

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 40

Artikel: Viertes Internationales IVHF-Symposium, Lausanne
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-70150>

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: 05.04.2026

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

Viertes Internationales IVHF-Symposium, Lausanne

Der «Ausschuss für Strömungsmaschinen, Zubehör und Kavitation» des Internationalen Verbandes für Hydraulische Forschung (IVHF) führt vom 8. bis 11. Oktober 1968 in Lausanne ein weiteres internationales Symposium durch. Nachdem diese in Frankreich, Japan und Deutschland stattfanden, fiel diesmal auf die Schweiz die Ehre, Gastland zu sein. Das grosse Interesse, welches diese Veranstaltung in der Fachwelt erweckte, konnte an der grossen Zahl der eingereichten Arbeiten gemessen werden. Viele interessante Beiträge mussten aus zeitlichen Gründen zurückgewiesen werden. Dies veranlasste die Redaktionen des «Bulletin Technique de la Suisse Romande»¹⁾ und der «Schweizerischen Bauzeitung», ihre Spalten für die Veröffentlichung solcher Arbeiten zur Verfügung zu stellen, die am IVHF-Symposium nicht vorgetragen werden können.

Stabilitätsprüfung in grossen Wasserkraftwerken

DK 621.311.21:61-53

Von T. Stein, dipl. Ing. ETH, De Pretto-Escher Wyss, Schio/Italien

Zusammenfassung

Die Messung des Regler-Frequenzgangs geschah bisher einheitlich mit einer Eingangsamplitude $x_0 = 1\%$ der Regelgrösse für die aufgeprägten Sinusschwingungen. Die Nichtlinearität in der Verzögerung zwischen PI-Befehl und Leitradstellung erfasst man aber nur, wenn man ausserdem mit zum Beispiel $x_0 = 0,25\%$ Eingangsamplitude misst. So wird der Sinusgeber das zuverlässige Instrument, um in grossen Zentralen, bei denen es nicht möglich ist, nur für Versuchszwecke einen Inselbetrieb herzustellen, trotzdem einen richtigen Einblick in den Abklingvorgang zu gewinnen und damit die Reglereinstellung für kleinste Frequenzausschläge bei genügender Stabilität zuverlässig vornehmen zu können.

1. Kein Inselbetrieb durchführbar

Um durch Messung des Regler-Frequenzgangs [1] beim Pumpspeicherwerk Säckingen-Kaverne der Schluchseewerk AG von 4 mal 88,6 MW die Stabilitätssicherheit im Inselbetrieb, das heisst bei Trennung vom Verbundnetz, sicherzustellen, war es bei dieser grossen Leistung nicht möglich, wie bei kleinen Kraftwerken in früheren Fällen [2], [3] durch Auftrennen von Netzverbindungen ein Inselnetz für Stabilitätsversuche herzustellen²⁾.

Der grosse Netzzusammenbruch in den USA im November 1965 zeigt aber, wie notwendig es ist, dass die Kraftwerke auch bei aufgetrenntem Verbundnetz stabil und mit guter Frequenzhaltung arbeiten, um möglichst schnell den Zusammenschluss wieder herstellen zu können. Hierzu werden die Erfahrungen [2], [3], die mit kleinen Kraftwerken gemacht wurden, dazu mitverwendet, um nachfolgend abzuleiten, wie die Rechen- und Messmethoden, die für Stabilitätsversuche grosser Kraftwerke als Ersatz für echten Inselbetrieb notwendig werden, zweckmässig auszuwerten sind.

2. Bester Kompromiss zwischen grösster Frequenzabweichung und Stabilität

Bei den Stabilitätsuntersuchungen in grossen Kraftwerken durch Berechnung der geregelten Anlage (Regelstrecke) und Messung des Regler-Frequenzgangs durch aufgedrückte Sinusschwingungen [2]

fehlt die bei echtem Inselbetrieb in kleineren Anlagen vorliegende Messung über die Grösse der Frequenzausschläge (Bild 1). Man kann deshalb versucht sein, sich mit der Feststellung einer möglichst kräftigen Stabilisierung zu begnügen, ohne zu berücksichtigen, dass mit zunehmender verbesserter Stabilisierung nach Lastsprüngen grössere Frequenzabweichungen entstehen.

Bei der dargestellten Messung für eine Kaplan-turbine von 11,6 MW (Bild 1) entstand schon bei einem Lastsprung von nicht ganz 7% ein erster Frequenzausschlag von 1,2 Hz = 2,4%, der proportional mit der Grösse des Lastsprungs zunimmt.

Am übersichtlichsten lässt sich der Abklingvorgang beurteilen durch die praktische Abklingzeit $T_{1/10}$ auf 1/10 des ersten Ausschlags x_{\max} der geregelten Frequenz x und durch die Anzahl $a_{1/10}$ der «Halbschwingungen» (nach beiden Richtungen), die nach dem ersten Ausschlag in der Zeit $T_{1/10}$ auftreten [3].

Gemessen wurde in Bild 1 nur bis zur 3. Halbschwingung, wobei erst ein Abklingen auf 0,167 (also $T_{1/6}$ statt $T_{1/10}$) stattfand, so dass bis $T_{1/10}$ nahezu 4 Halbschwingungen auftreten. Nach Unterbrechung der laufenden Aufzeichnung zwecks Verkürzung des Registrierstreifens zeigt die Wiederaufnahme der Registrierung rechts im Bild eine vollkommen konstante Frequenz ohne eine übrigbleibende Dauerschwingung.

Gegenüber diesem durchaus befriedigenden Abklingvorgang liesse sich durch höhere Einstellparameter des Reglers mit gesteigerter Stabilität die Zahl der Halbschwingungen unter Näherung an einen aperiodischen Verlauf heruntersetzen. Dies aber nur auf Kosten eines grösseren ersten Frequenzausschlags x_{\max} .

3. Steigender Frequenzausschlag x_{\max} bei erhöhter Einstellung der Regler-Parameter

Da der im Inselbetrieb auftretende Lastsprung keine feste Grösse ist, kommt es nicht darauf an, den Ausschlag x_{\max} effektiv zu berechnen. Es genügt vielmehr, unter starker Vereinfachung den Zusammenhang zwischen Reglerparameter und Frequenzausschlag x_{\max} für einen unverzögerten PI-Regler ($T_m = 0$) ohne Druckstoss ($T_w = 0$)

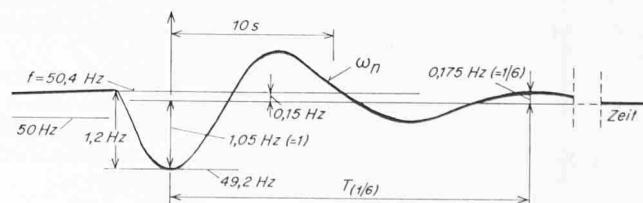


Bild 1. Die Messung des zeitlichen Verlaufs der Netzfrequenz ω_n nach einem Lastsprung von nur 7% zeigt im echten Inselbetrieb, der im Grosskraftwerk nicht durchführbar ist, so hohe Frequenzabweichungen, dass es nicht angezeigt ist, im Interesse eines schärferen Abklingens die Zahl der auftretenden Schwingungen herabzusetzen, weil dies den ersten, maximalen Frequenzausschlag noch erhöhen würde. Wie die Messung rechts nach Unterbruch der laufenden Registrierung zeigt, blieb keine Dauerschwingung übrig.

¹⁾ Im «Bulletin Technique» werden veröffentlicht: L. Chincholle, Faculté des sciences de Paris: L'effet fusée et l'érosion mécanique de cavitation (Heft 19 vom 21. September); Prof. Th. Bovet, Ecole Polytechnique de Lausanne: Contribution à la notion du chiffre de cavitation d'une turbine hydraulique à réaction, und Prof. A. Gardel, Ecole Polytechnique de Lausanne: Stabilité de réglage des chambres d'équilibre (werden später erscheinen).

²⁾ Der Verfasser möchte seinen Dank aussprechen Prof. G. Hutarew für die erhaltenen Aufschlüsse über Frequenzgangmessung, Prof. A. Leonhard für seine Erklärungen über die Beschreibungsfunktion als Mittel zur Erfassung von Nicht-Linearitäten und Dr. Ing. G. Lein, dem Leiter der Versuche beim Kraftwerk Säckingen-Kaverne, dafür, dass erstmals Frequenzgangmessungen mit kleinerer Eingangsamplitude als $x_0 = 1\%$ ermöglicht wurden und für seinen Hinweis, dass es notwendig ist, mit Eingangsamplituden verschiedener Grösse zu messen, um die Stabilität im «Grossen» und im «Kleinen» zu erfassen.