Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 113/114 (1939)
Heft: 5

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: 08.07.2025

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

INHALT: Schwingungsablenkung durch permanente Teilresonanz. — Die Spaltung des Uran. — Kirche in Merligen am Thunersee. — Internat. Vereinigung für Brücken- und Hochbau. — Krematorium mit Abdankungs-Halle Thun. — Mitteilungen: Neue Brücken und Hochbauten in Finnland. Georg Simon Ohm. Pneumat. Flüssigkeitsstandanzeiger. Sprachmaschine. Die Abteilung «Soll und Haben». Walenseestrasse. Ein internat. Kongress für Gartenkunst. Elektrische Ae 6/8 Lokomotive der BLS. Internationale Tagung für Physik. — Wettbewerbe: «Wohnbedarf»-Möbelwettbewerb. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortragskalender.

Band 114 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 5

Schwingungsablenkung durch permanente Teilresonanz

1. Das Problem. Unter stationären Verhältnissen ist das vom Propeller eines Flugzeugs zu überwindende Moment $-C_0$ konstant, während das Antriebsmoment $C(t)$ des Motors um den Mittelwert C_0 periodisch schwankt. Die mit der mittleren Winkelgeschwindigkeit Ω umlaufende Kurbelwelle denken wir uns, um die gröbste der zu treffenden Vereinfachungen gleich zu nennen, ersetzt durch ein $C(t)$ unterworfenes Schwungrad vom Trägheitsmoment I und eine Welle von der Federkonstanten c, an deren anderm Ende die $-C_0$ ausgesetzte Luftschraube vom Trägheitsmoment I_1 sitzt. Ein konstantes Antriebsmoment $C(t) = C_0$ würde eine feste Verdrehung $\zeta_0 = -C_0/c$ des Propellers gegenüber dem Schwungrad bewirken, ein Antriebsmoment von der Form $C(t) = C_0(1 + a \sin \nu \Omega t)$ hingegen eine im gleichen Takt wiederkehrende Verdrehung $\zeta = C_0 \left[-\frac{1}{c} + b \sin \nu \Omega t \right]$, mit der (theoretischen) Schwingungsamplitude

$$b = \frac{a}{I(\nu^2 \Omega^2 - \omega^2_0)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin ist

$$\omega_0 = \sqrt{c\left(\frac{1}{I} + \frac{1}{I_1}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

die freie Pulsation des Verbandes. Diese in Resonanznähe ($\omega_0 \approx \nu \Omega$) gefährliche Schwingung gilt es von der Kurbelwelle fernzuhalten.

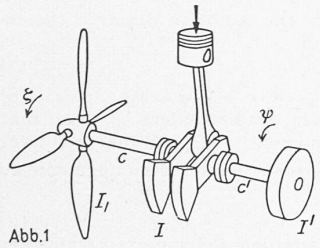

Abb. 1
Drehzahlbedingter Resonator

2. Ein drehzahlbedingter Resonator. Nach Abb. 1[1]) kann man versuchen, die Schwingung auf ein federnd angesetztes zweites Schwungrad abzulenken (Federkonstante c', zusätzliches Trägheitsmoment I'), dergestalt, dass, bei gleicher, konstanter Winkelgeschwindigkeit Ω der Luftschraube I_1 und des Schwungrads I, also fester Verdrehung $\zeta_0 = -C_0/c$, das Moment $C_0 a \sin \nu \Omega t$ durch das von der Feder c' ausgeübte ständig aufgehoben wird:

$$-C_0 a \sin(\nu \Omega t) = c' \psi; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

ψ = Verdrehung, gegenüber I, des Schwungrads I'. Da dieses andrerseits, dem Drallsatz

$$-c' \psi = I'(\Omega + \dot{\psi})^{\cdot} = I' \ddot{\psi}$$

gehorchend, relativ zu I eine harmonische Schwingung der Pulsation $\sqrt{\frac{c'}{I'}}$ vollführt, ist die Beziehung (3) nur erfüllbar, wenn

$$\nu \Omega = \sqrt{\frac{c'}{I'}} \quad , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

d. h. nur dann, wenn die anregende mit der Eigenfrequenz des zusätzlichen Schwingers c', I' (bei fester Aufhängung) übereinstimmt. Dieses Zusammentreffen, wo die getroffene Frequenz nicht, wie bei eigentlicher Resonanz, eine Eigenfrequenz des Verbandes, sondern eines Teils desselben ist, nenne ich eine *Teilresonanz.* Der zugefügte Resonator, der sie ermöglicht, erhöht zugleich die Zahl der Eigenfrequenzen des Verbandes von 1 auf 2. Da die Teilresonanzbedingung (4) die Drehschnelle Ω enthält, bedeutet Teilabstimmung bei *einer* Umlaufzahl des Motors Verstimmung bei jeder anderen. Bei variabler Drehzahl versagt der Resonator.

3. Ein permanenter Resonator. Aus (4) würde Ω herausfallen, wenn dieser Grösse auch die Eigenfrequenz des zusätzlichen Schwingers proportional wäre. Das trifft aber, bei vernachlässigter Schwerkraft, für kleine Schwingungen eines Pendels zu, dessen Aufhängepunkt eine gleichförmige Kreisbewegung mit der Winkelgeschwindigkeit Ω ausführt: Denken wir uns in Abb. 1 den Schwinger c', I' ersetzt durch ein nach Abb. 2 an dem Schwungrad I im Punkt Z vom Axabstand r aufgehängtes mathematisches Pendel von der Länge l und der im Punkt S konzentrierten Masse M: Ist es wirksam, so rotieren Propeller und Kurbelwelle wiederum mit konstanter Drehschnelle Ω; unter dem Einfluss der in Abb. 2 eingezeichneten Trägheitskräfte, d. h. der Bewegungsgleichung $l\ddot{\psi} + R\Omega^2 \sin \gamma \approx l\ddot{\psi} + r\Omega^2 \psi = 0$, ist die kleine relative Schwingung des Pendels harmonisch von der Pulsation $\sqrt{\frac{r}{l}}\,\Omega$; das von ihm um die Motoraxe ausgeübte Moment ist, bei Vernachlässigung kleiner Grössen höherer Ordnung, wegen $2l\dot{\psi} << R\Omega$, einerseits gleichfalls harmonisch von dieser Pulsation, nämlich $= MR\Omega^2 r\psi$, andrerseits $= -C_0 a \sin(\nu \cdot \Omega t)$, woraus jetzt die Teilresonanzbedingung $\nu\Omega = \sqrt{\frac{r}{l}}\,\Omega$, oder

$$\frac{r}{l} = \nu^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

folgt. Da diese Gleichung Ω nicht enthält, besteht jetzt Teilresonanz entweder bei keiner oder bei jeder Drehzahl: (5) ist die Bedingung für *permanente* Teilresonanz[2]). Konstruktiv ist sie leichter als mit einem rotierenden, mit einem Translationspendel zu verwirklichen.

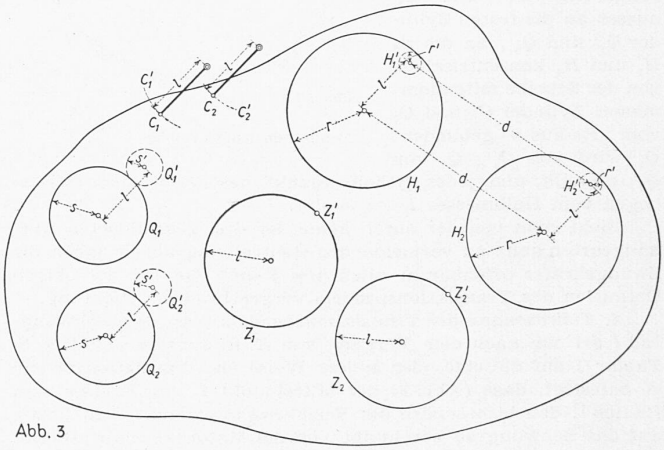

Abb. 3
Translationspendel

4. Translationspendel. So nenne ich eine Scheibe dann, wenn sie erstens kreisförmige Translationen ausführen kann, und wenn zweitens die ihre Bewegungsfreiheit einschränkenden Zwangskräfte stets senkrecht zu der jeweiligen Geschwindigkeit, d. h. der momentanen Kreistangente stehen. Z. B. beschreiben bei einer Bewegung des in Abb. 3 skizzierten sog. Viergelenkpendels alle Scheibenpunkte Kreisbögen vom Radius l. Dabei werden die verschiedenen Lagen irgend eines in die Scheibe geritzten Kreises K (z. B. H_1, Q_2) vom Radius $r \pm l$ offenbar von einem festen Kreis K' (H_1', Q_2') vom Radius $|r - l|$ umhüllt: K und K' sind konjugierte Profile. Zu einem Kreis vom Radius l (z. B. Z_1) ist ein Punkt (Z_1'), zu einem Punkt (z. B. C_2) ein Kreis (C_2') vom Radius l konjugiert. Durch Verschiebung der aus der augenblicklichen Lage eines Scheibenkreises K_1 und seines konjugierten Kreises K_1' gebildeten Figur erhält man ein zweites Paar K_2, K_2' von konjugierten Kreisen. Die momentane Translationsgeschwindigkeit hat die Richtung der ge-

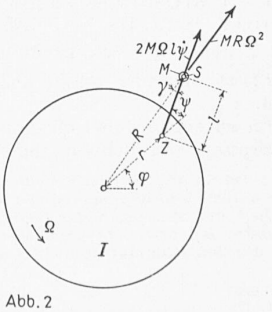

Abb. 2
Permanenter Resonator

[1]) Entnommen dem Aufsatz von O. Kraemer «Schwingungstilgung durch das Taylor-Pendel» in Z.VDI, Bd. 82 (1938), Nr. 45.

[2]) Auf eine solche zielt auch der Vorschlag von *E. Meissner* ab, mit der Welle quecksilbergefüllte, im Zentrifugalfeld kommunizierende Röhren umlaufen zu lassen und die Eigenschwingung des Flüssigkeitsfadens auf die Störfrequenz abzustimmen — eine der im Text behandelten hinsichtlich des Verschleisses offenbar überlegene Lösung. Siehe Verhandlungen des 3. Internat. Kongresses für techn. Mechanik (1930), T. III, S. 199.