

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Zur Kritik der Turbinen-Regulatoren

Kröner, Hermann

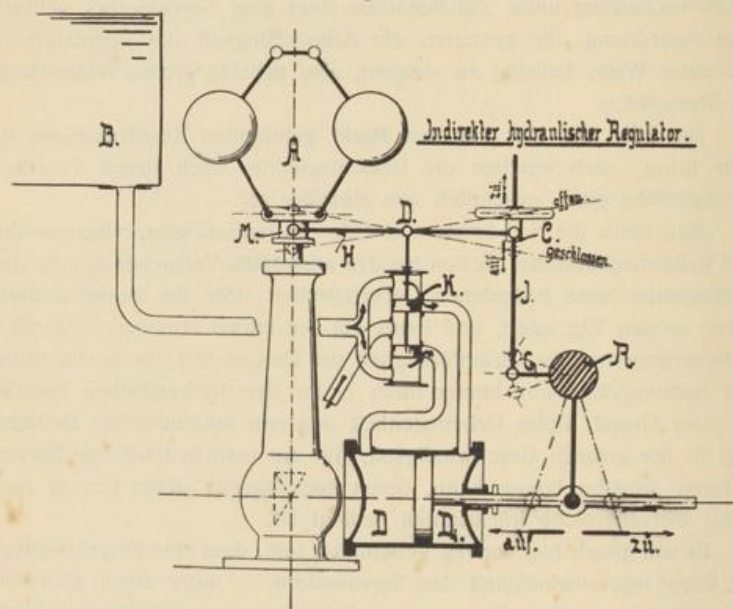
1910

Voraussetzungen

[urn:nbn:de:bsz:31-282609](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-282609)

Zudem besitzt der hydraulische Betrieb noch einen weiteren Vorteil, der darin besteht, dass die Geschwindigkeit des Servomotorkolbens veränderlich ist, derart, dass sie im Moment der Einschaltung von dem Wert 0 beginnend im Verlauf der Regulierung allmählich anwächst und gegen Ende derselben ebenso auf den Wert 0 allmählich sinkt. Dieser Umstand ermöglicht die Anwendung sehr grosser Arbeitsgeschwindigkeiten, weil Stösse so gut wie ausgeschlossen sind. Stösse treten dagegen bei nahezu allen mechanischen Servomotoren auf, weil deren Arbeitsgeschwindigkeit eine sehr nahe konstante Grösse ist. Es müssen also bei jeder Ein- und jeder Ausschaltung vorerst in Ruhe befindliche Teile plötzlich eine gewisse Geschwindigkeit annehmen bzw. in Bewegung befindliche Teile plötzlich gehemmt werden. Und die hierbei unvermeidlichen Stösse sind um so grösser, je grösser die Geschwindigkeit ist.

Fig. 1.



Es sollen daher im folgenden nur hydraulische Servomotoren vorausgesetzt werden.

Voraussetzungen.

Ein indirekter hydraulischer Regulator hat eine Zusammensetzung, wie in Fig. 1 skizziert, seine Wirkungsweise ist als bekannt vorausgesetzt.

Zum Zwecke der Vereinfachung der Rechnungen sollen nachstehende Annahmen gemacht werden.

1. Der Antrieb des Tachometers*) erfolge zwangsläufig von der Motorwelle aus.

Es ist ganz selbstverständlich, dass ein elastisches Verbindungsmittel zwischen Motorwelle und Tachometer eine Schwingungsursache bedeuten würde, denn dasselbe würde die Aenderung der Maschinengeschwindigkeit nicht momentan, sondern mit einer gewissen Verspätung dem Tachometer mitteilen. Der beste Antrieb wird daher mittelst Zahn- oder Schneckenrädern bewerkstelligt, die einen sicheren und stetigen Eingriff gewährleisten.

Es soll auch vorausgesetzt sein, dass bei dem in Betracht kommenden Maschinen-Aggregat alle rotierenden Teile vollkommen starr mit einander verbunden sind. Das trifft nun durchaus nicht immer zu, im Gegenteil, in den meisten Fällen sind eben diese Verbindungsteile elastisch (Welle, Kuppelung etc.) und es ist auch durchaus nicht gleichgültig, wie Regulatorantrieb und Schwungmasse einer Maschinengruppe gegenseitig disponiert werden.

Ist z. B. eine Turbine mit einer Dynamomaschine gekuppelt, so kann leicht der Fall eintreten, dass zur Erfüllung der vorgeschriebenen Regulierbedingungen die im Anker der Dynamo vorhandene Schwungmasse nicht ausreicht und dass noch ein besonderes Schwungrad aufgesetzt werden muss. Sind nun Schwungrad und Dynamo durch eine lange und schwache Welle verbunden und wird das Tachometer von einem Punkt aus angetrieben ganz in der Nähe der einen Schwungmasse, so wirkt die andere Schwungmasse störend. Wird also das Tachometer beispielsweise von einem Punkt in der Nähe der Dynamo aus angetrieben, so wird die Regulierung umso schlechter, je mehr man die Schwungmasse des Schwungrades vergrößert. Von diesem Gesichtspunkt aus ist die unbedingte Forderung zu stellen, das Tachometer stets in der Nähe der grösseren Schwungmasse anzuordnen, und es tritt hier der Fall ein, dass die Wellenstärke der Maschinengruppe nach der durch die Regulierbedingungen festgelegten zulässigen Deformation zu rechnen, mindestens zu kontrollieren ist.**)

2. Das Kraftmoment sei bei konstanter Beaufschlagung der Turbine von der Geschwindigkeit unabhängig. Diese Voraussetzung trifft bei Dampfmaschinen innerhalb sehr weiter Grenzen fast genau zu. Bei Turbinen ändert sich das Moment mit der Geschwindigkeit.

*) Im folgenden soll „Tachometer“ das sonst mit Fliehkraftpendel oder Regler bezeichnete Teilorgan des ganzen genannt werden; unter „Regulator“ sei der ganze Apparat verstanden.

**) Auf diese Erscheinung weist Ing. P. Ehrlich hin in einem Aufsatz: Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1906, S. 152 ff.

Bekanntlich besitzt die Turbine eine sog. günstigste Tourenzahl n_1 bei einer bestimmten Beaufschlagung, weicht man von derselben nach der einen oder anderen Seite ab, so ändert sich das Drehmoment und zwar so, dass der Tourenzahl O das grösste Drehmoment der Tourenzahl $1,6$ bis $2 n_1$ das Drehmoment O entspricht. Die Kurve des Drehmoments in Funktion der Winkelgeschwindigkeit ist für konstante Wassermenge eine Gerade z. B. bei Axialturbinen, bei Radialturbinen beeinflusst die Verschiedenheit des Ein- und Austrittsdurchmessers die Menge des durchfliessenden Wassers und in diesem Fall weicht die Kurve von der Geraden etwas ab. Nimmt man nun einen linearen Zusammenhang an zwischen Tourenzahl und Drehmoment — eine Annahme, die jedenfalls innerhalb eines kleinen Intervalls sehr nahe zutrifft; und kleine Tourenschwankungen sollen ja bei einem guten Regulator nur vorkommen — so entspricht einer Zu- bzw. Abnahme der Geschwindigkeit von 1% eine Ab- bzw. eine Zunahme des Drehmoments von derselben Grössenordnung.

Ist nun schon diese Aenderung des Drehmoments sehr klein und deren Vernachlässigung gerechtfertigt, so ist noch besonders zu betonen, dass diese tatsächliche Aenderung des Drehmoments durch die Maschinengeschwindigkeit nur in günstigem Sinne auf den Regulierungsvorgang einwirkt, denn eine Abnahme desselben bei Geschwindigkeitssteigerung und umgekehrt eine Zunahme bei Geschwindigkeitsverminderung ist das, was ja der Regulator ebenfalls anstrebt. Diese Erscheinung kann also den Regulator in seiner Aufgabe nur unterstützen, die Turbine besitzt also eine „natürliche Regulierung“, die allerdings bei kleinen Beträgen der Geschwindigkeitsänderung sehr klein ist, so dass man nicht auf sie rechnen kann. *)

3. Das Lastmoment sei unabhängig von der Geschwindigkeit.

Bei manchen Arbeitsmaschinen trifft dies fast genau zu. In anderen Fällen (Dynamomaschinen, Zentrifugalpumpen) nimmt der Widerstand mit der Geschwindigkeit sehr stark zu, so dass auch von der Arbeitsmaschine aus ein für die Regulierung in den meisten Fällen günstiger Einfluss zu erwarten ist, der aber hier ebenfalls ausser Betracht bleiben soll.

4. Der Wirkungsgrad des Motors sei für alle vorkommenden Geschwindigkeiten derselbe.

Diese Annahme trifft für die gebräuchlichen Beaufschlagungen und für kleine Geschwindigkeitsschwankungen mit genügender Genauigkeit zu.

5. Der durch die Rückführung bestimmte Zusammenhang zwischen Tourenzahl und Stellung des Servomotors und des Leitapparates bzw.

*) Siehe hierüber die Ausführungen von Ing. Prof. A. Budau „Geschwindigkeitsregulierung hydr. Motoren“ Heft 2, S. 4 u. ff.

Stellzeuges sei linear. Das von der Maschine ausgeübte Moment sei also der Verstellung des Servomotors proportional.

Auch diese Voraussetzung deckt sich nicht ganz mit der Wirklichkeit, doch ist die Abweichung unbedeutend und wiederum für kleine Intervalle zu vernachlässigen.

6. Es soll abgesehen werden von allen Einflüssen, die sich durch Reibung und Spiel im Regulator-Gestänge ergeben.

7. Der Regulator soll kontinuierlich die Kraftmaschine beeinflussen können. (Trifft bei Kolbendampfmaschinen nicht zu.)

8. Der Einfluss der dynamischen Wirkung der Wassermasse im Zuleitungsrohr bleibt ausser Betracht.

Aufstellung der Grundgleichungen.

1. Das Tachometer. Der Regulator werde beherrscht von einem Tachometer, von welchem nur vorausgesetzt werde, dass sein Gleichgewicht innerhalb des benutzten Ausschlags ein stabiles d. h. in der Weise bedingt sei, dass zunehmenden Geschwindigkeiten ein stetiges Bewegen der Muffe nach einer und derselben Richtung entspricht. Nimmt nun die Muffe von ihrer unteren Hubbegrenzung beginnend, der Reihe nach diejenigen Stellungen ein, welche der zunehmenden Winkelgeschwindigkeit entsprechend den jeweiligen Gleichgewichtszustand darstellen, und trägt man die jeweiligen Abstände der Muffe von der unteren Hubbegrenzung gemessen in Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit auf, so erhält man eine gewisse Kurve, die wir die „Linie der Gleichgewichtsgeschwindigkeit“ nennen wollen. Dieselbe soll wieder der Einfachheit halber als Gerade angesehen werden. In der Fig. 2 bedeutet die Linie AB die Linie der Gleichgewichtsgeschwindigkeit, während AE den ganzen Muffenhub bedeutet. Es soll nun die Maschine zur Zeit $t = 0$ im Punkte C im Beharrungszustand sich befinden und ebenfalls zur Zeit $t = 0$ trete eine plötzliche Entlastung ein von der Belastung αP_m auf βP_m , Linie OD stellt den neuen Beharrungszustand dar und soll gleichzeitig Abscissenachse oder Zeitachse sein. Linie OC sei Ordinatenachse.

Infolge des beschleunigenden Moments von der Grösse $(\alpha - \beta) P_m$ muss die Maschine eine Geschwindigkeitssteigerung erfahren, deren zeitlicher Verlauf durch die Kurve CF dargestellt sei. Wäre nun das Tachometer vollständig masselos, so könnte die Kurve CF auch den Weg der Muffe darstellen, denn bei masselosem Tachometer müsste die Muffe stets die der momentan herrschenden Geschwindigkeit entsprechende Gleichgewichtsstellung einnehmen. Da nun aber das Tachometer eine gewisse Masse besitzt, die erst beschleunigt werden muss, so wird die Muffenweglinie im Punkt C eine horizontale Tangente besitzen und eine Form annehmen, wie etwa Kurve CH . In dem Zeitpunkt t