Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 9

Artikel: Elektrische Mehrmotorenantriebe von Papiermaschinen
Autor: Auer, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057628

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Drehstromnetz entnommen. Der Stator des Hubmotors wird beim Senken vom Netz abgetrennt und vom Gleichstrom durchflossen, wodurch der Hubmotor zu einer Bremsmaschine

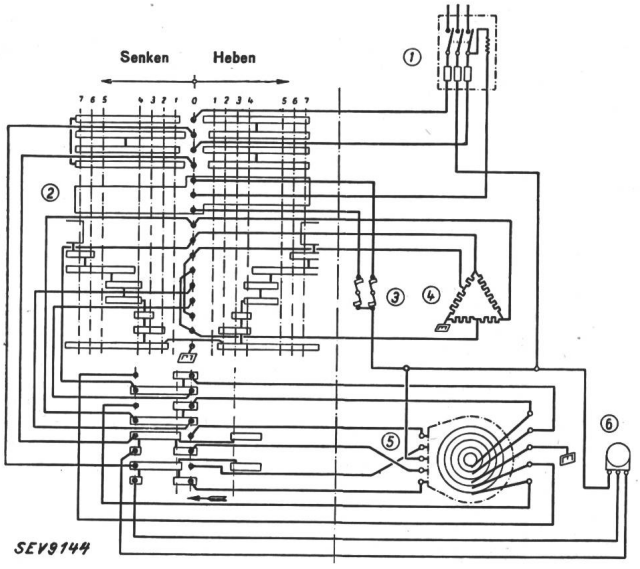

Fig. 1.
Schema zum Kontroller für Zweistufenmotor.
1 Hauptschalter. *2* Kontroller. *3* Grenzschalter. *4* Anlasswiderstand. *5* Stufenmotor. *6* Bremslüfter.

wird. Die erste Methode braucht keine Netzenergie; man kann mit ihr bis auf etwa ¼ der normalen Drehzahl herunterregulieren. Die zweite Methode verwendet Netzenergie, aber man kann damit sehr weit gegen die Drehzahl Null herunterbremsen. Eine Rücklaufmöglichkeit der Last ist nicht vorhanden, da kein Gegenmoment entsteht. Eine weitere Senkbremsmöglichkeit bietet der Stufenmotor, wobei eine übersynchrone Bremsung stattfindet, also keine Netzenergie nötig ist und vor allem eine von der Belastung unabhängige Bremsung erreicht wird. Schädliche Stromstösse treten nicht auf, weil ein dazu speziell gebauter Kontroller eine Schaltung ermöglicht, die den Uebergang von einer Polzahl auf die andere stossfrei gestattet. Man kann bei einem Polzahlverhältnis 1 : 4 oder 1 : 6 bis auf 1 : 4, bzw. auf 1 : 6 herunterbremsen, so dass die Haltebremse nurmehr $^1/_{16}$, bzw. $^1/_{36}$ der kinetischen Energie zu vernichten hat und damit weitgehend geschont ist.

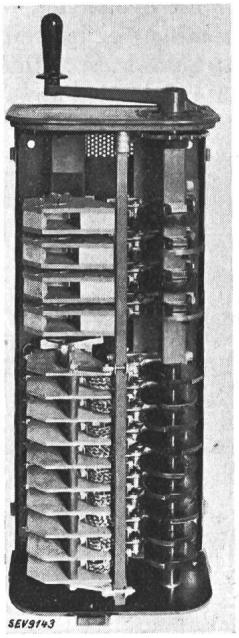

Fig. 2.
Ansicht
eines Nockenkontrollers.

Hammer- oder Nockenkontroller werden bis etwa 250 kW sehr zweckmässig für Hebezeuge und ähnliche Antriebe verwendet. Wenn aber z. B. mehrere Kontroller gleichzeitig bedient werden müssen, so werden die physischen Anstrengungen des Kranführers ziemlich hoch und die Frage der Verwendung von Steuerkontrollern, die natürlich leicher bedienbar sind, wird akut. Die Schaltbarkeit wird dann durch Schützen besorgt.

Die Nachteile der Drehstrommagnete, wie grosser Anzugsstrom und Verbrennen der Spulen bei unrichtiger Einstellung der Bremse können vorteilhaft dadurch beseitigt werden, dass man an Stelle der Drehstrommagnete Gleichstrommagnete verwendet und diese via Trockengleichrichter aus dem Drehstromnetz speist. Solche Gleichstrommagnete können für hohe Arbeitsvermögen, ebenfalls bis 2000 kgcm gebaut werden. Die Luftdämpfung ermöglicht, die Einfallkurve den Betriebsanforderungen sehr gut anzupassen.

Elektrische Mehrmotorenantriebe von Papiermaschinen.

Referat, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 10. Juni 1939 in Zürich,
von *A. Auer*, Baden.

621.34 : 676.2.05

Begründung der wirtschaftlichen Bedeutung des elektrischen Mehrmotorenantriebes und seiner Einführung an Stelle des früheren Einmotorenantriebes mit Riemenvorgelege und konischen Riemenscheiben. Darstellung des elektrischen Mehrmotorenantriebes mit Gleichstrommotoren und seines wichtigsten Teiles, der Reguliereinrichtung für die Aufrechterhaltung des Papierzuges zwischen den Teilmaschinen sowie der erforderlichen Schnellregulierung für die Konstanthaltung der Papiergeschwindigkeit. Weitere Ausführungsformen des elektrischen Mehrmotorenantriebes.

Importance économique de la commande électrique sectionnelle et de son introduction à la place de l'ancienne commande par moteur unique avec renvois à courroies trapézoïdales. Description de la commande électrique sectionnelle à moteurs à courant continu et de ses parties essentielles, dispositif de réglage de la tension du papier entre les diverses sections de la machine, réglage rapide de la vitesse du papier. Autres formes de commandes électriques à plusieurs moteurs.

Der elektrische Mehrmotorenantrieb von Papiermaschinen ist von grosser wirtschaftlicher Bedeutung für die Papierindustrie geworden, da es nur durch ihn möglich war, die Produktion durch Aufstellen grosser, d. h. entsprechend breiter und rasch laufender Papiermaschinen bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität, was besonders zu betonen ist, in ungeahntem Masse zu steigern, um so den ständig, manchmal sogar sprunghaft wachsenden Bedarf befriedigen zu können. Durch die Verwendung grosser Maschinen war es auch zugleich möglich, die Wirtschaftlichkeit der Betriebe wesentlich zu erhöhen. Im Laufe der Zeit wurde aber der Mehrmotorenantrieb auch für kleinere Maschinen verwendet, da er auch für diese grosse Vorteile bietet, so dass heute der Mehrmotorenantrieb in der Papierindustrie ganz allgemein Eingang gefunden hat.

Zum leichteren Verständnis sei der Aufbau einer Papiermaschine kurz skizziert. Eine solche Maschine besteht aus einzelnen, voneinander unabhängigen Teilmaschinen, die direkt aneinander gereiht die gesamte Maschine bilden, und zwar im Sinne der Produktionsrichtung aus dem umlaufenden Langsieb, 2 bis 3 Nasspressen, der Trockenpartie, dem Kalander und dem Rollapparat. Der durch Wasser stark verdünnte Papierstoff fliesst in gleichmässiger Folge auf das Sieb auf, wo ihm der grösste Teil des Wassers entzogen wird und die Bildung des Papierbandes erfolgt; durch Schütteln des Siebes wird die Verfilzung der Papierfasern erreicht. Dieses noch lose zusammenhängende Papierband passiert dann die Nasspressen, die ihm noch soviel

Wasser abpressen, dass es schon genügende Festigkeit erlangt hat, um frei, ohne Transportmittel, der Trockenpartie zugeführt werden zu können. Die Trockenpartie, die aus vielen umlaufenden, dampfgeheizten Zylindern besteht, trocknet das Papier, das durch mitlaufende, gespannte Filze an die Zylinder gepresst wird, auf den erforderlichen Grad. Nach der Trockenpartie läuft die Papierbahn durch den Kalander, dessen Walzen die Oberfläche glätten, und dann in den Rollapparat, wo sie zu Rollen aufgewickelt wird.

Die Papierbahn ist im Verlaufe dieses Prozesses gewissen Längenänderungen unterworfen. In den Nasspressen wird sie etwas ausgewalzt und streckt sich, in der Trockenpartie zieht sie sich infolge der Trocknung in geringem Masse wieder zusammen. Dies bedingt, dass die einzelnen Gruppen voneinander unabhängig sein und einzeln angetrieben werden müssen. Der Antrieb der Papiermaschinen wurde daher so ausgeführt, dass die Kraftübertragung auf die einzelnen Gruppen vom Hauptvorgelege aus, das durch einen Motor mit regulierbarer Drehzahl angetrieben wurde, über konische Riemenscheiben und Riemen erfolgte. Die durch die vorerwähnte Streckung, bzw. Zusammenziehung der Papierbahn nötigen Geschwindigkeitsunterschiede der Teilmaschinen wurden durch diese konischen Riementriebe eingestellt. Damit sollte eine gleichmässige Papierspannung zwischen den Teilmaschinen erreicht werden, was aber nur unter günstigsten Umständen möglich war. Die Unzuverlässigkeit solcher Riementriebe, besonders ihr Schlupf, machten sich mit Zunahme der Abmessungen und Arbeitsgeschwindigkeiten natürlich sehr unangenehm bemerkbar. Trotzdem der Papierzug ständig kontrolliert wurde, war es doch nicht zu vermeiden, dass die Papierbahn teilweise gestreckt, oft auch zerrissen wurde oder Falten durch zu geringen Papierzug auftraten, was die Qualität des Papiers minderte und den Ausschuss erhöhte.

Diese Uebelstände waren der eigentliche Anlass zur Einführung des elektrischen Mehrmotorenantriebes, dessen Prinzip schon im Jahre 1905 in einem der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, und der Firma J. M. Voith, Heidenheim, zugesprochenen Patent niedergelegt wurde. Dieses Patent, das den Antrieb der einzelnen Teile der Papiermaschine durch je einen Motor vorsah, kann somit als grundlegend für den Mehrmotorenantrieb von Papiermaschinen bezeichnet werden.

In den darauffolgenden Jahren wurden dann in Europa und auch in Amerika einige solche Mehrmotorenantriebe ausgeführt, die aber mangels selbsttätiger Reguliereinrichtung auf genaue Einhaltung der eingestellten Papierspannung zwischen den einzelnen Gruppen nicht den gewünschten Erfolg brachten und zum Teil leider wieder entfernt werden mussten, ohne dass es möglich gewesen wäre, eine in Aussicht genommene Reguliereinrichtung einzubauen und auszuprobieren. Bemerkenswert ist, dass schon damals für solche Antriebe eine durch Druckknöpfe betätigte Schützensteuerung verwendet wurde. Die Ausführung eines dieser Antriebe und seiner Schützensteuerung illustrieren Fig. 1 und 2.

Der Mehrmotorenantrieb wurde für den praktischen Betrieb erst durch die Einführung einer selbsttätigen Reguliereinrichtung für die genaue Einhaltung der Papierspannung oder des Papierzuges an jeder Stelle der Maschine brauchbar, die im Jahre 1913 geschaffen wurde; es wurden hiefür sowohl das mechanische als auch schon das elektrische Differential vorgeschlagen.

Das Prinzip dieser Zugaufrechterhaltung, auch Gleichlaufregelung genannt, besteht darin, dass das Verhältnis der Geschwindigkeit jeder einzelnen Antriebsgruppe zu einer Leitgeschwindigkeit konstant gehalten wird. Diese Einrichtung muss in gewissen Grenzen einstellbar sein, damit den Unterschieden in der Geschwindigkeit der einzelnen Gruppen Rechnung getragen werden kann. Zuerst wurden für diese Reguliereinrichtungen mechanische Differentiale verwendet, in denen die Geschwindigkeit einer Antriebsgruppe mit der Leitgeschwindigkeit verglichen wurde. Die Leitgeschwindigkeit wurde von einer längs der Papiermaschine verlaufenden Steuerwelle abgenommen, die von einem Gleichstrommotor angetrieben wurde, der, an die Spannung der Antriebsmotoren angeschlossen, in gleichem Masse wie diese reguliert wurde. Dieses mechanische Differential wurde mit dem Nebenschlussregulator des Antriebsmotors kombiniert und wirkte somit direkt auf dessen Drehzahl. Die Antriebsmotoren waren nämlich wegen der erforderlichen Regulierung der Drehzahl in weiten Grenzen aus-

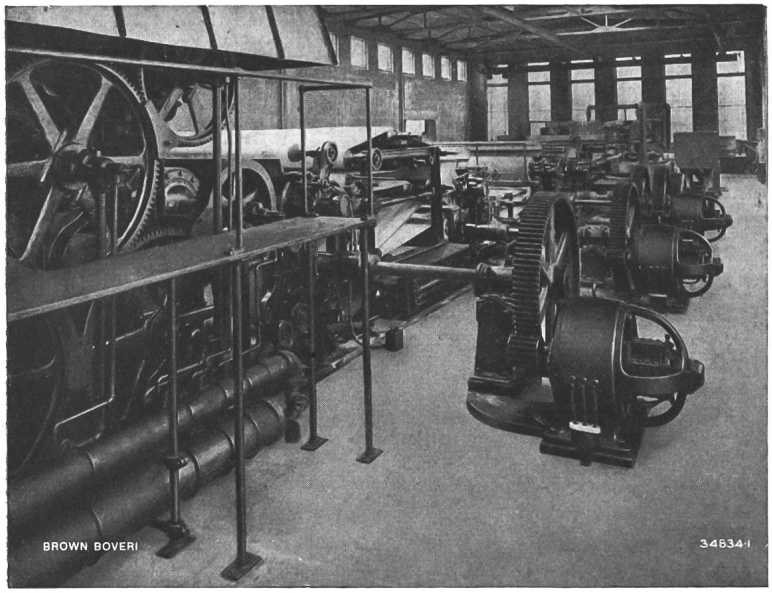

Fig. 1
Erster in Amerika verwendeter Mehrmotorenantrieb einer Papiermaschine, geliefert im Jahre 1908 für die Gould Paper Co., Lyons Falls, ausgeführt nach den Patenten Brown Boveri-Voith.

schliesslich Gleichstrommotoren, die von einer Drehstrom - Gleichstrom - Umformergruppe gespeist wurden. Die Regulierung der Drehzahl erfolgte durch Aenderung der zugeführten Spannung in Leonard- oder Zu- und Gegen-Schaltung. Damit die Papierspannung entsprechend der Streckung oder Zusammenziehung der Papierbahn eingestellt werden konnte, wurde das mechanische Differential von der Antriebsgruppe aus durch Riemen über kleine konische Riemenscheiben angetrieben. Bei genügender Bemessung der konischen Riemenscheiben und des Riemens war ein Schlupf nicht zu befürchten, da ja nur geringe Kräfte zu übertragen waren. Diese Reguliereinrichtung wies jedoch grundsätzliche Nachteile auf, die im Laufe der Zeit dazu führten, die mechanischen Differentiale durch elektrische Differentiale zu ersetzen, die eine Regulieranordnung ermöglichten, die an Genauigkeit, Einfachheit und Betriebssicherheit den höchsten Ansprüchen genügt.

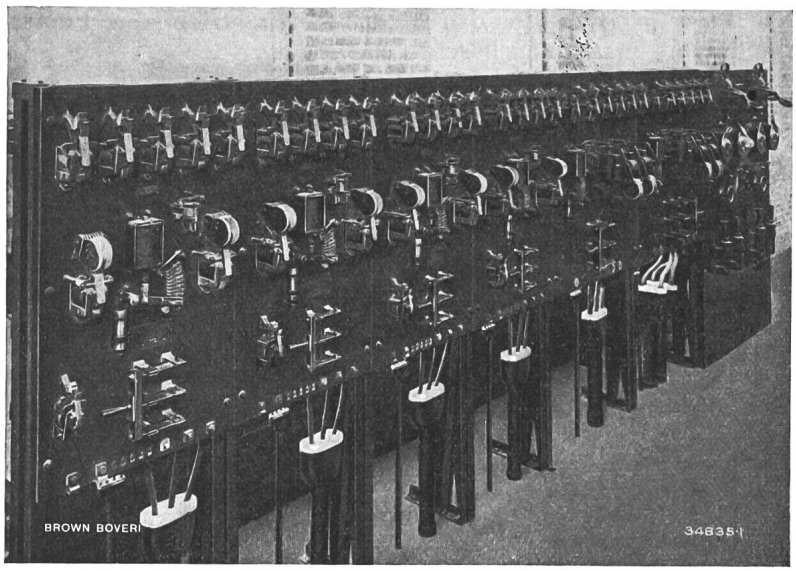

Fig. 2.
Schalttafel für den ersten in Amerika verwendeten Mehrmotorenantrieb einer Papiermaschine, geliefert im Jahre 1908 für die Gould Paper Co., Lyons Falls, ausgeführt nach den Patenten Brown Boveri-Voith.

Die grundsätzliche Anordnung und Wirkungsweise eines Gleichstrom-Mehrmotorenantriebes mit elektrischem Differential oder Zugregler ist nach Fig. 3 folgendermassen: Die Motoren, die die einzelnen Teilmaschinen der Papiermaschinen über Zahnradvorgelege antreiben, werden von Sammelschienen mit einstellbarer Ankerspannung gespeist, die von dem Leonardgenerator geliefert wird. Die Motoren, wie der Leonardgenerator, sind fremderregt und deren Erregerwicklungen sind zu diesem Zweck an eine separate Erregermaschine angeschlossen. Der Leonardgenerator und die Erregermaschine werden in der Regel durch einen Dreiphasenmotor angetrieben. Von jeder Antriebsgruppe wird über entsprechende konische Scheiben und Riemen der Gruppenfrequenzgenerator angetrieben. Der von diesem gelieferte Dreiphasenstrom speist den Rotor des elektrischen Differentials. Der Stator dieses Differentials wird an die Leitfrequenz angeschlossen, die von einem Leitgenerator geliefert wird. Die Leitfrequenz ist den Reguliereinrichtungen sämtlicher Gruppen gemeinsam und bestimmt die Geschwindigkeit des ganzen Antriebes. Der Leitgenerator wird seinerseits von dem Leitmotor angetrieben, der an die gleichen Sammelschienen wie die

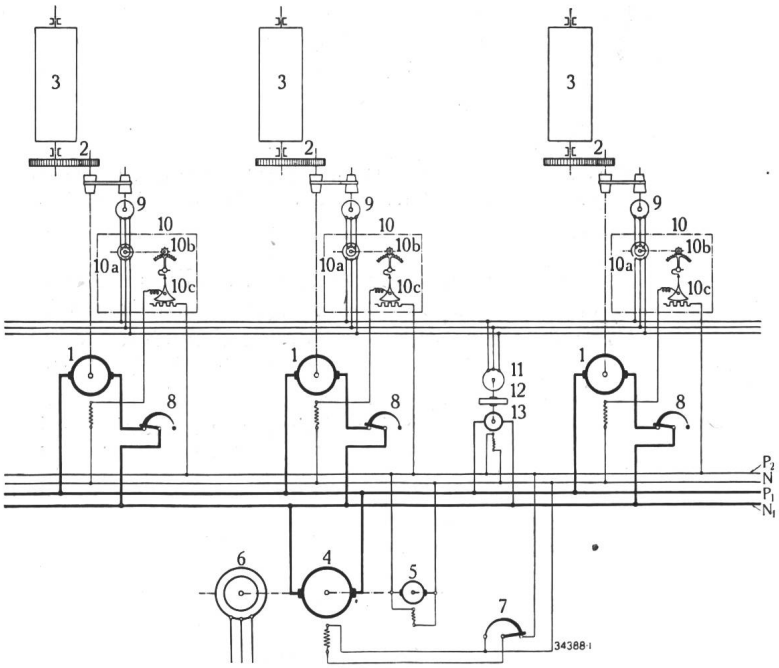

Fig. 3.
Schaltbild eines Mehrmotorenantriebes von Papiermaschinen.

1 Antriebmotoren.
2 Zahnradvorgelege.
3 Gruppen der Papiermaschine.
4 Leonardgenerator.
5 Erregermaschine.
6 Antriebmotor der Steuergruppe.
7 Feldregler zum Einstellen der Arbeitsgeschwindigkeiten.
8 Anlasser.
9 Gruppenfrequenzgeneratoren.
10 Zugregler.
10a Elektrisches Differential.
10b Zahnradsystem.
10c Kontaktsystem.
11 Leitgenerator.
12 Schwungrad.
13 Leitmotor.

einzelnen Antriebsmotoren angeschlossen ist. Der Leitgenerator ist mit dem Leitmotor direkt gekuppelt und bildet zusammen die Leitgruppe.

Der Zugregler, der für die Aufrechterhaltung der eingestellten Geschwindigkeit zu sorgen hat, besteht aus dem bereits erwähnten elektrischen Differential, das über Zahnräder ein Kontaktsystem verstellt. Dieses besteht aus der eigentlichen Kontaktbahn mit den daran angeschlossenen Widerständen und aus den Kontaktsektoren, die sich auf dieser Kontaktbahn abwälzen. Durch das Abwälzen der Sektoren wird mehr oder weniger Widerstand im Erreger-Stromkreis des Antriebsmotors eingeschaltet und damit seine Dehzahl beeinflusst.

Sowohl die Gruppenfrequenz als auch die Leitfrequenz erzeugen in dem elektrischen Differential je ein Drehfeld. Wenn diese beiden Drehfelder mit gleicher Geschwindigkeit umlaufen und phasengleich sind, bleibt der Rotor in Ruhe. Tritt aber eine Vor- oder Nacheilung des Drehfeldes, vom

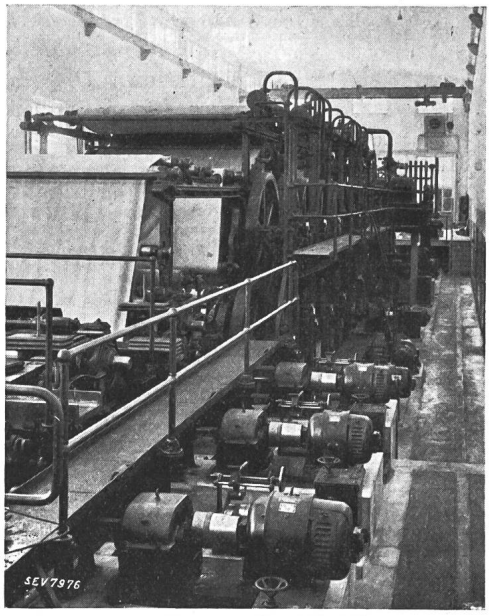

Fig. 4.
Mehrmotorenantrieb der Kartonmaschine IV (16 Antriebsgruppen), von der Nasspartie aus gesehen.

Gruppenfrequenzgenerator herrührend, gegenüber der Leitfrequenz auf, was der Fall ist, wenn der Motor von der Leitgeschwindigkeit abweichen will, so fängt der Rotor des Differentials an zu drehen und verstellt über die Zahnräder die Kontaktsektoren so weit, bis die beiden Frequenzen im Differential wieder phasengleich sind, was dann eintritt, wenn der Motor die vorgeschriebene Geschwindigkeit wieder erreicht hat.

Will man die Zugeinstellung ändern, so verschiebt man den Riemen auf den konischen Scheiben, was von Hand oder durch Fernsteuerung erfolgen kann, wodurch die Geschwindigkeit und somit die Frequenz des Gruppenfrequenzgenerators geändert wird. Da dann die Leitfrequenz und die Gruppenfrequenz nicht mehr übereinstimmen, wird die Drehzahl des Motors so lange nachreguliert, bis die beiden Frequenzen wieder übereinstimmen. Durch das Verschieben des Riemens auf den konischen Scheiben kann also die Motordrehzahl geändert und damit der Papierzug eingestellt werden.

Eine komplette Antriebsgruppe besteht somit aus einem fremdbelüfteten Gleichstrommotor mit

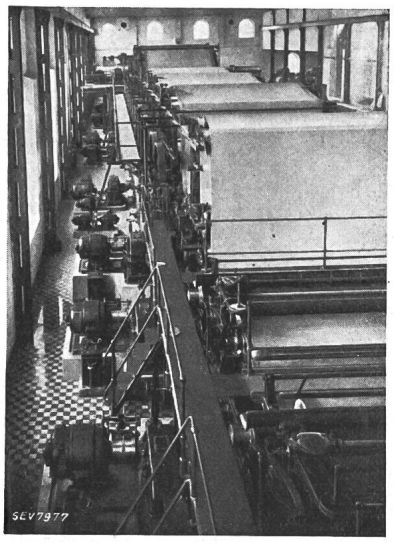

Fig. 5.
Mehrmotorenantrieb einer Kraft- und Kreppapiermaschine. 3700 mm Siebbreite; Arbeitsgeschwindigkeit 10 . . . 180 m/min. 13 Antriebsgruppen. Von der Siebpartie aus gesehen.

regelbarer Drehzahl, dem mit diesem elastisch gekuppelten Zahnradvorgelege, der vorerwähnten Zugregelungseinrichtung und dem Anlasser. Neben dem Antrieb werden aufgestellt der Frequenzgenerator, da er von diesem mit Riemen über konische Scheiben angetrieben wird und der Anlasser, sofern dieser von Hand zu bedienen ist.

Der Zugregler wird in den Schaltschrank, in dem die sonstigen erforderlichen Apparate untergebracht sind, eingebaut und ist somit allen schädlichen Einflüssen entzogen. Die handbetätigten Anlasser werden zuweilen, vorzugsweise bei grossen Maschinen, durch Anlaßschützen mit separatem Widerstand ersetzt und der Anlassvorgang wird durch Druckknöpfe eingeleitet (Fig. 6).

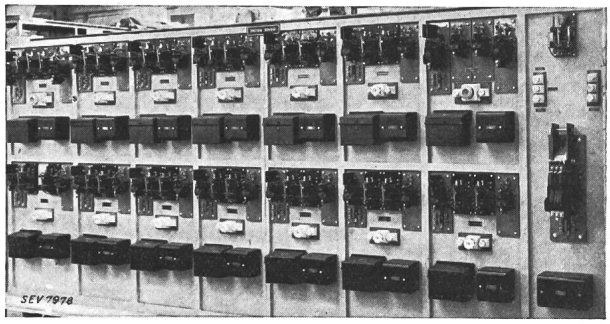

Fig. 6.
Apparategerüst (Schützensteuerung) für den Mehrmotorenantrieb einer Papiermaschine.

Es wäre noch die Genauigkeit der Zugregler zu erwähnen. Diese muss genügend gross sein, damit die geringste Vor- und Nacheilung des betreffenden Antriebsmotors ohne Verzögerung ausreguliert wird, bevor sie noch zur Wirkung kommt. Der beschriebene Zugregler besitzt diese Eigenschaft infolge seiner grossen Reguliergeschwindigkeit, seines kräftigen Drehmoments und des Fehlens jeglicher

Masse weitgehend. Damit Pendelungen vermieden werden, ist eine entsprechende Dämpfung eingebaut. Der Betrieb der Papiermaschine erfordert aber auch, dass die einmal eingestellte Leitfrequenz, die ein Mass für die Papiergeschwindigkeit ist, genauestens eingehalten wird. Dies geschieht durch Konstanthaltung der einmal eingestellten Ankerspannung und der Erregerspannung, was besondern Schnellreglern überbunden wird. Bei sehr grossen Ansprüchen in bezug auf die Konstanz der Papiergeschwindigkeit, namentlich bei rasch laufenden Zeitungspapiermaschinen, wird an Stelle des Schnellreglers ein Frequenzregler verwendet, der innerhalb der sehr engen Grenzen von ± 0,15 ... 0,25 % für gleichbleibende Leitfrequenz sorgt.

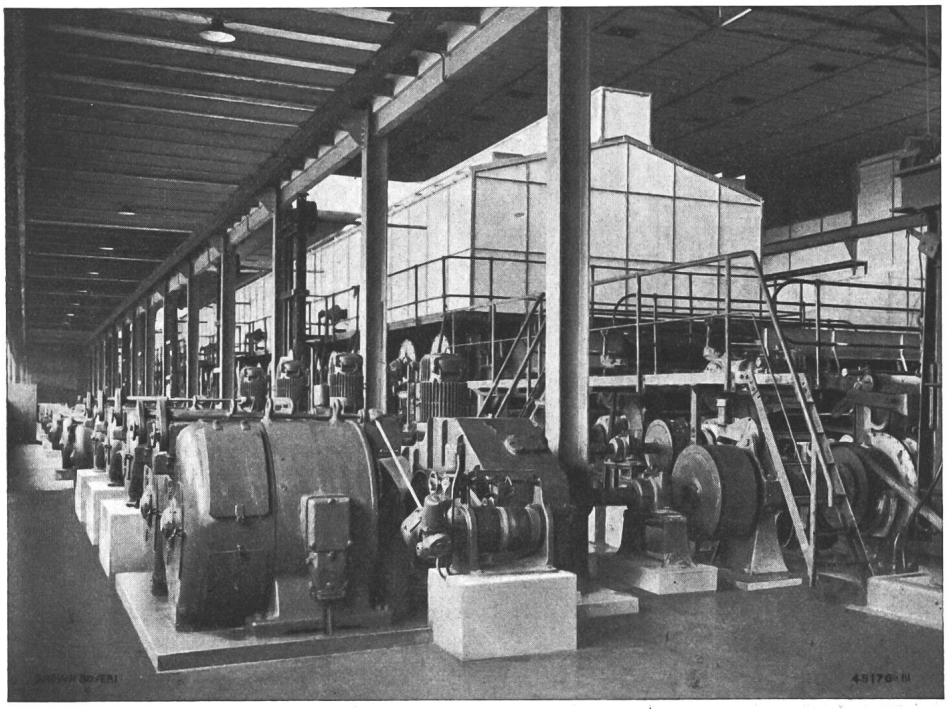

Fig. 7.
Mehrmotorenantrieb der Papiermaschine IV durch Dreiphasen - Nebenschluss - Kommutatormotoren (Siebbreite 3950 mm, maximale Arbeitsgeschwindigkeit 500 m/min). 13 Antriebsgruppen.

Die geschilderten Einrichtungen haben sich ausschliesslich auf Antriebe mit Gleichstrommotoren bezogen. Für die Mehrmotorenantriebe von Papiermaschinen wurde in neuerer Zeit aber auch der Dreiphasen - Nebenschluss - Kommutatormotor mit grossem Erfolg verwendet, der ja auch für anderweitige Regulierantriebe nun weitgehend zur Anwendung gelangt. Es wird wiederum ein elektrisches Differential, das an die Leit- und Gruppenfrequenz angeschlossen wird, verwendet. Nur wirkt dieses Differential entsprechend der grundsätzlich verschiedenen Regulierart der Nebenschluss-Kommutatormotoren auf die Bürstenverschiebung und reguliert auf diese Weise die Drehzahl. Die Mehrmotorenantriebe mit Nebenschlusskommutatormotoren haben den Gleichstromantrieben den bessern Wirkungsgrad voraus, da die Leistung ohne vorherige Umformung dem Netz direkt entnommen werden kann. Auf dem europäischen Festland wurden erst 2 grosse Papiermaschinen mit Dreiphasen-Nebenschluss-Kommutatoren ausgerüstet; Fig. 7 zeigt die eine. Diese Papiermaschine von 3,95 m Breite ist für eine maximale Papiergeschwindigkeit von 500 m/min gebaut.

Diese Ausführungen wären nicht vollständig, wenn ich nicht auch die neueste Entwicklung des Mehrmotorenantriebes erwähnen würde, nämlich den Einzelantrieb der Zylinder in der Trockenpartie unter Verwendung von sogenannten Zapfengetrieben; das sind Getriebe, die direkt auf dem Zapfen der Zylinder sitzen, durch den der Heizdampf in die Zylinder geleitet wird. Der Grund für die Verwendung solcher Einzelantriebe ist in der bessern Zugänglichkeit der Trokkenpartie zu suchen, da bei diesen Antrieben die grossen Zahnräder, die sonst üblicherweise zum Antrieb der einzelnen Zylinder verwendet werden, wegfallen. Die Zugregelung für diese Einzelantriebe bleibt im Prinzip wie bei den Gruppenantrieben. Fig. 8 zeigt ein Beispiel solcher Antriebe.

Das Prinzip der beschriebenen Zugregeleinrichtung mit dem normalen Zugregler für Gleichstrom kann in der Schweizerischen Landesausstellung, Halle 30, Gruppe G — Elektrizität-Anwendung — Interessenten vorgeführt werden.

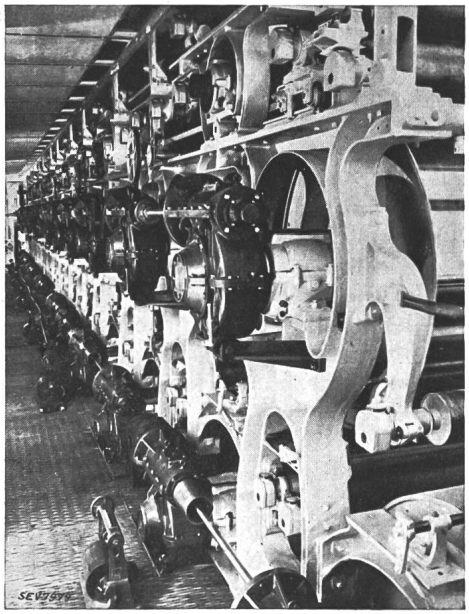

Fig. 8.
Mehrmotorenantrieb einer Papiermaschine von 3050 mm Siebbreite und 180 ... 270 m/min Arbeitsgeschwindigkeit. Einzelantriebe der Trockenpartie.