Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 119/120 (1942)
Heft: 2

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: 02.10.2025

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

INHALT: Untersuchungen über die Regulierkräfte bei Wasserturbinen. — Zum beschleunigten Ausbau unserer Wasserkräfte. — Existenzfragen des Architekten. — Wettbewerb zur Gestaltung des Ebnetareals samt Realschulhaus mit Turnhalle in Herisau. — Zur Organisation der technischen Berufe. — Schweiz. Techn. Stellenvermittlung STS. — Mitteilungen: Das Problem der Fliegerabwehr. Der Zürichsee. Schweiz. Technikerverband. Elektrische Zimmeröfen mit künstlicher Luftumwälzung. Dörranlage im Limmatwerk Wettingen. Zink für Hausinstallationen. — Wettbewerbe: Ideenwettbewerb für einen Bebauungsplan der Stadt Rapperswil. Seewasserpumpwerk der Gemeinden Thalwil, Rüschlikon und Kilchberg. — Nekrologe: Carl Weber-Landolt. — Mitteilungen der Vereine. Vortragskalender.

Band 120
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. 2

Untersuchungen über die Regulierkräfte bei Wasserturbinen

Von Obering. HANS GERBER, Escher Wyss A.G., Zürich

Bei der Konstruktion der Regulierorgane von Wasserturbinen wird sowohl aus preislichen wie reguliertechnischen Gründen angestrebt, ein Minimum an Regulierarbeit zu erhalten und zwar mit möglichst gleichmässigem Verlauf der Kräfte über dem ganzen Regulierbereich. Zu diesem Zwecke muss vor allem eine genaue Kenntnis des Verlaufes der hydraulischen Kräfte auf die Regulierorgane bei allen Betriebzuständen vorliegen. Diese Fragen wurden abgeklärt durch Modellversuche und Indizierungen an ausgeführten Anlagen, sowohl für Nadel und Ablenker bei Freistrahlturbinen, wie für Laufrad und Leitapparat bei Kaplan- und Francisturbinen. Es werden die angewandten Versuchsmethoden, sowie die erzielten Charakteristiken beschrieben.

*

Die Regulierorgane von Wasserturbinen bezwecken zweierlei: 1. Mit ihrer Hilfe soll rasch und sicher jede beliebige Last eingestellt werden können, wobei alle Drehzahl- und Druckschwankungen in möglichst engen Grenzen bleiben müssen. 2. Für alle Betriebszustände haben sie die hydraulische Energie dem Laufrad so zuzuführen, dass eine denkbar gute Umwandlung in mechanische Energie erzielt wird.

Ist es schon nicht immer möglich, diese beiden Forderungen unter sich und mit den Rücksichten der Konstruktion oder des Preises in Einklang zu bringen, so muss auf alle Fälle, wenn einmal die hydraulischen Formen festgelegt sind, die Konstruktion der Regulierteile so gewählt werden, dass für ihre Betätigung ein Minimum an Arbeit benötigt wird. Dann ergeben sich kleine Servomotoren, schwache Oelpumpen und leichte Gestänge und damit geringere Herstellungskosten. Ausserdem bedingen kleinere Volumina der Servomotoren geringere Verdrängungskräfte, sodass bei gleicher Grösse der Ventile und Leitungen sich kürzere Regulierzeiten ergeben.

Bei der Gestaltung der Regulierorgane von Wasserturbinen sind also Gesichtspunkte der verschiedensten Art zu berücksichtigen. Vor allem ist das Gebot der Betriebsicherheit nie ausser Acht zu lassen, wo doch viele Anlagen für teilweise oder ganz unüberwachten Betrieb gebaut werden.

Die genaue Kenntnis von Grösse und Verlauf der hydraulischen und mechanischen Kräfte ist deshalb unerlässlich. Neben theoretischen und konstruktiven Studien gibt es zur Abklärung der Verhältnisse bei den Regulierorganen zwei Möglichkeiten: a) Modellversuche, b) Messungen an ausgeführten Anlagen.

Mit den Modellversuchen können hauptsächlich Grösse und Verlauf der hydraulischen Kräfte bestimmt werden. Die Messungen an Regulierorganen im Betrieb dagegen liefern die gesamthaft auftretenden Kräfte, die sich normalerweise aus hydraulischen und Reibungskräften zusammensetzen. Beide Untersuchungsmethoden ergänzen sich und gehören zusammen.

Für die Messungen an Turbinen ist eine einfache und transportable Einrichtung erwünscht, die gestattet, die Versuchszeiten möglichst abzukürzen. Abb. 1 zeigt eine solche, bestehend aus zwei auf gemeinsamem Gestell montierten, miteinander gekuppelten Indikatoren mit auswechselbaren Federn. Jedem Indikator ist für Momentan-Ablesungen ein geeichtes Kontrollmanometer parallel geschaltet. Jeder Indikator kann mit einer Seite des zu messenden Servomotors verbunden werden. Die Drehung der Indikatoren erfolgt vom Servomotor selbst über eine einstellbare Uebersetzung. Auf diese Weise werden die auftretenden Regulierdrücke direkt über dem zugehörigen Servomotorhub aufgezeichnet. Diese Einrichtung ermöglicht es, in kurzer Zeit alle für die Beurteilung der Regulierarbeit an Wasserturbinen interessanten Kräfte bezüglich Grösse und Verlauf aufzunehmen. Nachfolgend eine Uebersicht über die charakteristischen Verhältnisse bei den verschiedenen, heute bei Wasserturbinen verwendeten Regulierorganen im engeren Sinn[1]).

Nadel bei Freistrahl-Turbinen-Düsen

Die heute gebräuchlichen Nadeldüsen ergeben bei allen für den praktischen Betrieb wichtigen Stellungen der Nadel einen

[1]) Im weiteren Sinn gehören dazu auch die Druckregler, Drosselklappen, Kugelschieber usw.

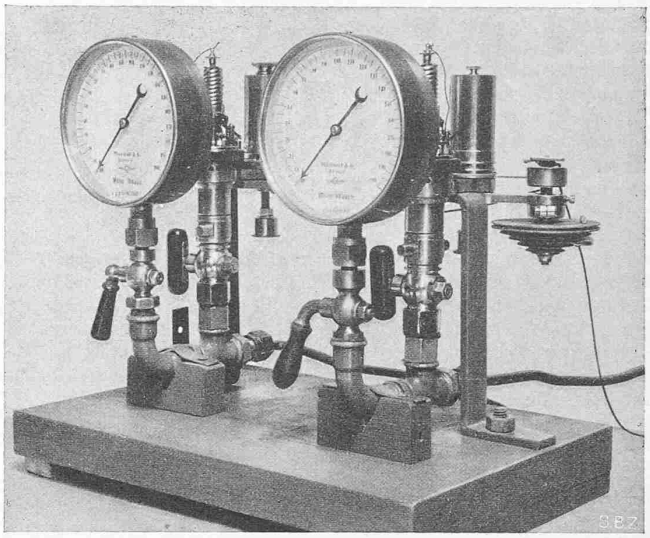

Abb. 1. Indizier-Einrichtung mit gekuppelten Indikatoren

runden kompakten Strahl. Abb. 2 zeigt den Schnitt durch einen solchen normalen Einlauf mit der Nadel in offener Stellung.

Für die auf die Nadel wirkende hydraulische Schliesskraft gilt allgemein der folgende einfache Ausdruck:

$$P = \frac{\pi}{4}\, p\,(K D^2 - d^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

p = statischer Druck im Einlauf
D = Durchmesser der Düsenöffnung
d = Durchmesser der Nadelstangen-Durchführung

Bei *geschlossener Nadel* ist P als Gesamtdruck auf die Ringfläche $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ ohne weiteres zu berechnen, d. h. es ist $K = 1$.

Bei *zurückgezogener Nadel* wird im vorderen Teil der Nadel ein erheblicher Teil des statischen Druckes p in Geschwindigkeit umgesetzt. Der hiedurch verminderten Schliesskraft trägt der Koeffizient K (< 1) Rechnung, dessen in Abb. 3 dargestellter Verlauf in einfacher Weise ein für allemal am Modell bestimmt werden konnte; es ergab sich eine leicht S-förmig geschwungene Kurve.

Aus Formel (1) ist ersichtlich, dass durch die Wahl des Durchmessers d der Nadelstangendurchführung, d. h. des sogenannten Entlastungskolbens, Grösse und Richtung der Kraft P beliebig gewählt werden können. Die kleinste Regulierkraft ergibt sich dann, wenn die Schliesskraft bei geschlossener Nadel gleich und entgegengesetzt derjenigen bei offener Nadel gemacht wird. Diese Lösung ist dann am Platz, wenn, wie bei Reguliersystemen mit Windkessel oder Wasserdruck, mit Sicherheit immer Regulierdruck zum Schliessen vorhanden ist; sonst würde sich die Nadel bei dessen Ausbleiben bei grösseren Nadelhüben selbsttätig öffnen.

Daher wird normalerweise der Entlastungskolben d nur so gross gewählt, dass auch die voll offene Nadel noch selbst schliessen will, wobei ein gewisser Ueberschuss an Schliesskraft zur Ueberwindung der mechanischen Widerstände vorhanden sein muss. Diese Lösung bedingt aber zwangläufig bei geschlossener Nadel eine beträchtliche aufzuwendende Oeffnungskraft.

Diese Schwierigkeit kann nun bei kleineren und mittleren Anlagen durch eine Schliessfeder umgangen werden, die in ihrer Charakteristik ungefähr der hydraulischen Oeffnungskraft folgt.

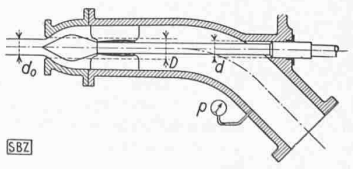

Abb. 2. Skizze eines normalen Nadeldüseneinlaufs mit Nadel in offener Stellung

d_0 theoretischer Strahldurchmesser,
D ∅ der Düsenmündung,
d ∅ Nadelstangendurchführung (Entlastungskolben)