

ringen Schwungmassen zu bauen, welche auch bei plötzlichen Belastungsänderungen ein brauchbares Benehmen aufweisen. Von dem Standpunkte der Regulierung aus sind demnach drei unter 120° gekuppelte Tandemaschinen als das Ideal zu betrachten, weil sie bei allen Belastungen ein gleichmässiges Drehmoment ergeben und schnell durchregulieren. Leider ist in Bezug auf Dampfverbrauch diese Anordnung nur unter Anwendung überhitzten Dampfes konkurrenzfähig, was die Benutzung derselben einigermaßen erschwert.

Beim Parallelschalten läuft eine Maschine leer. Da es, wie vorher gezeigt, auf möglichst gleichbleibende Winkelgeschwindigkeit ankommt, so ist darauf zu achten, dass dieselbe auch bei Leerlauf so gleichmässig als möglich ist, was sich durch entsprechende Regulierung aller, nicht nur der Hochdruckzylinder erreichen lässt (vgl. Fig. 25), welches ein Leerlaufdiagramm mit Regulierung nur am Hochdruckzylinder darstellt und das entsprechende Diagramm Fig. 26 für Regulierung an beiden Zylindern. Die Fig. 25 und 26 sind zwar ideale Diagramme; jedoch stimmen dieselben in den wesentlichen Punkten der Arbeitsverteilung auf die Cylinder mit von laufenden Maschinen abgenommenen überein.

Die bisher behandelten Thatsachen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, dass Dampfexpansion und Kurbeltrieb ein ungleichmässiges Drehmoment veranlassen, welches beim Parallelschalten und -laufen Synchronisierströme erzeugt, dass aber der grösste Wert dieser Ströme (unter der Annahme, dass die Maschinen wirklich in gleicher Phase zusammenschaltet werden) durch die Schwungmasse bestimmt und berechnet werden kann und dass endlich diese Ströme im normalen Betrieb ziemlich harmloser Natur sind. Es möge ferner hervorgehoben werden, dass sich die Extraströme in Maschinen gleicher Umdrehungszahl noch bedeutend dadurch vermindern lassen, dass man die Maschinen auf gleiche oder um 180° versetzte Kurbelstellung bringt, weil dann die Schwingungen derselben immer in gleichem Sinne erfolgen, also die Relativschwingungen fast verschwinden.

Ungleichmässigkeiten im Drehmoment können aber noch durch andere Ursachen hervorgerufen werden, nämlich durch unrichtige Regulatorschwingungen. Die Wichtigkeit dieser ist schon bei der Besprechung des Gleichstrombetriebes betont worden, aber ihre Wirkung ist für Wechselstrombetrieb sehr viel unangenehmer als für Gleichstrombetrieb. Wenn eine Gleichstrommaschine infolge der erwähnten Schwingungen $1\frac{1}{2}^\circ$ voreilt und die andere ebensoviel zurückbleibt, so hat das auf den Betrieb keinen irgendwie bemerkenswerten Einfluss, weil Extraströme bei parallel laufenden Gleichstrommaschinen nur durch einen Unterschied in der Spannung hervorgerufen werden und Winkelverschiebungen der Maschinen gegeneinander praktisch ohne Aenderung der Spannung entstehen können. Bei 30poligen Wechselstrommaschinen dagegen bedeutet die angegebene Winkelverschiebung eine Phasenverschiebung von $\frac{30}{2} (1\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2}) = 45^\circ$. Eine derartige Phasenverschiebung im Augenblick des Parallelschaltens verursacht aber (wovon man sich durch Anwendung des Diagramms Fig. 24 überzeugen kann) kolossale Extraströme, welche die Maschinen besonders bei Vorhandensein grosser Schwungmassen aufs äusserste gefährden und ein recht unliebsames, wenn auch imposantes Feuerwerk hervorrufen können.

Die in Rede stehenden Maschinenschwingungen ent-

stehen, um dieselben noch einmal zu kennzeichnen, dadurch, dass der Regulator infolge der Steuerungsrückwirkung oder — besonders bei Steuerungen ohne Rückdruck, welche empfindliche Regulatoren erfordern — der Ungleichförmigkeit der Winkelgeschwindigkeit und des Regulatorantriebes in Schwingungen gerät und der Maschine abwechselnd zu viel und zu wenig Füllung gibt, was infolge Arbeitsüberschusses bzw. mangels Beschleunigung bzw. Verzögerung der Maschine zur Folge hat. Eine Vermehrung der Schwungmassen ist gegen diese Schwingungen fast wirkungslos. Sie vermindert zwar die Ausschlagsweite der Maschinenschwingung und damit die Stärke der Extraströme, verlängert aber in demselben Verhältnisse deren Zeitdauer infolge des Widerstandes, welchen die Massen der Beschleunigung durch die Extraströme entgegensetzen.

Wie gross in dem vorliegenden Falle der Winkel α in Fig. 23 und 24 wird, entzieht sich jeder Rechnung, was sofort einzusehen ist aus der grossen Zahl von Umständen, welche die Regulatorbewegung beeinflussen (vgl. S. 776). Die unrichtigen und unregelmässigen Regulatorschwingungen bilden den Hauptgrund für die Thatsache, dass bei einzelnen Maschinen das Parallelschalten manchmal anstandslos und glatt von statten geht, während es zu anderen Zeiten trotz gleicher Aufmerksamkeit der Maschinenisten und Schaltbrettwärter durchaus nicht gehen will.

Die unregelmässigen Regulatorschwingungen lassen sich beseitigen durch Anpassung des Regulators an die Steuerung der Maschine; dazu gehört: richtige Wahl der Regulatormasse und Reibung, des Ungleichförmigkeitsgrades und der Regulatorbremsung.

Es gelten demnach auch hier die für Gleichstrombetrieb unter Punkt 3 und 4 aufgestellten Regeln. Was die Wahl von δ betrifft, so ist es schon mit Rücksicht auf die Sicherheit der Arbeitsverteilung auf die verschiedenen Maschinen nicht angebracht, unter 2 bis $2\frac{1}{2}\%$ zu gehen. Ausserdem ist Vorrückung zur Einstellung von δ sehr wünschenswert.

Die Wichtigkeit richtiger Regulatorschwingungen (das sind solche, bei welchen der Regulator immer wieder nahezu in dieselbe Stellung zurückschwingt) ist auch auf dem Versuchswege von der *General Electric Co.* in Schenectady, N. Y., erkannt worden und hat *W. Emmet*, ein Ingenieur dieser Gesellschaft, ein Rundschreiben für den Gebrauch von Montageingenieuren verfasst, in dem folgender Passus enthalten ist: „Die Hauptschwierigkeit, welcher man beim Parallelbetrieb begegnet, besteht in Schwingungen der gegenseitigen Bewegung beider Maschinen, welche begleitet sind von periodischen Extraströmen (cross currents) und periodischen Aenderungen der Füllung in beiden Dampfmaschinen. Neuere Versuche haben uns bewiesen, dass diesen Schwierigkeiten in den meisten Fällen abgeholfen werden kann durch die einfache Anwendung von Oelbremsen, welche die Wirkung des Regulators genügend dämpfen. Diese Versuche haben auch gezeigt, dass diese Dämpfung unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht so gross zu sein braucht, dass sie die Geschwindigkeitsregulierung ernstlich beeinträchtigt. Die Dauer dieser störenden Schwingungen scheint von Umständen abzuhängen, wie Schwungradwirkung, periodische Ungleichmässigkeiten der Dampfmaschinenkräfte (the period of engine impulses) und Synchronisierkraft der Dynamomaschinen (die auf S. 777 aufgeführten Regulareigenschaften nicht zu vergessen. Der Verf.). Die Grösse der für guten Parallelbetrieb notwendigen Dämpfung der Regulatoren muss von der Kombination dieser Wirkungen abhängen und ist infolgedessen schwierig vorher zu bestimmen. Bei Neuausführungen ist

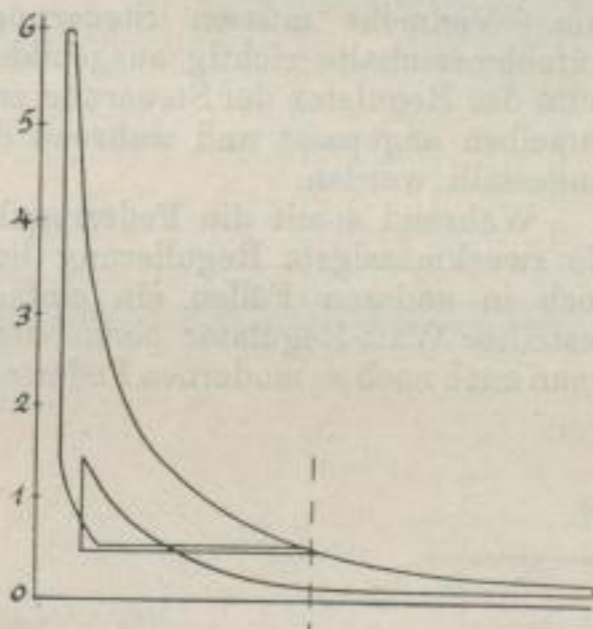


Fig. 25.

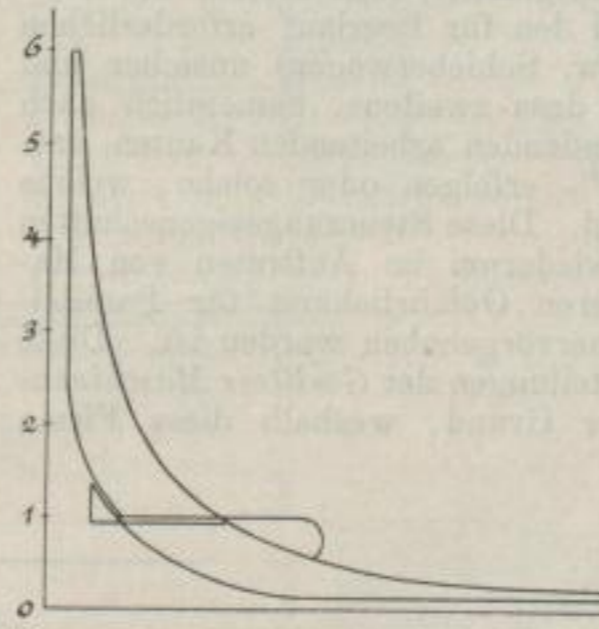


Fig. 26.