Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 50 (1959)

Heft: 14

Artikel: Abnahmeversuche an Wasserturbinen : vergleichende Betrachtung der neuen VDI-Wasserturbinenregeln mit den Regeln für Wasserturbinen des SEV

Autor: Weber, P.U.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057809

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

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

Abnahmeversuche an Wasserturbinen

Vergleichende Betrachtung der neuen VDI-Wasserturbinenregeln [1]) mit den Regeln für Wasserturbinen des SEV [2])

Von *P. U. Weber*, Zürich

621.224.001.57

Die 2. Auflage, 1958, der VDI-Wasserturbinenregeln wird vom Standpunkt eines neutralen Fachmannes aus mit der 3. Auflage, 1957, der Regeln für Wasserturbinen des SEV verglichen, insbesondere in Bezug auf wesentliche formelle, technische und kaufmännisch-juristische Fragen. Die jeweiligen Vor- und Nachteile der gelegentlich etwas verschiedenen Gesichtspunkte werden diskutiert, auch im Hinblick auf die kommenden Empfehlungen der CEI.

La 2e édition, 1958, des règles VDI pour les turbines hydrauliques est confrontée par un expert neutre aux Règles pour les turbines hydrauliques de l'ASE, 3e édition, 1957. Les questions formelles et techniques et les dispositions contractuelles sont comparées. Les points de vue par fois divergents sont discutés, particulièrement aussi en vue des Recommandations internationales de la CEI qui se trouvent en préparation.

Die Schweizerischen Regeln für Wasserturbinen, aufgestellt vom Fachkollegium 4 des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES), erstmals herausgegeben im April 1947, haben sich so gut bewährt, dass nicht nur in kurzer Zeit drei Auflagen notwendig wurden, sondern dass diese Regeln vielfach als Muster für andere nationale und neuerdings auch für internationale Empfehlungen benützt werden konnten. Obwohl die internationalen Empfehlungen im Jahr 1959 oder 1960 erscheinen sollten, werden die Regeln des SEV und die ihnen weitgehend verwandten VDI-Regeln für einen grossen Teil der Lieferungen von Wasserturbinen aus und nach Europa noch während längerer Zeit Vertragsregeln bleiben. Es scheint daher angebracht, die für den Besteller und für den Lieferanten von Wasserturbinen wesentlichen Unterschiede zwischen den VDI-Regeln und denjenigen des SEV festzustellen und vom Standpunkt des unabhängigen Experten aus zu beleuchten.

Die später etwas ausführlicher umrissenen, wie auch weitere *wesentliche Differenzen*, sind stichwortartig in Tabelle I zusammengestellt. Dabei ist auf die Kapitel über Modellversuche absichtlich nicht eingegangen, da dieser Fragenkomplex im Zusammenhang mit der Zürcher Tagung vom 13. Februar 1959 über Modellabnahmeversuche behandelt wurde [3]).

Vorteile der VDI-Wasserturbinenregeln

Als Vorteile der VDI-Regeln kommen in Betracht:

1. Die Dezimalnumerierung der Kapitel und ihrer Unterabschnitte. Diese Numerierung gestattet jederzeit ohne Störung des Aufbaus das Einschieben neuer Abschnitte. Wichtige Ziffern, die sich erfahrungsgemäss rasch einprägen, behalten damit ihre Bedeutung.

2. In Ziffer 1.13 empfehlen die VDI-Regeln, dass schon beim Entwurf der Turbine *und* der Wasserkraftanlage die Voraussetzungen für die Durchführung der Abnahmeversuche nach den Regeln geschaffen werden. Eine diesbezügliche Andeutung (Wassermessung, Ziff. 67) enthalten auch die Regeln des SEV. Diese Forderungen nach Vorausplanung sollten noch schärfer gefasst werden, da die in den Bauplänen bereits enthaltenen baulichen Massnahmen für die einwandfreie Versuchsdurchführung nur minimale Kosten verursachen, verglichen mit den direkten und vor allem den indirekten Kosten späterer Einbauten und Änderungen, sofern solche überhaupt noch normgerecht möglich sind.

3. Bezüglich Strafen oder Prämien bei Unter- oder Überschreitung der garantierten Wirkungsgrade (VDI Ziff. 1.33, SEV Ziff. 27) verlangen die VDI-Regeln Schritte nicht kleiner als 0,2 %, während die Regeln des SEV Schritte von 0,1 % vorschreiben. Die grosszügigere Festsetzung nach VDI ist geeignet, speziell in Grenzfällen unnütze Diskussionen auszuschliessen.

4. Die Druckmeßstelle am Eintritt der Freistrahlturbinen (VDI Ziff. 3.1, Bild 4, SEV Fig. 7...11) liegt bei VDI einheitlich immer «im Eintrittsflansch am Turbinengehäuse (hinter dem Turbinenschieber)». Dies entspricht genau den Figuren 7, 9 und 11 der Regeln des SEV. Auf die Anordnungen der Figuren 8 und 10 in den Regeln des SEV sollte und kann verzichtet werden, da diese Anordnungen einen korrekten Vergleich verschiedener Typen ausschliessen.

Vorteile der Regeln für Wasserturbinen des SEV

Als Vorteile der Regeln für Wasserturbinen des SEV seien erwähnt:

5. «Die Beziehungen zwischen Besteller und Lieferant basieren auf dem Grundsatz der Gleichbe-

[1]) DIN 1948, Ausgabe November 1957.
[2]) Publ. Nr. 0178.1957.
[3]) Vgl. Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 10, S. 469...471, u. Nr. 13, S. 613...624; Schweiz. Bauztg. Bd. 77(1959), Nr. 24, S. 371...384. Als Sonderdruck zum Preis von Fr. 4.— zuzüglich Porto erhältlich beim Institut für hydraulische Maschinen und Anlagen an der Eidg. Technischen Hochschule, Sonneggstrasse 3, Zürich 6.

Wesentliche Differenzen zwischen den VDI-Wasserturbinenregeln[1]) *und den Regeln für Wasserturbinen des SEV*[2])

Tabelle I

Bestimmungen, die verschieden interpretiert sind	Ziffern in den VDI-Regeln	Ziffern in den Regeln des SEV	Differenzen
Konstruktive Hinweise	1.13	2	Siehe Ziff. 2 im Text
Geltungsbereich	1.2	1	SEV: Auch für Kreiselpumpen (kaltes Wasser) VDI: Nur für Turbinen, da spezielle VDI-Pumpenregeln bestehen
Versuchskosten	1.31	43...46	SEV: Kostenaufteilung; bei Wiederholung zahlt der unrechthabende Partner VDI: Bei Garantieerfüllung gehen die Gesamtkosten zu Lasten der Besteller, bei Nichterfüllung zu Lasten der Lieferer (steht im Widerspruch zu Ziff. 4.151)
Strafen und Prämien	1.33 4.45...4.48	27 und 29	Siehe Ziff. 3 und 9 im Text
Rückweisung	1.34	33	SEV: Wirkungsgrad oder Leistung — 5% unter Garantie VDI: Wirkungsgrad — 3% oder Leistung — 5% unter Garantie
Gefälle von Freistrahlturbinen	2.3.1,Fig.4	Fig. 7...11	Siehe Ziff. 4 im Text
Dimensionen	2	3	Siehe Ziff. 6 im Text
Definition des Turbinenwirkungsgrades	2.10 und 2.11	22	Siehe Ziff. 7 im Text
Durchgangsdrehzahl	2.12.4	18b	SEV: Höchste Drehzahl für Turbine allein VDI: Höchste Drehzahl der Turbinen-Generator-Gruppe (also kleiner als nach SEV)
Kavitation	16	58h	SEV: Keine Definitionen VDI: Alle wichtigen Grössen definiert
Verschleissgarantien	3.23		SEV: Nicht aufgeführt
Messdauer	4.175	40d	SEV: Mindestens 10 min pro Messpunkt VDI: Mindestens 15 min pro Messpunkt
Versuchsgefälle: Abweichung vom Nenngefälle	3.13 und 4.3	58	Siehe Ziff. 10 im Text
Messungenauigkeiten, Toleranzen	4.2 und 4.4	29...33	Siehe Ziff. 8 im Text
Flügelmessung: Zahl der Flügel in offenem Querschnitt A	6.352.1	83	SEV: $z = 24...36\ \sqrt[3]{A}$ (A in m²) VDI: $z = 20...40\ \sqrt[3]{A}$ Die weiter gezogenen Grenzen nach VDI sind bei kleinen Querschnitten (Faktor 20) besser als bei SEV
Venturirohr, Düsen und Blenden (Normdrosselgeräte)	6.34	133 und 134	SEV: Ablehnung für Abnahmeversuche VDI: Zugelassen, wenn normgerecht
Thermodynamische Methode		142	SEV: Zugelassen, aber vorläufig noch nicht empfohlen. (Apparaturen noch nicht unbedingt zuverlässig)

[1]) In der Tabelle kurz als «VDI» bezeichnet.
[2]) In der Tabelle kurz als «SEV» bezeichnet.

rechtigung beider Partner». So lautet Ziff. 25 der Regeln des SEV. Diese wegleitende Festsetzung fehlt in den VDI-Regeln, was sich an verschiedenen Stellen negativ auswirkt.

6. In Ziff. 3 der Regeln des SEV sind die für hydraulische Maschinen wichtigen Grössen kurz und eindeutig zusammengestellt, wobei die gebräuchlichen technischen Dimensionen angegeben sind. Getrennt davon sind in den folgenden Ziff. 4...22 die Definitionen (Begriffserklärungen) für alle praktisch vorkommenden Fälle enthalten. Diese Gruppierung führt zu einer dimensionsmässig einwandfreien Form der Bestimmungsgleichungen und erspart viele Wiederholungen. Die VDI-Regeln lehnen sich im entsprechenden tabellarischen Abschnitt 2 an DIN 4323 an, wobei für jede Grösse nur *eine* Dimension vorgeschrieben wird und die Begriffserklärung für den Fall der Wasserturbinen der Benennung direkt beigefügt wird. Dies führt erstens zur Einführung störender Konstanten in die Definitionsgleichungen (z. B. Druckhöhe $= 10\,p/\gamma$, weil p in kp/cm² und γ in kp/dm³), setzt zweitens die Kenntnis der Normdimensionen voraus und führt drittens im spätern Text unweigerlich zu Wiederholungen. Speziell auch im Hinblick auf den Übergang auf fremde Maßsysteme ist die schweizerische der deutschen Lösung vorzuziehen.

7. Die Regeln des SEV definieren in Ziff. 22 die disponible Leistung einer Turbine, womit sich die Definition des Turbinenwirkungsgrades als Verhältnis der Turbinenleistung P_T zur disponiblen Leistung P_d einwandfrei ergibt. Bei VDI Ziff. 2.10 fehlt der Begriff der disponiblen Leistung. Ausserdem ist die Begriffserklärung in Ziff. 2.11.1 für den Wirkungsgrad textlich falsch als Verhältnis einer Leistung zu einer Energie angegeben. Die Definitionsgleichung für den Wirkungsgrad lautet infolge der gemischten vorgeschriebenen Dimensionen

$$\eta = 0{,}102\ \frac{P}{Q\,H\,\gamma}$$

eine Form, die wiederum nicht nur die Kenntnis

des Maßsystems, sondern die Kenntnis der Dimension jeder Einzelgrösse voraussetzt.

8. Die Frage der Messungenauigkeiten und der dadurch bedingten Toleranzen wird in den Regeln des SEV, Ziff. 29...33, einfacher und zweckdienlicher formuliert als in den entsprechenden Ziff. 4.2 und 4.4 der VDI-Regeln. Während nach VDI die Bestimmung der Messungenauigkeiten von Fall zu Fall individuell erfolgt (was erst nach erfolgter Messung geschehen kann), setzen die Regeln des SEV für alle normalen Fälle feste Toleranzwerte an (z. B. $\pm$ 2 % für den Wirkungsgrad und — 2 % für die Nennleistung) und sehen nur für speziell ungünstige Fälle Abweichungen im Sinne grösserer Toleranzen vor. Da solche Abweichungen, die erfahrungsgemäss nur sehr selten vorkommen, nach dem Grundsatz der Partner-Gleichberechtigung vom Besteller von Wasserturbinen selbstverständlich genehmigt sein müssen, ist es Sache des Lieferanten, mittels genau belegter Fehlerrechnung die Berechtigung der Toleranzvergrösserung nachzuweisen. Toleranzen, die von Fall zu Fall wechseln (VDI), öffnen so lange Tür und Tor zu Diskussionen und Streitigkeiten, wie die Verfahren zur Messfehlerbestimmung nicht zusätzlich in weitern Normziffern ganz genau festgelegt werden, was in der Regel zu weit führen dürfte.

9. In Ziff. 29a der Regeln des SEV wird — entsprechend dem Grundsatz der Partner-Gleichberechtigung — festgesetzt, dass die Bezugsleistung innerhalb ihrer Toleranzgrenze immer so zu wählen ist, dass Strafen oder Prämien ein Minimum werden. Eine entsprechende VDI-Bestimmung fehlt. Auch ist in den VDI-Regeln nicht ganz klar, ab welcher Grenze (Kurve) Strafen und Prämien zu berechnen sind.

10. Die tolerierbaren Abweichungen des Versuchsgefälles vom Nenngefälle sind in Ziff. 58 der Regeln des SEV klar, eindeutig und hinreichend umschrieben. Bei den VDI-Regeln ergeben sich in den entsprechenden getrennten Abschnitten 3.13 und 4.3 Widersprüche. Zum mindesten sollte in Abschnitt 3.13 auf die Ausnahme in 4.3 hingewiesen werden.

Wenn die vorstehenden Ausführungen Anregungen zu Klarstellungen oder Verbesserungen bei Neuauflagen der VDI-Regeln und derjenigen des SEV sowie beim Entwurf für die internationalen Empfehlungen zu geben vermögen, dürfte ihr Zweck erfüllt sein.

Adresse des Autors:

P. U. Weber, Dipl. Phys. ETH, Assistent-Konstrukteur am Institut für hydraulische Maschinen und Anlagen an der ETH, Sonneggstrasse 3, Zürich 6.

Anwendungen des Spannungsflächenbegriffes

Von *W. J. Baer*, Zürich

621.318.435.3 : 538.114

Der Begriff des Spannungs-Zeit-Integrals und seine Beiehung zur Induktion im Kern transformatorischer Anordnungen wird abgeleitet und an Beispielen die Nützlichkeit des Begriffes als Vorstellungswerkzeug gezeigt. Rechteckspannungen erweisen sich als besonders verlustarme Spannungsform; ihre Eignung für ferromagnetische Messzwecke wird betont.

L'auteur définit la notion de l'intégral tension/temps et rappelle sa relation à l'induction dans le noyau d'unités transformatrices. A l'aide d'exemples, il démontre l'utilité de cette notion en tant que moyen de figuration. Les tensions rectangulaires s'avèrent comme étant un genre de tension alternative à pertes particulièrement faibles et l'on peut se convaincre de leur aptitude à la mesure ferro-magnétique.

1. Einleitung

Einfache, bewickelte Magnetkernanordnungen werden seit langem durch Berechnung gemittelter Grössen, wie sie beispielsweise der Effektivwert der Spannung, die Induktivität, magnetische Verlustziffern oder Leerlaufstrom darstellen, dimensioniert. Hiebei wird häufig der als Transformatorformel bezeichnete Ausdruck verwendet. Seine Ableitung wird unten gegeben. Die Formel ist eine Grössengleichung; ihr Faktor $2\pi/\sqrt{2}$ wird oft mit 4,44 abgekürzt. Sie gilt ausschliesslich für Magnetkerne mit sinusförmigen Spannungen.

In der modernen Elektrotechnik ist mit dem Aufkommen der Magnetverstärker, der hochgezüchteten Magnetwerkstoffe und der Erfindung immer neuer transformatorischer Anordnungen sinusförmige Spannung vielfach nicht die Regel. In den zusätzlich notwendig gewordenen Überlegungen figuriert der Begriff der Spannungsfläche, also des Spannungs-Zeit-Integrals, als Arbeitsbegriff. Er ist in der physikalischen Grundgleichung der Transformatorformel bereits enthalten. Hier wird die Entstehung dieser Formel nochmals kurz gezeigt.

Die Grundgleichung:

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$

ergibt eine Gleichung für Spannungs-Zeit-Integrale durch einfache Integration:

$$\int U dt = \Phi$$

worin U die Spannung; Φ die Flussverkettung bezeichnet. Vom Kern her, wenn dieser von $-B$ bis $+B$ ummagnetisiert wird, und wenn er den wirksamen Eisenquerschnitt A_{Fe} hat und mit der Windungszahl n bewickelt ist, gilt für die Flussverkettung

$$\Phi = 2 B A_{Fe} N$$

Für sinusförmige Spannung der Frequenz $f = \omega/2\pi$ ist dann

$$2 B A_{Fe} N = \hat{U} \int \sin \omega t \, dt = \frac{-\hat{U}}{\omega} \cos \omega t \Big|_0^{\pi} =$$

$$= U_{eff.} \frac{\sqrt{2}}{2\pi}$$