

Regulierung der Wasserturbinen.

Allgemeines über die Regulierung.

Die Turbinen, wie überhaupt die Wasserkraftmaschinen, lassen sich prinzipiell weit schwieriger regulieren als Dampf- und Gasmaschinen sowie verwandte Betriebsmotoren. Für die letzten Gruppen von Motoren möge im folgenden die Dampfmaschine als typisch für die vergleichende Betrachtung herangezogen werden. Die Regulierung derselben ist als vollkommen gelöst zu betrachten und wird — was den Turbinen gegenüber als besonders wichtig erscheint — mit verhältnismäßig einfachen Mitteln erreicht. Zweck der Regulierung ist für alle Betriebsmotoren fast immer Konstanterhaltung der Geschwindigkeit, wenigstens innerhalb enger Grenzen, was stets durch Regelung der Energiezufuhr (Dampfmenge, Wassermenge) geschieht. Bei der Dampfmaschine ist dies durch direkte Verbindung des Regulators mit dem Stellzeug, d. h. der auf Veränderung der Energiezufuhr wirkenden Abschlußorgane, möglich. Diese Regulierung wird als „direkt wirkende“ bezeichnet. Bei den Turbinen stellt die direkt wirkende Regulierung das primitivste Mittel zur Geschwindigkeitsregelung dar. Es ist in den meisten Fällen nicht verwendbar.

Der Grund dafür ist in dem Wesen der arbeitenden Masse (Wasser) zu suchen. Bei Dampfmaschinen handelt es sich um — dem Gewichte nach — unbedeutende Massen; dieselben üben ihre Wirkung durch die ihnen innewohnende Wärmeenergie aus. Infolgedessen erfordert die Verstellung der Abschlußorgane, welche ihrerseits nur geringe Abmessungen haben und von geringem Gewichte sein können, einen verhältnismäßig kleinen Kraftaufwand. Bei Turbinen dagegen ist mit Rücksicht auf die große zu regelnde Masse des Wassers das Stellzeug sehr umfangreich und schwer, sowie auch der Verschiebungsweg desselben so groß, daß eine bedeutende Verstellungskraft zur Regulierung erforderlich ist. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der Geschwindigkeitsregler (Zentrifugalregulator) sich wenig zur Ausübung größerer Verstellkräfte eignet. Direkt wirkende Geschwindigkeitsregler können daher nur für kleine Wassermotoren mit Vorteil verwendet werden; bei großen Wassermotoren würde man zu abnorm großen Dimensionen der Geschwindigkeitsregler gelangen. Es kommen somit in fast allen Fällen indirekt wirkende Regulatoren, d. h. solche in Betracht, bei welchen der Regulator nur die Bewegung des Stellzeuges einleitet, die Arbeit der Verstellung dagegen durch eine besondere Kraftquelle übernommen wird; dieselbe besteht meist aus einem normal leerlaufenden Getriebe, welches von der Turbinenwelle aus in Gang gesetzt und nur in dem Momente der Regulierung eingerückt wird, um die Verstellung der Abschlußorgane zu bewirken.

Zweierlei Zwecke der Regulierung.

In einer zweiten Hinsicht unterscheidet sich die Regulierung der Turbinen von derjenigen der Dampfmaschinen, indem die Aufgabe der Regulierung eine zweifache ist. Je nach den Wasserverhältnissen tritt nämlich zur Geschwindigkeitsregulierung noch diejenige des Wasserstandes.

Während es sich bei Dampf- und verwandten Betrieben stets um eine Energiequelle handelt, die jeweils nach dem augenblicklichen Kraftbedarfe der Anlage beansprucht werden kann, so daß stets nur so viel Energie zugeführt wird, als zur Ausübung der gewünschten Kraftäußerung erforderlich ist, stellt die Wasserkraft eine natürliche Energiequelle dar, welche die Energie — unabhängig vom augenblicklichen Kraftbedarfe — in selbständig wechselnder Menge zur Verfügung stellt. Pfarr¹⁾ bezeichnet die Motoren der ersteren Art als „Abhängig-Veränderliche“, die Motoren der letzteren Art als „Unabhängig-Veränderliche“.

Je nach der zur Verfügung stehenden Wassermenge mögen bezüglich der Regulierung im folgenden drei Kategorien von Wasserkraftanlagen kurz gekennzeichnet werden.

1. Wasserkraft mit Arbeitsüberschuß. Ist die Wassermenge in so reichem Maße und zwar bei genügendem Gefälle vorhanden, daß die Arbeitszufuhr zu jeder Zeit das Maximum des Arbeitsbedarfes überschreitet, so kann die Wasserkraftanlage insofern unter die „Abhängig-Veränderliche“ gerechnet werden, als man die überschüssige Wassermenge frei fortströmen läßt und die zum Betriebe erforderliche Menge stets je nach dem Kraftbedarf entnehmen kann. Die Aufgabe der Regulierung ist hier ausschließlich die Konstanthaltung der Geschwindigkeit bei variablem Moment des Arbeitswiderstandes. Das Mittel der Regulierung beruht, wie immer bei Wasserkraftanlagen, auf der Variation der durch die Turbine fließenden Wassermenge. (Über Geschwindigkeitsregulierung selbst siehe weiter unten, S. 64.)

2. Wasserkraft ohne Arbeitsüberschuß. Bei einer derartigen Anlage ist es eine natürliche Forderung, die Wasserkraft stets möglichst vollkommen auszunutzen, d. h. den Arbeitsbedarf der jeweiligen Arbeitsfähigkeit der Wasserkraft anzupassen. Der Arbeitsverbrauch ist proportional dem Produkte aus Arbeitsmoment M_a und Umdrehungszahl n der Turbine. Da bei den meisten Betrieben die Geschwindigkeit nicht sehr variieren darf, so ist die Forderung, den Betrieb der Wasserkraft anzupassen, nur durch Anpassung des M_a zu erfüllen, welche gleichbedeutend ist mit einer teilweisen Arbeitseinstellung. Durch Abstimmung einzelner Arbeitsmaschinen ist es möglich, den Betrieb

¹⁾ Vgl. auch Pfarr, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1891, Bd. 35, Nr. 32.

zweckentsprechend durchzuführen. Die vollständige Ausnutzung der momentan zur Verfügung stehenden Wasserkraft ist naturgemäß nur bei möglichster Hochhaltung des Gefälles möglich. Hierzu ist die Anwendung eines Wasserstandsregulators, welcher die Wasser- und Gefälleverschwendung verhütet, erforderlich. Für die Regulierung der Geschwindigkeit ist außerdem ein Geschwindigkeitsregler notwendig. Die beiden Regulierapparate dürfen jedoch nicht unabhängig voneinander, sondern müssen in geeigneter Weise miteinander verbunden sein, so daß der Geschwindigkeitsregler den Wasserzufluß nie weiter öffnen kann, als mit dem erforderlichen Wasserstande vereinbar ist; mit anderen Worten, der Geschwindigkeitsregler kann nur soweit eine Vermehrung der Geschwindigkeit selbsttätig bewirken, als es der Wasserstandsregulator „für zulässig erachtet“. Tritt ein solcher Konflikt ein, daß bei abnehmender Wassermenge der Geschwindigkeitsregler öffnen und der Wasserstandsregulator schließen will, so ist das ein Zeichen dafür, daß die Belastung der Turbine zu groß ist, und es muß durch teilweise Arbeitseinstellung das Arbeitsmoment verringert werden. Dann steigt die Tourenzahl wieder und es tritt ein Zustand ein, bei welchem die Regulierapparate zusammenarbeiten können.

3. Wasserkraft und Dampfkraft vereinigt. Es ist einleuchtend, daß in sehr vielen Betrieben eine Wasserkraftanlage der unter 2. behandelten Art nicht genügt; insbesondere ist sie mit den Anforderungen des Betriebes bei elektrischen Zentralstationen nicht vereinbar, da sich hier der Arbeitsbedarf eben nicht nach der Arbeitszufuhr richten kann. In solchen Fällen kommt als ergänzende Betriebskraft die Dampfmaschine (oder verwandte Motoren) in Betracht. Die Turbine und die Dampfmaschine arbeiten alsdann auf eine gemeinschaftliche Welle. Aus ökonomischen Gründen muß man darauf bedacht sein, daß hierbei die Wasserkraft stets voll ausgenutzt und die Dampfkraft nur soweit als erforderlich herangezogen wird.

Ist die Wasserkraft so klein, daß sie für sich nie zur Deckung des Arbeitsbedarfes ausreicht, so wird die Regelung der Geschwindigkeit der Dampfmaschine allein überlassen, deren Regulator ja bei großer Einfachheit sich besonders gut zur Geschwindigkeitsregulierung eignet. Mit Rücksicht auf möglichste Ausnutzung des Gefälles bei großen und kleinen Wassermengen, kann für die Turbine noch ein Wasserstandsregulator Verwendung finden.

Anders verhält sich die Sache, wenn die Wasserkraft so groß ist, daß sie zeitweise den Betrieb allein übernehmen kann. Alsdann liegt der Fall 2. vor und es wird sowohl die Geschwindigkeitsregulierung als auch die Wasserstandsregulierung erforderlich.

Es gelangt dann zweckmäßig ein kombinierter Geschwindigkeits- und Wasserstandsregulator zur Verwendung.