



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Universitätsbibliothek Paderborn**

### **Beitrag zur Theorie und Berechnung der hydraulischen Regulatoren für Wasserkraftmaschinen**

**Schmoll von Eisenwerth, Adolph**

**Berlin, 1904**

Uebersicht über das vereinfachte Verfahren für praktische Rechnungen

**urn:nbn:de:hbz:466:1-44587**

sich dabei nicht auch der Einfluss der Rückführung auf die Steuerbewegung stärker geltend machen würde. Bei der Bewegung des Kolbens während der Steuerbewegung wirkt nämlich die von der Kolbenbewegung abgeleitete Rückführung der vom Tachometer ausgehenden Steuerbewegung entgegen. Daher kann bei langsamer Tachometerhülsenbewegung das Steuerventil unter Umständen schon geschlossen werden, ehe noch die volle Oeffnung der Kanäle hergestellt war. Die grösste mögliche Kolbengeschwindigkeit ist daher in diesem Falle auch von der Hubgeschwindigkeit des Tachometers abhängig, also in letzter Linie auch von der Belastungsänderung und den Schwungmassen der Turbine.

Diese Vorgänge, die hauptsächlich bei sehr kleinen Belastungsänderungen in Frage kommen, lassen sich zwar schrittweise verfolgen, aber eine Vorausberechnung dürfte kaum noch Anspruch auf Genauigkeit machen, weil hier die Unsicherheit in der Annahme der Reibungs- und Durchflusskoeffizienten allzusehr die Rechnungsergebnisse beeinflussen würde.

Für die mittleren Belastungsänderungen, bei denen im allgemeinen die Voraussetzung plötzlicher Eröffnung zulässig ist, dürfte dagegen das im Beispiele angewandte Verfahren genügend genau sein.

#### *Uebersicht über das vereinfachte Verfahren für praktische Rechnungen.*

Für die Praxis ist die Lösung der folgenden Aufgaben besonders wichtig:

Bei vorgeschriebenen Regulierbedingungen und angenommenen Konstruktionsdaten für den Servomotor sind die erforderlichen Schwungmassen zu ermitteln:

oder:

Bei gegebenen Schwungmassen und angenommenen Konstruktionsdaten für den Servomotor sind die zu erwartenden grössten Aenderungen der Umdrehungszahlen für bestimmte Belastungsänderungen zu berechnen.

Für diese Zwecke genügt im allgemeinen ein vereinfachtes Verfahren, das im Vorstehenden bereits mehrfach berührt worden ist und nun übersichtlich wiedergegeben werden soll.

Die Rechnung sei vorzunehmen für eine plötzliche Aenderung des Belastungsdrehmomentes der Turbine von der anfänglichen Grösse  $T_a$  auf  $T_b$  (mkg). Das Drehmoment der Turbine bei Füllung 1 und der normalen Umdrehungszahl  $n_1$  sei  $T_1$ . Der Regulator soll demnach die anfangs vorhandene Füllung  $f_a = \frac{T_a}{T_1}$  auf  $f_b = \frac{T_b}{T_1}$  ändern.

1. Berechnung der treibenden und widerstehenden statischen Drücke für die Oeffnungs- bzw. Schliessbewegung des Servomotors. Der Ueberdruck ist  $C_0$  kg/qcm (vergl. S. 17).

2. Berechnung der Durchflusswiderstände in kg/qcm bezogen auf das Quadrat der Kolbengeschwindigkeit  $v$ . Der Koeffizient von  $v^2$  ist  $A' = A + \frac{B}{V \cdot v}$  (vergl. S. 16 und 27).

3. Berechnung der ideellen Kolbengeschwindigkeit  $v_i$  aus der Gleichung:

$$v_i^2 A + v_i^{\frac{3}{2}} B = C_0 \quad (\text{vergl. S. 21}).$$

4. Berechnung der ideellen Schlusszeit

$$S_i = \frac{\text{Kolbenhub}}{v_i},$$

bezw. bei veränderlichem Verhältnis zwischen Kolbenweg- und Füllungsänderung:

$$S_i = \frac{\text{Kolbenweg entsprechend } (f_a - f_b)}{v_i \cdot (f_a - f_b)}$$

5. Berechnung der Umdrehungszahländerung infolge Unempfindlichkeit des Tachometers und etwa vorhandener Spielräume in den Steuerungsteilen. Die Umdrehungszahl ändert sich bis zum Eingreifen des Servomotors von  $n_a$  auf  $n_s$  (vergl. S. 57).

Bis hierher ist das Verfahren genau so wie ohne Berücksichtigung der Massenwirkung des Servomotors. Die Berechnungen 1. bis 5. sind daher auf jeden Fall vorzunehmen. Ist Massenwirkung zu berücksichtigen (namentlich bei verhältnismässig langen Rohrleitungen

und dabei verhältnismässig kleiner Betriebspressung, vergl. S. 26, so folgt:

6. Berechnung der Beschleunigungsdrucke (in kg/qcm) herrührend von den Massen der Betriebsflüssigkeit und den Massen der Getriebeteile des Servomotors, bezogen auf die Kolbenbeschleunigung  $i = \frac{dv}{dt}$ . Verhältnismässig langsam sich bewegende Getriebeteile können dabei unberücksichtigt bleiben, sofern ihre Massen nicht ungewöhnlich gross sind (vergl. S. 39). Der Koeffizient von  $\frac{dv}{dt}$ , die reduzierte Masse, ist  $\mathfrak{M}$ .

7. Berechnung der Zeit  $t_s$  (Spielraumzeit infolge Massenbeschleunigung) aus der Beziehung:

$$t_s = 0,693145 \frac{\mathfrak{M}}{C_0} \cdot v_i \quad (\text{vergl. S. 29}).$$

8. Berechnung der Fläche  $\mathfrak{F}$  des Füllungsdiagrammes (s. Fig. 14), angenähert, mit Benützung der Asymptote der Kolbenweglinie:

$$\mathfrak{F} = (f_a - f_b) t_s + \frac{(f_a - f_b)^2}{2} \cdot S_i;$$

daraus folgt:

9. Grösste Umdrehungszahl des ersten Regulierabschnittes:

$$n_{\max} \infty = n_s + \frac{30 T_1 \cdot \mathfrak{F}}{\pi J},$$

oder, wenn grösste zulässige Aenderung der Umdrehungszahl vorgeschrieben ist, folgt die erforderliche Schwungmasse aus:

$$J = \frac{30 T_1 \cdot \mathfrak{F}}{\pi (n_{\max} - n_s)}.$$

Die Fläche  $\mathfrak{F}$  ist bei der angenäherten Rechnung etwas zu gross; daher liefert das Verfahren die  $n_{\max}$  oder die  $J$  etwas zu gross und zwar um so mehr, je grösser  $t_s$  im Verhältnis zu  $S_i$  und je kleiner die Füllungsänderung  $f_a - f_b$  (absolut) ist. Darin liegt eine gewisse Sicherheit, die gegenüber der etwas zu günstigen Annahme der plötzlichen Eröffnung der Steuerkanäle zu statten kommt.