

Regulators nicht zu weit von der astatischen Geraden abweicht. Der Vorteil liegt, wie schon erwähnt, darin, dass selbst grosse Verstellkräfte auch bei kleinem Ungleichförmigkeitsgrad δ kein Labilwerden des Regulators hervorrufen können, und dass Hülsen- und -entlastungen zum Zwecke einer Veränderung der Umdrehungszahl keine Aenderung von δ zur Folge haben. Diese Aenderung der Umdrehungszahl, welche bei Gleichstrommaschinen nur den Zweck hat, ungenaue Berechnung der Spannung der Dynamomaschine durch mechanische Mittel auszugleichen, vermehrt

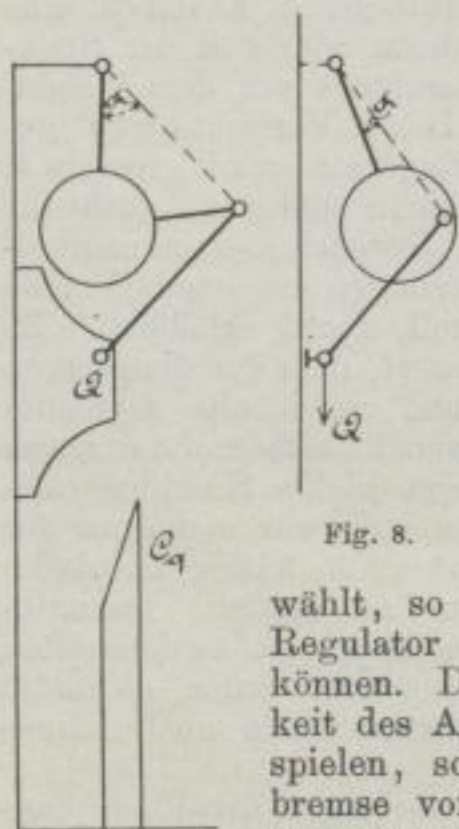


Fig. 8.

Fig. 9.

bei den empfindlichen Federregulatoren die Eigenreibung derselben und wird daher besser fortgelassen, wie es auch bei den in Nordamerika so häufig angewandten Achsenregulatoren allgemein geschieht. Erfüllt der Regulator die für Steuerungen ohne Rückwirkung wesentlichen Bedingungen kleiner reduzierter Massen bei hohen Umdrehungszahlen, geringer Eigenreibung und einer astatischen C_q -Kurve, und hat man ferner keine zu kleine Regulatornummer gewählt, so wird man in vielen Fällen den Regulator ohne Oelbremse laufen lassen können. Da jedoch noch die Gleichmässigkeit des Antriebes, sowie der Wert δ mitspielen, so ist es vorzuziehen, eine Oelbremse vorzusehen. Es ist immer besser, wenn man eine Oelbremse abnehmen kann, als wenn man später eine solche anflücken muss.

Zum grössten Teile unrichtig und irreführend wird die Anwendung der landläufigen Regulatortheorie für solche Regulatoren, welche Rückdruck von der Steuerung her erfahren, ja sogar, wenn auch in geringerer Masse (falls die Steuerung keine Rückwirkung ausübt) bei solchen Regulatoren, deren Unempfindlichkeitsgrad ϵ kleiner ist als der Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades, oder welche Stössen vom Antrieb her infolge unregelmässig geschnittener Zähne, Riemenverbindungen u. s. w. ausgesetzt sind.

Die Rückwirkung der Steuerung macht sich in zwei verschiedenen Richtungen geltend. Erstens verändert sie (wenn immer in derselben Richtung wirkend) die Umdrehungszahl des Regulators und zweitens verursacht sie Regulatorschwingungen. Die Aenderung der Umdrehungszahl infolge der periodisch wiederkehrenden Hülsenbelastung durch den Steuerungsdruck ist zwar vorhanden, aber kaum bemerkbar, besonders bei Vorhandensein einer Oelbremse, welche einen grossen Teil des Steuerungsdruckes auffängt. Ungleich wichtiger sind dagegen die durch die Steuerungsrückwirkung hervorgerufenen Regulatorschwingungen. Ueber dieselben liessen sich leicht Bände schreiben (ein Anfang dazu ist kürzlich von Isaachsen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1899, gemacht worden, jedoch unter Vernachlässigung wichtiger Einflüsse und ohne alle für die Praxis notwendigen Folgerungen zu ziehen), so gross ist die Mannigfaltigkeit derselben. Verfasser hat beobachtet, wie regelmässige Perioden von ein, zwei, drei und sogar vier Schwingungen auftraten. Die theoretischen Bedingungen für regelmässige Perioden aufzustellen, ist eine Unmöglichkeit, wie sich im weiteren ergeben wird, jedoch sind die Schwingungen von einer solchen Bedeutung für eine gute Regulierung, dass es die Mühe lohnt, sich über dieselben unter Vermeidung hochtheoretischer Betrachtungen Klarheit zu verschaffen durch Zergliederung aller Umstände, welche die Schwingungen beeinflussen.

Die Rückwirkung bringt den Regulator aus seiner Gleichgewichtslage, etwa bis a infolge kleiner, oder bis b infolge grosser Rückwirkung (vgl. Fig. 10, welche das Diagramm der Zentrifugalkräfte, ähnlich wie Fig. 6 und 7, darstellt). Wie weit der Regulator ausschlägt, und wie er sich bei der Rückschwingung benimmt, hängt ab:

1. Von seinem Ungleichförmigkeitsgrad δ . Je grösser derselbe ist, desto früher wird die von der Steuerung ge-

leistete und an den Regulator übertragene Arbeit aufgezehrt, da die Kurve des Gleichgewichtes durch die Zentrifugalkräfte C des Regulators gegeben ist (Fig. 10), die Steuerung ihn aber ohne Aenderung der Umdrehungszahl auf der astatischen Geraden G fortschiebt, so dass die Fläche $1a2$ bzw. $1b3$ die infolge des Ungleichförmigkeitsgrades aufgefangene Arbeit darstellt.

2. Von der Reibung. Zeichnet man die sich aus dem „Unempfindlichkeitsgrad ϵ “ ergebenden Kurven der Zentrifugalkräfte C_a und C_n für Auf- und Niedergang des Regulators (Fig. 11), welche für Ausklinksteuerung und für zwangsläufige Steuerung verschieden weit von der C -Kurve des reibungsfreien Regulators abliegen, so sieht man, dass auch die Arbeit 1456 beim Verschieben des Regulators zu überwinden ist, wobei vorläufig vorausgesetzt wird, dass derselbe vor der Verschiebung sich im Gleichgewicht auf der Kurve C befand. Ob der Regulator sofort zurückschwingt oder nicht, hängt davon ab, ob derselbe bis jenseits des Schnittpunktes s der astatischen Geraden G mit der Kurve C_a ausgeschlagen ist oder nicht.

3. Von der Regulatormasse. Je grösser die Gesamtmasse ($2G + Q$) ist, desto kleiner ist die vom Steuerungsdruck hervorgerufene Beschleunigung, desto kleiner ist die Verschiebung des Regulators aus seiner Lage während der Zeit, in welcher der Steuerungsdruck wirkt. Die von der Steuerung an den Regulator abgegebene Arbeit ist aber Kraft \times Weg (Regulatorverschiebung). Daraus folgt: Je grösser die Gesamtmasse des Regulators ist, desto kleiner ist die von der Steuerung an ihn abgegebene Arbeit, desto kleiner ist der Schwingungsausschlag. Ferner vermindert die Grösse der Regulatorschwingmassen allein den Schwingungsausschlag insofern, als die in Fig. 10 mit $1b3$ bezeichnete Fläche von der Differenz von Zentrifugalkräften $m\omega^2 r$ abhängt, wo $m = \frac{2G}{g}$ ist.

4. Von dem Ungleichförmigkeitsgrade des Schwungrades. Derselbe bewirkt, dass während des Verschiebens des Regulators die Umdrehungszahl sich ändert, so dass anstatt der astatischen Geraden G in Fig. 10 und 11 eine gekrümmte Kurve als Verschiebungskurve auftritt.

5. Von den Ungleichmässigkeiten im Regulatorantrieb, welche Stösse und plötzliche Geschwindigkeitsänderungen hervorrufen.

6. Von dem Grade der Dämpfung durch die Oelbremse, welche eine mit der Geschwindigkeit der Bewegung schnell anwachsende Arbeitsmenge verzehrt.

7. Von der Art und Grösse der Steuerungsrückwirkung. Die Regulatorbewegungen sind sehr verschieden, je nachdem ob die Steuerung den Regulator immer nach einer und derselben Richtung drückt, oder ob sie denselben auf und ab bewegt.

8. Von der Schwingungsdauer selbst. Dieselbe bestimmt die Regulatorstellung, bei welcher er den nächsten

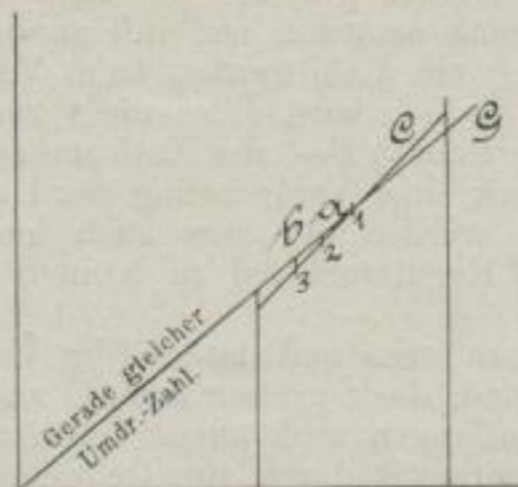


Fig. 10.

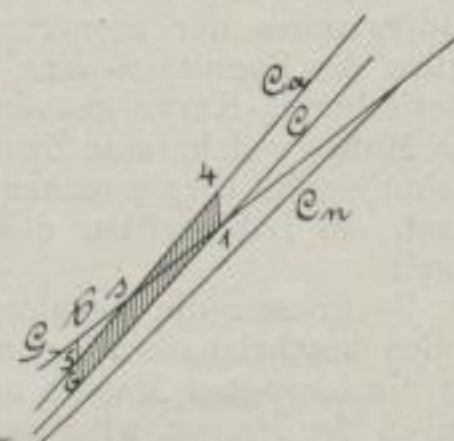


Fig. 11.

Anstoss von der Steuerung erhält, ferner, ob dieser Anstoss die Schwingungen vermehrt oder vermindert, und endlich, ob der Regulator richtige oder unrichtige Fällung gibt, in welcher letzterem Falle eine Maschinenschwingung eintritt, welche durch Aenderung der Zentrifugalkraft eine neue Rückwirkung auf den Regulator hervorruft.

Die Schwingungsdauer ist aber ihrerseits wieder abhängig von all den vorhergenannten Faktoren.

Man ersieht hieraus, dass es nicht möglich ist, mit Sicherheit vorzusehen, was ein Regulator thun wird,