

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 19 (1928)

Heft: 19

Artikel: Rückblick auf die Entwicklung des Elektromaschinenbaues im Jahre 1927

Autor: Dünner, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060570>

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: 17.02.2026

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke | REDAKTION | Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration | Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38 | Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XIX. Jahrgang
XIX^e Année

Bulletin No. 19

Oktober I
Octobre I 1928

Rückblick auf die Entwicklung des Elektromaschinenbaus im Jahre 1927.

Von E. Dünner, Professor an der Eidg. Techn. Hochschule.

621.313(09)

Der Autor gibt einen Ueberblick über die jüngste Entwicklung und die sich geltend machen den Tendenzen im Elektromaschinenbau. Er berührt auch die Kühlmethoden, den Brandschutz, die Anlaufkupplungen, die Maschinen zur Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz, die Fortschritte im Oelschalterbau und das Impedanzrelais.

L'auteur présente un aperçu des tendances qui se manifestent dans l'évolution récente de la construction de machines et d'appareils électriques. Il parle aussi des méthodes de refroidissement, de la protection contre l'incendie, des embrayages automatiques, des groupes destinés au couplage de réseaux à périodicité différente, des progrès réalisés dans la construction des interrupteurs à huile et des relais d'impédance.

Das vergangene Jahr bedeutet für den Elektromaschinenbau wiederum eine Periode kräftiger Entwicklung. Wenn auch die Zahl der prinzipiellen Neuerungen eine mässige ist, so ist doch nach verschiedenen Richtungen ein wesentlicher Fortschritt zu konstatieren. Die früher als Grenzwerte betrachteten Leistungen, die in einer Maschineneinheit umgesetzt werden können, sind in unerwartetem Masse überschritten worden; die Grenzen des Maschinenbaus werden damit nicht mehr durch konstruktive, sondern praktisch nur noch durch wirtschaftliche Rücksichten bestimmt. Die Grösse und die scharfe Ausnützung der elektrischen Maschine zwingen den Maschinensieder in steigendem Masse, sich durch streng wissenschaftliche Forschung eine einwandfreie Grundlage für Berechnung und Konstruktion zu schaffen; das gefühlsmässige Arbeiten tritt immer mehr in den Hintergrund. Laboratorium und Studienbüro gehören zu den wichtigsten und unentbehrlichen Abteilungen einer Maschinenfabrik. Mit Befriedigung darf konstatiert werden, dass die schweizerische elektrotechnische Industrie auch im vergangenen Jahre an der Entwicklung der Elektrotechnik tatkräftig mitgewirkt hat; trotz mancherlei Hindernissen hat sie ihre Konkurrenzfähigkeit mit dem Auslande voll bewahrt.

Die folgenden Zeilen sollen ein Bild von der Entwicklung der einzelnen Zweige des Elektromaschinenbaues geben, ohne indessen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben; mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Platz war der Verfasser gezwungen, diese oder jene interessante Neuerung oder erwähnenswerte technische Leistung zu übergehen. Dem Umstände, dass sich das Hauptinteresse der Mehrzahl der Leser auf die Leistungen der Schweizerindustrie konzentriert, dürfte durch etwas stärkere Betonung derselben Rechnung getragen worden sein.

Wechselstromgeneratoren.

Hier zeigt sich die Entwicklung zu immer grösseren und leistungsfähigeren Maschinen am ausgesprochensten; dabei wird die elektrische Maschine immer mehr zu einem mechanischen Problem, so dass weitere Fortschritte in erster Linie Verbesserungen der Konstruktionsmaterialien benötigen. Dass die Steigerung der

Maschinenleistungen in unserem Lande nicht so deutlich zu Tage tritt, wie in den grossen Industriezentren des Auslandes, namentlich in Amerika, ist im Wesen unserer hydraulischen Anlagen begründet, deren meist mässige verfügbare Energie und deren Ausnützung in Anpassung an den Verbrauch oft eine starke Unterteilung in relativ kleine Einheiten erfordert. Immerhin ist auch bei uns ein Fortschreiten

zur Verwendung grösserer Maschinen unverkennbar. Im Kraftwerk Handeck der Oberhasli-Kraftwerke A.-G., das sich gegenwärtig im Bau befindet, kommen vier Generatoren zur Aufstellung, die heute die grössten in der Schweiz im Betrieb befindlichen Einheiten sein dürften. Ihre Leistung beträgt 28 000–32 000 kVA bei 11 000 V und 50 Per/sec, $\cos \varphi = 0,75$; entsprechend 12 Polen drehen die Maschinen mit 500 t/min. Fig. 1 stellt einen Vertikalschnitt durch einen solchen Generator dar. Wie die Zeichnung erkennen lässt, ist die eigentliche Maschine im Zwischenboden der Zentrale eingebaut; der untere Tragstern lässt einen vollständig dichten Abschluss zwischen Generator und Turbine herstellen. Die Teilung der Welle in der Mitte des Ankerkörpers war durch das zulässige Transportgewicht bestimmt. Um auch bei kapazitiver Belastung einwandfreie Regulierung zu erhalten und Selbsterregung zu vermeiden, sind die Maschinen mit sehr grossem Luftspalt (ca. 40 mm) versehen; neben dem Haupterreger besitzen sie noch zwei Hülfserreger. Herstellerin der Generatoren ist die Maschinenfabrik Oerlikon (M. F. O.)

Zu den grössten Generatoren für Antrieb mit Wasserturbinen, die im vergan-

Drehstromgenerator für das Kraftwerk Handeck der Oberhasliwerke.

genen Jahren fertiggestellt wurden, gehören die von dem Konzern Brown, Boveri & Cie. (B. B. C.) für das Kraftwerk Kardaun am Eisack gelieferten Einheiten für 36 000 kVA $\cos \varphi = 0,8$, 250–300 t/min. Bei allen diesen Grossmaschinen hat sich die Anordnung mit vertikaler Welle als die günstigste erwiesen; aufgebauter Erreger und selbstschmierendes Segmentdrucklager bilden die übliche Bauart.

Neben der vielerorts üblichen Polbefestigung mittelst Schwanzschwanz hat sich diejenige mit Polklaue eingeführt und vorzüglich bewährt. Ein nach dieser Konstruktion gebauter Generator der M. F. O. für 7500 kVA, 750 Touren erreichte beim Durchbrennen eine Umfangsgeschwindigkeit von 154 m/sec, ein Wert, der bis dahin nur mit ausgesprochenen Turbokonstruktionen als zulässig galt.

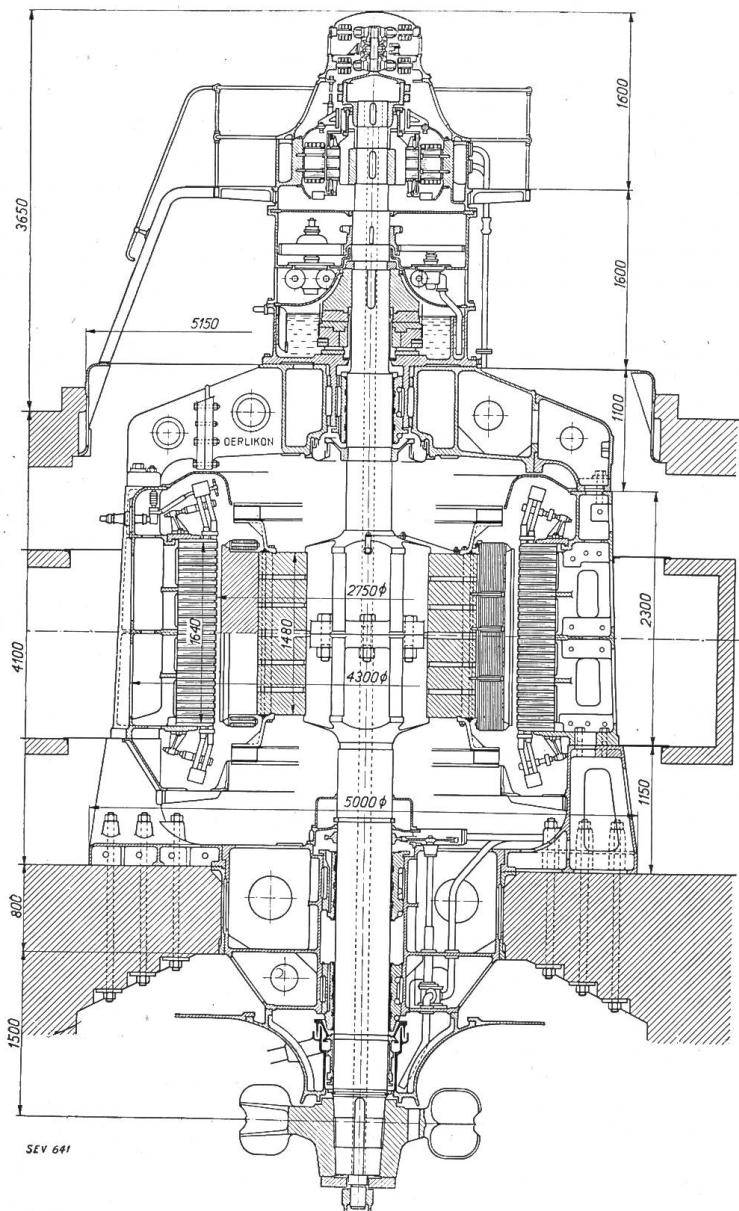


Fig. 1.

Die grössten Leistungen werden bei Antrieb mit Dampfturbinen umgesetzt; hier sind im vergangenen Jahre in Bezug auf die Maschinengrösse ganz enorme Fortschritte zu verzeichnen. In erster Linie ist die von der Firma B. B. C. gebaute Turbogeneratorengruppe für die Hell Gate Power Station in New York zu erwähnen, deren Gesamtleistung 160 000 kW beträgt. Die Hochdruckturbine treibt mit 1800 t/min

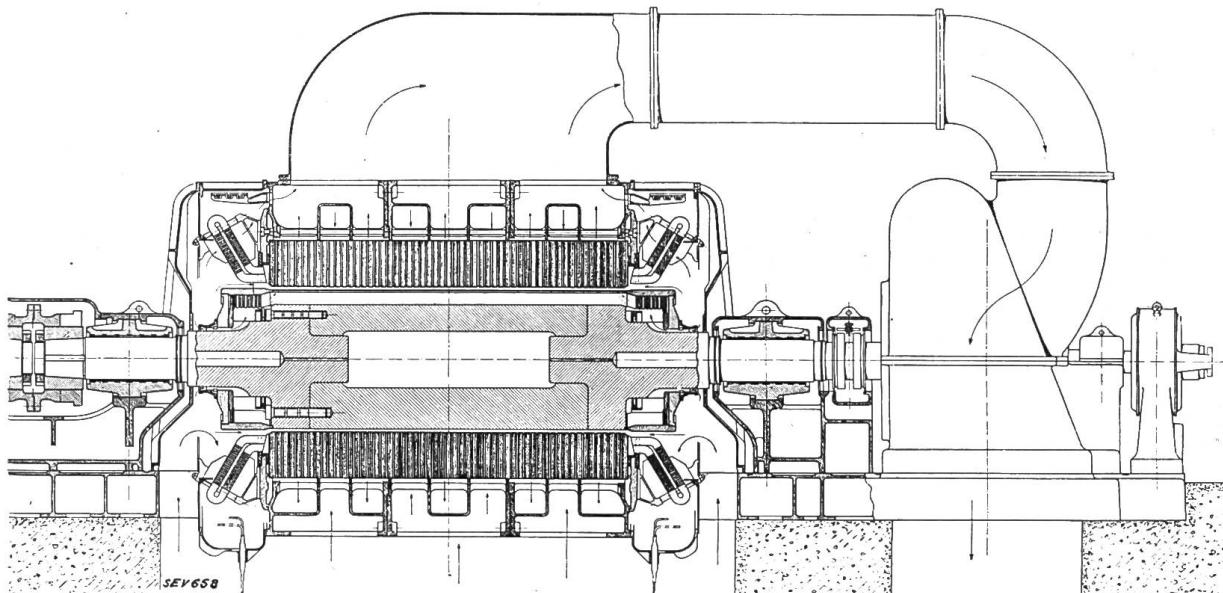


Fig. 2.
Drehstrom-Turbogenerator für die Hell Gate Power-Station, New York.

einen vierpoligen Drehstrom-Turbogenerator von 88 000 kVA, 60 per/sec, die Niederdruckturbine mit 1200 t/min einen sechspoligen Generator für 100 000 kVA, $\cos \varphi = 0,85$. Ueber die konstruktive Ausführung der vierpoligen Maschine orientiert Fig. 2. Jeder Generator bildet mit seinem Ventilator und seinem Kühler ein geschlossenes Belüftungssystem; die Kühl Luft wird durch geeignete Ausbildung des Gehäuses und der Blechpakete in mehreren parallelen Kreisen in radialer Richtung durch den Stator gegen innen gedrückt und im Luftspalt vom Rotor mitgenommen, so dass der kühlende Luftstrom auch die Rotoroberfläche bestreicht. Die Umfangsgeschwindigkeit im Betrieb beträgt 140 m/sec, das Gewicht 120 t, also rund 2,26 kg/kVA. Nahezu gleiche und noch grössere Einheiten sind seitdem bei der amerikanischen General Electric Co. (G.E.C.) in Auftrag gegeben worden; neben einem Drehstromturbogenerator für 100 000 kVA, 1500 t/min figuriert als grösste Maschine eine zweipolige Ausführung für 160 000 kW, $\cos \varphi = 1$ und 1500 t/min, womit dann wohl alle Wünsche in bezug auf grosse Maschinenleistungen erfüllt sein dürften. Bei allen diesen Maschinen wird mit sogenannter elastischer Welle gearbeitet; d. h. die kritische Tourenzahl liegt unterhalb der Betriebstourenzahl.

Die bisher für Turbogeneratoren mit 3000 t/min als Maximum betrachtete Leistung von 40 000 kVA ist vergangenes Jahr in mehrfacher Ausführung erreicht worden; bei den Siemens Schuckert Werken in Berlin (S.S.W.) befindet sich gegenwärtig eine derartige Maschine für 43 000 kVA im Bau, der wohl bald noch grössere Einheiten folgen werden.

Zur Deckung der Leistungsspitze von Kraftwerken, sowie als Reserve werden mit Vorteil Dieselgeneratoren aufgestellt; trotz mässiger Leistung ergeben sich infolge der geringen Umdrehungszahl, ca. 100 t/min, Maschinen mit sehr grossen Dimensionen. Bemerkenswert ist hier der von den S.S.W. für das E.W. Hamburg gelieferte Generator für 13 000 kVA, $\cos \varphi = 0,8$; die zugehörige Motorleistung beträgt 15 000 PS. Die Abmessungen der Maschine sind die folgenden: Bohrung 8200 mm, Eisenbreite 2500 mm; die Tourenzahl ist 94, die Polzahl 64. Der Wir-

kungsgrad wird für Vollast zu 95,8%, die Zeit der Inbetriebsetzung der Gruppe vom ersten Kommando an bis zur Stromabgabe zu ca. 5 Minuten angegeben.

Besonderes Augenmerk wird auf die Schutzvorrichtungen dieser Grossgeneratoren gerichtet, wozu in erster Linie der Brandschutz in Form geeigneter Löschvorrichtungen gehört. Bei den am Niagara aufgestellten 65 000 kVA Generatoren wurde folgende interessante Lösung gewählt: Die Kühlluft strömt radial nach aussen, wodurch die Ausbreitung eines Brandes in Richtung des Umfanges erschwert ist; rund um die Statorwicklung herum befindet sich zudem ein System von Brausen, bei welchen durch Schmelzen einer Lötverbindung die entsprechende Düse sich öffnet und den löschen Wasserstrahl austreten lässt.

In konstruktiver Richtung ist auf folgende Neuerung aufmerksam zu machen: Die in Amerika seit einiger Zeit übliche Verwendung geschweißter Flusstahl-Konstruktionen an Stelle von Stahlguss oder Grauguss hat sich nun auch in Europa eingeführt; die Fortschritte der Schweißtechnik, die Gewichts- und Modellersparnis begünstigen die Umstellung. Die Gewichtersparnis wird im Mittel zu rund 15% angegeben, was auch die Herstellung von aus Profileisen zusammengesetzten und geschweißten Grundplatten rechtfertigt.

Umlaufskühlung wird in steigendem Masse angewendet; nach neuesten Vorschlägen wird der Luftkühler direkt mit dem Generator zusammengebaut. Fig. 3 zeigt eine derartige Anordnung, ausgeführt von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (A. E. G.) in Berlin. Das Bestreben, an Stelle von Luft ein Kühlmittel mit grösserer spez. Wärme und kleinerem spez. Gewicht einzuführen, hat zur Verwendung von Wasserstoff geführt. Leider wird der Gewinn an aktivem Material, der infolge der besseren Abkühlungsverhältnisse möglich ist, durch die Komplikation der Konstruktion, die in der Dichtung gegen eindringende Luft begründet ist, zum grössten Teil wieder aufgehoben. Einen der interessantesten Versuche in dieser Richtung stellt ein von der G. E. C. für die New England Power

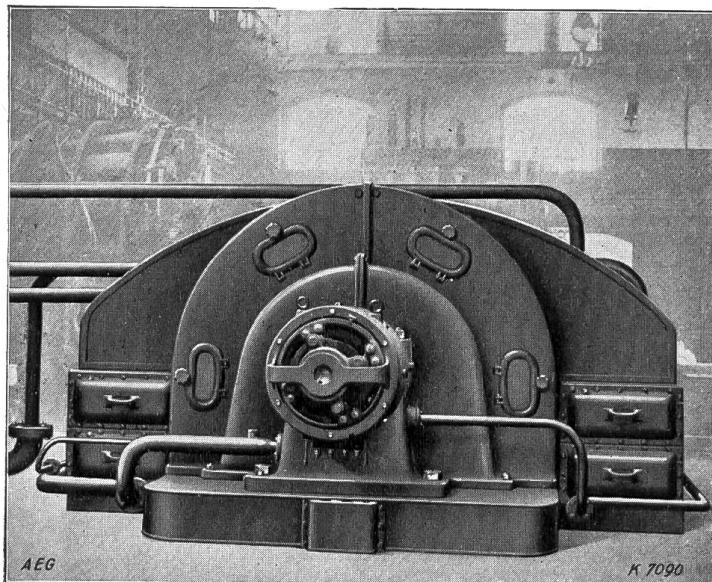


Fig. 3.
Generator mit seitlich angebautem Kühler.

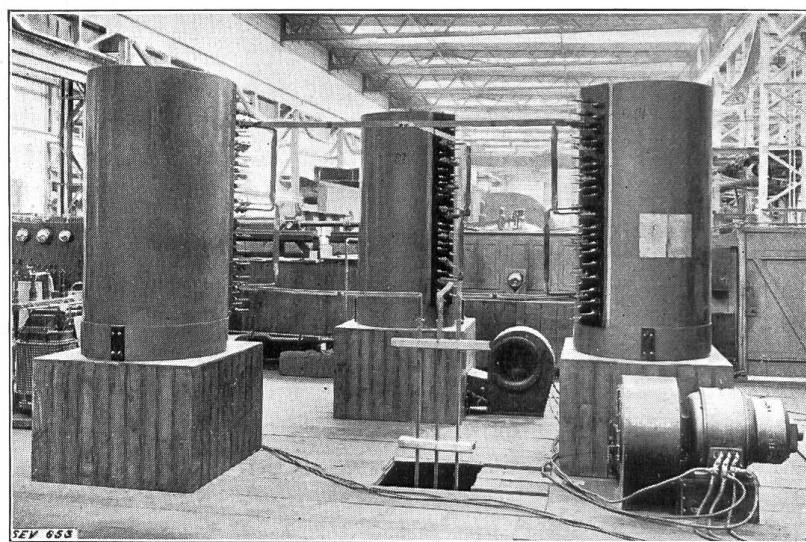


Fig. 4.
Belastungsdrosselpulen für 45000 kVA.

Co. gebauter Synchronkondensator dar, dessen Leistung für Kühlung mit Luft 10 000 kVA, für Kühlung mit Wasserstoff 12 500 kVA beträgt; die Maschine ist zudem für Freiluftaufstellung ausgeführt.

Um den Wirkungsgrad der elektrischen Maschinen ohne unwirtschaftlichen Materialaufwand zu erhöhen, muss den Zusatz- und den Ventilationsverlusten besondere Beachtung geschenkt werden. Die Zusatzverluste, deren Sitz in den Stirnverbindungen und deren Umgebung liegt, lassen sich leider heute noch nicht genau berechnen; dagegen zeigt sich, dass ihre starke Abhängigkeit von der Belastung die aus Leerlauf und Kurzschluss errechneten Werte des Wirkungsgrades etwas zu klein werden lässt. Um die Versuche, die zu dessen genauer Bestimmung notwendig sind, bei

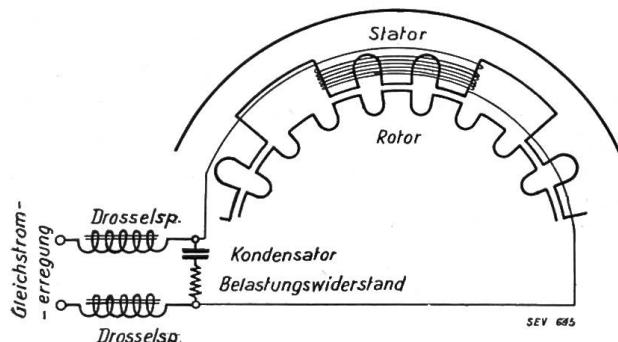


Fig. 5.

Schaltungsschema für Hochfrequenzgenerator, 10 kW, 20 000 Per/sec.

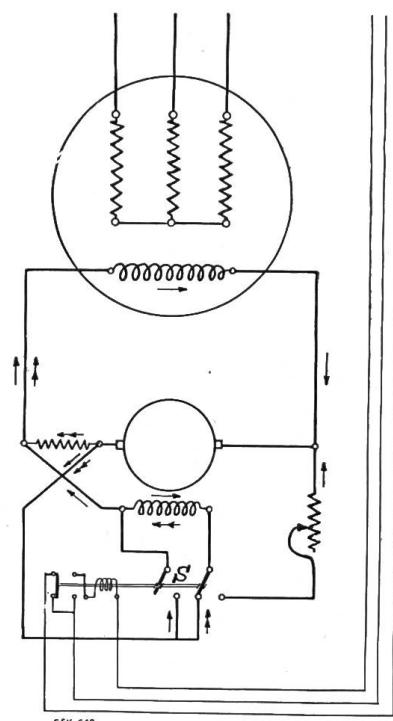


Fig. 6.

Schaltungsschema für Schnellentregung.

voller Erregung durchführen zu können, belastet die M.F.O. neuerdings ihre Generatoren auf grosse, luftgekühlte Drosselpulen; die in Fig. 4 sichtbaren Drosselpulen vermögen eine Scheinleistung von 45 000 kVA aufzunehmen. Die Ventilationsverluste, die bei grossen Schnellläufern den Hauptanteil der Verluste bilden können, sucht man dadurch einzuschränken, dass an Stelle eines eingebauten Ventilators in Form einiger am Rotor befestigter Flügel ein kunstgerechter Ventilator angewendet wird, dessen Wirkungsgrad auf das Doppelte steigen kann. Um die unliebsame Eigenerwärmung der Maschine zu reduzieren, wird der Ventilator von derselben getrennt angeordnet, vorzugsweise in den Warmluftkanal zwischen Generator und Kühler.

Hochfrequenzgeneratoren finden Anwendung sowohl in der Radiotechnik wie auch zur Speisung von elektrischen Hochfrequenzöfen. Fig. 5 zeigt die Schaltung eines derartigen Einphasen-Generators für 10 kW, 20 000 Per/sec und 6670 t/min. Die gemeinsame Erreger- und Ankerwicklung umfasst hier mehrere Nuten; Erregergleichstrom und Hochfrequenzankerstrom werden durch Drosselpule und Kondensator von einander getrennt. Der Wirkungsgrad wird zu 64% angegeben; eine ausführliche Beschreibung der Maschine findet sich im J.A.I.E.E., Bd. 46, S. 681.

In ausgedehntem Masse werden Synchronmaschinen als reine Blindleistungsmaschinen zur Phasenverbesserung aufgestellt. Die grössten, für diesen Zweck in Europa gebauten derartigen Maschinen sind letztes Jahr von B.B.C. nach Japan geliefert worden; ihre Scheinleistung beträgt je 30 000 kVA bei 600 t/min und 60 Per/sec. Bis zu sehr grossen Einheiten erfolgt das Anlassen von der Wechselstromseite aus; durch passende Wahl der Anlasstufe und zweckmässige Ausbildung der Dämpferwicklung gelingt es, den maximalen Einschaltstromstoss unter 50% des Vollaststromes zu halten.

Grosses Gewicht wird auf schnelle Entregung der Generatoren gelegt, um bei Kurzschluss die induzierte Spannung möglichst rasch wegzubringen. In Fig. 6 ist eine diesem Zwecke dienende Schaltung der M.F.O. wiedergegeben.

Die Stromrichtung im Erregersystem, angedeutet mit einfaches Pfeil, entspricht Normalgang; bei Schnellentregung, für welche die gezeichnete Stellung des Schalters „S“ gilt, wird die Magnetwicklung in Serie zum Anker geschaltet und vom Ankerstrom in umgekehrter Richtung durchflossen.

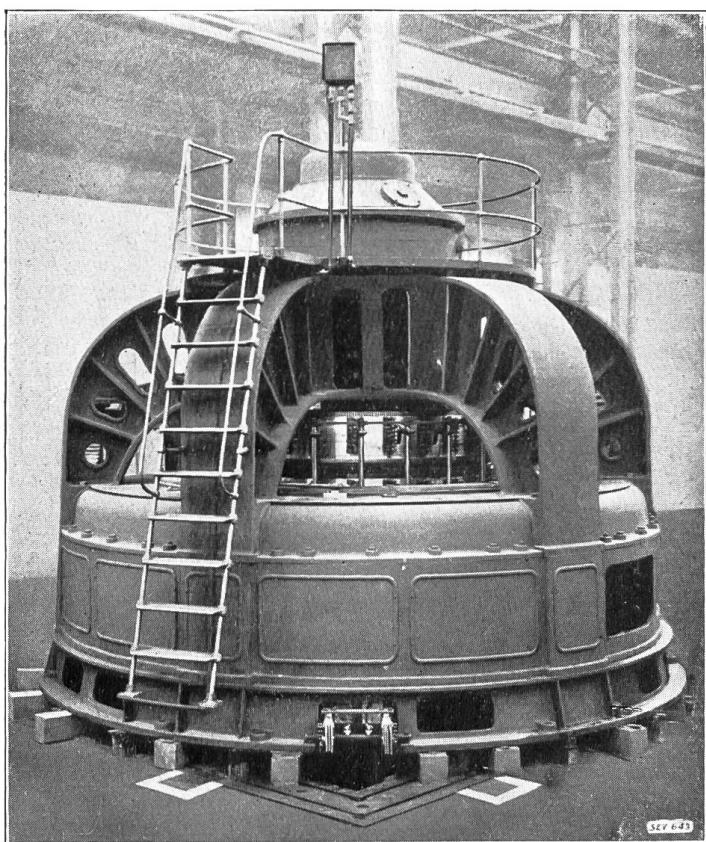


Fig. 7.
Gleichstromdynamo für 4300 kW.

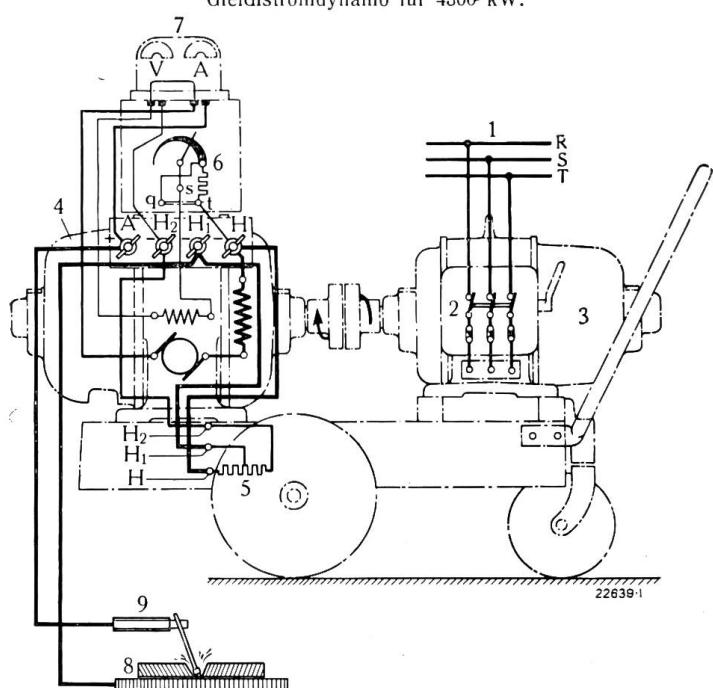


Fig. 8.
Schaltungsschema für Schweißdynamo.

felddynamo; der über die Bürsten $b-b$ fliessende Kurzschlusstrom erzeugt das Querfeld, welches an den Bürsten $B-B$ die Nutzspannung entstehen lässt. Da das Feld des

Gleichstrommaschinen.

Hier geht die Entwicklung zu grösseren und rascher laufenden Maschinen infolge kleiner Nachfrage wesentlich langsamer vor sich, dies um so mehr, als zur Erzeugung von Gleichstrom vorwiegend die Umformung aus Wechselstrom benutzt wird. Zu den grösssten im vergangenen Jahr gelieferten Einheiten gehört der in Fig. 7 sichtbare Vertikal-Gleichstromgenerator für 4300 kW, 350 V und 12 300 A, 150 t/min.

Entsprechend der grossen Verbreitung des Schweissens mit dem elektrischen Lichtbogen entwickeln die meisten Firmen zugehörige Umformergruppen oder Spezialmaschinen. Meist handelt es sich um eine gegencompundierte Gleichstromdynamo; die Leerlaufspannung von 60–65 V sinkt bei Normallast auf 35–40 V. In Fig. 8 ist die Schaltung einer derartigen fahrbaren Schweissgruppe angegeben; durch Benützung verschiedener Anzapfungen am Beruhigungswiderstand 5 kann die Strom-Spannungscharakteristik dem Schweisstück angepasst werden. Eine sehr interessante Lösung ist von Dr. Rosenberg, Direktor der A.-G. für Elektrische Industrie (Elin) in Weiz (Steiermark), durchgebildet worden. Wie Fig. 9 erkennen lässt, handelt es sich um eine Quer-

Nutzstromes dem Erregerfeld entgegenwirkt, so findet dadurch eine Begrenzung des äussern Kurzschlussstromes statt; man erhält ohne weitere Regulierung eine Strom-Spannungscharakteristik, welche dem Lichtbogen angepasst ist. Die in Fig. 10 sichtbaren verschiedenen Strom-Spannungskurven werden durch Einstellen der Polkerne mittelst Drehen am Handrade erhalten.

Wie schon erwähnt, werden grössere Gleichstromleistungen häufig durch Umformung aus Drehstrom mittelst Einankerumformer gewonnen, die heute sowohl für grosse Ströme, wie für hohe Spannungen betriebssicher gebaut werden können. Fig. 11 zeigt einen der grössten Umformer, gebaut von B. B. C. für die New York Edison Co. Die Leistung beträgt 4200 kW, 240–300 V bei 167 t/min, 25 Per/sec. Trotz seiner Grösse wird der Umformer doch drehstromseitig angelassen, wobei die Kommutatorbürsten während der Anlassperiode abgehoben sind. Die Spannungsregulierung wurde in letzter Zeit wesentlich erweitert; durch Benützung verschiedener Anzapfungen am Speisetransformator und durch Variation der Erregung reguliert die G. E. C. bei einem kürzlich gelieferten Umformer für 10 000 A die Spannung in den Grenzen 400–580 V. Kaskadenumformer, die in den westlichen Ländern stark verbreitet sind, wurden in der Schweiz, soweit dem Verfasser bekannt, auch im vergangenen Jahre keine hergestellt.

Wechselstrommotoren.

Die Entwicklung der in grossen Massen hergestellten Drehstrommotoren tendiert nach möglichst scharfer Ausnützung bei gleichzeitiger Gewichtersparnis, um Transport- und Zollspesen klein zu halten. Ventiliert-geschlossene Ausführung mit starker axialer Ventilation bildet heute das normale. Um den Wirkungsgrad zu halten, sucht man die Nutenfüllung durch geeignete Drahtisolation tunlichst zu erhöhen. Die Fortschritte in der Fabrikation des mit Emaillack isolierten Drahtes lassen erwarten, dass es in absehbarer Zeit gelingen wird, Statorwicklungen mit Emaildraht betriebssicher herzustellen, so dass die heute noch übliche Schutzzumspinnung mit Baumwolle weggelassen werden kann. Im Sinne stärkerer Ausnützung der

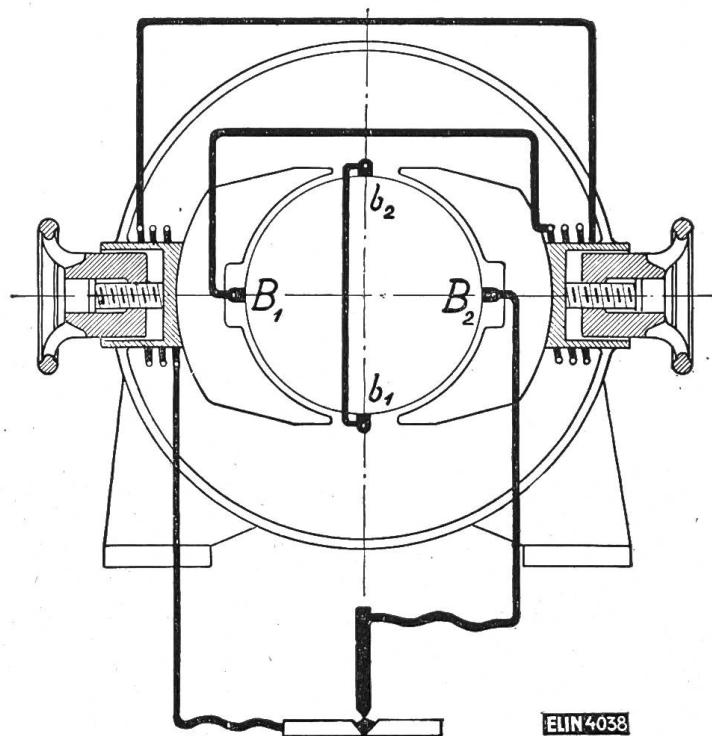


Fig. 9.
Schweissdynamo System Rosenberg.

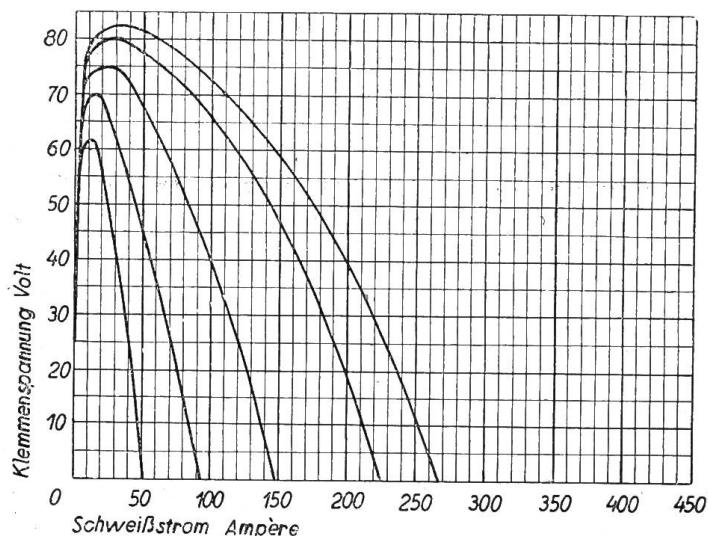


Fig. 10.
Charakteristiken einer Schweissdynamo nach Fig. 9.

Motoren wirkt auch die Erhöhung der zulässigen Erwärmung von Wechselstromwicklungen; die bisher zulässigen 50°C sind nach Beschluss der Konferenz der C.E.I. in Bellagio im September 1927 auf 55°C erhöht worden. Die Gewichtsverkleinerung der modernen Drehstrommotoren wird deutlich illustriert durch die neue Kleinmotorenserie der A.E.G., deren neueste Maschinen ungefähr das halbe Gewicht besitzen wie gleich starke Motoren, hergestellt unmittelbar vor dem Kriege.

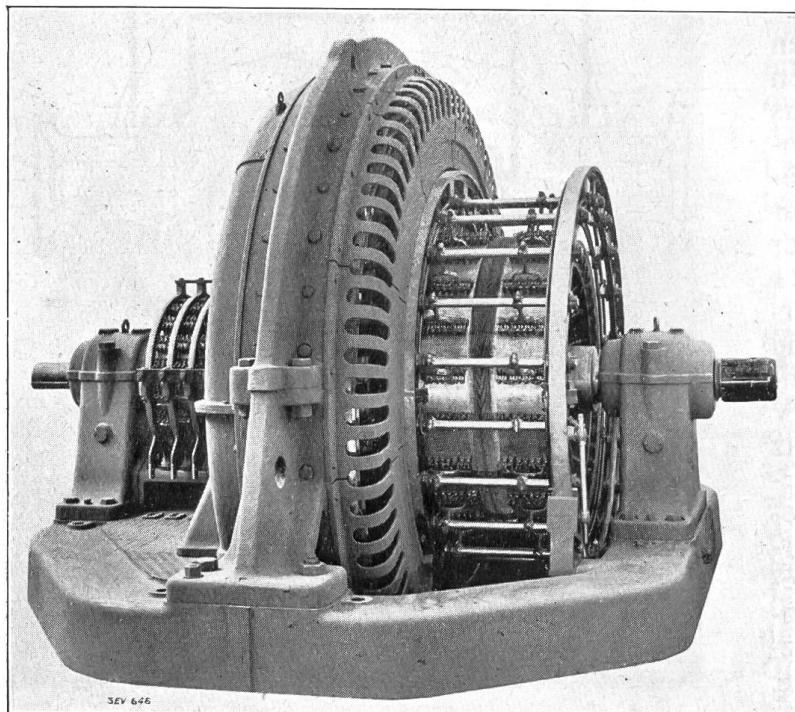


Fig. 11.
Einankerumformer für 4200 kW.

Der Wunsch, guten Wirkungsgrad und einfache Wartung der Lager zu erhalten, führt einzelne Firmen zur Verwendung von Kugel- oder Wälzlagern als Normalausführung; die neueste Kleinmotorenserie der S.S.W. z. B. besitzt laut Veröffentlichung nur derartige Lager.

Während bis vor kurzem die phasenkompensierten Kleinmotoren starkem Interesse begegneten, scheint in dieser Richtung mit Recht eine gewisse Beruhigung eingetreten zu sein. Die heutigen Anstrengungen richten sich vornehmlich auf stärkere Verbreitung des Kurzschlussanker-Motors, dessen allgemeiner Anwendung das meist mässige Anlaufdrehmoment und der grosse Anlaufstrom entgegenstehen.

Zu den Konstruktionen, mit denen diese Schwierigkeiten behoben werden sollen, gehören in erster Linie die sogenannten Wirbelstromanker. Hier sucht man durch passende Nutausbildung die zusätzlichen Kupferverluste in der Rotorwicklung und dadurch das Drehmoment während des Anlaufes zu erhöhen; da bei Lauf die Rotorfrequenz sehr klein ist, wird der Wirkungsgrad im Betrieb dadurch nicht wesentlich beeinflusst. Die Ausbildung grosser zusätzlicher Kupferverluste verlangt schmale tiefe Nuten; die dadurch resultierende Vergrösserung der Rotorstreuung setzt aber der Verbesserung des Anzuges ziemlich enge Schranken und reduziert zudem den $\cos\varphi$ bei Lauf; er ist aber immerhin noch grösser als derjenige gleich grosser Schleifringanker-Motoren. Durch spezielle Nutausbildung und Verwendung von Wicklungsmaterial verschiedener Leitfähigkeit, wobei das schlechter leitende oben in der Nute, das besser leitende unten in der Nute angeordnet ist, sucht die A.E.G. mit den Doppelnutmotoren den oben erwähnten Misständen zu steuern; für einen derartigen 5,5 kW Motor werden die in Fig. 12 dargestellten Leistungsfaktor-Kurven veröffentlicht, wozu beizufügen ist, dass der Wirkungsgrad rund 1 % unter demjenigen gleich starker, normaler Kurzschlussanker-Motoren liegt. Zum Antrieb eines Turbokompressors wurde von den S.S.W. ein Grossmotor mit Wirbelstromanker für 1200 kW, 2970 t/min geliefert; bei Anschluss an 50 % der Normalspannung ergab sich bei einem Anlaufstrom gleich dem 1,55 fachen des Normalstromes ein Anlaufdrehmoment, das das 0,37 fadie des Normalmomentes betrug.

Um den Anlaufstrom auch bei grösseren Anzugsmomenten mässig zu halten, wird die Verwendung von Zentrifugalkupplungen in Verbindung mit Stern-Dreieckschaltern empfohlen. Der Strom in Sternschaltung und leider auch das entwickelte

Drehmoment betragen rund $\frac{1}{3}$ des Normalwertes bei Dreieckschaltung; in vielen Fällen zwingt daher das Lastmoment zur Umschaltung von γ auf Δ bei Tourenzahlen, die noch wesentlich unter der synchronen liegen. Wie Fig. 13 erkennen lässt, stellt sich dann ein Ueberschaltstromstoss ein, der häufig die zulässigen Werte überschreitet. Die einfachen Zentrifugalkupplungen erreichen daher den ihnen zugeschriebenen Zweck nur bei Leerlauf vollkommen; in der Grosszahl der Fälle reduzieren sie den Anlaufstrom nicht genügend, worüber keine auch noch so laute Reklame hinwegtäuschen kann. Ausführliche Versuche, welche parallel zu Versuchen an der Technischen Hochschule in Berlin durch den Schweizerischen Elektrotechnischen Verein (S.E.V.) in Zürich durchgeführt wurden, dürften in diesem Punkte volle Klarheit geschaffen haben. Die diesbezüglichen Resultate sind im Bull. S.E.V. 1928, No. 7 veröffentlicht. Eine einwandfreie Lösung des Anlassproblems für Kurzschlussanker-Motoren bildet die von Direktor Obermoser in

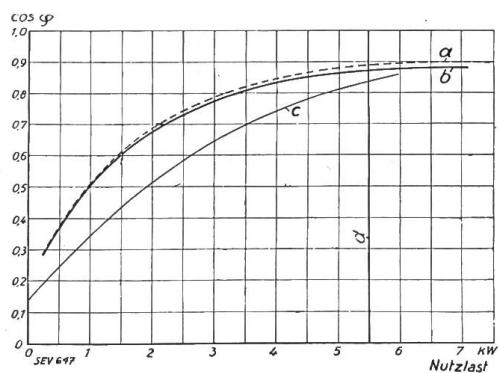


Fig. 12.

Leistungsfaktor eines normalen Kurzschlussmotors (a), eines Doppelnutromotors (b) und eines Schleifringmotors (c).

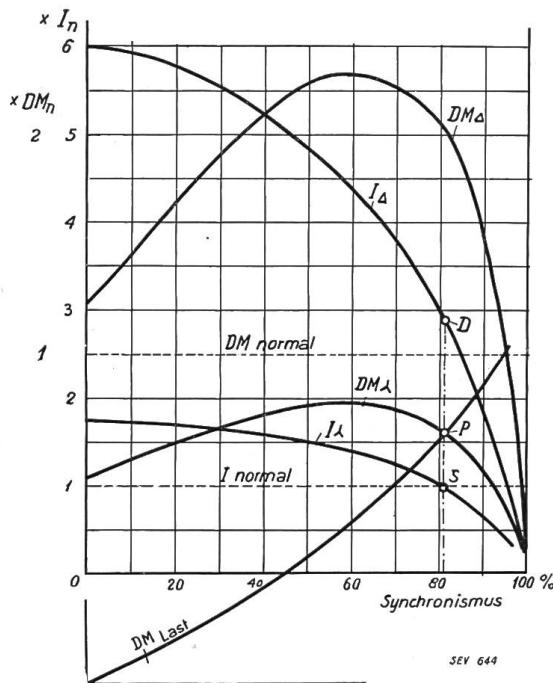


Fig. 13.

Verlauf von Strom und Drehmoment in Stern- und Dreieckschaltung bei Drehstrom-Kurzschlussanker-motor.

Baden-Baden entwickelte ALBO-Kupplung. Eine Erklärung der Kupplung findet sich in dem oben erwähnten Aufsatze; das Prinzip derselben besteht darin, dass die Zentrifugalkraft und das Lastmoment erst nach Umschalten von γ auf Δ sich auswirken können. Der Motor läuft in Sternschaltung an und beschleunigt seine Tourenzahl bis nahezu Synchronismus vollkommen unbelastet; der beim Umschalten auf Dreieck entstehende kleine Ruck löst eine Sperrung, so dass nun die Kupplung unter Einfluss der Zentrifugalkraft das Drehmoment überträgt und der Motor den dem Belastungs-plus Beschleunigungsmoment entsprechenden Strom aufnimmt. Bei der aussergewöhnlich kurzen Zeit, die ein leerlaufender Motor zum Erreichen nahezu synchroner Tourenzahl braucht, meistens weniger als eine Sekunde, findet der Übergang zur Dreieckschaltung immer bei einer Tourenzahl statt, bei der der Ueberschaltstromstoss klein ist. Bewährt sich diese Kupplung vom mechanischen Standpunkte aus, so dürfte die Verwendung von Kurzschlussanker-Motoren für mittlere Leistungen stark gefördert werden; dies um so mehr, als die zulässigen Anschlussgrenzen dieser einfachsten und zuverlässigsten Motorenart sehr niedrig gehalten sind.

Bei den Motoren mit gewickeltem Anker hat sich die Ausführung mit eingebautem Zentrifugalanlasser vollständig durchgesetzt, so dass Handanlasser fast nur noch für spezielle Anlaufverhältnisse Verwendung finden.

Für Motoren grösserer Leistung wird meist Phasenkompensation vorgeschrieben, d. h. der Motor soll mindestens bei Vollast mit $\cos \varphi =$ angenähert 1 arbeiten. Wird von gleichzeitiger Tourenregulierung abgesehen, dagegen auf bequeme Re-

gulierung des Leistungsfaktors Wert gelegt, so findet häufig der synchronisierte Asynchronmotor, auch Synchron-Induktionsmotor genannt, Anwendung. Der Anlauf erfolgt als Asynchronmotor unter Benützung eines passenden Anlassers, bei Lauf liefert eine kleine, mitgekuppelte Gleichstrom-Nebenschluss-Dynamo den für den synchronen Gang notwendigen Erregerstrom.

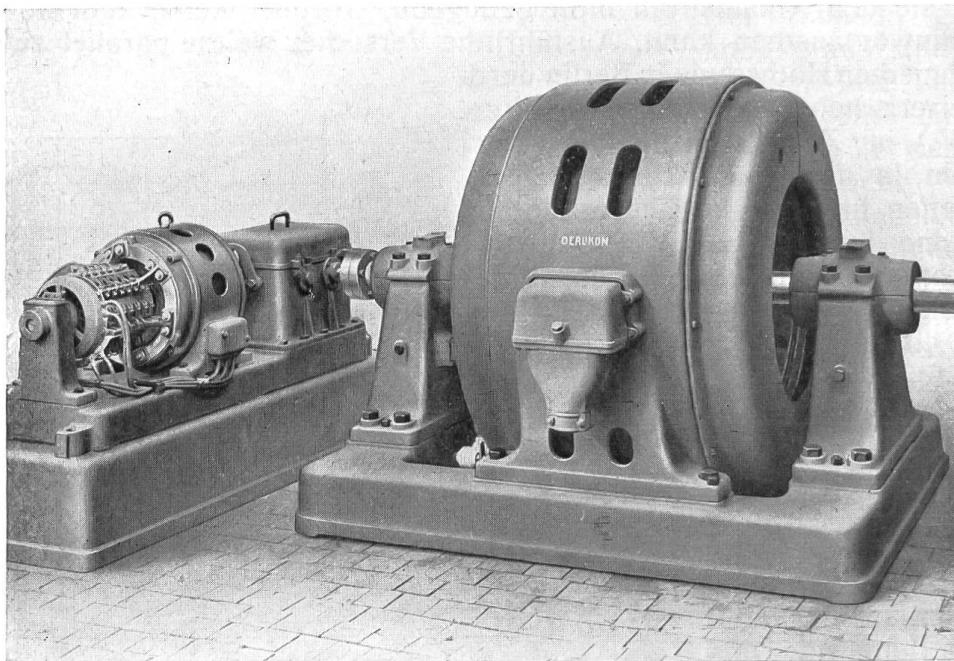


Fig. 14.
Asynchronmotor mit Drehstromerregemaschine für 350 PS.

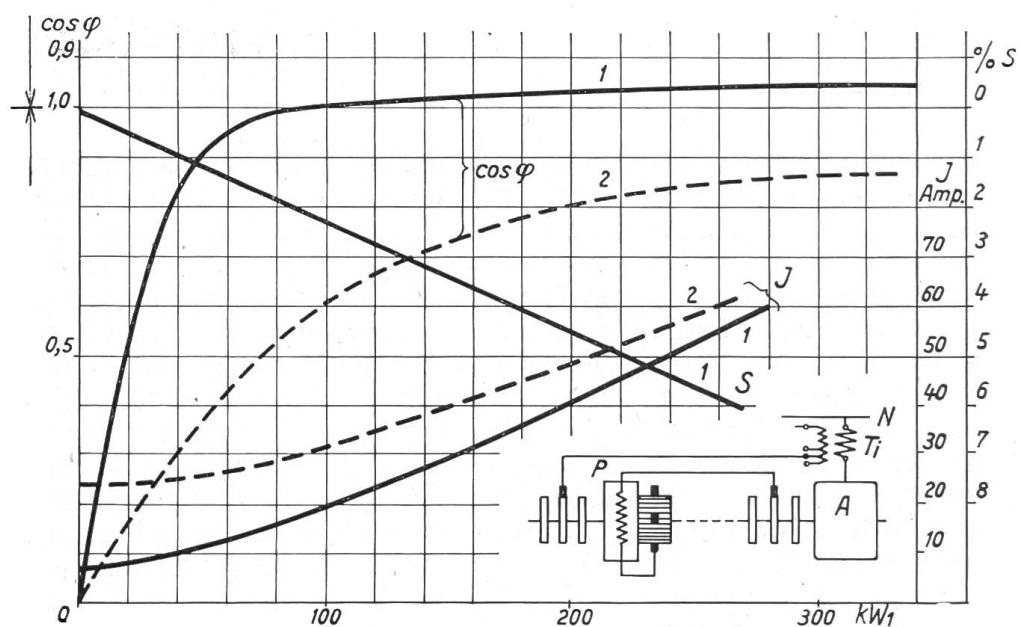


Fig. 15.
Charakteristiken der Maschine Fig. 14.

Für Antriebe, bei denen neben der Phasenkompensation noch Schlupfregulierung in Frage kommt, wird vorzugsweise die Lösung mit Drehstromerregemaschine angewendet. Nach dieser Anordnung arbeitet z. B. das in Fig. 14 dargestellte

Motoraggregat der M.F.O. für 350 PS, 370 t/min und 3000 V; aus Fig. 15 können die Charakteristiken bei Lauf mit und ohne Phasenkompen-sation entnommen werden. An Stelle der direkten Kupplung tritt neuerdings auch separater Antrieb des als Erregermaschine arbeitenden Periodenumformers; ebenso kann statt Eigen- auch Fremderregung benutzt werden, die Erregung wird dann von einem mit dem Hauptmotor mechanisch gekuppelten Hülfsumformer besorgt. Wird die Bürstenverschiebung dieses Hilfsfrequenzumformers motorisch betätigt, so kann die abgegebene Blindleistung des Asynchron-motors selbsttätig durch einen Spannungs- oder $\cos\varphi$ -Regler eingestellt werden.

Eine Erweiterung des Anwendungsbereites der

Asynchron-Blindleistungsmaschinen bedeutet die von den S.S.W. für die Wiesentalbahn gelieferte vierpolige Maschine für Einphasen-Wechselstrom 15 Per/sec,

1000 kVA, die den Zweck hat, die Generatoren und Transformatoren des Bahnnetzes von Blindleistung zu entlasten. Die Blindleistungsmaschine erhält ihren Magnetisierungsstrom von einer direkt gekuppelten, fremderregten Drehstromerregermaschine.

Ein wichtiges aber zugleich delikates Problem bildet die elastische Kupplung von Netzen verschiedener Frequenz. Eine derartige Umformeranlage ist seit einiger Zeit in Frankfurt a/Main im Betrieb; sie besteht aus einer Einphasen-Synchronmaschine (*a*) für 8850 kVA und 45,3 Per/sec, gekuppelt mit einem Drehstrom-Asynchronmotor (*b*) 6000 kW, 50 Per/sec. Zur Anlage gehört ferner ein Einankerumformer (*c*) und eine compoundierte Gleichstrom-Hintermaschine (*d*). Der Gleichstrom der Erregung wird durch die Erreger-Umformergruppe (*h*) geliefert; die Steuerung der Leistung wird durch einen Tirrillregler (*f*) im Erregerkreise der

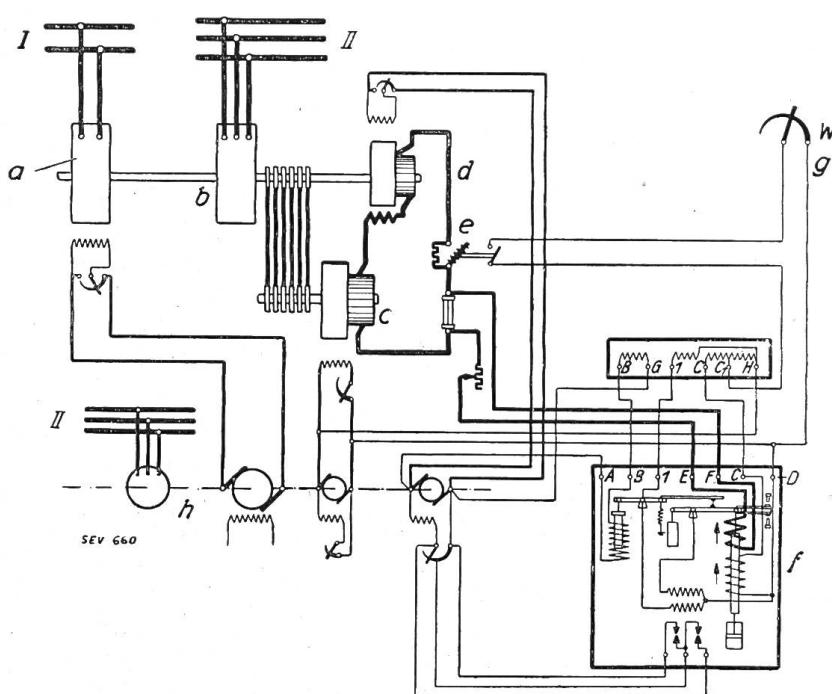


Fig. 16.
Frequenzumformeranlage mit Leistungsregelung durch Tirrillregler.

- I Einphasennetz, 45,3 Per/sec.
 - II Drehstromnetz, 50 Per/sec.
 - a* Einphasen-Synchronmaschine 8850 kVA.
 - b* Drehstrom-Asynchronmaschine.
 - c* Einankerumformer.
 - d* Gleichstrom-Hintermaschine.
 - e* Gleichstromautomat mit Ueberbrückungswiderstand.
 - f* Tirrill-Regler (hält die am Widerstand *g* im Hauptkommandoturm eingestellte Leistung konstant).
 - g* Erregerumformer.
- } Krämer-Regelsatzes

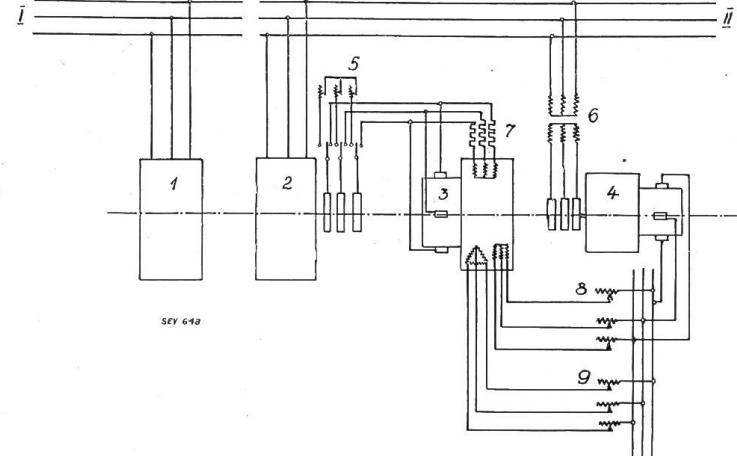


Fig. 17.
Frequenzumformeranlage mit Drehstromerregermaschine und Periodenumformer.

Charakteristiken bei Lauf mit und ohne Phasenkompen-sation entnommen werden. An Stelle der direkten Kupplung tritt neuerdings auch separater Antrieb des als Erregermaschine arbeitenden Periodenumformers; ebenso kann statt Eigen- auch Fremderregung benutzt werden, die Erregung wird dann von einem mit dem Hauptmotor mechanisch gekuppelten Hülfsumformer besorgt. Wird die Bürstenverschiebung dieses Hilfsfrequenzumformers motorisch betätigt, so kann die abgegebene Blindleistung des Asynchron-motors selbsttätig durch einen Spannungs- oder $\cos\varphi$ -Regler eingestellt werden.

Maschine (*d*) eingeleitet. Fig. 16 zeigt das Schema der Anlage; der Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos \varphi = 1$ drehstromseitig, $\cos \varphi = 0,6$ wechselstromseitig wird zu 87 % angegeben, bei $1/3$ Last zu 72 %.

Die in Fig. 17 angegebene Schaltung von B.B.C. dient zur Kupplung eines 42-periodigen Drehstromnetzes mit einem $16\frac{2}{3}$ periodigen Bahnnetz gleicher Stromart. Der Anordnung liegt folgende Ueberlegung zu Grunde: Die Kupplung einer Synchronmaschine mit einer Asynchronmaschine löst das Problem nicht ohne weiteres, da die Tourenzahl der Gruppe durch die erstere, die übertragene Leistung durch die Rotorspannung, d. h. bei Normalmaschine durch den Schlupf der letztern bestimmt ist. Wie nun Fig. 17 zeigt, wird zur Netzkupplung eine Gruppe von vier Maschinen benötigt: die Synchronmaschine (1), die Asynchronmaschine (2), eine Drehstromerreger-, sog. Scherbiusmaschine, (3) und ein Periodenumformer (4). Der Erreger (3) besitzt drei Statorwicklungen, sämtliche über genügend grosse Widerstände angeschlossen, um den mit der Frequenz ändernden induktiven Widerstand stark zurücktreten zu lassen. Im Felde der Erregerwicklung (7) entsteht an den Bürsten von (3) eine der Schlüpfung proportionale Spannung, mit welcher die Rotorspannung von (2) aufgehoben wird. Die Erregerwicklung (8) ist über den Periodenumformer (4) an die konstante Netzspannung II angeschlossen, das von ihr erzeugte Feld wird dadurch von der Schlüpfung der Gruppe unabhängig und lässt über die Bürsten von (3) und die Schleifringe von (2) in den Rotor der Asynchronmaschine eine konstante Spannung einführen, durch welche, sowohl nach Grösse wie Richtung, die übertragene Leistung bestimmt wird. Die über den Widerstand (9) angeschlossene dritte Erregerwicklung dient zur Kompensation des Blindstromes der Maschine (2). Durch Variation des Widerstandes im Erregerkreis (8) hat man es in der Hand, die Umformergruppe mit einer beliebigen Leistung zwischen Null und Vollast arbeiten zu lassen; ist die aus den Feldern der Erregerwicklungen (7) und (8) resultierende Schlupfspannung positiv, so arbeitet die Synchronmaschine als Motor, ist sie negativ, so arbeitet sie als Generator.

Induktionsregler.

Zu erwähnen ist ein von der M.F.O. im vergangenen Jahr gelieferter Induktionsregler für Freiluftaufstellung; bei 6000 kVA durchgehender Leistung sind Primär- wie Sekundärwicklung ohne Zwischenschaltung von Transformatoren an ein 16 000 V-Netz angeschlossen.

Kommutatormotoren.

Der Einphasen-Serie-Kollektormotor mit Wendepolen, wie er zuerst von der M.F.O. entwickelt wurde, dürfte heute als Normalmotor für Traktion mit Einphasenwechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Per/sec betrachtet werden; die Kommutationsschwierigkeiten sind, namentlich infolge Beschränkung auf mässige Leistungen und genügend kleine Ankerspannungen, überwunden. Trotz geringer Aussicht auf Erfolg tauchen immer wieder Lösungen auf, die den Kommutator zu umgehen suchen. So entwickelt die Firma Krupp seit 1926 einen kollektorlosen Einphasenmotor, der den Anforderungen des Bahnbetriebes gewachsen sein soll. Die ausführliche Beschreibung dieses von den Herren Punga und Schön angegebenen Motors findet sich in der E.T.Z. 1926, Seite 842. Im vergangenen Jahre wurden mit einer Abraumlokomotive, ausgerüstet mit derartigen Motoren, ausgedehnte Fahrversuche durchgeführt, welche die Brauchbarkeit dieses neuen Einphasenmotor-Systems bestätigen sollen.

Die A.E.G. hat eine Drehstrom-Nebenschluss-Kommutatormotoren-Serie für grossen Regelbereich entwickelt; für eine 15 kW-Maschine, 1000 t/min normal, wird für konstantes Drehmoment eine brauchbare Tourenregulierung in den Grenzen 1:4 angegeben, grösster Wirkungsgrad 83 % bei $\cos \varphi = 1$.

Transformatoren.

Wenn auch heute noch die für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk gebauten Transformatoren für 75 000 kVA die grössten mit Hinsicht auf die umge-

setzte Leistung sein dürften, so sind doch im vergangenen Jahre Einheiten fertiggestellt worden, die mit Bezug auf Materialaufwand ihnen mindestens gleichkommen. Es wird im Transformatorenbau tüchtig gearbeitet, und sind sowohl in rechnerischer wie konstruktiver Richtung bedeutende Fortschritte zu verzeichnen, so dass die Begrenzung der Grösse auch hier nur noch durch den Bedarf und die Transportmöglichkeit bestimmt ist. Zu den grössten in der letzten Zeit gelieferten Transformatoren gehören die von B. B. C. für das Kraftwerk Vernayaz der S. B. B. fertiggestellten Dreispannungstransformatoren Fig. 18. Die Leistung pro bewickelten Schenkel beträgt unter Berücksichtigung der Ueberlast 11000 kVA dauernd. Eine Säule trägt die Wicklungen für 15 kV und 66 kV, die anderen diejenigen für 15 kV und 132 kV; wahlweise können zwei der angeführten Spannungen zusammenarbeiten. Der Eisenkörper zeigt die Besonderheit einer dritten Säule, welche zum Ausgleich des Streuflusses event. auch Hauptflusses dient. Bemerkenswert sind auch die vom gleichen Konzern gelieferten Drehstromtransformatoren für das früher erwähnte Kraftwerk Kardaun am Eisack, deren Leistung 36 000 kVA bei 252 kV-Oberspannung beträgt, Prüfspannung 450 kV während einer Minute und 650 kV momentan. Ebenfalls gewaltige Dimensionen zeigen die von der A. E. G. für das Bahnkraftwerk der Mittleren Isar A.-G. gelieferten Einphasentransformatoren für 22000 kVA, 100 kV, $16\frac{2}{3}$ Per/sec. Fig. 19 zeigt die Kühlordnung eines Freilufttransformers für die S.B.B.; die Kühlbatterien arbeiten mit natürlicher Luftkühlung, wobei das Öl durch eine kleine Pumpe im Kreislauf gehalten werden kann; bei Teillast oder sehr tiefer Aussentemperatur genügt jedoch der natürliche Auftrieb des Oels,

um die Erwärmung in zulässigen Grenzen zu halten. Die gleiche Ausführung wurde auch von der Firma Sécheron in Genf für ihre 9000 kVA-Transformatoren für das Unterwerk Kerzers der S.B.B. geliefert, deren ausführliche Beschreibung im Bull. S.E.V. 1928, No. 8, veröffentlicht wurde.

Sehr gedrängte Bauart erfordern die Transformatoren für Motorwagen. Von der M. F. O. wurde dafür eine Einphasen-Manteltype entwickelt, welche bei einem Rauminhalt von $1450 \times 1450 \times 930$ mm die Leistung von 1100 kVA, $16\frac{2}{3}$ Per/sec, von der Oberspannung 15 kV auf 100 bis 500 V umsetzt. Das Gesamtgewicht inkl. Öl beträgt 6000 kg, also 5,5 kg/kVA. Fig. 20 stellt eine ähnliche Ausführung

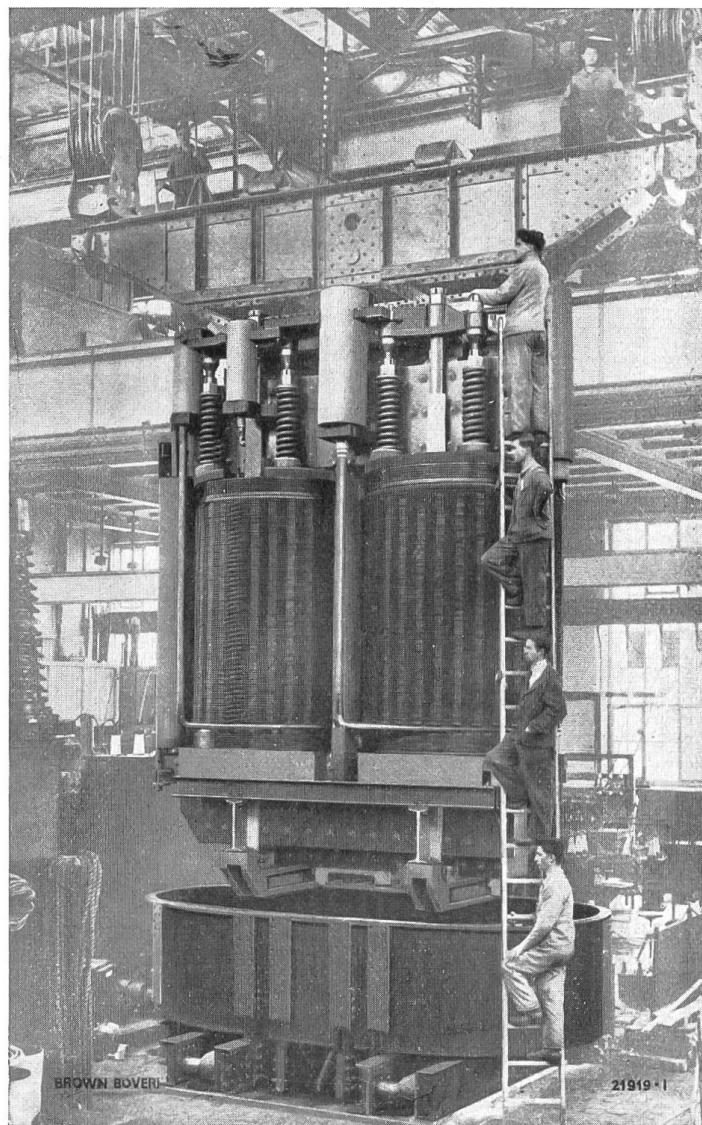


Fig. 18.
Dreispannungstransformator für 15/66/132 kV.

der Firma Séheron mit eingebauter Oelkühlung dar; durch das herausgezogene Röhrensystem wird Kühlluft getrieben.

Infolge der Unabhängigkeit von weiteren Hülfsmitteln wird die Ausführung mit natürlicher Oelkühlung durch Wellblechkessel oder Radiatoren immer mehr

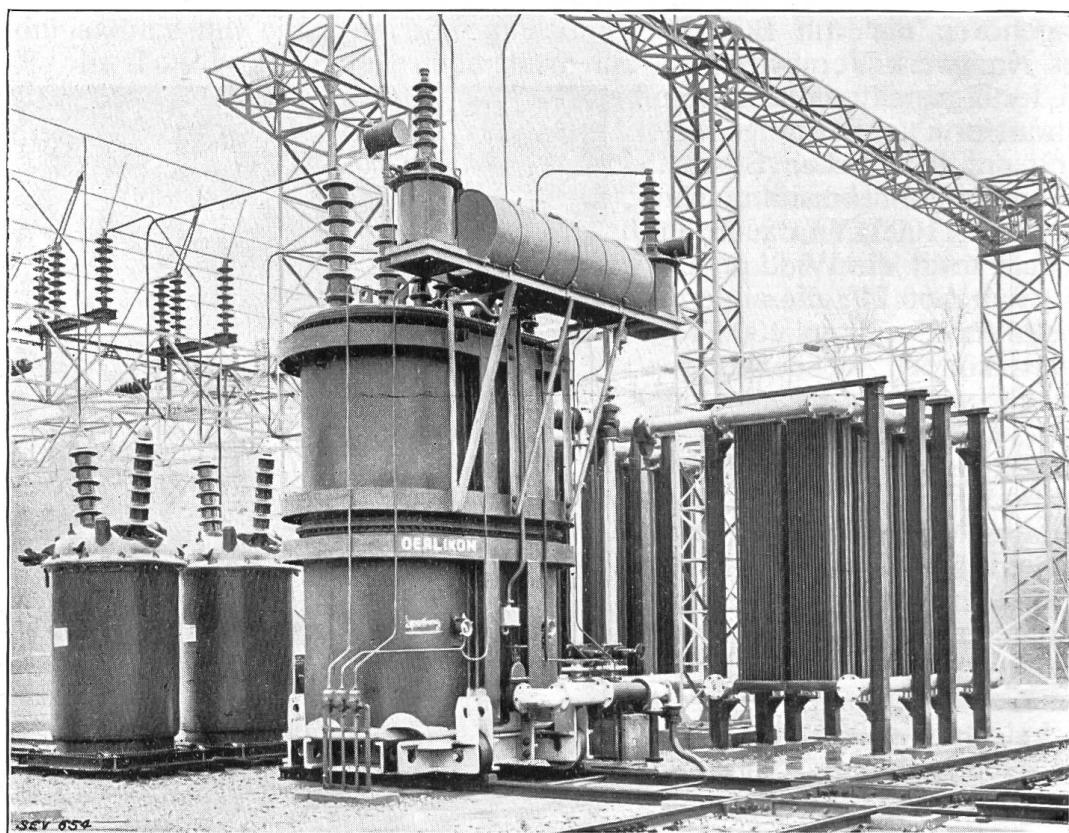


Fig. 19.
Freilufttransformator mit Kühler.

bevorzugt; es sind nach dieser Bauart Transformatoren bis 25 000 kVA ausgeführt worden. Die früher häufige Ausführung mit eingebautem, vom Kühlwasser durchflossenen Rohrsystem ist heute fast ganz verlassen.

Immer noch stehen die Sprungwellen, ihr Eindringen in die Wicklung und die daraus resultierende Beanspruchung der Wicklungsisolation im Vordergrund des Interesses. Da der Kathodenstrahl-Oscillograph den Elektriker in die Lage versetzt, die früheren theoretischen Ueberlegungen mit dem Versuch nachzuprüfen, so dürfte über kurz oder lang hier volle Abklärung eintreten. Allgemein hat sich die Praxis ausgebildet, dass besondere Schutzvorrichtungen vor dem Transformator weggelassen, dafür die Wicklungen durch genügende Isolation, namentlich der Eingangswindungen, sprungwellensicher gebaut werden. Infolge Wegfall thermischer Beanspruchung scheinen die Durchbruchfeldstärken für Sprungwellenbelastung wesentlich höher zu liegen, als bei der üblichen Prüfungsdauer von einer Minute (siehe Bull. S.E.V. 1927, No. 4).

Um zur Spannungsregulierung von Netzen Induktionsregler mit ihrem etwas grossen Blindstrom zu vermeiden, wird manchmal die Lösung mit Reguliertransformatoren vorgezogen. Damit die Schaltung von Stufe zu Stufe im Betrieb ohne Stromunterbrechung erfolgen kann, wird nach amerikanischer Ausführung die Wicklung in zwei parallele Hälften aufgelöst; während die eine Hälfte eine Stufe wechselt, bleibt die andere unverändert. Andere Lösungen benützen Ueberschalt-Drosselpulen oder Anzapfschalter, von denen heute Ausführungen auf den Markt

kommen, die das Ueberschalten von Stufe zu Stufe während des Betriebes gestatten. Dem Zwecke stetiger Spannungsregulierung, wie durch den Induktionsregler verwirklicht, ohne das störende Drehmoment desselben in Kauf nehmen zu müssen, dienen die Schubtransformer der Firma Koch & Sterzel in Dresden. Die prinzipielle Schaltung ist aus Fig. 21a, die Spannungsregulierung aus Fig. 21 b ersichtlich, während Fig. 22 die Ansicht eines derartigen Apparates wiedergibt.

Die stete Spannungssteigerung der elektrischen Energieübertragungen, sowie die mit hochgespannten Strömen durchgeföhrten Versuche benötigen entsprechend gesteigerte Prüfspannungen und zugehörige Prüftransformatoren. Hier hat die Firma B. B. C. eine interessante Neukonstruktion auf den Markt gebracht. Wie Fig. 23 erkennen lässt, liegt nur die Wicklung in Oel; die Cylinderwand des Oelkessels besteht aus Isolationsmaterial, oberer und unterer Boden dagegen aus Eisen. Diese Anordnung ermöglicht eine äusserst einfache Ausbildung der Hochspannungsausführung, dem sonst schwierigsten Teil solcher Apparate. Ausführungen für 750 kV gegen Erde haben vollen Erfolg gehabt. Für Prüfungen mit einem Pol an Erde wird die Niederspannungswicklung über einen isolierenden Hilfstransformator erregt, das Eisen des Haupttransformators ist jeweils auf halbes Potential der Hochspannungsklemme gebracht. Die höchste Prüfspannung wurde mit einer Prüftransformatorengruppe für die Stanford University U.S.A. erreicht; durch Kaskadenschaltung nach Dessauer von 2×3 Transformatoren zu 2,5/350 kV wurde gegenüber Erde die Spannung 1050 kV erreicht. Auch die A.E.G. hat für ihr Prüflaboratorium der Transformatorenfabrik einen Transformator für 1000 kV gegen Erde in Betrieb genommen; dabei wird die hohe Spannung ohne Kaskadenschaltung in einem Zylinder erreicht. Um Platz in der Höhe zu sparen, ist die Hochspannungsklemme seitlich ausgeführt.

Die von den hierzulande üblichen Vorschriften zugelassenen Erwärmungen, für

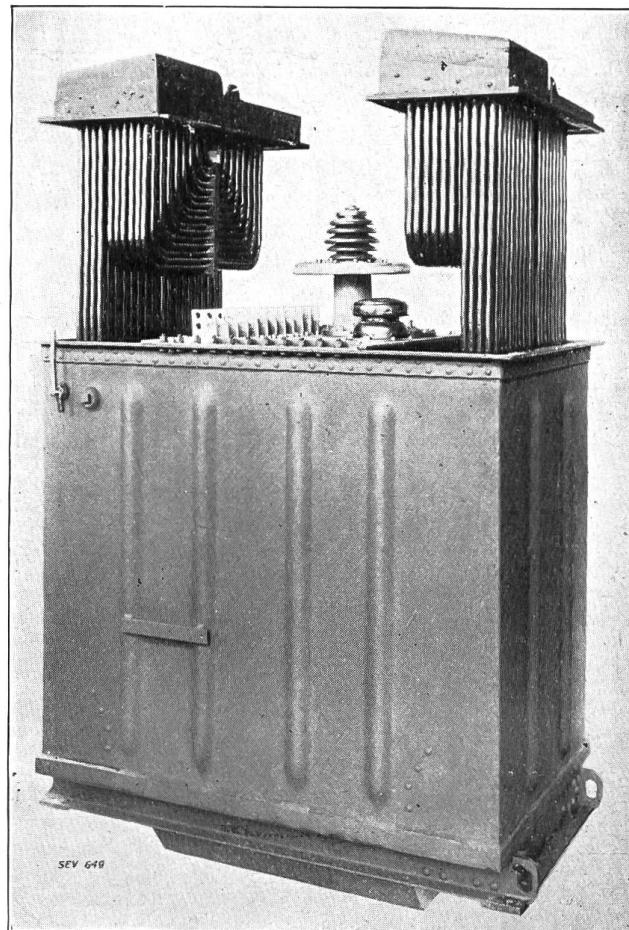


Fig. 20.
Einphasentransformator für Motorwagen.

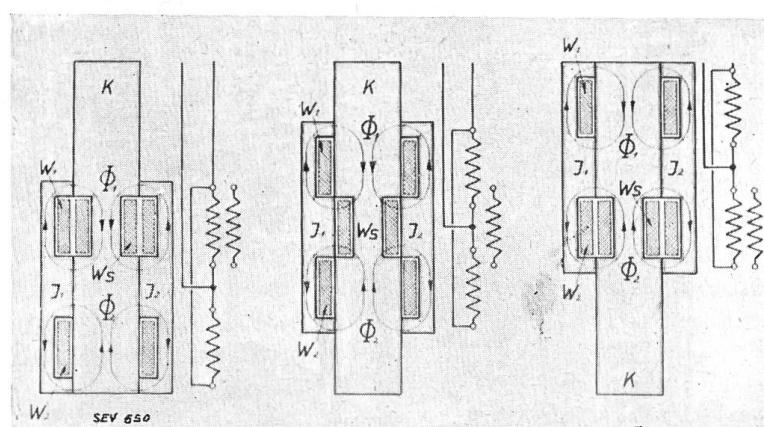


Fig. 21 a
Grundgedanke des Schubtransformators.

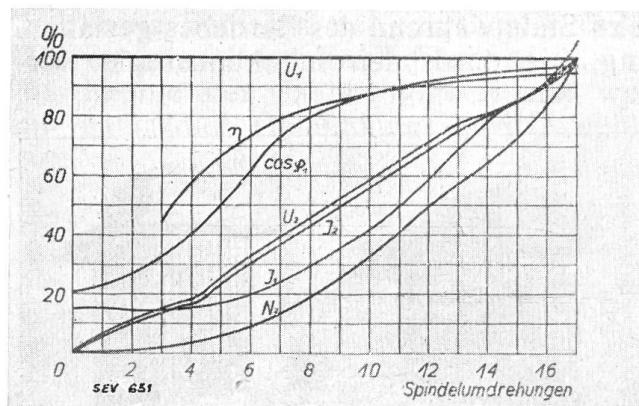


Fig. 21 b.
Charakteristiken d. Schubtransformators bei rein ohmscher Belastung

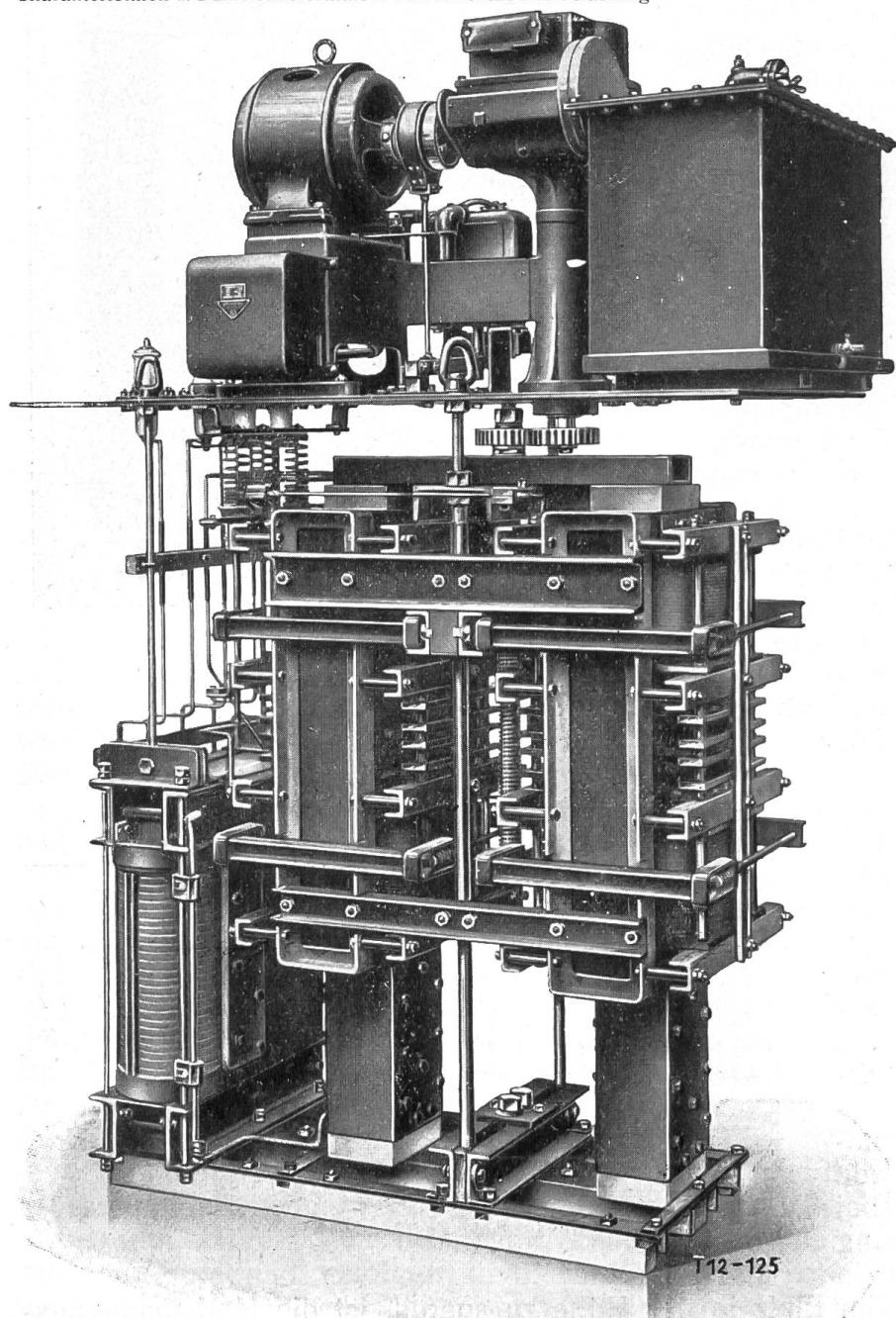


Fig. 22. Ansicht eines Schubtransformators.

die Wicklung 70°C , für das Öl im heissten Punkt 60°C , werden als hoch betrachtet; die diesbezüglichen neuen Vorschriften, die in der schon erwähnten Konferenz von Bellagio festgelegt wurden, sehen für Öltransformatoren $5 - 10^{\circ}\text{C}$ kleinere Werte vor, nämlich:
luftgekühlt Wicklung 60°C Öl 50°C
wassergekühlt Wicklung 65°C Öl 55°C

Gleichrichter.

Auch hier tendiert die Entwicklung zu immer grösseren Einheiten, so dass in kurzer Zeit jeglicher Wunsch bezüglich Grösse erfüllt werden dürfte. Obwohl der Gleichrichter seine erste Ausbildung durch Cooper-Hewitt in Amerika erfahren hat, haben in diesem Zweig der Technik die europäischen Firmen die Führung übernommen. Es darf hier speziell auf den grossen Anteil hingewiesen werden, den die Firma B. B. C. bis auf den heutigen Tag an der Entwicklung des Gleichrichterproblems hat. Der Erfolg ist nicht ausgeblieben; erwähnt sei der ihrem Konzern auf Ende letzten Jahres zuerkannte Auftrag von 95 Gleichrichtern für eine Totalleistung von 114 000 kW für die Unterwerke der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortsbahnen. Fig. 24 zeigt den bis jetzt grössten Gleichrichter für 16 000 A Gleichstrom. Wie die Stromgrenze, so ist auch die Spannungsgrenze wesentlich erhöht worden; garantiert wird ein einwand-

freier Betrieb bis 16 000 V bei $100 \div 200$ A. Da die Gefahr der Rückzündung durch geeignete Massnahmen weitgehendst reduziert werden konnte, dürften heute die Gleichrichter als betriebssicher angesprochen werden. Der Grad der erreichten Betriebssicherheit wird am besten durch die Tatsache illustriert, dass im vergangenen Jahre automatische Gleichrichteranlagen mit Erfolg in Betrieb gesetzt werden konnten. Als weitere Neuerung darf das Zusammenarbeiten eines Einankerumformers mit einem Gleichrichter, beide für bedienungslosen Betrieb, in der Unterstation Riehen des E.W. Basel angesehen werden. Der Erfolg dieser Umformerart hat die meisten grösseren, elektrotechnischen Firmen zur Aufnahme der Fabrikation derselben gezwungen; die immer stärker werdende Konkurrenz dürfte noch weitere Verbesserungen und Vereinfachungen zur Folge haben.

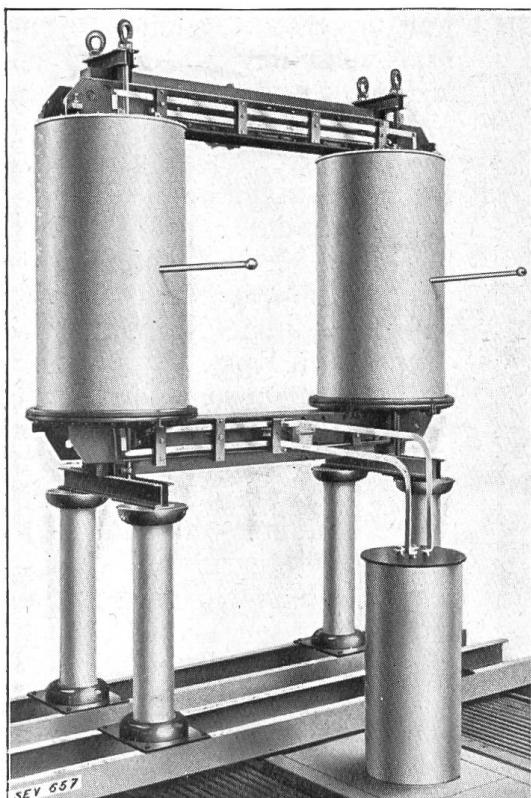


Fig. 23.
Prüftransformator für 750 kV gegen Erde.

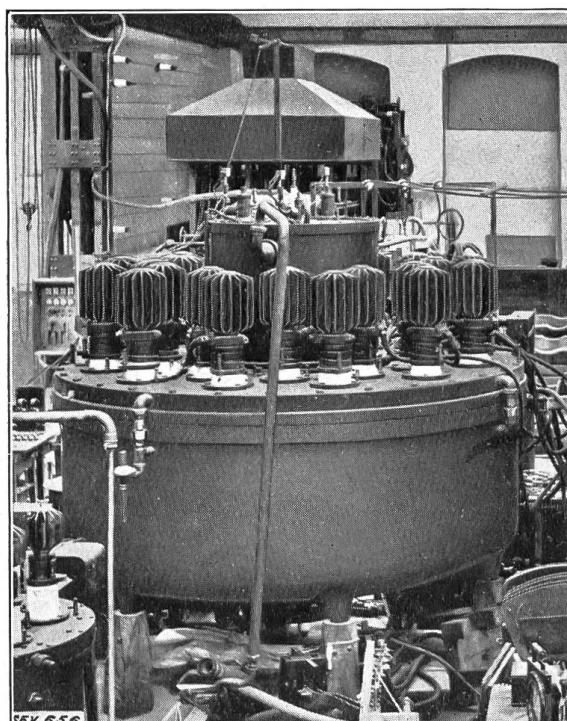


Fig. 24.
Quecksilberdampfgleichrichter für 16 000 A.

Auch im Bau der Glasgleichrichter sind namhafte Fortschritte zu verzeichnen. Die Stromstärke, abnehmbar aus einem Glaskolben, konnte bis 350 A, bei maximal 650 V, erhöht werden; bei starker Kühlung ergibt sich für Niederspannung pro Kolteneinheit eine Leistung bis 260 kW. Bei 1500 V kann bei ausreichender Kühlung bis 350 kW abgenommen werden, was für Speisung von Tram- und Kleinbahnen in manchen Fällen genügen dürfte.

Schalter.

Während die Konstruktion der Kleinschalter sich immer mehr den verschiedenen Bedürfnissen und Erfordernissen des täglichen Bedarfes anpasst, und infolge der Vorschriften und Normalien in den Ausführungen der verschiedenen Firmen in steigendem Masse Uebereinstimmung entsteht, werden die Grossschalter zur Bewältigung höherer Spannung und grösserer Abschaltleistung entwickelt. Versuche der Firma B.B.C. im ungeerdeten 110 kV-Netz der Alabama Power Co.

liessen beim Einschalten auf Kurzschluss eine Schaltleistung von 1000 000 kVA bewältigen; ebenso eine Ausschaltleistung von 670 000 kVA. In diesem Zusammenhang sei auch auf die im J. A. I. E. E., Bd. 46, S. 698 veröffentlichten Oelschalterversuche der American Gas & Electric Co. hingewiesen. Auch hier wurden Einschaltversuche mit Schaltleistungen bis zu einer Million kVA durchgeführt; im 132kV-Netz wurde ein 150 kV-Schalter von B. B. C. mit Vielfachunterbrechung und ein

135 kV-Schalter der G. E. C. mit Löschkammern einer äußerst strengen Prüfung unterworfen. Die Versuche haben gezeigt, dass es mit der einen wie der andern Bauart möglich ist, Schalter für grösste Leistungen zu erstellen. Analog wie im Maschinenbau, vielleicht noch in verstärktem Masse, bekundet sich das Bestreben, durch wissenschaftliche Untersuchungen und Forschungen den Schalterbau, in dem bis heute viel auf empirischer Grundlage gearbeitet wurde, auf gleich solide Berechnungsgrundlagen wie den übrigen Maschinenbau zu stellen. Nur auf diesem Wege wird ein wirklicher Fortschritt möglich sein. Durch kinematographische Aufnahmen mit der Zeitlupe sucht man in die Geheimnisse des Schaltvorganges hinein zu leuchten; damit können die aufgestellten Theorien zum Teil nachgeprüft werden. Wenn auch die bis heute erhaltenen Resultate noch nicht restlos befriedigen, so ist doch zu erwarten, dass die allerorts für dieses Problem aufgewendete Arbeit in absehbarer Zeit vollen Erfolg bringen wird. In Fig. 25 ist eine derartige Aufnahme mit Zeitlupe reproduziert; die sich beim Öffnen des Stromkreises bildende Rauchgasblase und ihr Entweichen nach oben ist deutlich erkennbar.

Die grosse Bedeutung, welche den Schalterversuchen

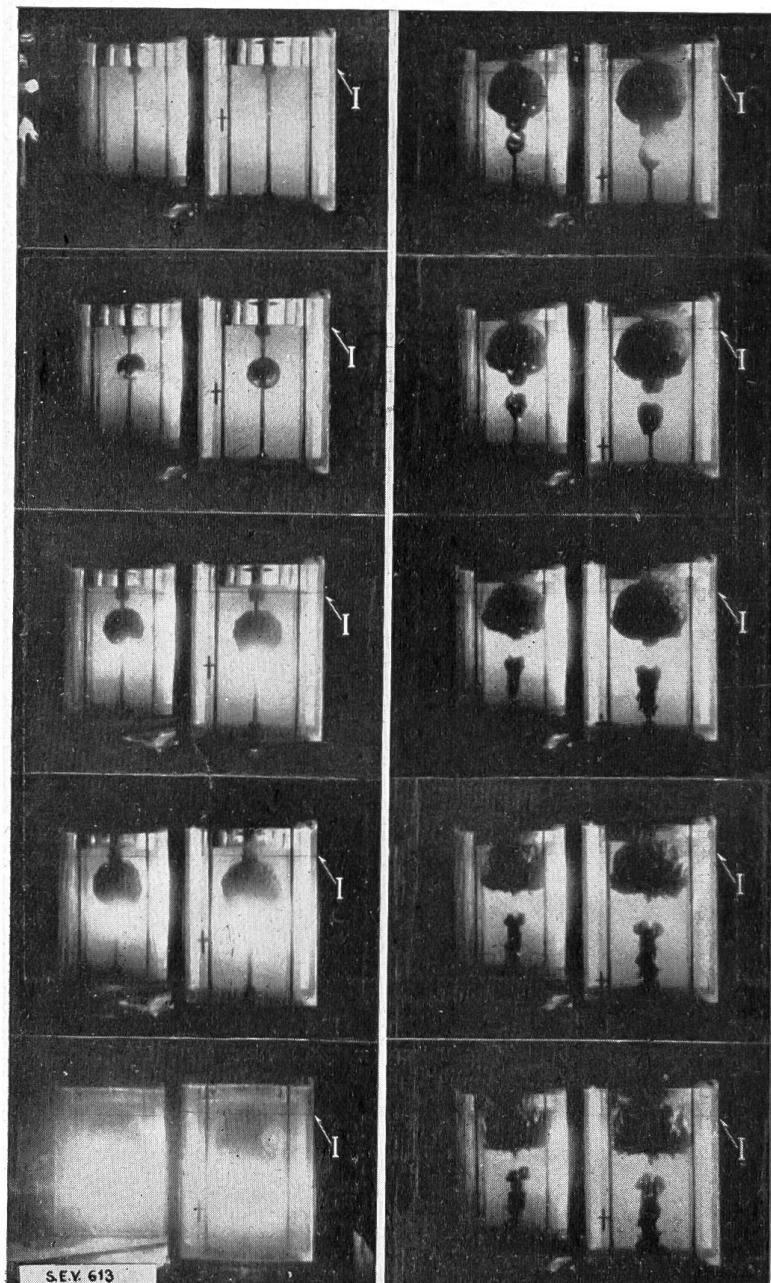


Fig. 25.
Zeitlupenaufnahme einer Abschaltung unter Oel.

zugemessen wird, verbunden mit dem Bestreben, für solche Versuche von dem Einspracherecht der Netze unabhängig zu sein, führt einzelne Grossfirmen zur Errichtung von eigenen Anlagen, die für den obigen Zweck die Energielieferung zu übernehmen haben. Die Firma B. B. C. z. B. ist daran, für Schalterversuche eine Anlage mit 2 Generatoren zu je 50 000 kVA Scheinleistung zu bauen, welche die

Erzeugung einer Abschaltleistung von $1 \cdot 10^6$ kVA ermöglichen soll. Deutsche und amerikanische Firmen veröffentlichen ähnliche Pläne.

Als konstruktive Neuerung im Schalterbau ist zu erwähnen, dass die Ausbildung der Kontakte häufig so getroffen wird, dass durch elektromagnetische Eigenwirkung des Stromes der Kontaktdruck erhöht wird. Dadurch wird verhindert, dass vom Berührungszeitpunkt an bis zur endgültigen Kontaktstellung mehrere rasch aufeinander folgende Stromschliessungen und -öffnungen erfolgen, die namentlich beim Einschalten auf Kurzschluss infolge der dabei entstehenden Gasentwicklung leicht zur Explosion führen können. Im übrigen werden sowohl Kugel-, Flächen- und Schleifkontakte angewendet, auch gehen die Ansichten über den Nutzen und die Richtigkeit von Vorwiderständen, Explosionskammern usw. noch stark auseinander.

Um die Gefahr, welche bei Isolationsdefekten von Spannungswandlern oder andern nur geringe Ströme konsumierenden Verbrauchern für die ganze Anlage entsteht, einzudämmen, hat die M.F.O. eine neuartige Schutzvorrichtung ausgebildet. Der Fehlerstrom bewirkt infolge der durch die Mehrerwärmung bedingten Ausdehnung eines Begrenzungswiderstandes die Auslösung einer Klinke, wodurch der defekte Apparat selbsttätig vom Netz abgetrennt wird. Fig. 26 zeigt einen derartigen Schutzapparat, der infolge seiner raschen Reaktion und der fast beliebig feinen Einstellbarkeit das Netz vor Beschädigung und den Wandler selbst vor weiterer Zerstörung schützt. Im Uebrigen siehe Bullelin S.E.V. 1928, No. 11.

Ein anderer, ebenfalls sehr interessanter Schutzapparat ist in Fig. 27 dargestellt. Es handelt sich um ein von der Firma B.B.C. entwickeltes Impedanz- oder Distanzrelais, das die Aufgabe löst, als Selektivschutzvorrichtung bei Kurzschluss lediglich den direkt betroffenen Netzteil abzuschalten. Das Relais besteht aus folgenden drei zusammenwirkenden Teilen:

a) Das *Impedanzorgan*, bestehend aus einer feststehenden Strom- und einer feststehenden Spannungsspule, in deren Innern ein Magnetanker angeordnet ist, der bei Eintritt einer Netztörung durch Umkippen das Triebwerk frei gibt.

b) Das *Triebwerk*, mit Handaufzug, welches die mechanische Arbeit für die Kontaktbetätigung liefert.

c) Das *Ohmmeter*, das die Auslösezeit diktiert und das Relais bei zufliessender Energie sperrt. Auch hier kommen nur feststehende Spulen zur Anwendung; das drehbare Eisensystem trägt die auf dem Bilde deutlich sichtbaren Segmente, in

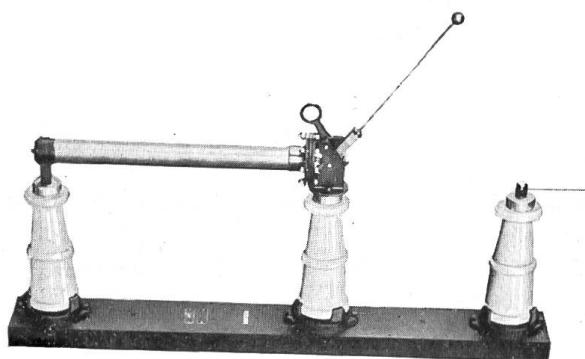


Fig. 26.
Spannungswandlerschutzapparat.

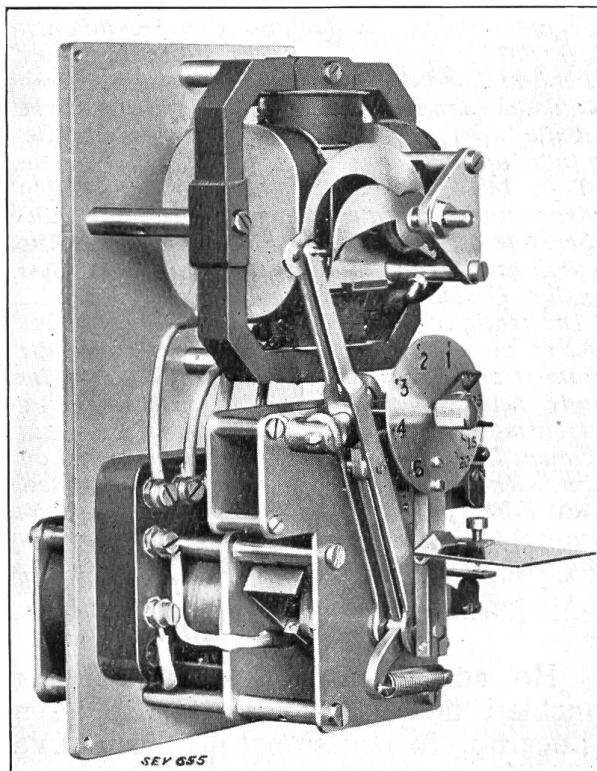


Fig. 27.
Impedanzrelais.

deren Kurvenführung der Auslösehebel eingreift. Die Stellung dieser Segmente ist durch die Kurzschlussdistanz und die Energierichtung gegeben, sie bestimmt durch die Lage des Hebels die Auslösezeit.

Die Auslösezeit ist damit sowohl durch die Stärke des Kurzschlusses, wie durch die Distanz des Kurzschlussortes bestimmt, so dass die Relais zunächst der Fehlerstelle zuerst ansprechen und die gewünschte selektive Wirkung gewährleistet ist. Siehe hiezu auch Bulletin S.E.V. 1928, No. 16.

Neben diesen zwei etwas ausführlicher beschriebenen Schaltapparaten sind im vergangenen Jahre eine grosse Zahl in das Gebiet der Schalter oder Relais gehörenden Apparate auf den Markt gekommen. Da ihnen meist prinzipielle Neuheit fehlt, oder ihr Verwendungsgebiet ein sehr beschränktes ist, kann auf sie im Rahmen dieser kurzen Uebersicht nicht weiter eingegangen werden.

Il problema idroelettrico nel Ticino.

Conferenza tenuta dall' Ing. C. Andreoni, Direttore della Officina Elettrica Comunale di Lugano alla giornata dei banchieri a Locarno, l' 8 settembre 1928.

621.311(494)

Der Autor erwähnt einleitend die grosse, vielfach unterschätzte Bedeutung der Tessinischen Wasserkräfte des Kantons. Er gibt dann eine Uebersicht über die Entwicklung der wichtigeren tessinischen hydroelektrischen Elektrizitätswerke und die noch nicht ausgenützten Wasserkräfte. Es folgt daraus, dass zurzeit im Kanton Tessin erst $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der zur Verfügung stehenden hydraulischen Energie ausgenutzt ist. Die günstige Lage der noch verwertbaren Wasserkräfte ermöglicht einen rentablen Ausbau und lässt günstige Gestehungspreise erwarten.

Die heutige wirtschaftliche Struktur des Kantons lässt es als ausgeschlossen erscheinen, dass die gesamte zur Verfügung stehende Energie im Lande selbst Verwendung finden kann. Ihre Nutzbarmachung hängt eng mit dem Export zusammen. Der Autor schliesst mit einem Appell an Staat, Gemeinden, Techniker und Finanzkreise, durch Förderung des Ausbaues und der Verwertung der tessinischen Wasserkräfte zur Hebung der Wohlfahrt des Landes beizutragen.

L'orateur mentionne d'abord la valeur, trop peu estimée, des forces hydrauliques dont dispose le canton du Tessin. Il donne ensuite un aperçu du développement des centrales hydroélectriques tessinoises les plus importantes et des forces hydrauliques encore non-utilisées. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, dans le canton du Tessin, on ne tire parti que du $\frac{1}{4}$ ou du $\frac{1}{3}$ de l'énergie hydraulique disponible. La situation favorable des forces hydrauliques encore non domestiquées laisse prévoir une exploitation rentable et des prix de revient intéressants.

La situation économique du canton exclut toutefois pour le moment l'utilisation au pays même de l'énergie totale disponible. La mise en valeur des ressources hydrauliques est en relation étroite avec la question de l'exportation. L'orateur termine par un appel à l'Etat, aux communes, aux techniciens et aux financiers, pour qu'ils veuillent bien contribuer dans la mesure de leurs moyens à stimuler l'exploitation des forces hydrauliques tessinoises, pour le bien du pays.

Onorevoli Signori,

Ho aderito all'invito gentilmente rivoltomi dalla Associazione Svizzera dei Banchieri di voler tenere una conferenza sul problema idroelettrico nel Ticino, a Locarno, in occasione di questa XVa assemblea generale, nella fiducia che la mia modesta parola su questioni di qualche importanza sia per il Ct. Ticino come per la Svizzera, abbia ad interessare gli Egregi Signori presenti, quand'anche certe considerazioni, che andrò esponendo, possano apparire estranee al campo puramente finanziario.

Ringrazio in modo speciale il Comitato dall' Associazione per aver consigliata la lingua italiana per la mia breve esposizione, lingua parlata dalla meno numerosa delle tre stirpi che sono strette indissolubilmente dal patto federale e che affratellano le loro caratteristiche etniche in una sola nazione, la „Svizzera“, alla prosperità morale e materiale della quale tutti i concittadini nostri, con pari ardore ed amore, rivolgono il costante loro pensiero ed inspirano la loro azione.

Mi lusingo così di attirare per un solo istante la benevole attenzione degli esponenti della maggiore finanza svizzera sopra il tema che mi sono proposto di