Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 23/24 (1894)
Heft: 18

Inhaltsverzeichnis

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: 01.07.2025

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

INHALT: Ueber die Regulierung von Turbinen. (Schluss.) — Statistik der elektrischen Anlagen in der Schweiz für das Jahr 1893. — Miscellanea: Winterbetrieb auf Zahnradbahnen und Winterbetrieb auf Adhäsionsbahnen. Unfälle in elektrischen Betrieben. Simplon-Durchstich. Ueber die Eigenschaften der Metalle bei grosser Kälte. Griechische Eisenbahnen. Deutsche elektrochemische Gesellschaft. Die polytechnische Schule in Paris. Kantonale Gewerbeausstellung in Zürich. — Nekrologie: † Dr. E. Zetzsche.

Ueber die Regulierung von Turbinen.

Von *Aurel Stodola*, Professor am eidgenössischen Polytechnikum.

(Schluss.)

14. Eine weitere allgemeine Diskussion ist mit der Gleichung 6ten Grades nicht möglich, und es soll deshalb zur Gleichung 4ten Grades übergangen werden. Die Reduktion auf den 4ten Grad erfolgt, wie man leicht einsieht, wenn entweder zwei beliebige der Koefficienten T, T_o, T_1, T_2, T_3 oder T und T' gleichzeitig verschwinden. Die charakteristische Gleichung lautet dann

$$a\varphi^4 + b\varphi^3 + c\varphi^2 + d\varphi + e = o$$

und die Hurwitzschen Bedingungen sind:

$$\left.\begin{array}{c} a > o,\ b > o,\ c > o,\ d > o,\ e > o \\ bc - ad > o \\ (bc - ad)\,d - b^2 e > o \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad (77)$$

Es ist sehr günstig, dass in diesem Falle sämtliche Koefficienten, — mit Ausnahme von d, und die Determinante $be - ad$ ohne weiteres $> o$ sind. Man überzeugt sich von letzterem Umstand durch Einsetzen der Werte von a, b, c, d; man erhält als Wert der Determinante zunächst eine Anzahl von positiven Gliedern, sodann die Ausdrücke $p^2\,(jk - hl) - h\,n\,p\,q + jn\left(\frac{3}{2}\psi\,T\,2 - qn\right)$. Von diesen ist der erste positiv, wie durch Einführung der Werte von j, k, h, l nachzuweisen ist. Der zweite ist stets $= o$, weil für die Gleichung 4ten Grades entweder h oder n verschwindet. Der dritte ist $= jn\left[\left(\psi - \frac{\delta_o}{2}\right)\frac{T_2}{2} - jnq\,\varepsilon\,T_3\right]$ und hierin das erste Glied positiv $\left(\text{weil stets } \psi > \frac{\delta_o}{2}\right)$, das zweite $= o$, weil entweder j oder $n\,T_3$ verschwinden müssen.

Es bleiben somit als Bedingungen übrig

$$d > o$$

$$\Delta = (bc - ad)\,d - b^2\,e > o.$$

Die letztere soll in folgender Weise umgeformt werden:

Wie schon früher bemerkt, ist a eine homogene Funktion 4ten Grades von $T, T', T_o \ldots$, desgleichen b eine solche des 3ten, c des 2ten, d des 1ten, e des 0ten Grades, und es kommt T nur im Quadrat, die übrigen nur in der ersten Potenz vor. Man kann demnach setzen

$$\left.\begin{array}{ll} a = \left(a_o + a_1\frac{T_k}{T_\lambda}\right)T_\lambda^4 & c = \left(c_o + c_1\frac{T_k}{T_\lambda}\right)T_\lambda^2 \\ b = \left(b_o + b_1\frac{T_k}{T_\lambda}\right)T_\lambda^3 & d = \left(d_o + d_1\frac{T_k}{T_\lambda}\right)T_\lambda^1 \\ \multicolumn{2}{c}{e = \left[e_o + e_1\left(\frac{T_k}{T_\lambda}\right)\right]T_\lambda^o} \end{array}\right\} (78)$$

Hierin ist $e_1 = o$ (nur der Symmetrie halber aufgenommen), T_k eine der Grössen $T'\ T_0\ T_1\ T_2\ T_3$, und in den Koefficienten kommen nur die Verhältnisse der $T\ T' \ldots$ zur willkürlich gewählten T_λ vor. Indem man diese Ausdrücke von a, b, c, d in die Determinante Δ einführt, und das Symbol

$$\Delta_{k\lambda\mu} = \begin{vmatrix} b_k & d_\lambda & o \\ a_k & c_\lambda & e_\mu \\ o & b_\lambda & d_\mu \end{vmatrix} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (79)$$

benützt, erhält man

$$\left.\begin{array}{l} \Delta = A\left(\frac{T_k}{T_\lambda}\right)^3 + B\left(\frac{T_k}{T_\lambda}\right)^2 + C\left(\frac{T_k}{T_\lambda}\right) + D > o \\ \text{worin} \quad A = \Delta_{111},\ B = \Delta_{011} + \Delta_{101} + \Delta_{110} \\ \qquad\quad C = \Delta_{001} + \Delta_{010} + \Delta_{100},\ D = \Delta_{000} \end{array}\right\} (80)$$

Wählt man T an Stelle von T_k, so mus der Ansatz lauten $a = \left[a_o + a_1\left(\frac{T}{T_\lambda}\right)^2\right]T_\lambda^4$ etc. und in Δ kommen dann die 6., 4. und 2. Potenz von $\frac{T}{T_\lambda}$ vor.

Diese Vereinfachung gestattet nun zum Hauptzweck dieses Aufsatzes zu schreiten, d. h. zur

Untersuchung des Einflusses der Regulatormasse und des Kataraktes.

Der Raummangel verbietet es, diese Untersuchung in voller Allgemeinheit durchzuführen; wir beschränken uns auf die prägnantesten Specialfälle.

I. *Regulatormasse, Schwungrad und Leitung*, d. h $T, T_1, T_2, \delta_o > o$, die übrigen, inklusive ε verschwindend klein. Wir wählen T_2 als Bezugseinheit T_λ und T_1 als T_k in den Formeln (78) — (80). Bei Vernachlässigung des immer kleinen δ_o neben ψ ergiebt sich

$$A = o, \qquad C = -\psi\left(\frac{T}{T_2}\right)^2\left[2\left(\frac{T}{T_2}\right)^2 + \frac{\psi}{2}\right]$$

$$B = \psi\left(\frac{T}{T_2}\right)^2\left[-\left(\frac{T}{T_2}\right)^2 + \frac{\delta_o}{2}\right],\ D = -\frac{3}{4}\psi\left(\frac{T}{T_2}\right)^4.$$

Da C und D wesentlich negative Werte sind, kann $\Delta > o$ nur bestehen, so lange $B > o$, d. h.

$$\left(\frac{T}{T_2}\right)^2 < \frac{\delta_o}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

Dem Grenzwerte $T^2 : T_2{}^2 = \frac{1}{2}\,\delta_o$ entspricht $T_1 = \infty$, wir haben also den Satz:

Ein reibungsloser Regulator ohne Katarakt, kombiniert mit einer geschlossenen Turbine, kann nur dann ohne zunehmende Schwankungen regulieren, wenn das Verhältnis seiner Masse zur Energie einen bestimmten Wert nicht überschreitet.

Ein astatischer Regulator ist in diesem Falle unbrauchbar (weil für diesen $\delta_o = o$).

II. *Massenregulator, Schwungmasse, langsam wirkender Hülfsmotor*, d. h. $T, T_o, T_1 > o$, die übrigen $= o$. Die Formeln (78)—(80) liefern, mit $T_\lambda = T_1$ und $T_o = T_k$

$$A = o, \qquad C = 2\,a_1{}^2\,(c_1 - e_o),$$
$$B = a_1{}^2\,(c_1 - e_o), \qquad D = a_1{}^2\,(c_1 - e_o).$$

Somit $\quad \Delta = a_1{}^2\,(c_1 - e_o)\left[\left(\frac{T_o}{T_1}\right) + 1\right]^2 > o$

erheischt $\quad c_1 - e_o = -\psi\,(1 - \varepsilon) > o,$

dies aber ist unmöglich, weil ε immer < 1. Es wird bei dem Wert $\varepsilon = 1$ das Verhältnis der „verlornen" Druckhöhe zur nützlichen $= \frac{1}{2}$ und bei diesem Verhältnis ist, wie man leicht nachrechnen kann, das Arbeitsvermögen des ausfliessenden Wasserquantums ein Maximum. Könnte die Ausflussmündung noch weiter vergrössert werden, so dass ε über 1 stiege, dann würde eine verkehrte Regulierung eintreten, d. h. ein Sinken des Regulators eine Abnahme der Leistung zur Folge haben.

Die Massenträgheit des Regulators kann durch Verzögerung in der Bewegung des Hilfsmotors und durch Schwungmassen allein nicht compensirt werden.

5. *Massenregulator, Oelbremse und Schwungrad*, d. h. $T, T', T_1 > o$, $T_o = T_2 = T_3 = \varepsilon = o$. Die charakteristische Gleichung lautet:

$$T^2\,T_1\,\varphi^3 + [T^2 + T'\,T_1]\,\varphi^2 + [T'^2 + \delta_o\,T_1]\,\varphi + (\psi + \delta) = o.$$

Bedingung damit die Wurzeln negativ seien.

$$\delta_o\,T'\,T_1{}^2 + [T'^2 - \psi\,T^2]\,T_1 + T'\,T^2 > o$$

oder mit Einführung von $T_{1m} = \psi\,T_1$

$$\delta_o\,T'\,\psi\,T_{1m}{}^2 + [T'^2 - \psi\,T^2]\,T_{1m} + \frac{1}{\psi}\,T'\,T^2 > o \quad . \quad (82)$$

hieraus folgen so lange als $T'^2 - \psi\,T^2 < o$ für T_{1m} zwei Grenzwerte T_{1m}', T_{1m}'', von denen einer im allgemeinen so klein ist, dass er für die Praxis bedeutungslos wird, und es bleibt als Bedingung