sein können. Es zeugen insbesondere diejenigen Teile, die mit der Konstruktion und Bewertung der Gleichstrommaschinen zusammenhängen, von langjähriger praktischer Erfahrung. Sehr wünschenswert wäre es allerdings, wenn die für eine vierte Auflage noch recht zahlreichen Druckfehler in späteren Auflagen ausgemerzt würden.

Auf einen andern Punkt von allgemeinerer Bedeutung möchten wir in diesem Zusammenhange doch noch hinweisen. Auf den Seiten 61 ÷ 64 ist von der Gleichstrom-Serieübertragung die Rede. Der Verfasser erläutert anhand von Beispielen die Vorteile derselben für die Gleichstromkraftübertragung auf grössere Distanzen und sagt darauf wörtlich:

„Diese Gründe brachten es mit sich, dass zu einer Zeit, wo die Wechselstromtechnik noch in Kinderschuhen steckte, alle grösseren Arbeitsübertragungen auf weite Entfernungen nach dem Serienprinzip ausgeführt wurden, ganz besonders von der Firma Deutsche Elektrizitäts-Werke zu Aachen, woselbst der Verfasser eine solche mit 2000 Volt Spannung und eine grosse Menge kleinerer mit Spannungen zwischen 1500 und 700 Volt angegeben hat".

Wir wollen keineswegs die Verdienste des Herrn Schulz und der Deutschen Elektrizitäts-Werke zu Aachen bei der Ausführung von Gleichstrom-Serieübertragungen schmälern, glauben aber, dass, wenn schon von dieser Übertragungsform die Rede ist, auch der Name des Herrn *Thury* genannt werden sollte, der dieselbe entwickelte, praktisch ausführte und zwar auch in weit grösserem Masstabe, als es von Herrn Schulz oder den Deutschen Elektrizitäts-Werken in Aachen geschehen ist. *Zangger.*

Die Montage elektrischer Licht- und Kraftleitungen von H. Pohl. (I. Band der Bibliothek der gesamten Technik. Verlagsbuchhandlung Jäneke, Leipzig.)

Dieses Taschenbuch ist in einer neunten Auflage erschienen. Es enthält in gedrängter Form das Wichtigste, was ein Elektromonteur über Dynamos, Motoren, Lampen, Zähler und die verschiedenen Arten von Leitungsanlagen wissen sollte. Trotz einiger Ungenauigkeiten im Kapitel über Fehler an Dynamomaschinen und Motoren kann das kleine Büchlein (200 Seiten Klein-Oktavformat (den Monteuren und Installateuren nützliche Dienste leisten und darf wohl als zweckentsprechend bezeichnet werden. *Ganguillet.*

Communications des organes de l'Association.

Les articles paraissant sous cette rubrique sont, pour autant qu'il n'est pas donné d'indication contraire *des communiqués officiels du Secretariat général de l'A. S. E. et de l'U. C. S.*

Les institutions de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité.

Nous constatons souvent que mêmes les membres de nos deux associations sont insuffisamment orientés sur l'organisation des institutions de contrôle et du Secrétariat général et sur le profit qu'ils peuvent en tirer. Nous nous permettons en conséquence de leur rappeler dans ce qui suit le but de chacune de ces institutions.

L'Association Suisse des Electriciens (A. S. E.) a pour but de contribuer au développement de l'électrotechnique en Suisse et de défendre les intérêts communs de ses membres. L'Association comprend, avec ses 1300 membres, la grande majorité des personnes et entreprises qui sont intéressées à l'électrotechnique suisse. Elle reçoit comme membres individuels les personnes dont l'activité scientifique ou technique ou les occupations sont en rapport avec l'électrotechnique. Peuvent être admis comme membres collectifs les maisons de construction ou de vente de fournitures électrotechniques, les entreprises de distribution d'électricité, les compagnies de chemins de fer électriques, les corporations et les autorités.

Les personnes ou entreprises, désirant faire partie de l'association, doivent se faire présenter par deux membres; elles sont priées de s'adresser au Secrétariat général qui mettra à leur disposition des formulaires de demande d'admission.

Les membres de l'association reçoivent gratuitement le „Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens", journal technique paraissant une fois par mois, ainsi que „l'Annuaire" et, éventuellement, la „Statistique des installations de distribution d'électricité de la Suisse" pour autant que cette statistique, établie périodiquement, fait l'ojet d'une publication imprimée. L'envoi de ces publications se fait par les soins de l'éditeur (Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Stauffacherquai 36, Zurich 4). Toute communication concernant l'association est faite par l'intermédiaire du „Bulletin" en cas exceptionnels par des circulaires spéciaux.

L'A. S. E. est dirigée par un comité de 9 membres auquel est adjoint un office permanent: le Secrétariat général qui comprend une division technique et une division économique (voir page 50). Le Secrétariat général fait également fonction d'office de renseignement pour les membres de l'association qui peuvent consulter aussi sa bibliothèque. L'A. S. E. convoque ses membres à des réunions de discussion et une fois par an à une assemblée générale ordinaire qui est combinée, si possible, avec des excursions et des visites d'installations offrant un intérêt technique.

Elle entretient des „Institutions de contrôle" (Inspectorat des installations à fort courant, Station d'essai des matériaux, Station d'étalonnage); et à créé des commissions permanentes et temporaires qui étudient, au fur et à mesure des besoins, toutes les questions intéressant l'industrie électrotechnique suisse.

L'Union des Centrales Suisses d'Electricité (U. C. S.) a été créée par des entreprises de distribution d'électricité et des compagnies de chemins de fer électriques faisant partie de l'A. S. E. Son but est de favoriser le développement des centrales d'électricité en Suisse et la sauvegarde des intérêts communs à tous les membres, ou à certaines catégories de membres, par la solution en commun des questions techniques et économiques d'intérêt général et par son influence sur les autorités et sur l'opinion publique. Le Secrétariat général, les commissions spéciales et les réunions plénières doivent contribuer à ce dessein. L'U. C. S. compte plus de 350 membres.

Peuvent être admises comme membres de „l'Union des Centrales Suisses d'électricité" toutes les entreprises qui vendent de l'énergie électrique en Suisse ainsi que les entreprises de transport à traction électrique, à condition qu'elles soient déjà membres collectifs de l'Association Suisse des Electriciens (A. S. E.) et abonnés aux Institutions de Contrôle. Pour devenir membre de l'U. C. S. il faut donc avoir été d'abord admis comme membre de l'A. S. E. Les demandes d'admission doivent être adressées au Secrétariat général.