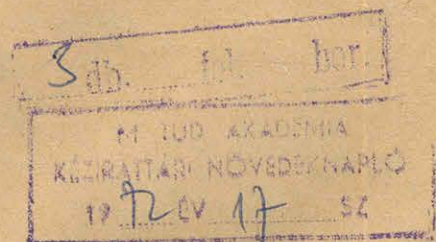


No 5107/53-55. Eitnis L.-ra maturo' usijhisebi,
yamt.



Beilage zu Nr. 69 des „Pester Lloyd“, Freitag, den 22. März 1872.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft.

*** Pest, 21. März. Die gestrige Sitzung der ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft fand im großen Hofsaale der neuen chemischen Anstalt nächst dem ungarischen Nationaltheater statt. Durch die Straßen Pests tobte den ganzen Nachmittag ein zeitweise von Schnee- und Regenschauern begleiteter Orkan. Wer nicht ausgehen mußte, blieb zu Hause. Trotz diesem Unwetter sah die gestrige Sitzung der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ein so zahlreiches und glänzendes Auditorium, wie sie es seit ihrem Bestande wohl nur noch 3 mal gesehen. Ein schöner Kranz von Damen, viele Mitglieder der Regierung und des Reichstags, des hohen Adels und Klerus strömten herbei. Ist das der Zauber der Wissenschaft, der solch' periodische Anziehungskraft auf unser höher gebildetes Publikum übt, oder ist es der vom Vater auf den Sohn vererbte Zauber des Namens Cötvös, der diese periodischen Wunder wirkt? Wir nehmen an, daß es der vereinte Zauber der Wissenschaft und des Namens Cötvös ist, welcher die Sitzungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft füllt, so oft ein Vortrag des Barons Roland Cötvös angekündigt ist, wie es eben auch gestern der Fall war.

Der gestrige Vortrag des Barons Cötvös hatte die physikalische Beschaffenheit der Sonne zum Gegenstande. Wer über die Sonne einen Vortrag halten will, sagte er, dem gelingt es leicht, nicht nur Interesse, sondern geradezu Staunen zu erregen. Doch wo das Staunen beginnt, da hört das Wissen auf. Ihm wäre es weit angenehmer, wenn er mit seinem Vortrage im Stande wäre, mehr Verständniß als Staunen zu erregen. Die Sonne soll, wie ein anderer Naturkörper, mit natürlichen Mitteln untersucht werden. Solch' natürliche Mittel der Untersuchung von Naturkörpern sind: das Anschauen, das Wägen, die chemische Analyse, die Ermittlung der Bestandtheile. Was erfahren wir erstlich durch das Anschauen der Sonne? Als Ergebnisse der anschaulichen Untersuchung führt der Vortragende die folgenden an. Vor allem die Bestimmung der Größe und Gestalt der Sonne. Die lichtstrahlende Scheibe erweist sich als eine Kugel, deren Durchmesser 108 Erddurchmesser, deren Volumen 1,200,000 Erdvolumen beträgt. Das Teleskop läßt ferner dunkle Flecken an ihr wahrnehmen, welche um einen dunkleren Kern einen halbunklen Kreis (Penumbra) zeigen. Diese lichtlosen Stellen scheinen den Ort zu wechseln. Sie verschwinden sogar ganz und tauchen nach einiger Zeit wieder am anderen Rande der scheinbaren Scheibe auf. Daraus erschloß man die Achsendrehung der Sonne, welche sich in 25 bis 28 Tagen vollendet. Dies die Ergebnisse des Anschauens der Sonne, welches, wegen der intensiven Strahlenwirkung, nicht mit farblos transparentem Glase, sondern etwa mit farbigem, überhaupt die Strahlen weniger durchlassenden, eigens zu diesem Zwecke präparirtem Glase geschieht. Wie die Astronomen den Durchmesser und Umfang der Sonne bestimmen, darauf näher einzugehen, liegt außerhalb der Aufgabe, die sich der Vortragende für seinen gegenwärtigen Vortrag gestellt hat.

Das nächstfolgende Mittel der Untersuchung ist das Wägen. Die Wage, mittelst welcher wir das Gewicht des Sonnenkörpers bestimmen können, hat die Natur selbst geschaffen.

Diese Wage ist das Sonnensystem. Aus den Abständen der um sie kreisenden Himmelskörper ist ihre Masse, ihre Dichtigkeit, ihr Gewicht bestimmbar. Ebenso das der Erde und der anderen Planeten. Die Sonnenmasse beträgt demnach 300,000 Erdmassen. Das Sonnenvolumen ist aber, wie früher gesagt wurde, gleich 1,200,000 Erdvolumen. Die Dichtigkeit der Erdmasse ist demnach viermal größer, als die Dichtigkeit der Sonnenmasse.

Das dritte Untersuchungsmittel ist die chemische Analyse. Eine besondere — erst kürzlich entdeckte — Eigenthümlichkeit der chemischen Elemente ist das charakteristische Farbenbild, welches sie zeigen, wenn sie durch hohe Hitzegrade in brennendes Gas verwandelt werden. Durch die 1869 von Robert Bunsen in Heidelberg entdeckte Methode der Spektralanalyse ist die genaue Bestimmung der den Elementen eigenthümlichen Farbenbilder möglich geworden. Diese Methode zeigt uns auch, welcherlei chemische Elemente es sind, welche in brennender Gasform die Sonnenkugel umgeben, beziehungsweise bilden. Die Sonne zeigt ein stetiges Farbenbild mit einzelnen schwarzen Streifen. Es sind dies die zuerst von Fraunhofer beobachteten — daher Fraunhofer'schen — Linien. Dieselben veranlaßten mancherlei Hypothesen, bis Kirchhoff ihren Ursprung nachwies. Das Experiment mit zwei gelben Natriumflammen von verschiedener Größe und Temperatur läßt die kleinere fühlere Flamme, welche zwischen der größeren heiseren und unserem Auge steht, dunkel erscheinen. Die Natriumflamme absorbiert das Natriumlicht des stetigen Spektrums und es erscheint eine dunkle Linie an der Stelle.

Im fortlaufenden Sonnenspektrum müssen daher die Lichtstreifen der in der umgebenden Gaschülle brennenden Elemente fehlen. Mittelst dieser Methode sind im Sonnenkörper Natrium, Kalz, Barium, Magnesium, Eisen, Chrom, Nickel und viele andere Elemente nachgewiesen worden.

Alles, was uns das Anschauen, das Wägen, die chemische Analyse über die natürliche Beschaffenheit der Sonne gelehrt hat, sind zuverlässige Resultate der Wissenschaft. Schwieriger zu ergründen ist die Art der Zusammensetzung der Sonne aus verschiedenartigen Theilen. Anhaltspunkte bilden die Sonnenflecken und die eigenthümlichen Erscheinungen, welche man bei Sonnenfinsternissen beobachten kann. Eine laterna magica mit Drumond'schem Licht macht es möglich, die photographirten Bilder der in den letzten Jahren beobachteten Sonnenfinsternisse auf eine dem ganzen Auditorium sichtbare Tafel zu projiciren. Der Vortragende thut dies nacheinander mit der 1868 in Indien, 1869 in Amerika und 1870 in Syrakus beobachteten Sonnenfinsterniß. Die rothschimmernden Protuberanzen und der lichtgelbe, heiligenscheinartige Strahlenkranz (corona) zeigen an jedem der drei

Bilder eine verschiedene Gestalt. Dieselben erscheinen aber nicht nur bei verschiedenen Finsternissen verschiedenartig gestaltet, sondern auch bei einer und derselben Finsterniß beobachteten verschiedene Beobachter von verschiedenen Beobachtungsorten aus diese Variabilität der Gestalt der Protuberanzen sowohl als der Corona.

Der Grund dieser Erscheinung liegt demnach wenigstens zum Theil in den außerhalb des Sonnenkörpers, zwischen ihm und dem Beobachter befindlichen Schichten. Protuberanzen und Corona können mit dem Spektralapparat beobachtet werden. Der Vortragende projicirt das Spektrum der Corona und der Protuberanzen der 1868er Finsterniß. Als Hauptbestandtheil der Protuberanzen ergibt die Spektralanalyse das Hydrogen. Außerdem enthalten sie ein auf der Erde nicht existirendes Element, Helium genannt. Janssen, der diese Beobachtungen zuerst gemacht hat, hat auch eine sehr einfache Methode erfunden, die Protuberanzen auch außerhalb der Sonnenfinsternisse jederzeit zu untersuchen. Der Vortragende projicirt zwei Protuberanzenbilder nach Photographien, von denen die eine eine Stunde später als die andere aufgenommen worden. An beiden ragt zwischen minder hohen rothglänzenden Erhebungen eine bedeutend höhere säulenartig empor. Dieselbe ist 5000 geographische Meilen hoch. Die Gestalt der Erhebungen ist aber im Zeitraume einer Stunde eine ganz andere geworden. Dieser rasche Gestaltwechsel läßt auf vulkanartige Eruptionen schließen, welche aus dem Sonneninnern mit ungeheurer Gewalt empor-schießen. Von gleichem Stoffe, wie diese Protuberanzen, zeigt sich die ganze farbige Sonnenhülle oder Chromosphäre. Nähnlich der Erdenatmosphäre ist sie in ihren dem Sonnenkern näheren Schichten dichter als in den entfernteren. So weit all' diese Beobachtungen schließen lassen, besteht die Sonne aus folgenden Bestandtheilen: 1. Aus einem festen oder tropfbarflüssigen Kern; 2. aus einer umgebenden Gaschülle (Atmosphäre), bestehend aus jenen Elementen, welche die Fraunhofer'schen Linien zeigen; 3. aus der Chromosphäre mit den Protuberanzen; 4. aus dem zur Sonne gehörenden Theil der Corona. In den kernnäheren Schichten sind die schwereren, in den vom Centrum entfernteren Schichten die leichteren Elemente enthalten. Die äußeren Schichten werden durch Eruptionen aus dem Innern durchbrochen (Protuberanzen). Auch die Sonnenflecken erweisen sich als hervorbrechende, sturmartig durcheinandervogende, stellenweise verdünnt, stellenweise verdüstert (daher dunkler) erscheinende Gasmasse. Von der Konstruktion der Sonne wissen wir demnach verhältnißmäßig wenig.

Nachdem Cötvös seinen Vortrag beendet, zeigte Professor Josef Krenner die Smaragde aus dem Mineralienkabinete des Nationalmuseums vor. Daneben erwähnte er kurz die Gesteinarten, denen der Diamant vorkommt, dessen chemische Zusammenfassung, Kristallform, Härte, Farbe, die über ihn im Alterthum und Mittelalter herrschenden sonderbaren Ansichten, die Fundorte desselben, berührt gewordenen Smaragde.

Aufruf im Interesse der Woll-Ausstellung!

Die ungarische Landesausstellungskommission möchte die ungarische Wolle auf der 1873er Wiener Weltausstellung in einer großen Sammlung ausstellen. Demnach muß von vorneherein darüber in's Reine kommen: wer von unseren vaterländischen Schafzüchtern sich an dieser großen Sammlung betheiligen möchte; dieses aber ist um so eher erforderlich, als mit dem Eröffnungstage der Ausstellung jeder Plas mit dem betreffenden Gegenstande ausgefüllt sein soll, die auszustellende Wolle daher schon an der heurigen (1872er) Schur genommen werden muß.

Demnach ersuchen wir mit patriotischer Achtung alle geehrten Schafzüchter, deren Schäfereien berufen sind, in der ungarischen Wollsammlung die Wollproduktion Ungarns in welcher Richtung immer zu vertreten, sich gefälligst bis Ende April l. S. gegenüber dem Exekutiv-Komite der Landesausstellungskommission darüber erklären zu wollen, ob im Sinne der beigefügten Ausstellungsbedingung auf ihre Theilnahme gerechnet werden könne. Zugleich erlauben wir uns darauf aufmerksam zu machen, daß es angesichts der benachbarten Schurzeit nothwendig ist, auf die Konservirung des auszustellenden Wollquantums rechtzeitig Bedacht zu nehmen. Im Namen der Jachsektion für Land- und Forstwirtschaft der ungarischen Landesausstellungskommission: Graf Julius Szapáry, Sektionspräsident Stefan Morócz, Sektions-Schriftführer.

Allgemeine Bedingungen bezüglich der ungarischen Wollausstellung in der Wiener Weltausstellung.

Die ungarische Wolle wird auf der Wiener Weltausstellung in einer großen Sammlung ausgestellt werden. Die Wollproduktion wird in dieser Sammlung vertreten sein:

1. Aus dem Gesichtspunkte des Handels durch auf dem Leibe gewaschene Wolle, u. z. wegen besserer Uebersicht gemäß den heutigen Preisen in vier Klassen: Klasse: Wolle unter 80, II. Klasse: Wollen 80—120, III. Klasse: Wolle 120—150, IV. Klasse: Wolle über 150 fl. per Ztr.

Nachdem behufs Erzielung des gewünschten Eindruckes ein massenhaftes Ausstellung angestrebt wird, so soll diese Sammelstellung in Form einer größeren Trophäe oder Pyramide aus dicken Säden konstruirt werden. Sodach beträgt das Quantum von jedem Einzelnen auszustellenden gewaschenen Wollhalben Zentner. Um eine Formgleichheit zu erzielen, werden die Ausstellung sich Anmeldenden die Säde aus der Zentrale zugehen. Auf den Säden wird der Name des Ausstellers und Quantum der Wollproduktion verzeichnet sein.

2. Vom Züchtungsstandpunkte werden ungewaschene ganze Bließe in Glaschränken

EÖTVÖS LÓRÁND BÁRÓ, AKI FIZIKÁBÓL SZEKUNDÁT KAPOTT

A nyolcadik gimnáziumi osztályban egy tantárgyból az év végén szekundát kapni elvégre nem nagy tralla — igaz, nem is nagy dicsőség. Amde feltűnőbb a dolog, ha egy eleven báró kapja a szekundát; még feltűnőbb, ha a báró papája kultusz-miniszter s éppen akkoriban egyik legbefolyásosabb tényezője az ország politikájának. A legriasztóbb azonban, ha ennek a diáknak a papája Eötvös József báró, Magyarországnak minden idők egyik legnagyobb lángelméje s a magyar közoktatásügynek megszervezője.

Nos hát, Eötvös Lóránd báró, aki az 1864—65. tanévben Budapesten a VIII. gimnáziumi osztályt járta s aki Eötvös József fia volt, a mondott esztendőben úgy végezte az iskoláit, hogy egyetlen egyest sem tudott szerezni, kettése csak a magyarból volt (elvégre édesapja volt a 19. század közepének legnagyobb magyar regényírója, aki éppen a mondott esztendőben lett a Kisfaludy-Társaság elnöke), a többi tantárgyból hármast szerzett, viszont éppen a fizikából legyest vitt haza: tehát abból a tudományból, amelyben néhány évtized múltán világhíre tett szert, úgyhogy ma is mindenütt a világon az ő nevén ismerik a gravitáció „Eötvös”-egységét, mindenütt „Eötvös-effektusnak” nevezik a Földön mozgó testek súlyváltozását és „Eötvös-inga” segítségével kutatják ki az egész Föld kerékén a Föld mélyében rejtőző természeti kincseket. Eötvös Lóránd nevét, mondom, világszerte ismerik a fizikusok; annak a tanárnak a nevét viszont, aki a nyolcadik osztály végén, vagyis a diáknak az életbe indulása percében adta a szekundát, nem sokan tudják. Örökhír okából mégis feljegyezzük itt ezt a nevet: Suhajda Sándornak hívták és a szepművészeteknek, valamint a bölcséletnek dupla tudora volt! A szekundás diák sorsát viszont jól felvitte az Uristen: 23 éves korára már egyetemi magántanár lett éspedig éppen a fizikából, 27 éves korára ugyanebből a tanszaktól rendes egyetemi tanárrá nevezték ki, 41 éves volt, amikor a Tudományos Akadémia elnökévé választották meg, 46 éves korában pedig — nagyon a kedve és gusztusa ellenére — kultuszminiszterré nevezte ki a király.

Mindezt a díszet és dicsőséget pedig nem az édesapja kedvéért nyerte el az egykori szekundás diák, hanem tisztán a maga érdeméből; mert hiszen Eötvös József már



Eötvös Lóránd báró

korábban elhunyt, mintsem a fiát magántanárként habilitálták. Nem volt hát Eötvös Lóránd mellett semmiféle protekció, sőt még a szokásos klikk-befolyások sem érvényesültek az érdekében. Leánya, Eötvös Ilona bárónő például elmondta róla, hogy Eötvös Lóránd soha életében be nem tette a lábát egyetlen kávéházba sem. De még a saját társadalmi állásának legjobban megfelelő Nemzeti Casinóba is csak egytelenezszer ment fel, akkor is illendőségből: akkor, amikor a Casinóban hivatalosan elpárentáltak Rudolf trónörökösöt s Eötvös báró erről az aktusról feltűnés nélkül nem maradt volna el.

Ehelyett azonban sokkalta nagyobb urat frekvenciált szívesen és gyakran Eötvös Lóránd báró: az Uristent, annak legfőlségesebb templomában, az anyatérmeztben. Már akkoriban, amikor a kerékpározás még igen megvetett sportág volt, Eötvös Lóránd, egyetemi tanár léte, nem restelt kerékhátra ülni s messzi kirándulásokat tenni. Sőt még ennél is furcsább dolgot cselekedett. Urinó ekkoriban még nemigen ülhetett nálunk a nyilvánosság előtt kerékpárra. Eötvös Lóránd ellenben két leánya számára vásárolt ilyen szerszámot s aztán hármashal együtt bebarangolták az Alpsek világát, hátizsákjából éltek s valóságos vakmerőségszámba menő túrákat karikáztak be Tirolban. Ha egyetemi tanárkollégái tudomást vettek volna a báró furcsa „bogaráról”, alighanem professzori méltóságukon esett csorbának minősítik Eötvös Lórándnak ezt a forradalmi cselekedetét.

De volt aztán ennek az Eötvös Lórándnak még egy furcsasága: útálta a politikát és messziről elkerülte a politikusokat az az ember, aki egy ideig — igaz, csak nagyon rövid ideig s akkor is csak azért, hogy a maga tudományágát lendítsen egyet — képviselő s két éven át miniszter is volt. Nem is csoda hát, ha nem volt egyetlen politikus-barátja sem. Igazi, bensőséges barátja azonban egy olyan ember volt, aki maga is eredeti emberpéldánynak számított: Semsey Andor.

Ezeknek a soroknak az írója még személyesen ismerte ezt a hihetetlen vagyont, valóságos króziusi gazdagságú nagyurat, dúsgazdag földesurat és főrendiházi tagot. Amikor először látta meg, e sorok írója megkérdezte a kísérőjétől: vajjon kicsoda ez a koldus és hogyan kerül be a Nemzeti Múzeumba? Mert csakugyan valóságos koldus módjára járt Semsey Andor, akinek néha csak egy cipő volt a lábán s a másik lábán mamusz díszelgett: mivelhogy éppen a suszterhez kellett a másik cipőt beadnia talpalásra, viszont más cipője nem volt. S ugyanez a Semsey megszámlálhatlan száz ezreket adott évről-évre magyar tudományos célokra. Például ő vásárolta meg a Nemzeti Múzeum számára a világ legnagyobb meteorit-gyűjteményét, ő pénzelte Herman Ottó híres művét az ősmagyar halászatról. A Tudományos Akadémián tíz darab, egyenként 10.000 forintos pályázatot írt ki a legkülönbözőbb tudományszakokból. Ő pénzelte a Földtani Intézet létesítését s az ő pénzéből létesült a magyar tudósokat nevelő Eötvös-kollégium, amelyet barátjának, Eötvös Lórándnak édesatyjáról, Eötvös Józsefről nevezett el.

Semsey Andor tizenöt évvel volt idősebb Eötvös Lórándnál, de azért szívesen fogadta a nálánál fiatalabb tudós tanácsait s főként segítette azt tudományos kísérleteinek megszervezésében. Ötvenezer forintot adott Semsey Eötvös Lórándnak, hogy kipróbálhassa a maga ingakísérleteit a legkülönbözőbb vidékeken és talajokon.

Igy került sor pontosan ötven évvel ezelőtt, 1891 tavaszán, a Celdömölk melletti Ság helyen az „Eötvös-ingának” első gyakorlati kipróbálására. Mondjuk el néhány szót, hogy a magyar tudományosságának ez a világbüszkesége voltaképpen micsoda. A Föld vonzóerejéről mindenki hallott. Azt

azonban kevesebben tudják, hogy a Földön lévő tárgyakra nemcsak maga a Föld, hanem a rajta lévő másfajta kisebb-nagyobb tárgyak és dolgok is gyakorolnak vonzóerőt. Ez az úgynevezett tömegvonzás azonban olyan kicsi, hogy Eötvös nem is igen tudták lemérni. Hiszen egy gramm tömeg egy másik egygrammos tömegre egy centiméternyi távolságból csak olyan vonzóerőt gyakorol, amennyi erőt egy grammnyi súlynak tizenötmilliomodrésze képvisel. Tessék ezt az elképzelhetetlenül kicsinyke súlymennyiséget lemérni! Nos hát Eötvös megszerkesztette ezt a műszert, amelynek érzékenysége oly nagy, hogy vele eléggé pontosan meg lehet mérni az ingától egy méternyire ülő embernek a testtömegét, vagyis az ingára gyakorolt vonzását.

Ezt Eötvös egy régebbi fizikai műszernek, az úgynevezett Coulomb-ingának a tökéletesítésével érte el, amelyet a tudósok már régóta lomtárba dobtak. De ezzel még csak vízszintes irányban lehet a tömegvonzást megmérni, mert ez az úgynevezett torziós (vagyis „elfordulás”) inga csak az oldalra lévő tömegek vonzását bírta jelezni. Eötvös Lóránd legzseniálisabb s egyúttal a gyakorlati élet számára is legjelentősebb felfedezése az volt, amikor az inga két végére alkalmazott különböző súlyok eltorzulásával a mélység felé is elkezdett mérni. Az első ilyen irányú kísérleteket a Balaton jegén végezte s ez a kísérlete majdnem az életébe került. Munkájában ugyanis a jégfelület, amelyet azért választott ki, mivel Magyarország földjén ez a legvízszintesebb szilárd felület, egyszerre csak rianni kezdett, a báró kísérőivel együtt egy mozgó jégtáblán rekedt s ezt a keletkező vihar vadul hajigálta összevissza. Végül sikerült jégtábláról jégtáblára ugrálva partot érniök.

Ezzel a műszerrel mármint a Föld kérge alatt lévő, a kéregtől eltérő sűrűségű (vagyis másfajta tömegvonzású) anyagokat is ki lehet mutatni. Így jött például rá Eötvös az ingájával, hogy a Nagy Magyar Alföld kérge alatt iszonyú mélységekben évmilliókkal ezelőtt egy működő vulkánnak kellett lennie, amelynek kráterje pontosan kimérhető. A torziós ingát s a vele végeztetett megfigyeléseket aztán annyira tökéletesítette Eötvös és utóda, Pekár Dezső dr, hogy most már nemcsak az olyan nagy tömegeket tudták a Föld színe alatt kikapítani, aminők egy vulkánkráter, hanem pontosan meg tudták állapítani, hol van földgáz, hol van folyékony anyag (tehát például petróleum) néhány kilométernyire a Föld méhében. Utóbb még tökéletesebbé vált ez a mérési módszer, mert most már a szilárd anyagokat egymástól is meg tudták különböztetni: hol van platina, vagy hol van arany, hol van szén. A Lipse környékén lévő petróleum-fúrásokat például már az Eötvös-inga segítségével kutatták fel.

Elgondolható, hogy ez a műszer valóságos forradalmat idézett fel a nemzetközi piacon. Hiszen eddig néha megszámlálhatlan milliókat áldoztak hiábavalónak bizonyult fúrásokra. Most már megtakaríthatják a nagy petróleum- és bányavállalatok ezeket a költséges próbafúrásokat. Nem csoda hát, ha ma már az egész világon az Eötvös-ingával dolgoznak a kutatók, s mivel ennek kitanulmányozása nem is olyan egyszerű dolog, azért vagy ide küldenek mihozzánk szakembereket, hogy megtanulják ezt a mesterséget, vagy pedig egyszerűen magyarokat visznek ki a világ minden szögletébe.

Ime, a fizikából beszokundázott egykori diák így forradalmasította az egész világ fizikai tudományát, és pedig annyira, hogy Einstein maga jelentette ki, hogy Eötvös gravitációs kutatási eredményei nélkül az egész relativitás-elmélet meg sem született volna.

Beszokundázott diákoknak és azok születésük talán némi bátorításul szolgálhat ez a termékeny, gazdag tudós-élet, Eötvös Lóránd báró élete. **Semper Victor**

Biztos jel

Feri: Te, Gyuri, én azt hiszem, hogy elcséjén köllözökünk.

Gyuri: Hát ezt honnan veszed?

Feri: Ollhon belörtem egy ablakot és a mama nem vert meg érte...

Ms 5107 / 55

Sonderabdruck

aus der

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,

Band XXXXI.

*Báró Rötvoos Lőränd dr.
Ö. M. méltóságának mély tisztelettel
Bp. 1897. szept. 3. a Herceg*

Die Elektrotechnik

in der

Millenniums-Landesausstellung

zu

Budapest.

Von

Dr. Moritz v. Hoor

in Budapest.

MACYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Berlin 1897.

Der außerordentliche Aufschwung der ungarischen Industrie, besonders der Metall- und der Maschinenindustrie, in den letzten Jahren hat zweifellos die Aufmerksamkeit aller jener erregt, die die ungarische Landesausstellung des Jahres 1885 und die Millenniums-Landesausstellung des Jubeljahres 1896 zu sehen Gelegenheit hatten. Diese durch den überall im Lande fühlbaren fortschrittlichen Geist veranlasste rasche Entwicklung tritt auch auf dem Gebiete der Elektrotechnik zutage, die in dieser Millenniumsausstellung eine Fülle wertvoller Neuheiten und lehrreicher Vorführungen bot.

Die ersten Anfänge der Elektrotechnik sind in Ungarn gegen Ende der siebziger Jahre zu verzeichnen, zu welcher Zeit die Aktiengesellschaft Ganz & Co. in Budapest Gleichstrommaschinen mit Zubehör herzustellen begann. Die elektrotechnische Abteilung dieser Firma gewann dann alsbald Stellung auf dem Weltmarkt, als sie mit Hilfe der Patente Ziperowsky-Déri-Bláthy ihr Wechselstromsystem in die Praxis einführte. Ganz & Co. sind auch heute noch die einzigen in Ungarn, welche die Fabrikation elektrotechnischer Maschinen im großen und auf allen Gebieten betreiben, was selbstredend auch in der Ausstellung hervortrat.

Im allgemeinen waren in der Ausstellung alle Zweige der angewandten Elektrizitätslehre vertreten. Da an dieser Stelle vornehmlich die Erzeugnisse der eigentlichen Maschinenfabrikation, die zur elektrischen Beleuchtung und Arbeitsübertragung dienen, Interesse beanspruchen, so mögen die übrigen Ausstellungsgegenstände hier nur aufgezählt sein.

Im Pavillon der k. ung. Post- und Telegraphenverwaltung sind der Hughes-Apparat und Telefonschalter der Budapester Firma Egger & Co. zu nennen. Daran reihte sich die Ausstellung des »Telefon Hirmondo«, der bekannten sprechenden Zeitung Budapests, welche ihren Abonnenten die neuesten Nachrichten telephonisch zukommen lässt. Weiter begegnete man den verschiedenen Zweigen der angewandten Elektrochemie, von denen Reinkupfergewinnung, Galvanoplastik, dann ein neues elektrisches Sterilisierverfahren vorgeführt wurden. Die Glühlampenfabrikation war durch die Erzeugnisse von Egger & Co. und Seregi & Co. in Budapest vertreten. Auch die tadellosen Porzellan- und Steingutisolatoren der Porzellan- und Fayencewerke von Zsolnay in Pécs mögen erwähnt werden. Elektrische Apparate und Messapparate für den Unterricht und technischen Gebrauch hatten Ganz & Co. und die staatliche mechanische Lehrwerkstätte ausgestellt. Im Pavillon für Unterricht befand sich eine interessante Ausstellung von Crookeschen, Lenardschen und Röntgenschen Röhren. Dasselbst war auch eine Dynamomaschine zu sehen, welche von dem in diesem Jahre verstorbenen Prof. Anastasius Jedlik bereits im Jahre 1850 angefertigt, aber nicht weiter bekannt gewor-

den ist. Schliesslich wiesen die Sammelausstellungen der verschiedenen wissenschaftlichen Institute des Landes eine große Zahl sehenswerter Apparate aus dem Gebiete der experimentellen Elektrizitätslehre auf.

Der Elektrotechnik im vorhin begrenzten engeren Sinne begegnete man überall. In den Ausstellungen der k. ung. Staatsbahnen im Pavillon für Verkehrswesen, in den Pavillons für Berg- und Hüttenwesen wurden alle Arten der elektrischen Förderung, des Motorenbetriebes, der Beleuchtung, insbesondere auch der Zugbeleuchtung, vorgeführt.

In der Maschinenhalle befand sich die kombinierte Zentralstation für Wechselstrombeleuchtung, Arbeitsübertragung mittels Wechselstromes und Dreiphasenstromes und für den Betrieb der elektrischen Ausstellungsbahn mittels Gleichstromes. Diese Zentralstation besaß eine Leistungsfähigkeit von rd. 450000 Watt Wechsel- und Drehstrom und von 60000 Watt Gleichstrom und arbeitete mit einer durchschnittlichen Tagesleistung von 910000 Watt-Std.

Von Gesamtanlagen sind weiter aufzuführen: die elektrische Ausstellungsbahn, die im Pavillon von Ganz & Co. befindliche Zentralstation für die Leuchtfantäne, endlich die Sammelausstellung der Maschinen, Motoren und übrigen elektrotechnischen Artikel der genannten Firma. Schliesslich muss noch der Ungarischen Elektrizitäts-A.-G. und der Budapester Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft gedacht werden. Erstere hatte ihre Budapester Zentrale an das Schaltbrett der Zentrale in der Maschinenhalle angeschlossen, sodass jene als Reserve für die Wechselstrombeleuchtung der Ausstellung diente. Die zweite Gesellschaft versah einen Teil des Beleuchtungsnetzes der Ausstellung mit Gleichstrom.

Meinen Einzelbericht beginne ich mit der Beschreibung der ausgestellten Maschinen und Apparate, um dann auf die Betriebsanlagen überzugehen.

a) Gleichstrommaschinen und Gleichstromanlagen.

1) Maschinen.

Die Ausstellung zeigte, dass die rasche Entwicklung und Verbreitung der Wechselstromsysteme durchaus nicht lähmend auf die weitere Entwicklung der Gleichstromtechnik gewirkt hat.

Ganz & Co. hatten drei Formen von Gleichstrommaschinen ausgestellt, und zwar die zweipolige Form A, die mehrpolige Form CG und CV und die vierpolige Form V; die ausgestellten Umformer CU und VU haben sich unmittelbar aus den Gleichstromformen CV und V entwickelt.

Die genannten drei Formen werden sowohl als Primärmaschinen wie als Motoren verwendet. Außerdem waren noch zwei Motorenformen, und zwar die vierpolige geschlossene Form T für Straßenbahnen und Krane und die zweipolige geschlossene Form L zum Antrieb kleiner Windflügel, ausgestellt.

An sämtlichen Formen tritt das Bestreben hervor, alle dem Verschleiß unterworfenen Teile leicht zugänglich und ersetzbar und einfach zu gestalten. Große Sorgfalt ist auf die Herstellung und Sicherung der Anker sowie auf die Herstellung der Kommutatoren verwendet. Die Anker sind ausschließlich Rinnenanker, ihre Körper aus 0,5 mm starken weichen Eisenblechen mit dünnen Papierzwischenlagen zu-

spaneinlagen gewickelt. Die symmetrisch verzogenen Enden der Trommelankerwicklung werden durch mit Splinten versicherte Schraubenpaare in den Bohrungen der Kommutatorsektoren festgehalten.

Die Fig. 1 und 2 lassen die Bürstenhalter und Bürstenbolzen, die drehbare, durch eine mit Holzgriff versehene Schraube feststellbare gusseiserne Bürstenbrille und die auf Porzellansockel montierten Bleisicherungen und Anschlussklemmen deutlich erkennen. Fig. 3 zeigt die Bürstenhalter, Bürstenbolzen und Anschlussklemmen im einzelnen; der Druck, mit dem die Bürsten auf dem Kommutator aufliegen, kann durch Verstellung der in der Figur ersichtlichen Ebonitgriffe geregelt werden.

Fig. 1.

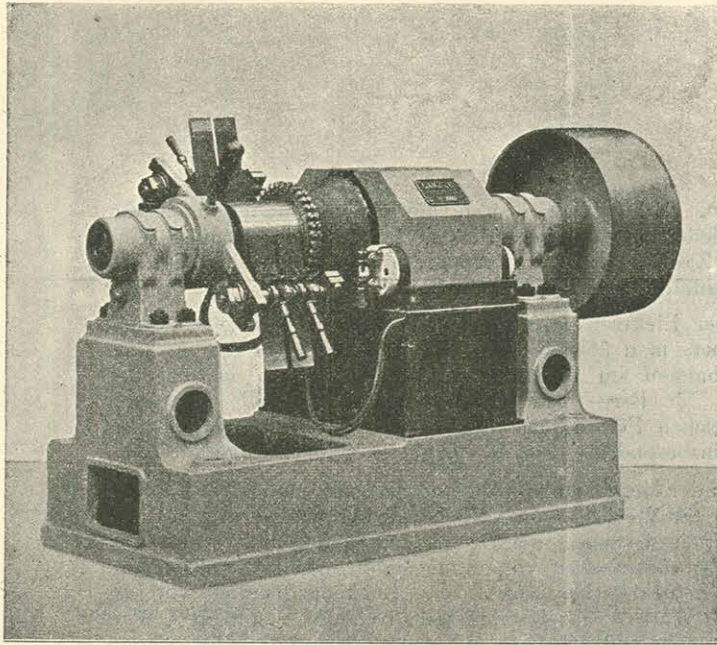
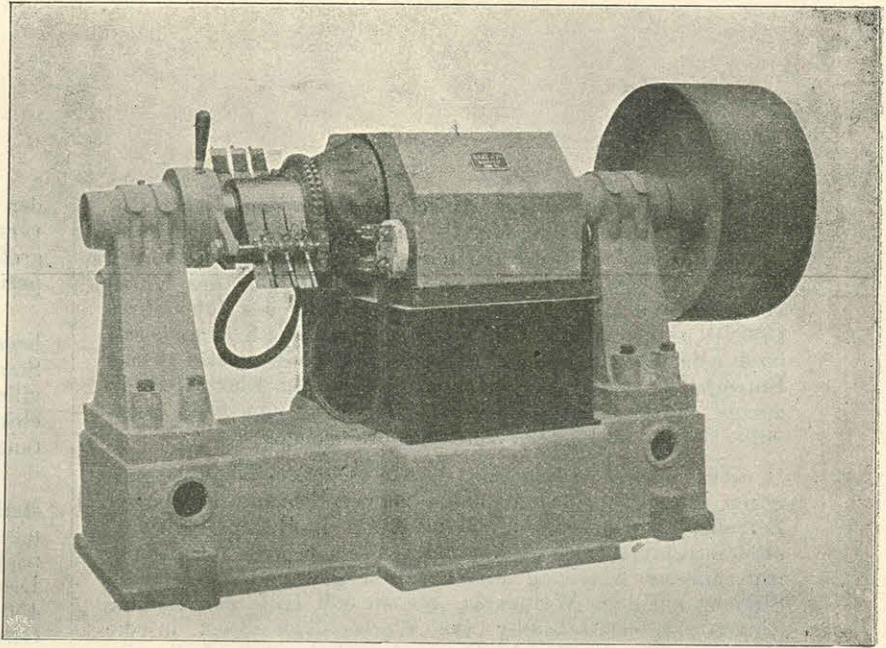


Fig. 2.

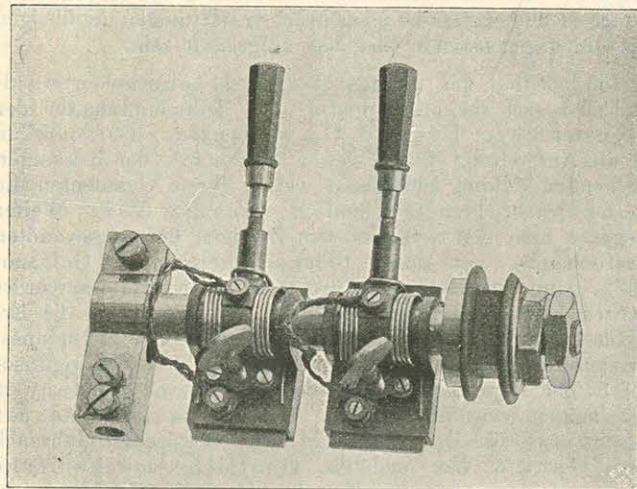


sammengesetzt und unter hydraulischem Druck zusammengepresst. Die mehrfach umklöppelten Ankerdrähte in Pressspaneinlagen sind vollkommen gesichert, Anker- und Magnetspulen der Maschinen mit Spannungen über 100 V mit isolierender Masse imprägniert. Die Kommutatoren, selbst die der kleinsten Ventilatoromotoren, sind ausschließlich mit Glimmerzwischenlagen und Mikanitformstücken gebaut; bei den neueren Maschinen gelangten nur Kommutatoren mit Sektoren aus hartgezogenem Kupfer zur Verwendung. Klemmen und Zuleitungen sind reichlich bemessen, Konstruktionen im »Apparatensstil« möglichst vermieden. Als Stromabnehmer kommen für die 100 voltigen großen Maschinen halbflach aufliegende Drahtgewebe und Kupferdrahtbürsten, für die Hochspannungsmaschinen und 100 voltigen kleinen Formen ausschließlich Kohlenbürsten in Verwendung. Sämtliche Maschinen sind mit Ringschmierung versehen; bei den größeren fallen die reichlich bemessenen Wellen und Lager auf. Die Umlaufzahlen der verschiedenen Formen sind durchgehends niedriger als im allgemeinen für Maschinen derselben Größe gebräuchlich.

Fig. 1 zeigt die Gleichstrommaschine A2, Fig. 2 die Form A5, erstere für eine Leistung von 6600 Watt bei 700 Min.-Umdr., letztere für eine Leistung von 44000 Watt bei 400 Min.-Umdr. Diese Form wird von Ganz & Co. seit dem Jahre 1885 in allen Größen von der Leistung von 1600 Watt (bei 1500 Min.-Umdr.) an bis zu einer Leistung von 44000 Watt für Spannungen von 60 bis 600 V und mit niedrigen Spannungen für elektrolytische Zwecke gebaut. Die Magnetschenkel, welche in der ersten Zeit aus Schmiedeeisen hergestellt wurden, werden nun schon seit Jahren aus Martinstahl gefertigt. Die Magnetspulen sind auf Spulenhalter aus Zinkblech mit Press-

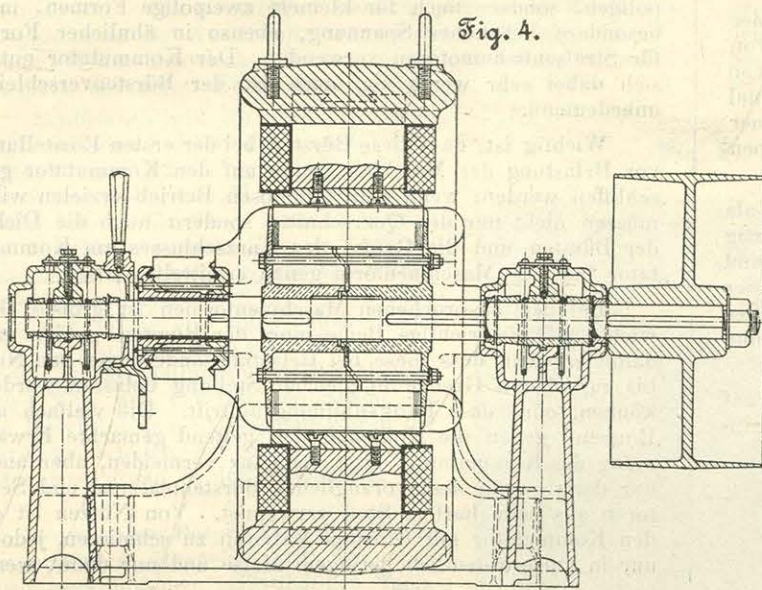
Die Lagerböcke sind auf Zinkrosten montiert, die Maschinen, wie schon erwähnt, mit Ringschmierung versehen. Der Luftweg dieser Maschinen ist verhältnismäßig klein,

Fig. 3.

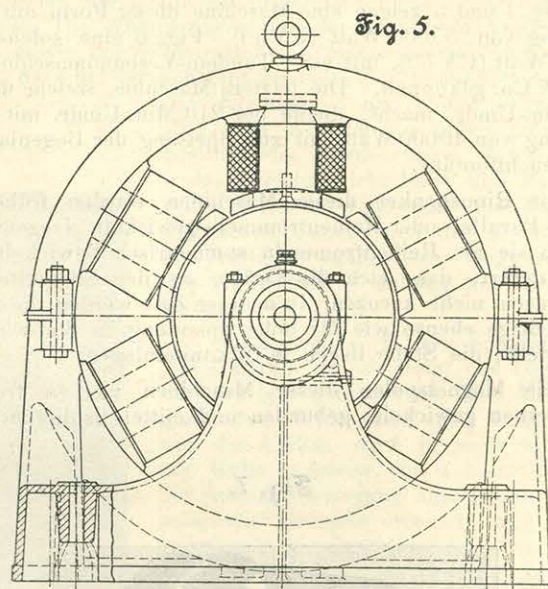


die Ankerrückwirkung und Verzerrung des Magnetfeldes mäßig; die Induktion im mittleren Querschnitt der Magnetschenkel wechselt bei den verschiedenen Formen zwischen 10000 und 11500 C.G.S.-Einheiten.

Die Maschinen werden sowohl als Nebenschlussmaschinen (in den Figuren ist die eine der an der Riemenscheibenseite angebrachten Nebenschlussklemmen genügend deutlich erkennbar) wie als Reihenmaschinen und Verbundmaschinen aus-



Polschuhe bestehen aus Martin-Stahl. Die untere Hälfte des Magnetkranzes ist mit der Grundplatte und den Lagerböcken aus einem Stück gegossen. Die Form ist, obwohl schwerer als die ähnlicher Maschinen aus Martin-Stahl, ungleich ge-



geführt. Die kleineren Formen haben sich in allen drei Schaltungsarten bewährt; die Ausführung der Gröößen über 10000 Watt als Verbundmaschinen war jedoch infolge der magnetischen Verhältnisse und der beengten Wicklungsräume mit Schwierigkeiten verbunden, ein Umstand, der mit dazu beitrug, dass die Firma für Leistungen über 10000 Watt mehrpolige Formen zu bauen begann.

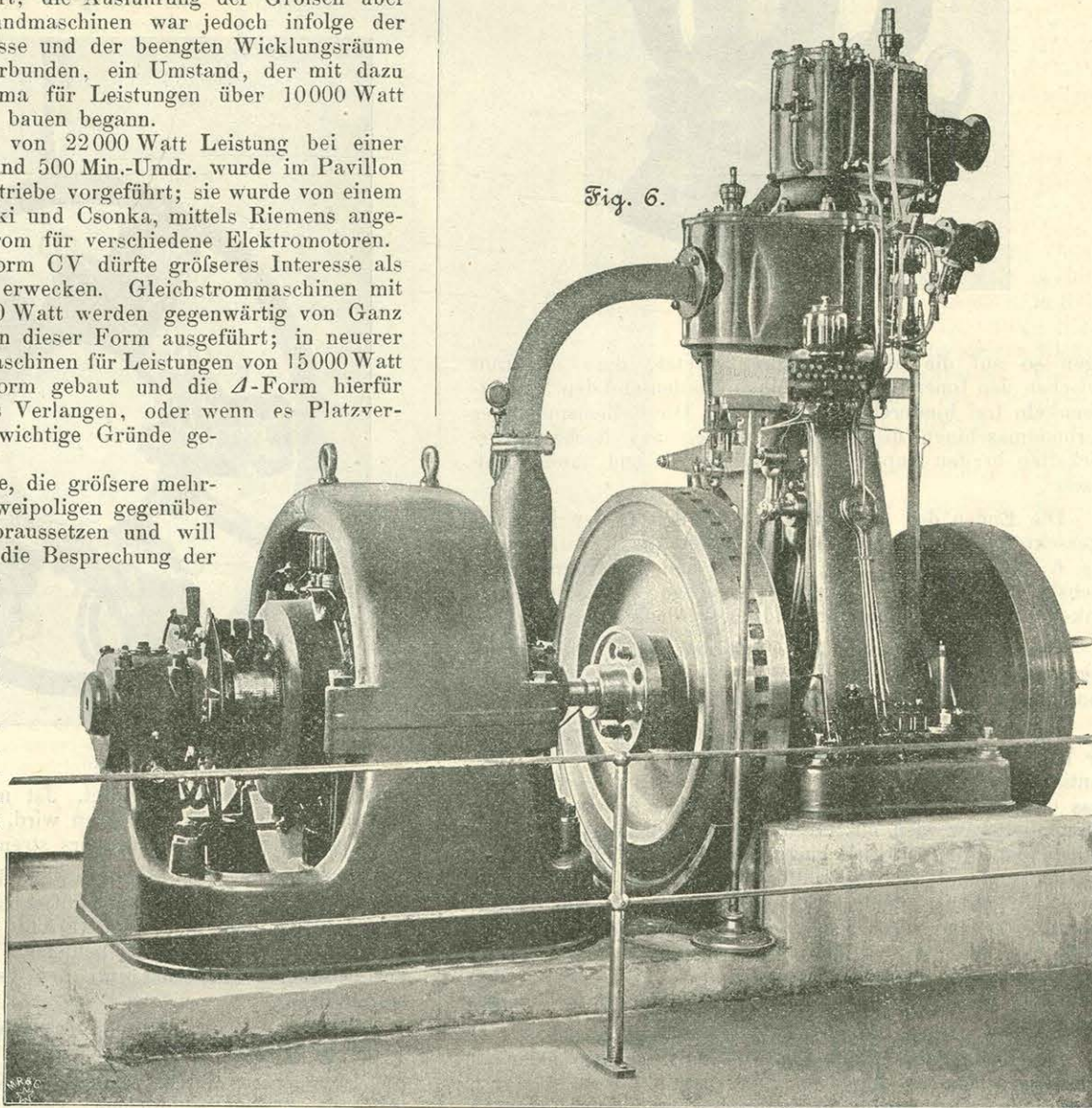
Eine Δ -Maschine von 22000 Watt Leistung bei einer Spannung von 110 V und 500 Min.-Umdr. wurde im Pavillon von Ganz & Co. im Betriebe vorgeführt; sie wurde von einem Gasmotor, Patent Bänki und Csonka, mittels Riemens angetrieben und lieferte Strom für verschiedene Elektromotoren.

Die mehrpolige Form CV dürfte größeres Interesse als die vorherbesprochene erwecken. Gleichstrommaschinen mit Leistungen über 50000 Watt werden gegenwärtig von Ganz & Co. ausschließlich in dieser Form ausgeführt; in neuerer Zeit werden auch die Maschinen für Leistungen von 15000 Watt an aufwärts in CV-Form gebaut und die Δ -Form hierfür nur auf ausdrückliches Verlangen, oder wenn es Platzverhältnisse oder andere wichtige Gründe gebieten, verwendet.

Ich darf die Vorteile, die größere mehrpolige Maschinen den zweipoligen gegenüber bieten, als bekannt voraussetzen und will daher unmittelbar auf die Besprechung der ausgestellten mehrpoligen Maschinen übergehen.

Diese haben sich aus der mehrpoligen Form CA der Firma entwickelt, deren Magnetkranze samt Magnet-schenkeln und angesessenen Polschuhen aus Martin-Stahl hergestellt waren, und die, obschon elektrisch und magnetisch den Anforderungen entsprechend, was die Form und Fabrikation anlangt, noch manches zu wünschen übrig ließen.

Die Form CV besitzt Magnetkranze aus Guss-eisen; die eingegossenen Magnetschenkel und die angeschraubten schiefen



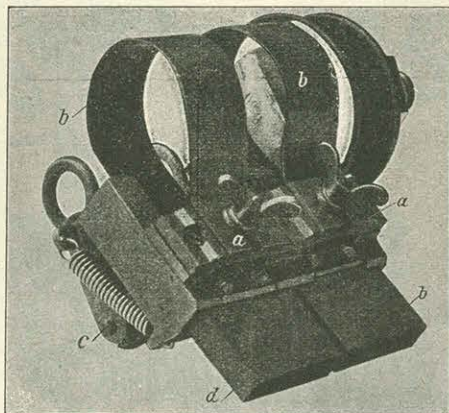
fälliger und billiger herzustellen. Die Maschinen sind mechanisch wie elektrisch reichlich bemessen, ihre Erwärmung mäßig. Sie zeichnen sich durch geringe Ankerrückwirkung aus und laufen mit verhältnismäßig geringer Umlaufzahl.

Fig. 4 und 5 zeigen eine Maschine dieser Form mit einer Leistung von 55000 Watt (CV 50), Fig. 6 eine solche von 66000 Watt (CV 60), mit einer Tandem-Verbundmaschine von Ganz & Co. gekuppelt. Die letztere Maschine, welche normal 450 Min.-Umdr. macht, diente bei 210 Min.-Umdr. mit einer Leistung von 40000 Watt mit zur Speisung der Bogenlampen der Leuchtfantäne.

Die Rinnenanker dieser Maschinen wurden früher als Ringe, Parallel- oder Reihentrommeln gewickelt. Gegenwärtig werden sie als Reihentrommeln symmetrisch bewickelt, und zwar derart, dass sich die Drähte an den Stirnseiten der Armaturen nicht kreuzen. In neuerer Zeit werden die Anker für niedrige ebenso wie für hohe Spannung in Stabwicklung hergestellt; die Stäbe liegen in Mikaniteinlagen.

Die Magnetspulen dieser Maschinen werden frei auf Holzkernen gewickelt, gebunden und mittels isolirender Ein-

Fig. 7.



lagen so auf die Magnetschenkel gesetzt, dass die Luft zwischen den Innenflächen der Magnetspulen und den Magnetschenkeln frei hindurchstreichen kann. Die Reihenspulen der Verbundmaschinen dieser Form werden aus hochkant gewickelten breiten Kupferbändern hergestellt und ähnlich aufgesetzt.

Die Enden der Ankerwicklung werden in den Kommutatorsektoren durch Schrauben festgehalten, die Sektoren selbst aus hartgezogenem Kupfer gefertigt und die Kommutatorbüchsen mit versetzten Öffnungen versehen, sodass der ganze Anker und der Kommutator gelüftet werden.

Die Maschinen unter 300 V werden mit halbflach aufliegenden Bürsten, wie in Fig. 3, ausgerüstet; Maschinen für Spannungen von 300 V an erhalten Kohlenbürsten.

Fig. 7 zeigt den vollständig zugerichteten Bürstenhalter für Kohlenbürsten, der aus einem Doppelgehäuse mit vierkantigem gekröpftem Ansatz und Schraubenspindel aus Gelbguss besteht. (Der Ansatz ist in der Figur verdeckt.) Die Bürstenhalter werden mit ihren vierkantigen Ansätzen in die Gabeln der Bürstenbrillen eingesetzt und durch Muttern festgehalten. Fig. 8 stellt eine Bürstenbrille mit 6 Gabeln dar (zwei Gabeln *gg* ohne Bürstenhalter), welche mit Ebonitplatten *ee* belegt sind. Zur Feststellung der Brille dient der Griff *f*. Die Bürsten gleichen Potentials werden durch die Kupferringe *r* verbunden; an diese sind die zu den Klemmen der Maschine führenden Zuleitungskabel angeschlossen.

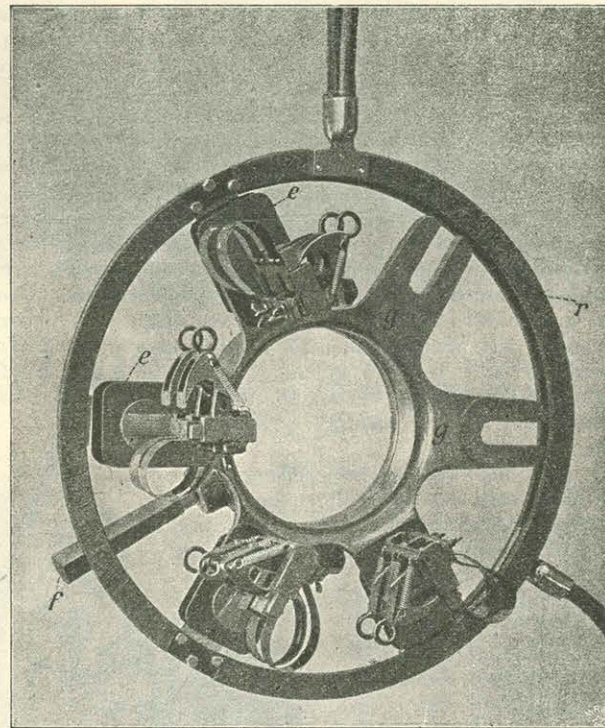
Die Kohlenbürsten *dd*, Fig. 7, werden vermittels der um drehbaren Daumen durch Spiralfedern an die Kommutatoren angedrückt. Der Strom wird durch die Kupferbänder *bb*

fortgeleitet, welche einerseits mit den auf den Bürsten sitzenden Klemmen, andererseits bei *aa* mit dem Bürstengehäuse in leitender Verbindung stehen. Diese Kohlenbürsten, welche sich vorzüglich bewährt haben, werden nicht nur für die mehrpoligen, sondern auch für kleinere zweipolige Formen, insbesondere bei hoher Spannung, ebenso in ähnlicher Form für Straßenbahnmotoren verwendet. Der Kommutator nutzt sich dabei sehr wenig ab, auch ist der Bürstenverschleiß unbedeutend.

Wichtig ist, dass diese Bürsten bei der ersten Einstellung vor Belastung der Maschine genau auf den Kommutator geschliffen werden; wenn man tadellosen Betrieb erzielen will, müssen nicht nur der Querschnitt, sondern auch die Dicke der Bürsten und die Größe des Kurzschlusses am Kommutator für jede Maschinenform genau ermittelt werden.

Bei den besprochenen Maschinenformen ist großes Gewicht auf die richtige Bemessung der Bürsten gelegt und damit erreicht, dass diese bei Belastungsänderungen von Null bis zur oberen Grenze in gleicher Stellung belassen werden können, ohne dass Funkenbildung auftritt. Die vielfach als Einwand gegen die Kohlenbürsten geltend gemachte Erwärmung des Kommutators lässt sich ganz vermeiden, aber auch nur dann, wenn man vorzügliches Bürstenmaterial und Sektoren aus sehr hartem Stoff verwendet. Von Nutzen ist es, den Kommutator mit feinstem Valvolin zu schmieren, jedoch nur in außerordentlich geringem Maße und nur dann, wenn

Fig. 8.



peinliche Reinlichkeit obwaltet. Ist man nicht sicher, dass letzterer Bedingung entsprochen wird, so ist es zweckmäßig, das Schmieren des Kommutators streng zu untersagen.

Bezeichnend für die praktische Bedeutung der Kohlenbürsten ist das Beispiel der Straßenbahnzentrale in Pozsony, wo sich an den Maschinen (CA 60) gegenwärtig noch diejenigen Bürsten im Betrieb befinden, die der Verfasser vor der Eröffnung im Monat Juli des vergangenen Jahres einsetzen ließ.

Die Form CV wird von Ganz & Co. gegenwärtig von 15000 Watt (CV 15) bis zu 220000 Watt (CV 200) gebaut. Sie ist auch in einigen Fällen, mit entsprechend bewickelter Armatur und Schleifringen versehen, als Wechselstrom-

oder Dreiphasenstromgenerator oder als Generator zur gleichzeitigen Abgabe von Wechselstrom und Gleichstrom verwendet¹⁾.

Der Umformer in der elektrischen Pumpstation der Ausstellung (CU) von 20000 Watt Leistung, der, an die Wechselstromzentrale der Ausstellung angeschlossen, für die Akkumulatoren der elektrischen Boote Gleichstrom lieferte, hat sich ebenfalls aus der C-Form entwickelt²⁾.

Schließlich will ich noch erwähnen, dass sich die Formen CA und CV bereits in verschiedenen größeren Anlagen für Strafsenbahn- und Motorenbetrieb bewährt haben; für diese Zwecke werden die Maschinen ausnahmslos als Verbundmaschinen gewickelt. In der Ausstellung lieferten zwei Maschinen CV 50 mit einer Betriebsspannung von 330 V abwechselnd oder im Parallelbetrieb den Strom für die elektrische Ausstellungsbahn, zwei Maschinen CV 60 und CV 100 den Strom für die Leuchtfantäne. Außerdem waren die Erregermaschinen der großen Wechselstromgeneratoren in der Ausstellung von dieser Form.

Bevor ich zur Besprechung der Gleichstrommotoren übergehe, will ich mich noch kurz mit dem selbstthätigen Spannungsregler für Gleichstrommaschinen, Patent Bláthy, befassen, welchen Ganz & Co. in allen Anlagen verwenden und auch in der Ausstellung in ihrem Pavillon im Betrieb vorführten.

Fig. 9 stellt diesen Apparat dar. Die Spannung wird mittels des zwischen den Klemmen *b* und *c* befindlichen, mit den Nebenschlusspulen in Reihe geschalteten Rheostaten geregelt. Die Unterabteilungen dieses Widerstandes werden nach einander kurzgeschlossen, wenn das eiserne Gefäß *a* gehoben wird und die zu jenen Unterabteilungen führenden Eisenstäbchen nach einander in das darin enthaltene Quecksilber tauchen. Das Gefäß *a* wird von einem in der Spule *s* in Rollenführungen gleitenden Eisenkern getragen, das ge-

¹⁾ Ein lehrreiches Beispiel für letztere Anwendung bietet unter anderem die Altofner Schiffswerft der k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft, deren sämtliche Arbeitsmaschinen, Aufzüge, Dockpumpen usw. von Dreiphasen- und Gleichstrommotoren getrieben werden. Den Dreiphasenstrom sowie den Gleichstrom für Beleuchtung und Arbeitsübertragung liefern zwei Maschinen von je 220000 Watt und eine solche von 110000 Watt Leistung.

²⁾ Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf eine Stelle des Vortrages von Eickenrodt in der Versammlung der Institution of Naval Architects in Berlin über Gegenwart und Zukunft der Elektrotechnik auf Kriegsschiffen (Z. 1896 S. 802) zurückkommen. Der Vortragende weist dort sehr richtig auf jene Umstände hin, die die Anwendung von Ein- oder Dreiphasenströmen wünschen lassen, betont jedoch die Uebelstände, welche aus der Notwendigkeit verschiedener Primärmaschinen an Bord der Schlachtschiffe erwachsen würden. Die oben erwähnten Generatoren für gleichzeitige Abgabe von Dreiphasen- und Gleichstrom — übrigens eine sattsam bekannte Anordnung — schliessen solche Uebelstände vollständig aus. Die österr.-ung. Kriegsmarine richtet bereits ihre neuen Küstenverteidiger »Monarch«, »Wien« und »Budapest« mit derartigen Generatoren ein (6 polige Form CM45 von Ganz & Co. mit einer Leistung von 45000 Watt bei 320 Min.-Umdr. und 100 V (Gleichstrom) und 62 V (Drehstrom) Betriebspannung). Jedes Schiff erhält 6 solche Generatoren; sämtliche größeren Ventilatoren werden von Dreiphasenmotoren, die übrigen Apparate von Gleichstrommotoren getrieben, die Beleuchtung mit Gleichstrom gespeist.

samte bewegliche System durch den Auftrieb des im Gefäß *f* befindlichen, in Wasser tauchenden Schwimmers in Schwebelage erhalten. Die Spule *s* ist samt Vorschaltwiderstand mit den Klemmen *d* und *e* an jene zwei Punkte des Gleichstromnetzes geschlossen, deren Potenzialdifferenz konstant gehalten werden soll. Die Abmessungen und die Ampère-Windungen der Spule sowie der Widerstand des Spulenkreises sind so gewählt, dass bei der konstant zu haltenden Spannung zwischen den Klemmen *d* und *e* der magnetische Zug dem Auftrieb in jeder möglichen Stellung des Kernes bzw. des Gefäßes *a* das Gleichgewicht hält; dies kann erreicht werden, wenn man die den verschiedenen Tauchungen des Eisenkernes entsprechende magnetische Zugkurve mit der Auftriebskurve nahezu zur Deckung bringt.

Sinkt nun z. B. die Spannung an den Punkten *de*, so steigt das Gefäß *a*, der in den Erregerkreis der Maschine geschaltete Widerstand wird vermindert, und das Gefäß wird in jener Stellung zur Ruhe kommen, in welcher die bei der Aufwärtsbewegung ansteigende Spannung die normale erreicht, und umgekehrt.

Der Apparat lässt an Einfachheit nichts zu wünschen übrig und erfreut sich wohlverdienter Anerkennung.

Die Formen CV, CA und *A* werden ohne weitere Änderungen auch als Motoren verwendet. Vermöge ihrer Gestaltung lassen sie sich leicht verschiedenen Konstruktionen anpassen.

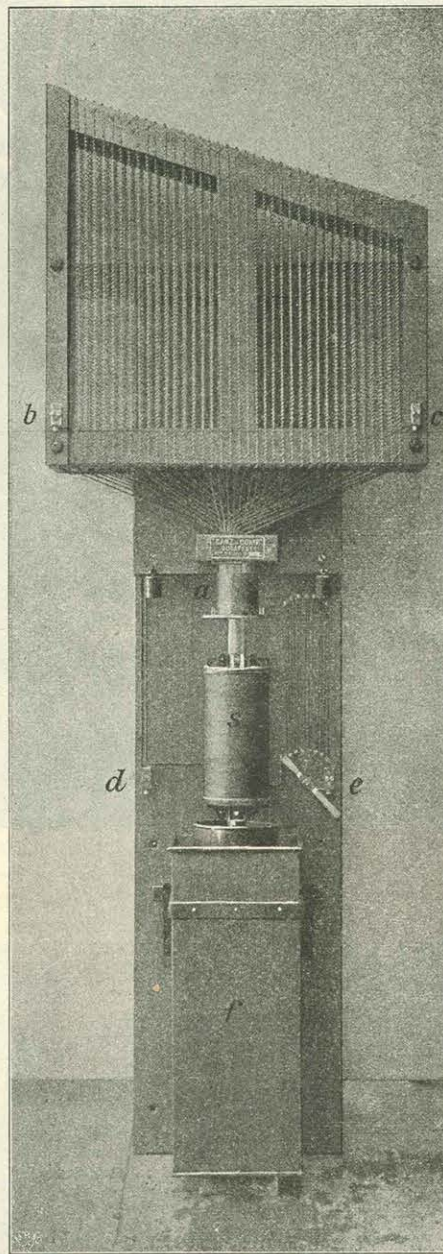
In der Ausstellung begegneten wir solchen Motoren in mehreren Abteilungen. So wurde z. B. eine Pumpstation von vier Gleichstrommotoren der Form *A* (von je 22000 Watt bei 110 V und 500 Min.-Umdr.) getrieben; die Armaturen von je zwei dieser Nebenschlussmaschinen waren in Reihe geschaltet und an das 220 voltige Stadtnetz der Budapester Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft angeschlossen. Von diesem Netz wurde auch der Gleichstrommotor CA 20 gespeist, der mit 20000 Watt die Haspel für den Fesselballon der militärischen Luftschifferabteilung antrieb.

An diesem Motor befand sich auch eine elektrische Bremse, um die Aufstiegeschwindigkeit des Ballons zu regeln. Der zum Anlassen und zur Regulierung dienende Widerstand bildete in der Bremschaltung, wenn der Ballon aufstieg, mit Armatur und Magneten des nun vom Ballon als Primärmaschine getriebenen Motors einen geschlossenen Stromkreis, und die Bremswirkung des in diesem Kreise erregten Stromes kam zur Geltung.

In der Ausstellung der Maschinenfabrik der k. ung. Staatsbahnen befand sich ein Motor CA 20, der zum Antrieb einer Dreschmaschine diente. Im Pavillon von Ganz & Co. wurde eine transportable Bohrvorrichtung, betrieben durch einen Motor der Form *A*, vorgeführt, Fig. 10, die in ungarischen Maschinenfabriken allgemein verbreitet ist. Am gleichen Orte wurde eine größere Pumpe von einem 11000 Watt-Motor, Form *A*, mittels Zahnradübersetzung angetrieben, Fig. 11.

Für Leistungen von $\frac{1}{2}$ bis 3 PS wird gewöhnlich die vierpolige Form V mit Magneten aus dünnen Blechen als Nebenschluss- oder Reihenmotor benutzt. Diese Form wird, entsprechend bewickelt, als Wechselstrom-Reihenmotor ver-

Fig. 9.



verwendet, und ich werde mich bei Erörterung dieser Maschinen nochmals damit befassen.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung der geschlossenen vierpoligen Motorform T über, die vom Standpunkte sowohl des Konstrukteurs als des Elektrikers als vorzüglich gelungen bezeichnet werden muss.

Diese Form wird überall dort verwendet, wo schwierige Betriebsverhältnisse, Staub, Nässe usw. eine geschlossene Form anzuwenden gebieten, oder aber, wenn vom Motor ein verhältnismäßig großes Anlaufmoment gefordert wird, also für Lokomotiven, Motorwagen, Krane, Deckmotoren usw.

Fig. 12 stellt einen 16 pferdigen Motor T 15 in der Aufsicht dar, Fig. 13 zeigt ihn ohne Oberteil, Fig. 14 giebt einen Querschnitt und Fig. 15 eine Abbildung mit geöffnetem Deckel, sodass man einen der Bürstenhalter erkennen kann.

Der zweiteilige Mantel und die Magnetschenkel werden aus Martinstahl, der Rinnenanker aus 0,5 mm starkem weichem Eisenblech mit dünnen Papierzwischenlagen hergestellt. Die Anker werden als Ringanker gewickelt, und zwar als Reihen-Ringanker (auf zwei Bürsten) für Spannungen von 300 V und darüber und als Parallel-Ringanker (auf vier Bürsten) für Spannungen von 100 V.

Diese Motoren machen bei normaler Belastung und der entsprechenden Spannung

Fig. 10.

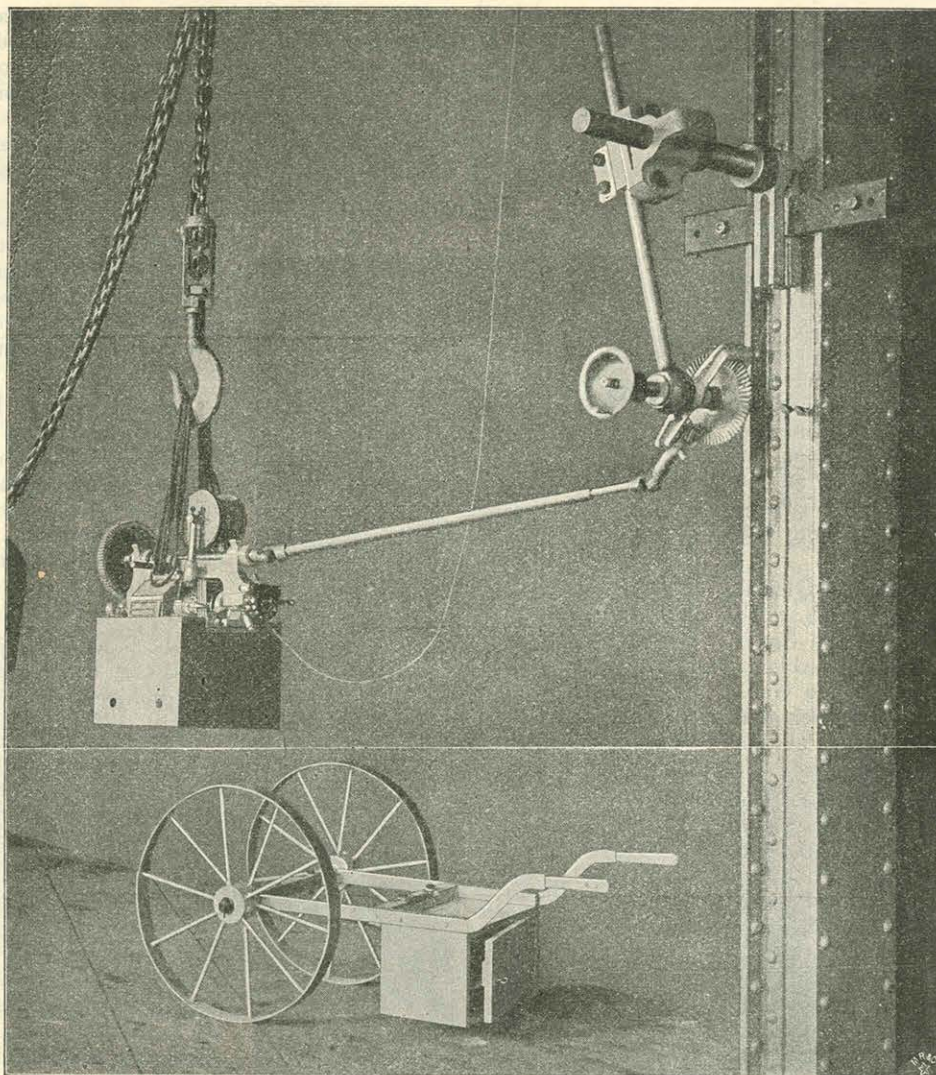
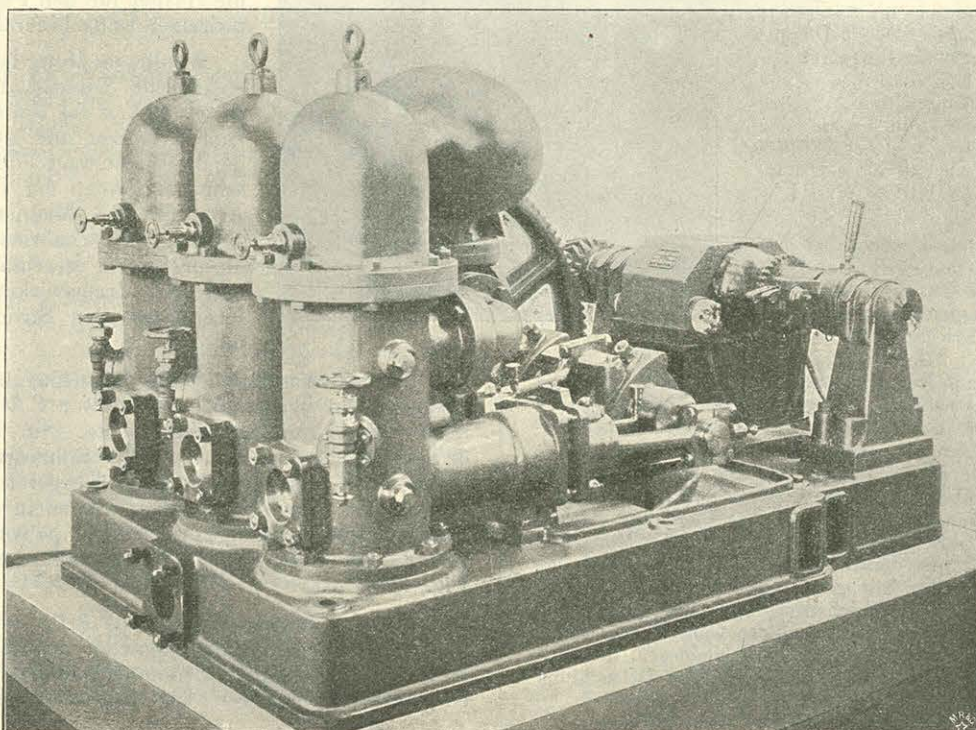


Fig. 11.



400 bis 500 Min.-Umdr. Die Induktion in den Motoren ist verhältnismäßig hoch, sodass die einer gegebenen Belastung entsprechende Umlaufzahl auch durch Einschalten eines Nebenschlusses in die Magnetspulen erhöht werden kann.

Der in Fig. 12 bis 15 dargestellte Motor wird zu zweien in Reihen-Parallelschaltung an Motorwagen für Bahnen mit größeren Steigungen, ebenso auch einzeln, verwendet. Er kann nach unten freigelegt werden, sodass nötigenfalls der Anker im Schuppen rasch ausgetauscht werden kann, was bei Straßenbahnanlagen von großer Wichtigkeit ist.

Die Motoren besitzen Kohlenbürsten, deren Halter den bereits geschilderten (Fig. 8) ähnlich sind. Der vierkantige Fortsatz des Bürstenhalters sitzt in einer isolierenden Holzhülse, die genau in die entsprechenden Aussparungen des Motormantels passt. Ueber die Kabelanschlussstellen werden imprägnierte festschließende Hartholzhülsen gezogen.

Die Motoren vertragen minutenlang andauernde Ueberschreitungen von 50 pCt der normalen Belastung. Ihr Nutzeffekt entspricht allen Anforderungen; so ergaben die vom Verfasser vorgenommenen Messungen für die 500 voltigen Motoren T 15 bei 16 PS. Belastung im mittel 78 bis 80 pCt, für die 500-voltigen Motoren T 20 bei 21 PS. Belastung im mittel 83 bis 84 pCt Nutzeffekt. Fig. 16

Fig. 12.

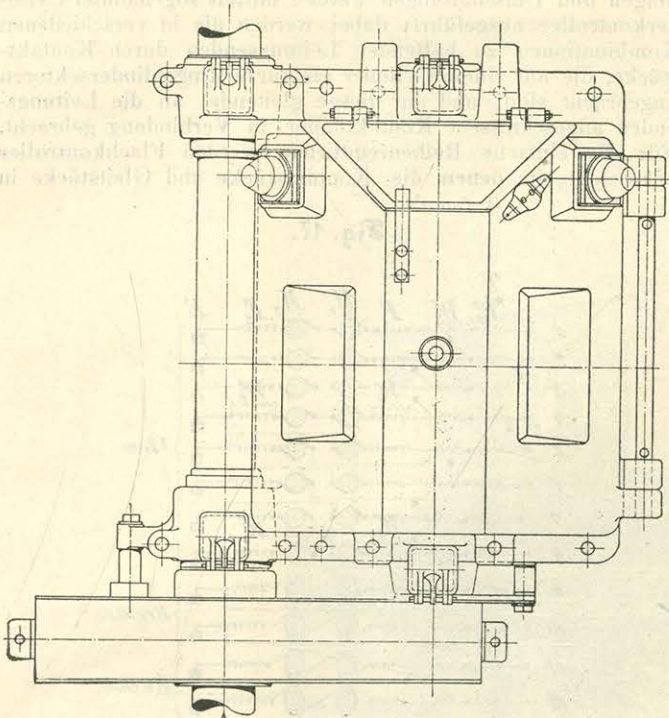
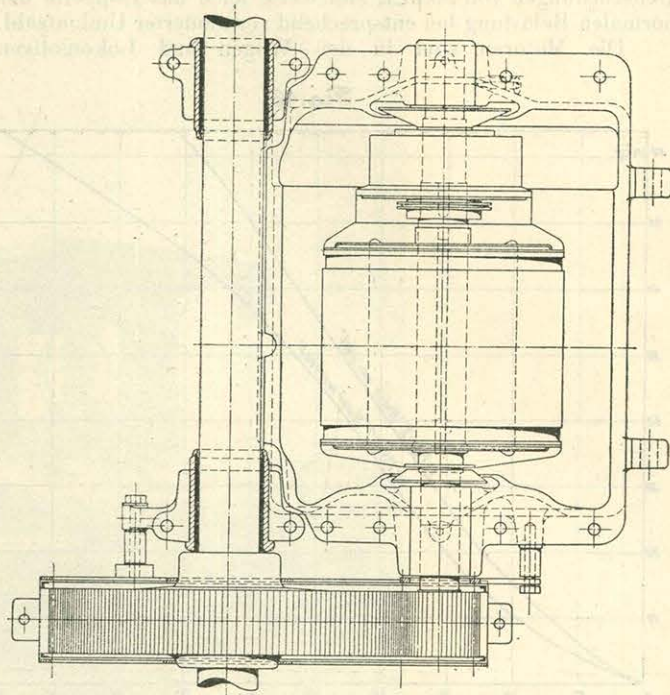


Fig. 13.



giebt die Drehmomentkurven für die 400- und 500 voltigen 16 PS-Motoren T 15 wieder, die bei diesen Versuchen erhalten wurden.

Die T-Form wird von Ganz & Co. für Bahnanlagen ausschließlich angewendet; ich werde bei Besprechung der Bahnanlagen darauf zurückkommen.

2) Bahnanlagen.

Budapest besitzt unter allen europäischen Städten das ausgedehnteste elektrische Straßenbahnnetz. Gegenwärtig werden die gesamten Pferdebahnlagen der Budapest-er Tramway-A.-G. auf elektrischen Betrieb umgestaltet; die Linien rechts der Donau und die Linie Leopoldring-Neupest am linken Ufer sind bereits im Betrieb, und zwar mit Luftleitung und Schienenrückleitung. Diese Linien sowie die der Untergrundbahn und der Elektrischen Stadtbahn-Gesellschaft sind von der Firma Siemens & Halske eingerichtet, die sich durch Erbauung der ersten Versuchslinie mit Kanalleitung um die Entwicklung des elektrischen Straßenbahnnetzes in Budapest verdient gemacht hat.

Besonderes Interesse bietet die normalspurige elektrische Bahnanlage Budapest-Neupest-Rákospalota, die von Ganz & Co. eingerichtet worden ist (Luftleitung und Rollenkontakt); wir finden hier nämlich Personen-, Gepäck- und Frachtbeförderung, letztere im Anschluss an die Linien der ungarischen Staatsbahn. Die Perso-

Fig. 14.

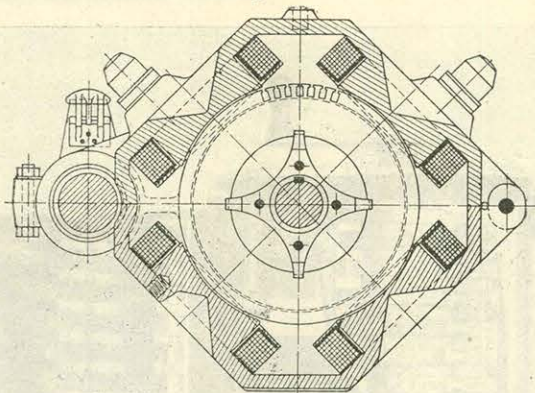
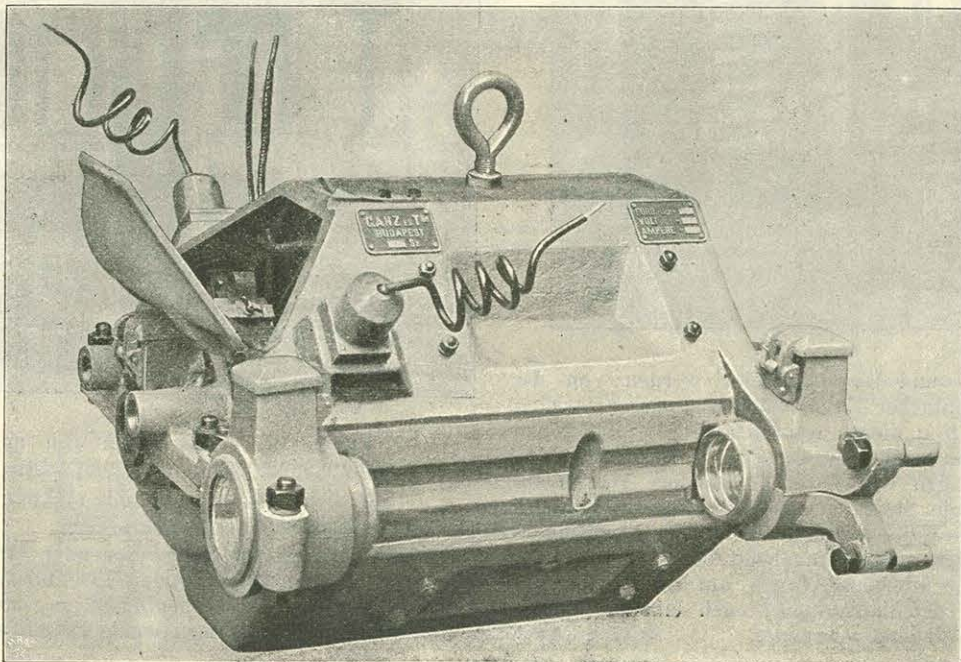


Fig. 15.



nenbeförderung erfolgt durch Motorwagen, die Frachtbeförderung durch elektrische Lokomotiven und Züge.

Im Pavillon von Ganz & Co. war eine Sammelausstellung der bei dieser sowie bei anderen Anlagen verwendeten Fahrmittel, Motoren, Regulirvorrichtungen und Leitungsmaterialien vorgeführt.

Ich habe bereits im vorhergehenden Abschnitt bei Besprechung der Motoren T erwähnt, dass diese Form in erster Linie für Bahnzwecke geschaffen wurde. Diese Motoren werden für

normale Leistungen von 8 PS an (bei 400 bis 500 Min.-Umdr.) gebaut und vertragen, wie schon erwähnt, auf kurze Zeit Ueberlastungen von 50 pCt, stofsweise auch das Doppelte der normalen Belastung bei entsprechend verminderter Umlaufzahl. Die Motoren sind in den Wagen und Lokomotiven

Fig. 16.

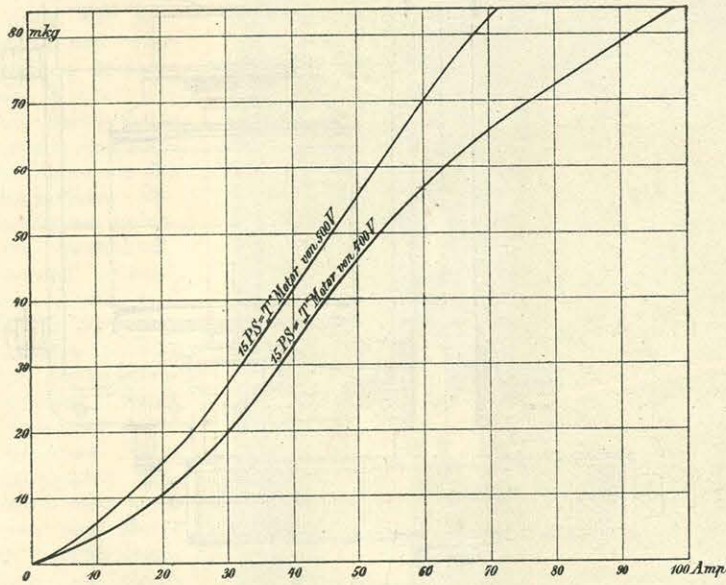
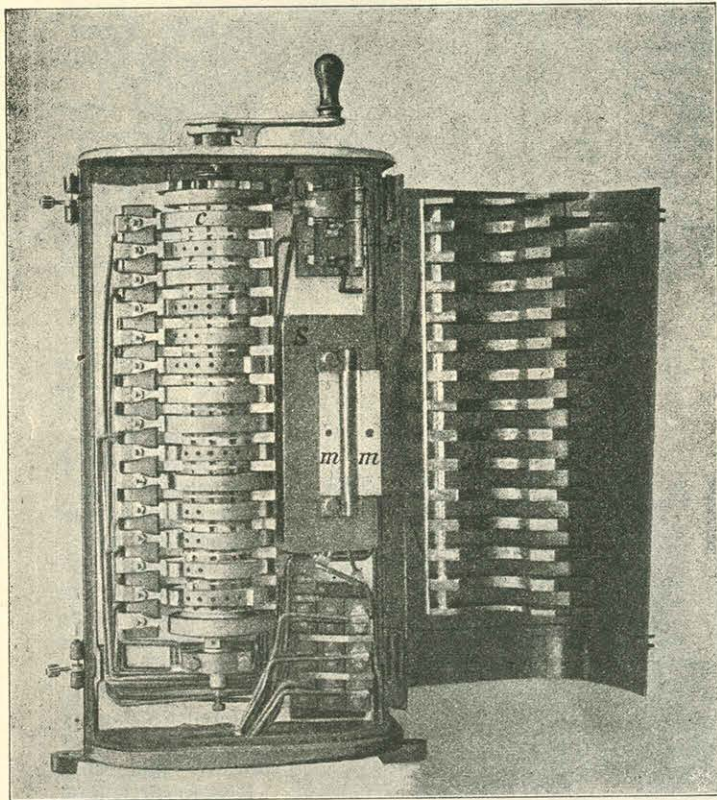


Fig. 18.



elastisch aufgehängt, und die Laufräder werden von der Motorwelle mittels Zahnradübertragung angetrieben (Uebersetzung $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$); hierzu werden ausschliesslich genau gefräste Zahnräder verwendet.

Für grössere Wagen wie auch für kleinere Wagen auf Bahnen mit erheblichen Steigungen werden je zwei Motoren benutzt, die in diesem Falle ausschliesslich nach dem Reihenparallelsystem, das ich später eingehend besprechen werde, reguliert werden. Für kleinere Wagen auf Linien mit geringen Steigungen werden die Motoren auch einzeln (also je ein Motor für einen Wagen) verwendet.

Die bei der Reihen-Parallelregulierung erforderlichen Schaltungen und Umschaltungen werden mittels sogenannter Cylinderkontroller ausgeführt; dabei werden die in verschiedenen Kombinationen zu haltenden Leitungsenden durch Kontaktstücke, die auf einem Cylinder als kurze Ringcylindersektoren angebracht sind, und auf die-e-n gleitende, an die Leitungsenden angeschlossene Kontaktfinger in Verbindung gebracht. Für die einfache Reihenregulierung werden Flachkontroller verwendet, in denen die Kontaktstücke und Gleitstücke in

Fig. 17.

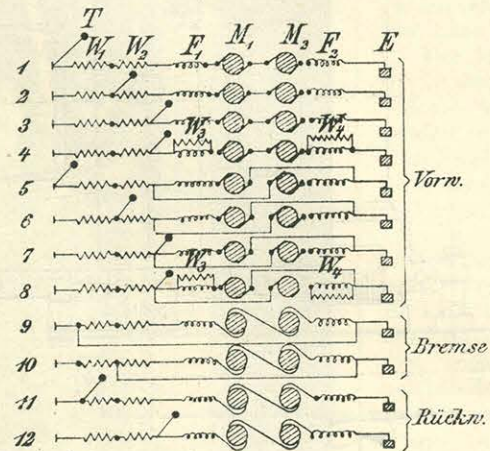
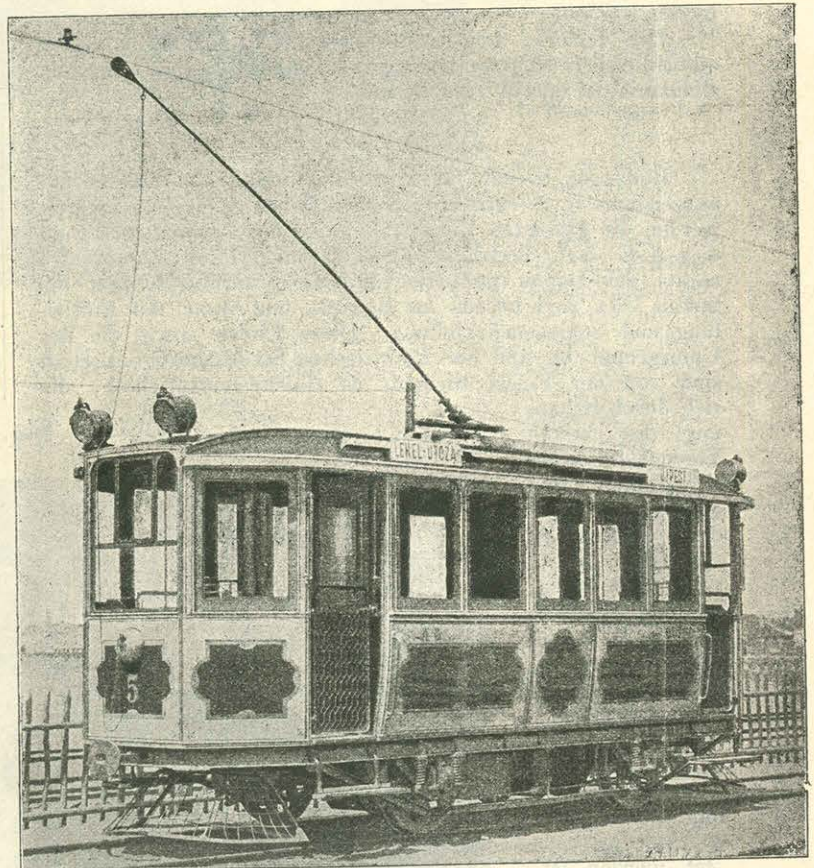


Fig. 19.



einer Fläche als Kreisringsektoren angeordnet sind. Die Schaltköpfe sind alle mit magnetischen Ausbläsern versehen.

Sämtliche Wagen sind mit elektrischen und mit mechanischen Bremsen ausgestattet.

Die zur Regulierung dienenden Widerstände sind aus mäanderförmig ausgestanzten Eisenblechen von quadratischer Form mit Asbestzwischenlagen hergestellt und wasserdicht imprägniert. Sie nehmen wenig Raum ein und sind so be-

Fig. 20.

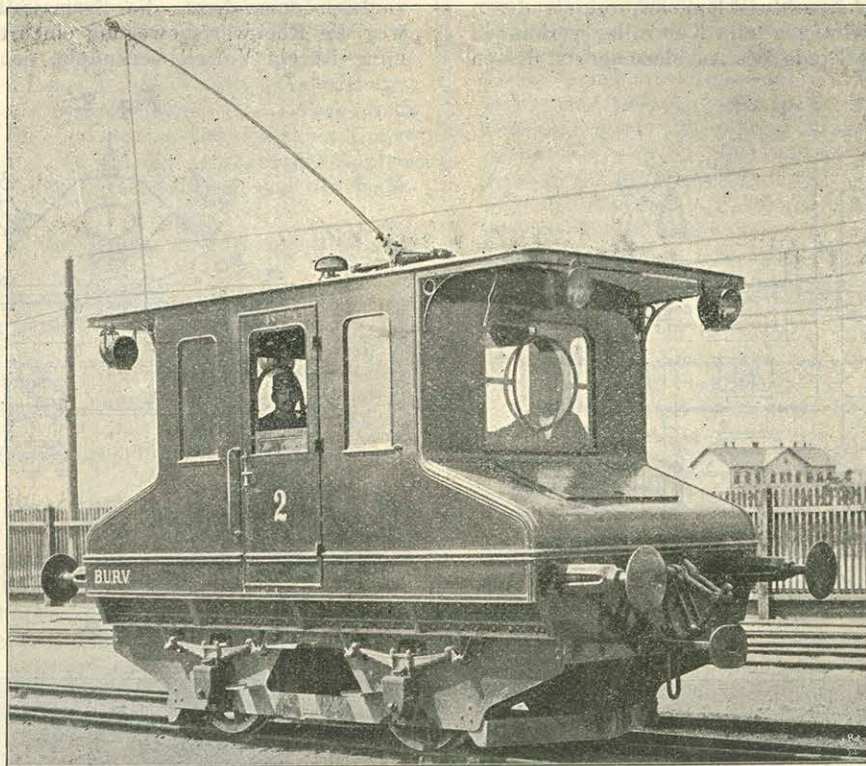


Fig. 21.

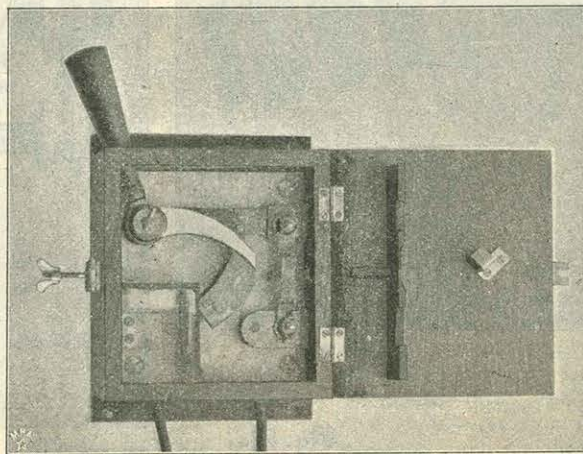


Fig. 22.

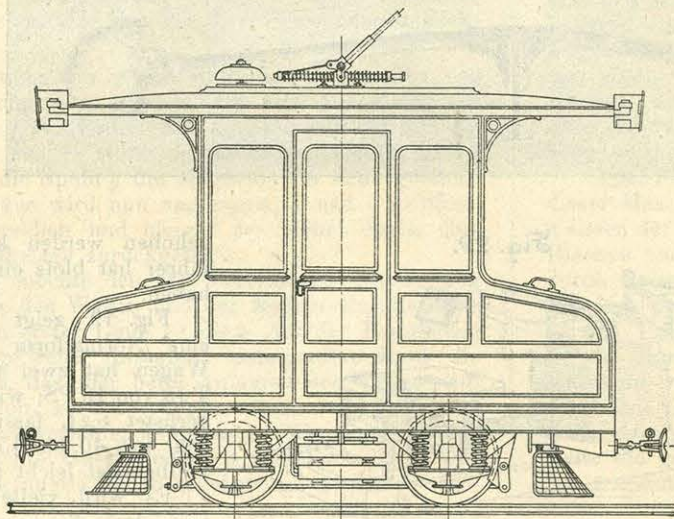
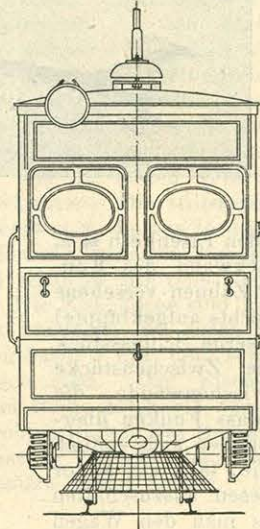


Fig. 23.



messen, dass sie die bei den verschiedenen Regulierungsphasen möglichen Ströme dauernd ohne Schaden vertragen können. Fig. 17 zeigt in schematischer Darstellung die verschiedenen Phasen der Reihenregulierung, wie sie von Ganz & Co. ausgeführt wird und z. B. bei der Ausstellungsbahn und den im Pavillon ausgestellten Wagen vorhanden war. Es gelangen zwei in Reihe geschaltete Widerstände W_1 und W_2 , außerdem die Widerstände W_3 und W_4 zur Verwendung; letztere werden dadurch, dass sie etwa 30 pCt des durch den Anker laufenden Stromes aufnehmen, dazu benutzt, um auf ebenen

Bahnstrecken durch Schwächung der Magnetisirung die Umlaufzahl des Motors, also die Fahrgeschwindigkeit, zu erhöhen. Zwischen den Stellungen 4 und 5 befinden sich noch zwei im Schema nicht angegebene Stellungen, die zum Verständnis der Regulierung nicht notwendig sind und zum Uebergange von der Reihen- zur Parallelschaltung dienen. Die Stellungen 9 und 10 zeigen die Schaltung zur Bremsung, die Stellungen 11 und 12 die Schaltung für Rückwärtsbewegung zur Verhütung von Unfällen usw. Fig. 18 stellt einen zur Reihen-Parallelregulierung dienenden Cylinderkontroller mit aufge-

klapptem Deckel dar. Links sind die übereinander angeordneten Kontaktfinger sowie die Cylindersegmente deutlich erkennbar, rechts unten die Anschlussklemmen, mittels deren die Kontaktfinger und Zuleitungen zum Kontrollmagnet verbunden sind. Bei *S* sieht man die Spule des Ausblasmagnets, dessen

mit dem anderen Motor in den Schuppen bringen kann.

Der Kontrollmagnet wird mittels der Kurbel gestellt, die zugleich dazu dient, die Bremsstellung und über diese hinweg die Rückwärtsbewegung einzustellen. Mit dieser Anordnung ist ein Vorteil verknüpft, der nicht genügend hervor-

Fig. 24.

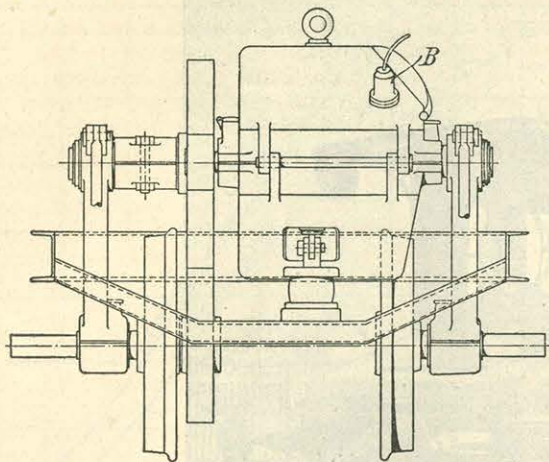


Fig. 25.

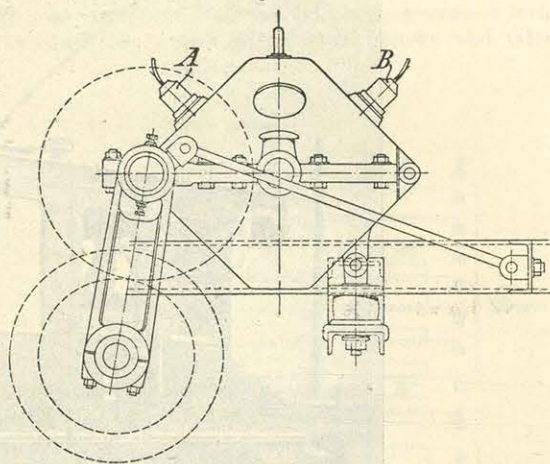


Fig. 26.

Fig. 27.

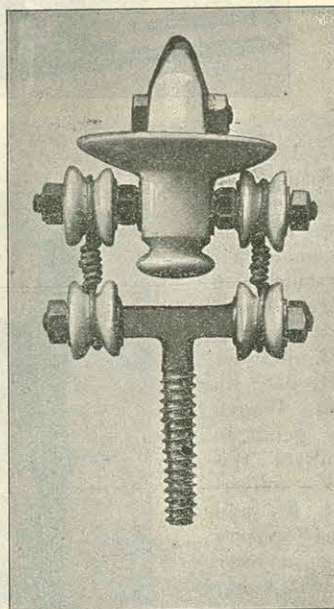
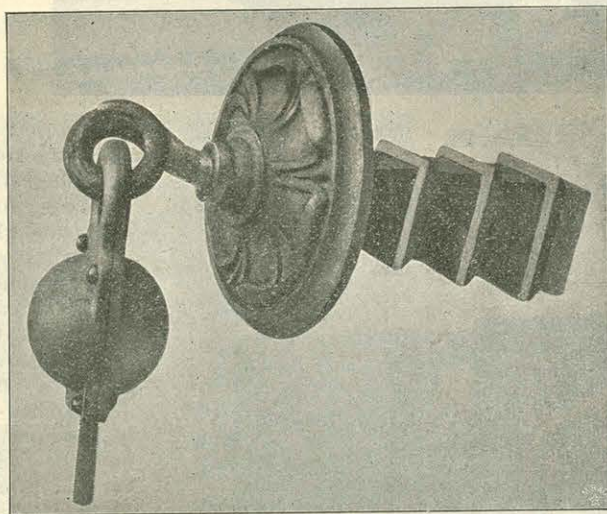


Fig. 28.

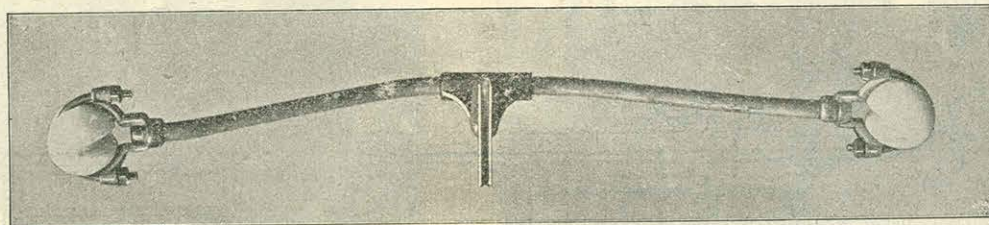
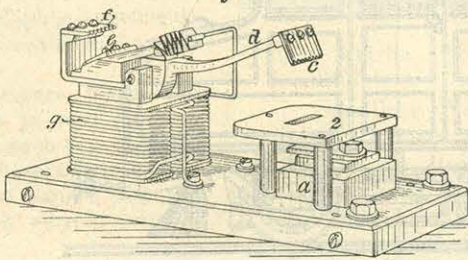


Fig. 29.



Magnetkreis durch den Eisenkern *m m*, die gusseiserne Rückwand des Kontrollers und das mit Zähnen versehene (in der Figur nach rechts aufgeklappte) schaufelartige gusseiserne Schlußstück gebildet wird. Die Zwischenstücke sind isolierende Zwischenwände, die verhindern sollen, dass Funken überschlagen. Bei *k* befinden sich endlich zwei Umschalter, die, falls ein Motor schadhaf wird, diesen auszuschalten ermöglichen, sodass man den Wagen

gehoben werden kann: der Wagenführer hat bloß einen Griff zu handhaben.

Fig. 19 zeigt den Motorwagen, eine Normalform der Firma. Der Wagen hat zwei 400 voltige Motoren T 15 von 16 PS, wiegt vollständig ausgerüstet 6,2 t, fasst 38 Personen und geht mit 40 bis 45 Amp Anlaufstrom vollbelastet leicht an.

Es wird vielleicht von Interesse sein, dass die genau gleichen Wagen

der erwähnten Budapest-Neupest-Rákospalotaer Bahn bei der behördlichen Wagenprobe mit einer größten Geschwindigkeit von 45 km/Std. fahren, und dass die größte Geschwindigkeit im fahrplanmäßigen Betrieb 30 km/Std. beträgt.

Fig. 20 zeigt die ausgestellte elektrische Lokomotive, die ebenfalls mit Motoren der Form T und denselben Ausrüstungsgegenständen wie die Motorwagen versehen ist. Lokomotiven dieser und ähnlicher Form sind bereits auf mehreren Linien im Lande im Betrieb, so z. B. auf der Grubenbahn Baglyasalja, der elektrischen Bahn Maros-Szlatina und der Budapest-Rákospalotaer Bahn.

Fig. 21 stellt den in die Wagen und Lokomotiven eingebauten Notausschalter dar.

Die Lokomotiven der elektrischen Ausstellungsbahn, die durch ihre gefällige Form und Leichtigkeit allgemeines Gefallen erweckten, waren mit je zwei 300 voltigen Motoren T 8 von 8 PS ausgerüstet und mit Reihen-Parallelregulierung versehen. Die Aufhängung der Motoren sowie überhaupt die gesamte Konstruktion erforderte mit Rücksicht auf die geringe Spurweite der Ausstellungsbahn — 60 cm — eingehendes Studium.

Fig. 22 und 23 stellen diese kleine Lokomotive dar, Fig. 24 und 25 die Aufhängung der Motoren am Untergestell. Die Laufradachsen werden mittels einfacher Zahnradübertragung (Uebersetzung 1:4,7) angetrieben.

Die Lokomotiven haben ein Gewicht von 4,5 t; sie ziehen gewöhnlich drei bis vier offene Personenwagen von 1,2 t Gewicht für je 20 Personen und fahren mit 40 Amp Anlaufstrom leicht an.

Die Ausstellungsbahn, welche mit zwei Gleisen die Ausstellungs-Ringstraße entlang lief, wurde von zwei Lokomotiven und 6 bis 8 Wagen der geschilderten Form den ganzen Tag über befahren. Die Lokomotiven waren seit Eröffnung der Ausstellung fortwährend im Betrieb; den erforderlichen Strom (300 bis 330 V Betriebsspannung lieferte je eine Maschine von einer normalen Leistungsfähigkeit von 33000 Watt (bei 250 Min.-Umdr.). Der Strom wurde — wie bisher bei allen Bahnen der Firma — mittels Kontaktrolle abgenommen.

Die Bahnanlage selbst sowie die offenen Personenwagen wurden von der Budapester Firma Roessemann & Kühnemann, die elektrische Ausrüstung von Ganz & Co. hergestellt.

Fig. 26 zeigt die von letzteren gewöhnlich verwendete Wandrossette, Fig. 27 und 28 die für Grubenbahnen benutzten Porzellanisolatoren und Aufhängevorrichtungen; Fig. 29 endlich stellt eine selbstthätig unterbrechende Blitzschutzvorrichtung vor, die für Gleichstromanlagen mit höherer Betriebsspannung sowie für Bahnanlagen verwendet wird.

Die zu schützende Leitung ist an die gezahnte, vom Untergestell isolirte Elektrode *a* geschlossen. Dieser gegenüber steht die gezahnte Elektrode *c*, welche durch den vom Gestell isolirten drehbaren Hebel *d* und die Spule *g* eines U-förmigen Elektromagneten mit der Erde verbunden ist. Der Hebel *d* trägt an seinem anderen Ende einen mit gezahnter Elektrode versehenen Eisenanker *e*; diese Elektrode steht in der Ruhelage der mit der Erde verbundenen Elektrode *f* gegenüber.

Wird die Leitung von einem Blitzschlage getroffen, so erfolgt die Ableitung über *a* und *c* und mit Umgehung der Spule *g* über *e* bis *f* zur Erde. Bei *a* und *c* entsteht nun ein Lichtbogen, durch den — wenn die Entladung erfolgt ist — die Leitung über die Spule *g* des Magnetes zur Erde geschaltet wird. Der Anker wird nun angezogen, *a* und *c* geöffnet, der Bogen unterbrochen und hierauf der Hebel durch eine Feder in seine Ruhelage zurückgeführt.

Zum Schluss möchte ich die Vorteile der Anwendung zweier Motoren an den Wagen und der Reihen-Parallelregulierung betonen. In erster Linie ist diese Art der Regulierung durch die Vorgänge beim Anlaufen, insbesondere durch die Forderung geboten, dass der beim Anlaufen des Wagens auf die Generatorstation zurückwirkende Stromstoß möglichst gering sei und rasch verlaufe, und dass der Wagen ohne Stoß rasch die gewünschte Geschwindigkeit annehme. Ich will nun mit Anlehnung an die früher gegebenen Zahlenwerte aus-

einandersetzen, wie weit durch die Reihen-Parallelregulierung dieser Forderung entsprochen wird.

Die Erfahrung zeigt, dass der in Fig. 22 und 23 dargestellte Wagen voll belastet auf ebener Bahn und auf Rampen bis zu 15 bis 20 % Steigung zum Anlaufen (eine gegebene Uebersetzung vorausgesetzt) ein Drehmoment an der Motorwelle von 100 (kg und m) erfordert. Dieses Drehmoment wird mit zwei 500 voltigen Motoren von 16 PS der geschilderten Form in Reihenschaltung bei einer Anlaufstromstärke von rd. 45 Amp erreicht. Andererseits ist es klar, dass, wenn man die Motoren in Parallelschaltung anlaufen ließe, nahezu das Zweifache dieser Stromstärke zum Anlaufen notwendig wäre. Außerdem wäre der Stromstoß auch dann noch bedeutend größer, wenn man im Wagen nur einen einzigen dieser Motoren, oder selbst einen größeren, verwenden würde; dabei ist noch zu bemerken, dass aus leicht einzusehenden Ursachen der Stromstoß bei zwei in Reihe geschalteten Motoren rascher verläuft als bei anderen Anordnungen.

Dieser Vorteil macht sich um so mehr geltend, je größer die Zahl der Stöße pro Wagenkilometer ist, d. h. je größer die Zahl der Haltestellen ist und je öfter durch wechselnde Gefälle, Kurven, Verkehrshindernisse usw. Geschwindigkeitsänderungen mit Fahrtunterbrechungen verursacht werden.

Die Herabdrückung der Anlaufstöße ist, abgesehen vom mittleren Wattverbrauch pro Wagenkilometer, in solchen Bahnanlagen von unbezahlbarem Werte, die mit geringer Wagenzahl und kleinen Generatoreinheiten arbeiten.

Es ist hier nicht am Platze, weiter auf diesen Gegenstand einzugehen, und es wird sich vielleicht später Gelegenheit finden, über meine zur Klärung dieser Frage wiederholt angestellten Versuche zu berichten. Es soll natürlich nicht behauptet werden, dass allgemein die Anwendung zweier Motoren der eines einzigen vorzuziehen sei. Für kleinere Wagen auf ebenen Bahnen mit wenigen Haltestellen und bei größerer Wagenzahl wird nur ein Motor auch ganz zweckentsprechend sein. Die Anwendung zweier Motoren in ständiger Parallelschaltung ist entschieden zu verwerfen.

b) Ein- und mehrphasige Wechselstrommaschinen und ihr Betrieb.

Die Beschreibung der Wechselstrommaschinen will ich, der geschichtlichen Entwicklung folgend, mit der Form *A* der Firma Ganz & Co. beginnen. Diese Form hat sich aus der ältesten Form *W* der Firma entwickelt, die konstruktiv nicht vollkommen durchgebildet war und elektrisch auch einige Mängel aufwies, sodass sie, obzwar in der Wechselstromtechnik epochemachend, doch bald wieder vom Markte verschwand. Die *A*-Maschinen wurden im Anschlusse an das Wechselstromsystem von Ganz & Co. im Großbetriebe zuerst in der ungarischen Landesausstellung zu Budapest im Jahre 1885 vorgeführt. Seither ist eine stattliche Reihe von großen und kleinen Anlagen mit ihnen versehen worden, und sie sind, obschon auch sie elektrisch durchaus nicht als das Ideal einer Wechselstrommaschine angesehen werden können, infolge ihrer konstruktiven Vorzüge, die im Nachfolgenden zum Ausdruck kommen werden, beliebt. Ebenso wie die ähnliche *W*-Form besitzen diese Maschinen für den Elektriker auch darum Interesse, weil sie meines Wissens die ersten Wechselstrommaschinen waren, die für Zentralbetriebe parallel geschaltet wurden, und zwar, wie ich später ausführen werde, trotz aller theoretischen Beweisgründe, die gegen die Möglichkeit einer solchen Parallelschaltung aufgebracht wurden.

Die Fig. 30 und 31 lassen Wesen und Konstruktion dieser Maschine erkennen. Die stillstehenden Armaturspulen *a* sitzen auf Eisenkernen *d*, die aus 1/2 mm starken T-förmigen Blechen und Papierzwischenlagen zusammengesetzt sind und durch Bolzen und seitliche bronzene Pressstücke zusammengehalten werden. Die Eisenkerne sind mittels der Bolzen *f, f* an den Trägern *t* befestigt, die durch Bolzen *g, g* und isolierende Hartholzbüchsen *c* mit den seitlichen Rahmen der Maschine verbunden sind. Der Eisenkörper der Armatur wird also aus einer Reihe solcher T-förmiger Kerne gebildet, deren dem wagerechten Balken des Buchstabens entsprechende Teile ein geschlossenes Vieleck bilden, während die die Spulen tragenden Ansätze radial stehen. Die Spulen sind auf

Karton-Spulenhalter gewickelt und durch Bronzestücke auf den Kernen festgehalten.

Fig. 32 zeigt die Bestandteile einer solchen Armatureinheit. In der Mitte der Figur ist die Spule samt Spulenhalter, links der T-förmige Eisenkern mit der Spule und den zu ihrer Befestigung dienenden Bronzestücken C sowie den Spulenkerträgern A, rechts eine zusammengebaute Armatureinheit ohne Spule zu sehen.

Das speichenförmige Magnetrad wird aus V-förmigen, 0,5 mm starken Blechstücken mit Papierzwischenlagen hergestellt, die so über einander gelegt werden, dass je ein linksseitiger Zweig über den rechtsseitigen Zweig des folgenden Bleches fällt und somit eine geschlossene geometrische Figur mit radialen Kernen entsteht.

Diese V-förmigen Bleche werden von starken Pressplatten und Bolzen zusammengehalten und bilden mit der zweiteiligen Nabe ein festes Stück. Die Magnetspulen werden auf Zinkspulenhalter mit Pressspannhülle gewickelt, fertig auf die Eisenkerne aufgeschoben und durch zweckmäßig geformte bronzene Stücke niedergehalten. Der Strom wird den Spulen des Magnetrades bei den kleinen Maschinen von den Schleifringen weg durch die hohle Welle, bei größeren Maschinen unmittelbar von den neben dem Magnetrad innerhalb der Lager sitzenden Schleifringen zugeführt.

Diese Maschinen werden von Ganz & Co. in Größen von 10000 Watt bis zu 500000 Watt vorzugsweise für hohe Spannungen (2000 bis 5000 V) mit einer normalen Polwechsellzahl von 5000 i. d. Min. gebaut. Fig. 33 stellt eine der beiden mit Nicholsonschen 200 pferdigen Dampfmaschinen¹⁾ gekuppelten Wechselstrommaschinen von 3000 V dar, die zum Betriebe der Beleuchtung und der Induktionsmotoren auf der Ausstellung in Verwendung waren. Links in der Figur ist die angekuppelte vierpolige Erregermaschine zu sehen. Die Maschine leistet bei 250 Min.-Umdr. (20 Pole) 110000 Watt und kann auf längere Zeit mit induktionsloser Belastung (Lampen) bis zu 20 pCt überlastet werden, ohne Schaden zu leiden.

¹⁾ s. Z. 1896 S. 1079.

Fig. 30.

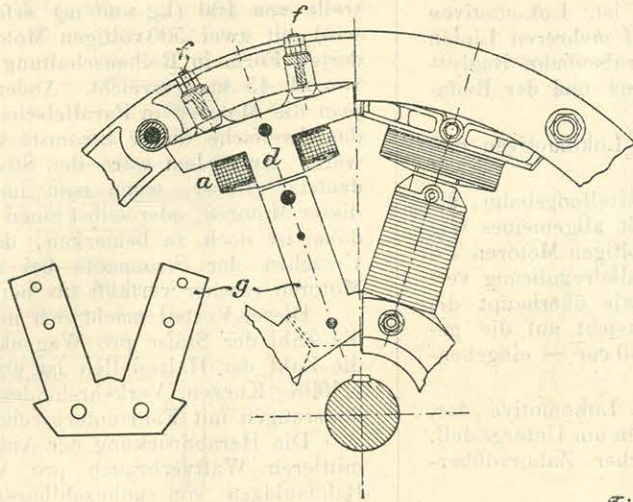


Fig. 32.

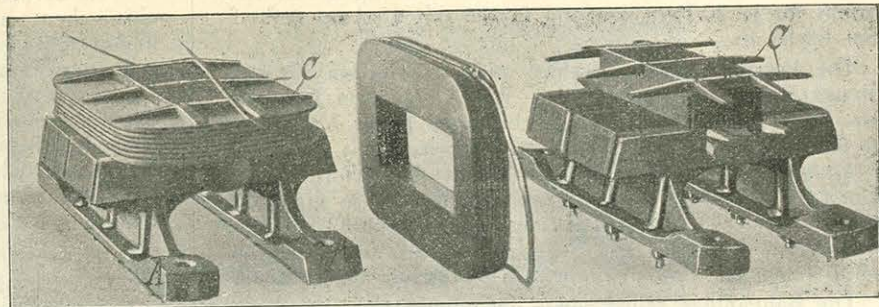


Fig. 34 stellt die 600 pferdige Form A8 für 3000 V dar (125 Min.-Umdr., 40 Pole), die mit einer Ganzschen Turbine im Pavillon von Ganz & Co. gekuppelt war. Der Armaturkranz dieser Maschine kann mittels des rechts sichtbaren

Fig. 31.

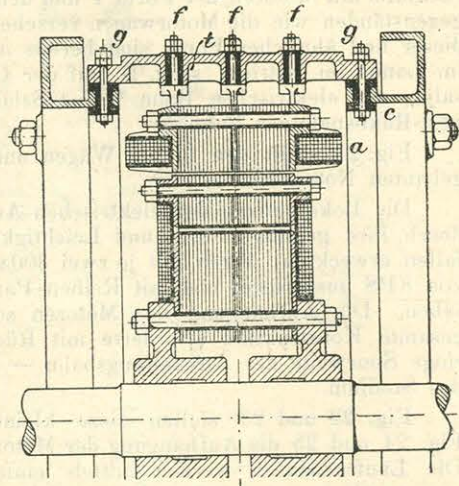
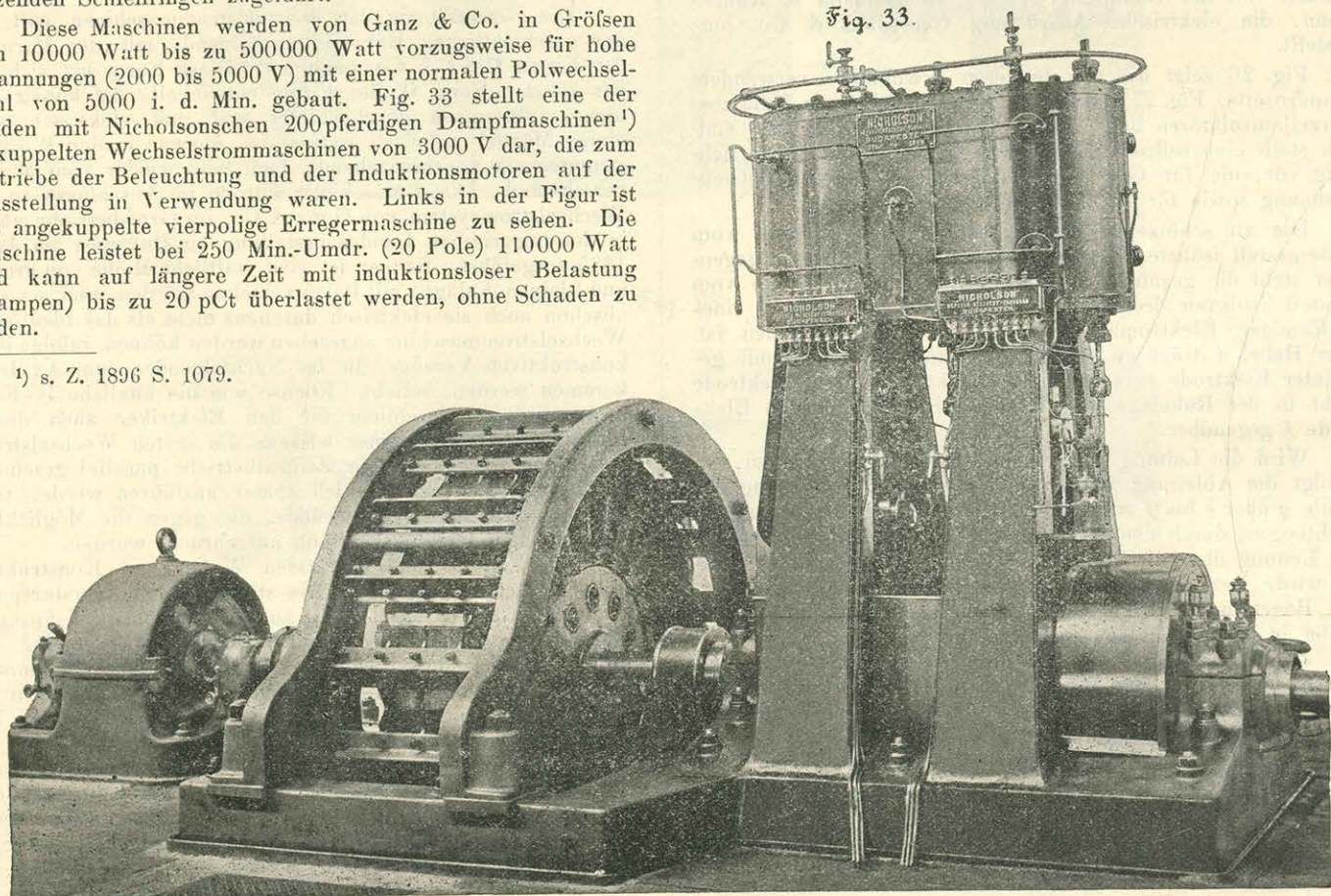


Fig. 33.



Handrades, der Kegelräder und der Schraubenspindel auf der Grundplatte verschoben werden, sodass das Magnetrad und die Innenseite des Armaturkranzes zugänglich werden und die Spulen rasch ausgetauscht und die Armatur gereinigt werden kann. Wie aus der Beschreibung hervorgeht, lassen die Maschinen, was Durchsichtigkeit der Anordnung, Austauschbarkeit der Spulen der Armatur und Lüftung anlangt, nichts zu wünschen übrig; sie haben sich auch in einer erheblichen Zahl kleiner, wie auch in größeren Anlagen, z. B. in den Zentralen Budapest, Wien, Amsterdam, Paris, Montevideo, Tivoli-Rom usw., ganz vorzüglich bewährt. Sie besitzen in der beschriebenen Form nur einen Nachteil, der allerdings insbesondere bei kleinen Zentralen oder im Einzelbetriebe, wenn die Maschinen Elektromotoren speisen sollen, von großer Bedeutung ist: die verhältnismäßig große Armaturrückwirkung, das ziemlich rasche Anwachsen des einer gewissen Armaturstromstärke entsprechenden Spannungsabfalles mit der Zunahme der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung.

Bezeichnend für den Stand der Frage der Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen ist der Umstand, dass, wie ich schon erwähnt habe, gerade mit diesen Maschinen die Parallelschaltung zuerst den Anforderungen des Betriebes entsprechend ausgeführt wurde, obschon behauptet wurde, dass dies bei Maschinen mit großer Armaturrückwirkung nicht möglich sei. 1886 wurden solche Maschinen, von Riemen angetrieben, in Treviso parallel geschaltet; es folgte Rom, wo im Jahre 1888 das erstmalig von Dampfmaschinen unmittelbar angetriebene Wechselstrommaschinen parallel geschaltet wurden, später Marienbad, Innsbruck usw. Um so seltsamer muten Veröffentlichungen aus dem Jahre 1889 und auch aus späterer Zeit an, in denen noch immer die Möglichkeit eines ruhigen, störungslosen Betriebes mit parallel geschalteten Wechselstrommaschinen bestritten wird. Ich werde auf die Frage der Parallelschaltung noch zurückkommen.

Die Rücksicht auf Arbeitsübertragung machte es wün-

schenswert, für Anlagen mit Motoren- und Lichtbetrieb oder vorzugsweise Motorenbetrieb eine solche Form zu schaffen, deren Spannungsabfall geringer ist und mit der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung weniger rasch zunimmt als jener der Form *A*; außerdem ist es mit Rücksicht auf die Massenfabrikation wünschenswert, auch für die Dreiphasenmaschinen solche Modelle zu benutzen, die mit geringen Änderungen auch als einphasige Wechselstrommaschinen ausführbar sind. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen und der Mode folgend schufen Ganz & Co. im Jahre 1895 die Form *AF*, die in Größen von 20000 bis 250000 Watt sowohl für hohe wie für niedrige Spannungen,

für einphasige wie dreiphasige Anlagen gebaut wird.

Fig. 35 und 36 stellen die 3000 voltige Maschine *AF 6 1/2* für 120000 Watt sowie ihre direkt gekuppelte Erregermaschine dar, Fig. 37 zeigt eine Abbildung dieser Maschine, die auf der Ausstellung von einer Verbundmaschine der Firma Nicholson in Budapest mittels Seile angetrieben wurde, und Fig. 38 das Magnetrad dieser Maschine.

Der magnetische Kreis der magnetisierenden ringförmigen Spule *M*, Fig. 35, wird durch den Gusskörper des Magnetrades samt den aus 0,5 mm starkem Eisenblech hergestellten Polstücken *P*, die gegenüberliegenden, einen geschlossenen mit Rinnen versehenen Kranz bildenden, aus Eisenblechen zusammen-

gesetzten Eisenkerne *E* und den die Eisenkerne der beiden Armaturhälften tragenden und magnetisch verbindenden gusseisernen Mantel *G* gebildet.

Die Art der Befestigung der aus überlappten Blechen gebildeten Kerne im Gussmantel sowie der Polstücke des Magnetrades ist aus den Figuren ohne weiteres zu erkennen. Die von den Spulen umschlossenen Fortsätze beider Armaturseiten sitzen einander achsial gegenüber, sodass die Induktion in den beiden entsprechenden Spulen gleichzeitig ihren höchsten oder geringsten Wert annehmen würde, wenn sich die Polfortsätze an dem Magnetkranz ebenfalls gegenüberständen. Nun sind aber die Polfortsätze um die Hälfte des

Fig. 34.

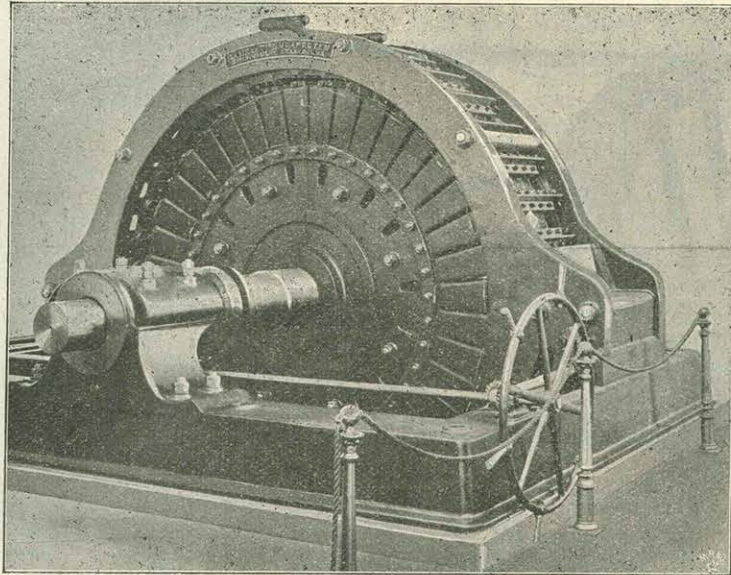


Fig. 35.

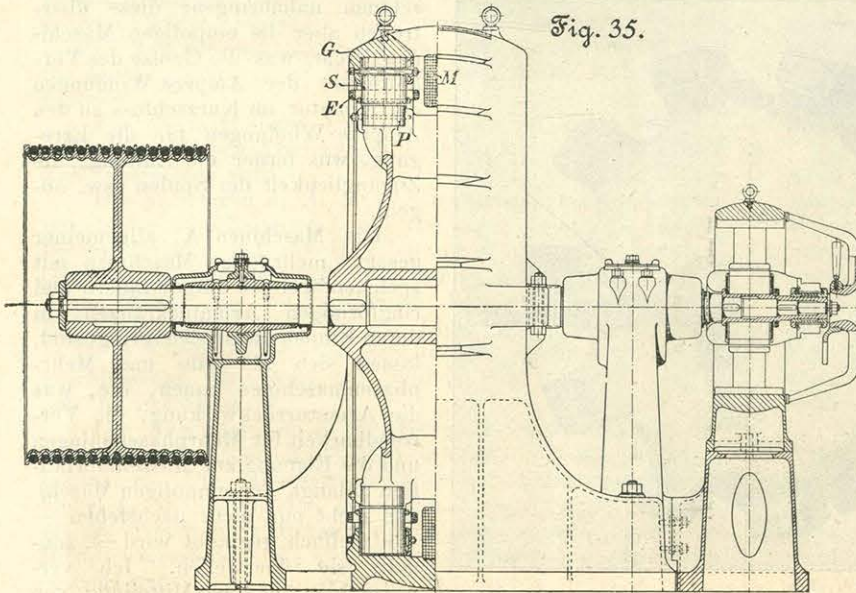
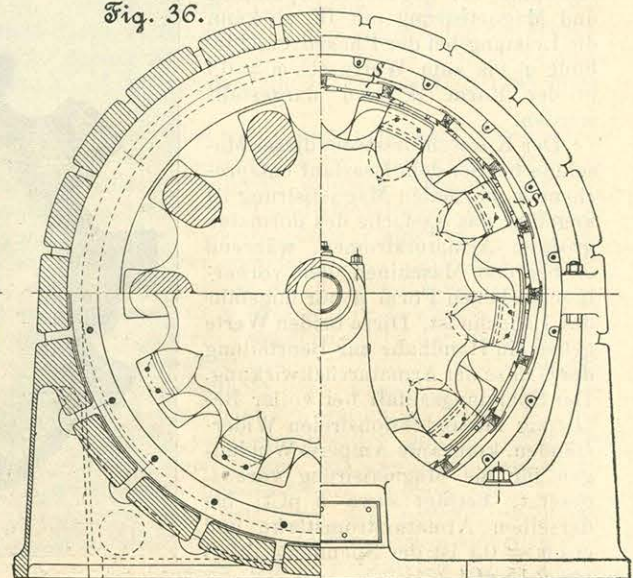


Fig. 36.



Polmittelabstandes aus dieser Lage herausgedreht, Fig. 38, sodass die größte Induktion in den beiden Armaturhälften zeitlich um $\frac{1}{4}$ Periode verschoben auftritt. Die um $\frac{1}{4}$ Periode verschobenen elektromotorischen Kräfte werden mittels der bekannten T-Schaltung zu 3 um 120° verschobenen elektromotorischen Kräfte vereinigt, sodass also auf diese Weise ein Dreiphasengenerator entsteht. Die Windungszahl der Spulen der ersten Armaturhälfte verhält sich zu jener der zweiten Hälfte wie $2:\sqrt{3}$. Die Spulen 1, 3... bis $(2n-1)$ der ersten Hälfte bilden in der T-Schaltung die eine Hälfte, die Spulen 2, 4, 6... bis $2n$ die zweite Hälfte des waagrechten Striches des Buchstabens T; die Spulen der zweiten Armaturhälfte bilden den senkrechten Strich des T; die in dieser Weise zusammengesetzten elektromotorischen Kräfte $+\frac{E}{2}$, $-\frac{E}{2}$ und die um 90° verschobene elektromotorische

Die Maschinen A F zeichnen sich durch ihre kräftige Gestalt aus. Sie sind, wie leicht einzusehen, gleich gut als ein- wie als mehrphasige Maschinen zu verwenden; allerdings treten bei größeren Belastungen mit phasenverschobenem Strome Asymmetrien in den 3 elektromotorischen Kräfte auf, die asymmetrischen Watt-Verbrauch der 3 Spulensysteme in den Motoren zur Folge haben. Die Maschinen bewähren sich im Betriebe ganz gut, haben jedoch nicht all das gehalten, was man sich von ihnen, wie überhaupt von den einpoligen

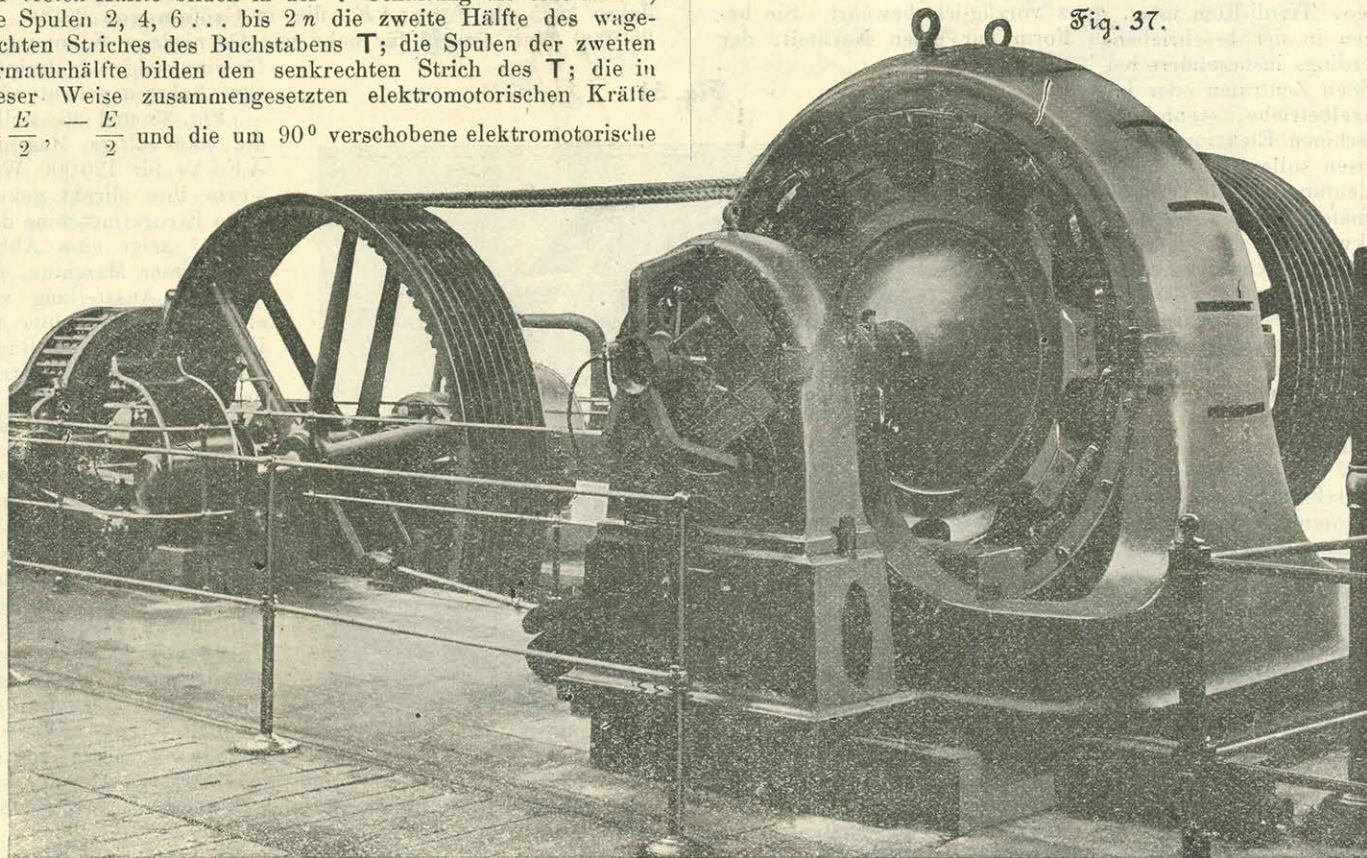


Fig. 37.

Kraft $E \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$ geben zwischen den 2 Endpunkten des waagrechten Teiles des T sowie zwischen diesen und dem Endpunkte des senkrechten Teiles drei gleiche elektromotorische Kräfte E , die um 120° ($\frac{1}{3}$ Periode) gegeneinander verschoben sind.

Bezeichnet man die Leistung der Maschine bei gegebener Spannung und Magnetisierung mit W , so kann die Leistung bei der Phasenverschiebung φ bis zum Werte $\cos \varphi = 0,7$ in der Form $W \cos \varphi$ dargestellt werden.

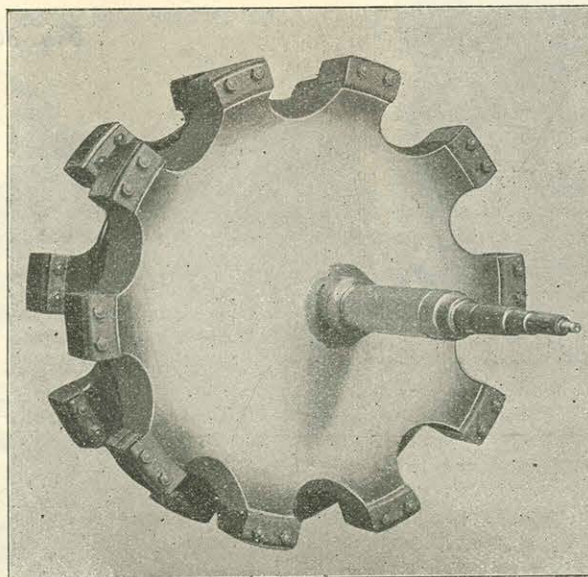
Der Kurzschlussstrom dieser Maschine bei der dem Leerlauf entsprechenden normalen Magnetisierung ist ungefähr das 3,4-fache des normalen größten Armaturstromes, während er bei den Maschinen der vorherbeschriebenen Form A nur ungefähr das 1,5-fache ist. Diese beiden Werte geben ein Handhabe zur Beurteilung der Größe der Armaturrückwirkung. Der Spannungsabfall bei voller Belastung mit induktionsfreien Widerständen, konstante Ampère-Windungen für die Magnetisierung vorausgesetzt, beträgt etwa 5 pCt; bei derselben Armaturstromstärke und $\cos \varphi = 0,8$ ist der Spannungsabfall etwa 15 pCt.

Maschinen anderer Formen, versprochen hat.

Die Streuungsverhältnisse sind bedeutend ungünstiger als in halbwegs gut gebauten mehrpoligen Maschinen. Die Leistungsfähigkeit lässt sich zwar durch Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit und richtige Bemessung des Luftweges jener der richtig gebauten mehrpoligen Maschinen nahebringen; diese übertreffen aber die einpoligen Maschinen leicht, was die Größe des Verhältnisses der Ampère-Windungen der Armatur im Kurzschluss zu den Ampère-Windungen für die Erregung, was ferner die Lüftung, die Zugänglichkeit der Spulen usw. angeht.

Die Maschinen A, allgemeiner gesagt: mehrpolige Maschinen mit speichenförmigen Magneträdern und ringförmigen Armaturkränzen, in deren Rinnen die Spulen verlegt sind, lassen sich als Ein- und Mehrphasenmaschinen bauen, die, was die Armaturrückwirkung, die Verwendbarkeit für Mehrphasenanlagen und die Eignung zur Massenfabrikation anlangt, den einpoligen Maschinen nicht nur nicht nachstehen — wie vielfach geglaubt wird —, sondern sie übertreffen. Ich verweise hier auf eine Mitteilung von

Fig. 38.

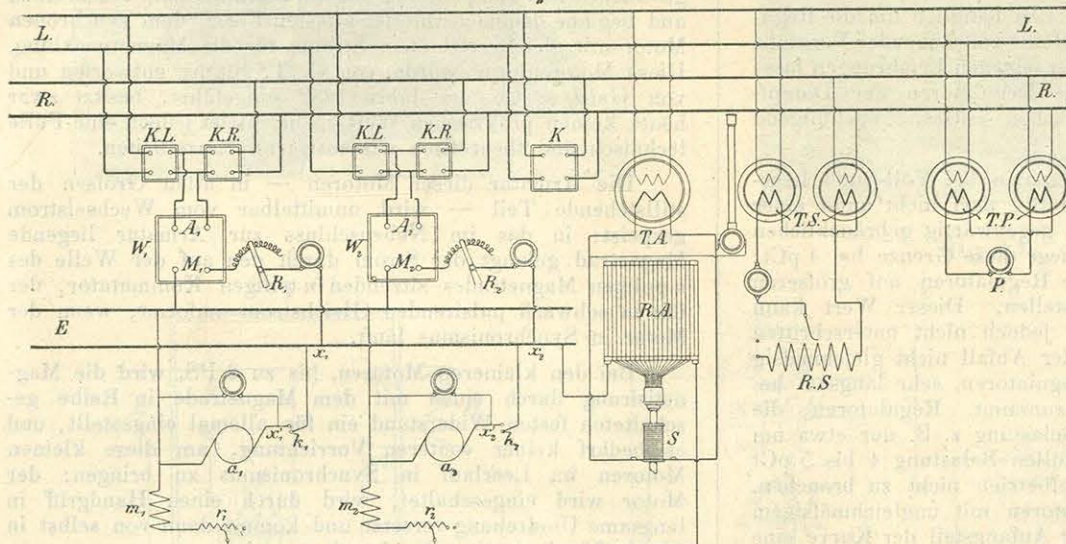


K. v. Kándó (Elektrot. Z. 1896 S. 759), in welcher die Ergebnisse der mit den Maschinen AF im Laboratorium von Ganz & Co. angestellten Versuche zusammengefasst und lehrreiche Angaben über Armaturrückwirkung und magnetische Verhältnisse solcher Maschinen gemacht sind.

Wie schon erwähnt, speisten 2 Wechselstrommaschinen A 6½ für 110000 Watt im Parallel- oder Einzelbetrieb von dem in der Maschinenhalle befindlichen Zentralbrett aus das Hochspannungsnetz in der Ausstellung mit den angeschlossenen Transformatoren und Induktionsmotoren, Bogenlampen und Glühlampen. Diese Maschinen konnten während des Betriebes beliebig parallel geschaltet oder getauscht werden; ich werde später die zu diesem Zwecke am Schaltbrett ausgeführte Anordnung erläutern.

Eine der Dreiphasenmaschinen AF, Fig. 35 und 36, speiste mit 250 Min.-Umdr. und einer Betriebsspannung von 3000 V bei Tage — abwechselnd mit den eben erwähnten Maschinen — als Einphasenmaschine das Hochspannungsnetz der Ausstellung, oder sie gab abwechselnd mit ihrer Schwesternmaschine mittels des angeschlossenen Dreiphasentransformators für 100 Kilowatt (Uebersetzung 10:1) Strom für das 300voltige Dreiphasenmotoren-Netz ab. Die zweite Maschine der Form AF diente bei einer Betriebsspannung von 300 V für gewöhnlich bei Tage zur Speisung des 300 voltigen Motorennetzes, konnte aber auch nach Zwischenschaltung des erwähnten Dreiphasentransformators als Einphasenmaschine im Bedarfsfalle einzelne Stränge des Hochspannungsnetzes mit Strom versehen.

Fig. 39.



Es wäre zwecklos, wenn ich hier die am Schaltbrett zur Ermöglichung aller dieser Schaltungen getroffenen Anordnungen schildern würde; ich will vielmehr nur das Schema des Schaltbrettes und die mit Rücksicht auf den Parallelbetrieb und die Austauschbarkeit der Maschinen ausgeführten Maßnahmen erläutern.

Fig. 39 zeigt diese Anordnung für zwei Maschinen, die mit unwesentlichen Aenderungen auch für Maschinen beliebiger Zahl ausgeführt wird.

Die Armaturen A_1, A_2 der Wechselstrommaschinen können mittels der Ausschalter KL und KR entweder auf die Linienleitung L oder auf die Hilfsleitung R geschaltet werden. (Die Ausschalter stellen die Verbindung zwischen den in der Figur durch die unterbrochenen Linien gekennzeichneten Richtungen her.) Die auf die Linie arbeitende Maschine (z. B. W_1) wird mit der zuzuschaltenden, an die Hilfsleitung geschlossenen Maschine W_2 mittels des Schalthebels K parallel geschaltet.

Die Armaturen a_1, a_2 der beiden Erregermaschinen arbeiten einzeln oder in Parallelschaltung auf die Erregerleitung E . Die Gleichstrommaschinen werden mittels der Hebel k_1 und k_2 parallel geschaltet. Die erregenden Spulen M_1, M_2 der Wechselstrommaschinen sind in Reihe mit den Regulirwiderständen R_1 und R_2 an die Erregerleitung E angeschlossen.

Die Zuleitungen zu M_1 und M_2 können auch, anstatt bei x_1 und x_2 an die Erregerleitung E angeschlossen zu werden, vor den Ausschaltern k_1 und k_2 bei x_1' und x_2' abgezweigt werden, wodurch ermöglicht wird, dass der Erregerstrom für W_2 von der Armatur a_2 genommen werden kann, ohne dass es notwendig wäre, a_2 mit a_1 parallel zu schalten.

Die Spannung der Erregermaschinen wird durch die mit den Nebenschlusspulen in Reihe geschalteten Regulirwiderstände r_1 und r_2 , sowie durch den Widerstand RA des Rheostaten geregelt. Die Spule S dieses Automaten (ähnlich der in Z. 1896 S. 1445 Fig. 9 beschriebenen) ist an die 100-voltigen Sekundärklemmen des Transformators TA der Linie geschlossen; die Spannung der Linie wird also durch die Veränderung des Widerstandes RA , d. h. durch Veränderung der Spannung der Erregermaschinen, selbstthätig geregelt. Sind beide Maschinen a_1 und a_2 erregt, so arbeitet der Automat gleichzeitig auf beide Erreger; diese müssen daher, wenn W_1 und W_2 im Parallelbetrieb gehen sollen, parallel geschaltet werden. Der Parallelbetrieb der Erreger wird durch die Widerstände r_1 und r_2 , jener der Wechselstrommaschinen W_1 und W_2 durch die Widerstände R_1 und R_2 geregelt. Die Abstufungen aller dieser Widerstände sind so bemessen, dass sämtliche Schaltungen, das Ab- und Zuschalten der Wechselstrommaschinen und das der Erreger ohne Stofs erfolgen kann.

Zur Beobachtung der Phasenübereinstimmung der parallel zu schaltenden Maschinen dient der an die Umformer TP ,

TP geschlossene Phasenindikator P , gewöhnlich ein Hummel-Voltmeter. Wie aus der Schaltung ersichtlich, tritt die Phasenübereinstimmung ein, wenn das Voltmeter P die Spannung Null zeigt.

Die Umlaufzahl der Leerlaufenden Maschine wird durch Belastung mit Widerständen oder durch die am Motorregulator angebrachte Einstellvorrichtung jener der auf die Linie arbeitenden Maschine gleichgemacht. Die Einstellvorrichtungen machen Belastungswiderstände vollkommen überflüssig und haben sich überall vorzüglich bewährt. Durch vorsichtige Handhabung der Einstellvorrichtung kann die Zahl der Schwebungen in der Minute zwischen den parallel zu schaltenden Maschinen beliebig verringert werden, sodass die Parallelschaltung selbst ohne Uebereilung vorgenommen werden kann. Nachdem dies geschehen, wird die Einstellvorrichtung langsam in die ursprüngliche Lage zurückgebracht und gleichzeitig die Magnetisierung der Maschine durch R verstärkt, sodass die hinzugeschaltete Maschine langsam einen Teil der Belastung übernimmt.

Bei kurz andauernden oder unregelmäßigen Schwebungen, wenn also der zur Parallelschaltung geeignete Augenblick sehr kurz ist, sodass Fehlgriffe erfolgen können, und die Maschinen nach erfolgter Parallelschaltung noch einige Schwingungen um den Synchronismus vollführen, bietet die Anwendung von Synchronisirwiderständen, oder mit anderen Worten: die Parallelschaltung durch Vermittlung von Transformatoren geeigneter Größe, wesentliche Erleichterungen. In Fig. 39 stellen TS, TS diese Transformatoren dar, deren sekundäre Spulen durch den stufenweise auf Null zu vermindern den Widerstand RS gegen einander bzw. parallel geschaltet werden können. Die Transformatoren werden im Augenblick der Phasenübereinstimmung parallel geschaltet, und es genügt die Rückwirkung ihrer Primärströme, um kleine Schwankungen um den Synchronismus hintanzuhalten, sodass die Primärleitungen dann zu einer beliebigen Zeit parallel geschaltet werden können. Diese Transformatoren müssen natürlich eine den Maschinen angemessene Größe haben; für die beschrie-

benen Maschinen genügen Transformatoren für 5 Kilowatt vollkommen.

Ich habe die Frage der Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen schon wiederholt berührt und möchte hier noch einiges zur Ergänzung anfügen.

Die Wechselstrommaschinen müssen mit Rücksicht auf die Parallelschaltung in elektrischer Beziehung folgende Eigenschaften aufweisen: Gleichheit des Spannungsabfalls bei induktionsfreier Belastung, verhältnismäßige Gleichheit der Kurzschlussströme bei gegebener Magnetisierung, endlich annähernde Aehnlichkeit der Spannungskurven bei gegebenen Belastungen.

Die Grenzen, innerhalb deren eine Abweichung von diesen Bedingungen gestattet ist, lassen sich auf grund theoretischer Untersuchungen nicht feststellen, müssen vielmehr durch Versuche bestimmt werden.

Die Gleichheit der Kurzschlussströme bei gegebener Magnetisierung ist bei Parallelbetrieb auf induktive Belastung von besonderer Wichtigkeit, und es sind Abweichungen von dieser Forderung nur innerhalb weit geringerer Grenzen als in bezug auf die sonstigen Bedingungen gestattet. Uebrigens besitzen diese Bedingungen im allgemeinen überhaupt keine große Bedeutung, da es sich ja in der Regel um die Parallelschaltung gleicher Formen oder gar übereinstimmender Maschinen handelt.

Die Schwierigkeiten, die man bei Ausführung der Parallelschaltung zu Beginn zu überwinden hatte, waren rein mechanischer Natur; es handelte sich lediglich um die Regulatorfrage, zu deren Lösung eine Reihe zeitraubender Versuche notwendig war. Auf grund meiner eigenen Erfahrungen fasse ich die Bedingungen, denen die Regulatoren der Dampfmaschinen oder Turbinen entsprechen müssen, nachfolgend zusammen.

Der Unterschied der Umlaufzahlen bei Voll- und Leerlauf, auf die der Regulator einstellt, darf nicht unter einer gewissen Grenze liegen. Bei den gegenwärtig gebräuchlichen viel- und einpoligen Maschinen liegt diese Grenze bei 4 pCt; es ist jedoch zweckmäßiger, die Regulatoren auf größeren Unterschied, etwa 6 pCt, einzustellen. Dieser Wert kann ohne Schaden überschritten, soll jedoch nicht unterschritten werden, besonders dann, wenn der Abfall nicht gleichmäßig ist, sondern, wie bei manchen Regulatoren, sehr langsam beginnt und dann plötzlich stark zunimmt. Regulatoren, die die Umlaufzahl bis zur halben Belastung z. B. nur etwa um 2 pCt und von da an bis zur vollen Belastung 4 bis 5 pCt verringern, sind für den Parallelbetrieb nicht zu brauchen. Genau ausgedrückt, sind Regulatoren mit ungleichmäßigem Abfall nicht brauchbar, wenn der Anfangsteil der Kurve eine Tangente besitzt, die gegen oder unter jenen Punkt gerichtet ist, welcher im Koordinatensystem durch die Ordinate »4 pCt« und die Abscisse »volle Belastung« festgelegt ist. Im früher erwähnten Falle kann die Parallelschaltung allerdings gelingen, wenn die Abfallkurven der Regulatoren kongruent sind; es ist dies aber eine Forderung, die praktisch nur für kurze Betriebszwischenräume annähernd erfüllt werden kann, bei manchen Regulatoren überhaupt nicht zu ermöglichen ist.

Fällt die Umlaufzahl nahezu gleichmäßig ab, so genügt ein ähnlicher Verlauf der Kurven; sie dürfen leicht divergieren, sich jedoch nicht schneiden und keinerlei, wenn auch noch so unbedeutende, Beugungen besitzen.

Die Regulatoren dürfen nicht allzu empfindlich sein; besonders bei Verbundmaschinen oder Dreifach-Expansionsmaschinen, wo infolge Nachwirkung des Dampfes im mittleren Cylinder die Regulatoren zum Ueberregulieren neigen, ist allzu große Empfindlichkeit von Nachteil und bewähren sich Oelbremsen. Diese sind auch bei Regulatoren mit ungleichmäßigem Abfall mit großem Vorteil zu verwenden.

Weiter ist leicht einzusehen, dass es mit Rücksicht auf die Ausgleichung der parallel laufenden Maschinen zweckmäßig ist, elastische und nicht starre Kupplungen zu benutzen. Allzugroße Schwungmassen sind entschieden von Nachteil; es ist im Gegensatz zu dieser Erfahrung eine allgemein ver-

breitete Ansicht, dass die Parallelschaltbarkeit mit dem Gleichförmigkeitsgrade der Maschinen zunimmt, was nur bis zu einer gewissen Grenze richtig ist. Sind die Schwungmassen zu gering, so hat man auch auf Phasenübereinstimmung der Dampfmaschinen zu achten.

Zieht man diese Erfahrungen bei der Konstruktion der Regulatoren in Rechnung, so ist es leicht, von selbstthätig regulierten Turbinen und Dampfmaschinen oder von Dampfmaschinen verschiedener Form angetriebene Wechselstrommaschinen durchaus sicher zu schalten; nimmt man sich die Mühe, die Regulatoren an Ort und Stelle zu prüfen und einzustellen, so kann man den Parallelbetrieb in allen möglichen Kombinationen durchführen.

c) Ein- und mehrphasige Wechselstrommotoren.
1) Einphasige synchrone und asynchrone Motoren.

Wohl nirgends tritt der große Fortschritt, den die Elektrotechnik in den letzten Jahren gemacht hat, so auffällig hervor wie im Bau der ein- und mehrphasigen Wechselstrommotoren, deren ältere und allerneueste Formen: synchrone Motoren mit Kommutatoren (für die Magneterregung), asynchrone Hauptstrommotoren und ein- und mehrphasige Induktionsmotoren, in den verschiedenen Gruppen der Ausstellung im Betrieb und in der Sammelausstellung von Ganz & Co. in Ruhe vorgeführt waren.

Ich will hier diese verschiedenen Formen ebenfalls der geschichtlichen Entwicklung folgend aufzählen und beschreiben und beginne demnach mit der ältesten Form, dem synchronen Motor mit gleichgerichtetem Strome für die Magnetwicklung. Diese Motorenform wurde von O. T. Bláthy entworfen und von Ganz & Co. im Jahre 1889 eingeführt, besitzt zwar heute keinen praktischen Wert mehr, bietet jedoch eine Fülle technisch und theoretisch wissenswerter Einzelheiten.

Die Armatur dieser Motoren — in allen Größen der stillstehende Teil — wird unmittelbar vom Wechselstrom gespeist; in das im Nebenschluss zur Armatur liegende Magnetrad gelangt der Strom durch den auf der Welle des n poligen Magnetrades sitzenden n teiligen Kommutator, der ihn in schwach pulsirenden Gleichstrom umformt, wenn der Motor in Synchronismus läuft.

Bei den kleineren Motoren, bis zu 2 PS, wird die Magnetisierung durch einen mit dem Magnetrad in Reihe geschalteten festen Widerstand ein für allemal eingestellt, und es bedarf keiner weiteren Vorrichtung, um diese kleinen Motoren im Leerlauf in Synchronismus zu bringen; der Motor wird eingeschaltet, wird durch einen Handgriff in langsame Umdrehung versetzt und kommt dann von selbst in 10 bis 20 sek in den Synchronismus.

Bei den größeren Motoren bedarf es besonderer Hilfsmittel, um sie ohne allzugroße Stromstöße anzulassen und in den Synchronismus zu bringen. Die während der Anlaufzeit im Motor herrschenden Induktionsverhältnisse bedingen im Stromkreise des Magnetrades eine bedeutend höhere elektromotorische Kraft und größere Widerstände als im Synchronismus; der Motor wird leer in langsame Umdrehung versetzt, läuft in einer gegebenen Schaltung an, und die Schaltung wird, wenn der Motor den Synchronismus erreicht hat, durch einen Umschalter verändert.

Diese Motoren schliessen sich in ihrer äußeren Form und der Anordnung der Bewicklung den Generatorformen entsprechender Größe an; so gleichen die kleineren der vierpoligen Generatorform B, die Motoren für Leistungen über 10 PS der in Fig. 30 und den folgenden wiedergegebenen mehrpoligen A-Form.

Fig. 40 stellt einen solchen vierpoligen synchronen Wechselstrommotor der Form B für eine normale Leistung von 1 PS dar; Fig. 41 zeigt sein Schaltungsschema.

Der stillstehende, aus Eisenblechen zusammengesetzte Armaturkranz ist als vierpoliger Gramme-Ring bewickelt und die Armatur A unmittelbar an die Klemmen x, y bzw. die Speiseleitung L angeschlossen. Die Bewicklung des vierpoligen rotirenden Magnetrades steht mittels der durch den hohlen

Wellenstummel gezogenen Zuleitungen mit dem vierteiligen Kommutator k in Verbindung, dessen je zwei gegenüberliegende Sektoren leitend verbunden sind. Der Magnetstromkreis zweigt bei x ab, tritt durch die Bürste a_1 in den Kommutator ein, verlässt diesen bei a und gelangt durch m und m_1 über den Vorschaltwiderstand R nach y .

Fig. 42 zeigt einen vierpoligen synchronen Motor der Form B für eine normale Leistung von 5 PS bei 1250 Min.-Umdr., Fig. 43 das dazu gehörige Schaltungschema.

Die um 1, 3, 6 und 8 drehbaren, starr mit einander verbundenen Hebel des vierfachen Umschalters befinden sich in der Anlaufzeit in der durch die kurz gestrichelten Linien bezeichneten Lage. Der Strom gelangt in die Armatur AB

Die Bürsten a und b wirken in der Anlaufzeit nicht mit. Zum Anlassen werden die Umschalthebel nach rechts gestellt, der Motor leer mittels eines an der Welle angebrachten kleinen Handrades in langsame Umdrehung versetzt und hierauf die Armatur auf die Linie geschaltet.

Der Motor erreicht den Synchronismus in 30 bis 40 sek; nachdem dieser eingetreten ist, werden die Umschalthebel nach links gestellt. In dieser Hebelstellung entsprechenden Schaltung wird der Magnetisierungsstrom von der Sekundärspule S_1S_2 des Transformers M geliefert, dessen Primärspule (Uebersetzung $\frac{P_1P_2}{S_1S_2} = 4$) von der Hauptleitung abgezweigt ist. In dieser Stellung des Umschalters sind die Kurzschluss-

Fig. 40.

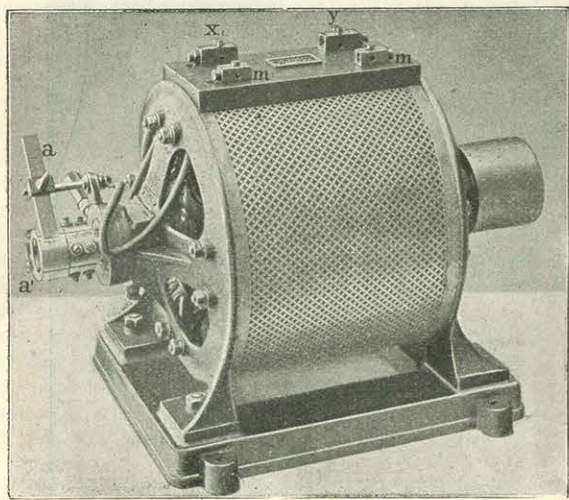


Fig. 42.

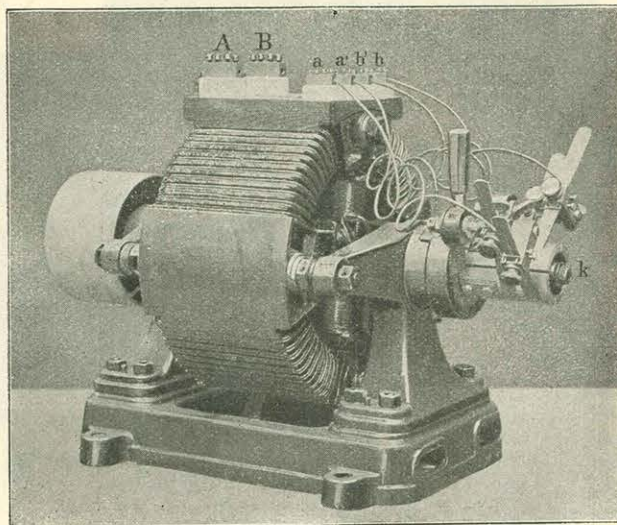


Fig. 41.

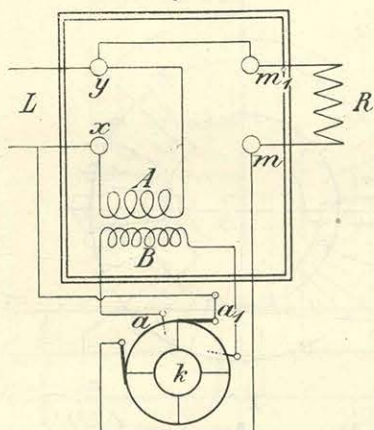
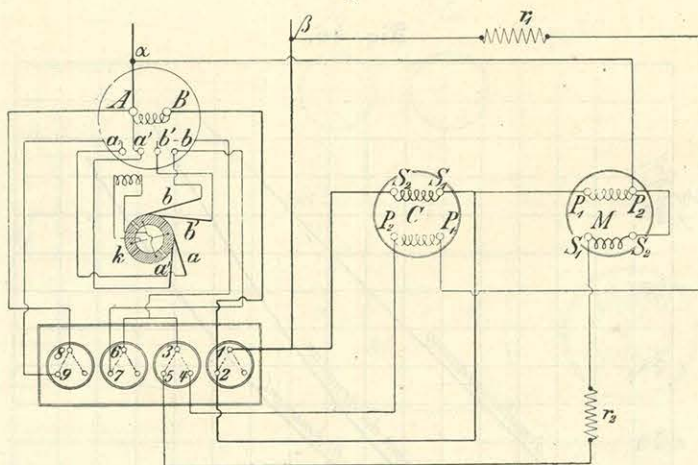


Fig. 43.



über Punkt 2 des Umschalters durch die Spule S_1S_2 des Transformers C ; die Spulen des Magnetrades sind mit dem festen Widerstand r_1 und der Spule P_1P_2 des Transformers C in Reihe geschaltet. Der Magnetisierungsstrom zweigt bei β von der Hauptleitung ab, gelangt durch r_1 , ferner P_1, P_2 und 4, 3 nach der Bürste b' und in den Kommutator, tritt aus dem Magnetrade durch die Bürste a' aus und geht bei A in die zweite Hauptleitung über; das Magnetrade liegt also im Nebenschluss zur Armatur des Motors. Die Uebersetzung des sogen. Kompensatortransformers C ist 1:4, d. h. die Windungszahlen der Spulen S_1S_2 und P_1P_2 verhalten sich wie 1:4; der Transformator dient dazu, während der Anlaufzeit die im Magnetstromkreise wirkende elektromotorische Kraft über die Linienspannung zu erhöhen, und vermindert durch die Wirkung seiner beiden Spulen den Anlaufstrom des Motors, dessen Größe bei richtig abgestimmtem Kompensator und Widerstand r_1 unter der der normalen größten Leistung entsprechenden Stromstärke bleibt.

bürsten a' und b' bei (8 9) und (6 7) mit den Bürsten a und b verbunden. Der Strom gelangt von S_2 über P_2 durch die gemeinsame Leitung über a und durch die Bürsten $a a'$ in den Kommutator k , tritt aus dem Magnetrade bei $b b'$ aus und gelangt von hier über 3 5 und den Regulirwiderstand r_2 nach S_1 zurück. Die Spule des Kompensatortransformers S_1S_2 ist während des synchronen Laufes durch die Verbindung (1 2) kurz geschlossen.

Durch entsprechende Einstellung des Kurzschlusses am Kommutator und des Widerstandes r_2 lässt sich vollkommen funkenloser Gang erzielen.

Im synchronen Laufe befindet sich das Magnetrade gleichwohl nicht im vollkommenen Synchronismus, sondern vollführt innerhalb der Periode Schwingungen von sehr kleiner Weite um den Synchronismus. Mit zunehmender Belastung nimmt die Schwingungsbreite anfangs langsam, über eine gewisse Grenze hinaus aber sehr schnell zu und erreicht endlich bei einer genau bestimmten Belastung die Dauer einer Viertelperiode;

der Motor fällt in diesem Augenblick aus dem Synchronismus und bleibt stehen. Die Schwingungen des Motors um den Synchronismus können auf einfache Weise stroboskopisch beobachtet werden, indem man mit der Welle eine in schwarze und weiße Kreisabschnitte geteilte Scheibe umlaufen lässt, die man mittels eines von derselben Stromquelle gespeisten Lichtbogens beleuchtet.

Die Belastungsgrenze, bei der diese Motoren aus dem Synchronismus fallen, liegt bedeutend höher als die durch die Abmessungen des Motors bestimmte Normalleistung (sie können mit 30 bis 40 pCt ihrer normalen Leistung überlastet werden). Die Motoren ertragen auch unterhalb der normalen

Fig. 44.

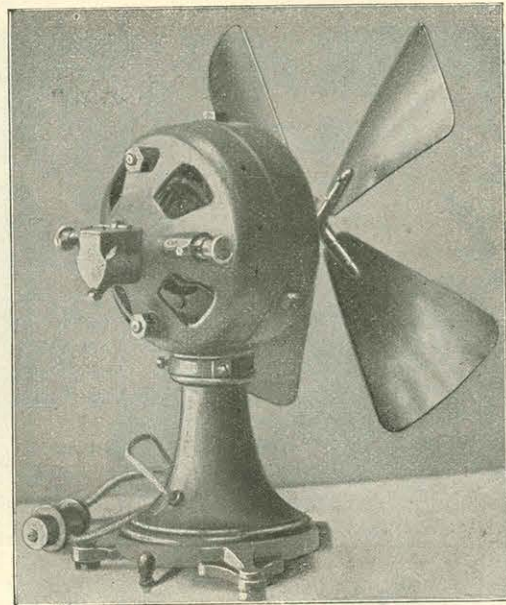
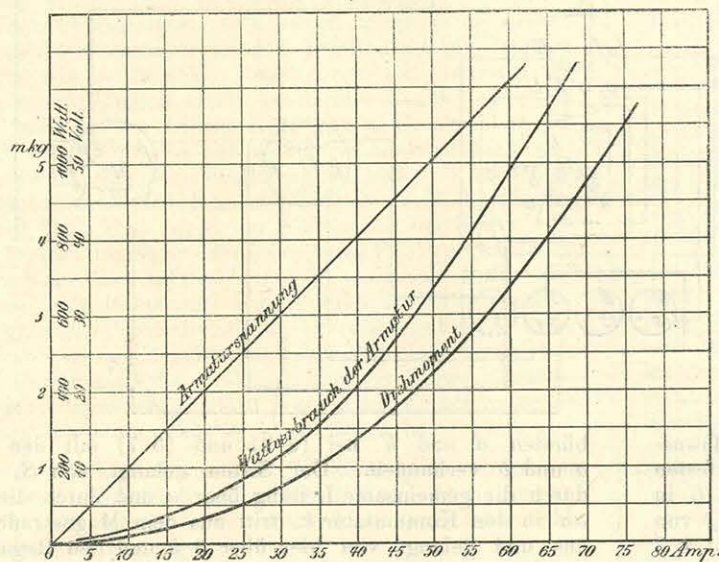


Fig. 46.



Leistung erhebliche Belastungstöße, ohne aus dem Synchronismus zu fallen, können aber, wenn überlastet, durch kleine Belastungstöße zum Stillstand gebracht werden. Durch diese Eigenschaft sowie infolge der aufmerksamen Wartung, welche die Motoren erheischen, wird ihre Verwendbarkeit stark beschränkt. Sie wurden zum Antriebe von Paternosterwerken, Förderbändern in Getreideaufzügen und kleinen Schnellpressen mit Erfolg verwendet und sind in solchen Anlagen auch noch fortwährend in Betrieb, werden aber heute in der oben beschriebenen Form nicht mehr ausgeführt, da sie durch die Induktionsmotoren in jeder Hinsicht übertroffen werden.

Für bestimmte Zwecke werden diese Motoren zur Zeit

mit einfacher Gleichstromerregung ausgeführt; der Kommutator entfällt, und der Erregerstrom wird in die Magnetwicklung durch Schleifringe eingeführt.

Derartige Motoren (mit durchgehendem Armatureisen, also von der Form A abweichend) für eine Betriebsspannung von 4000 V und eine Leistung von 210 PS haben Ganz & Co. in Rom in der Motorenstation bei Porta Pia aufgestellt; sie werden von der 28 km entfernten Zentrale in Tivoli gespeist und dienen zum Antriebe direkt gekuppelter Gleichstrommaschinen, die parallel mit Pufferbatterien das elektrische Stadtbahnnetz Roms mit Strom versehen.

Motoren dieser Form bewähren sich in vorerwähnten

Fig. 45.

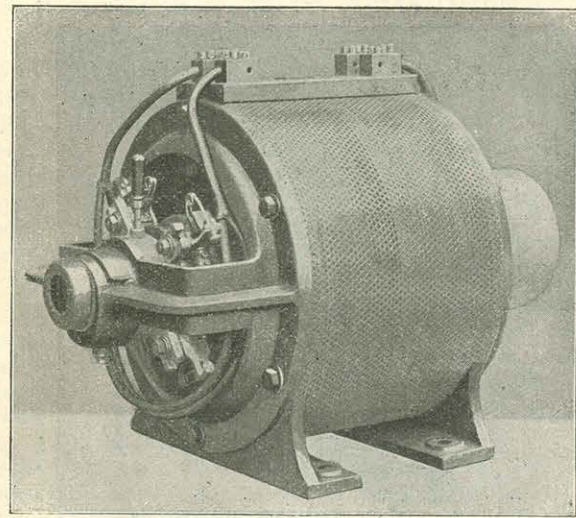
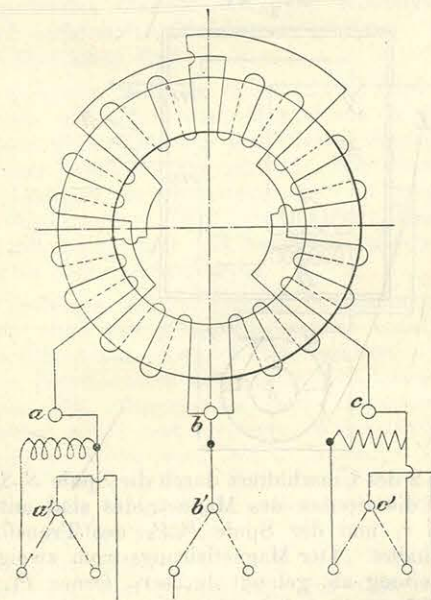


Fig. 47.



wie in ähnlichen Fällen vorzüglich; ja, sie sind hier — wenn man sich die Induktionsverhältnisse der Fernleitungen und Transformieranlagen vor Augen hält — den Induktionsmotoren vorzuziehen.

Um den Anforderungen des Betriebes entsprechen zu können, begannen Ganz & Co. im Jahre 1891 Reihen-Wechselstrommotoren zu bauen, die in der Ausstellung in verschiedenen Größen im Betrieb und in Ruhe zu sehen waren.

Fig. 44 zeigt die Abbildung einer sehr gangbaren Form ($V \frac{1}{8}$) für eine Leistung von $\frac{1}{8}$ PS bei 100 V zum Antriebe von Windflügeln, während Fig. 45 den vierpoligen Reihen-

motor V3 für eine normale Leistung von 3 PS bei 100 V und 1100 Min.-Umdr. darstellt.

Der Magnetmantel dieses Motors ist aus ringförmigen, mit Polfortsätzen versehenen, 0,5 mm starken gestanzten Blechen zusammgebaut. Die Armatur ist als vierpolige Reihentrommel ähnlich wie eine gewöhnliche Gleichstromarmatur bewickelt; die Drahtenden sind in die Sektoren des Kommutators eingelötet.

Diese Motoren verhalten sich genau so wie Gleichstrom-Reihenmotoren; sie gehen energisch unter Belastung an, ihre Umlaufzahl nimmt, gleichmäßige Klemmenspannung vorausgesetzt, mit wachsender Belastung ab, und sie können mit entsprechend bewickelten Magneten ohne weitere Aenderung auch als Gleichstrom-Reihenmotoren verwendet werden. (Die Form V3 leistet als Gleichstrom-Reihenmotor 4,5 bis 5 PS.)

In Fig. 46 sind die Ergebnisse von Messungen aufgetragen, die ich unter anderm an einem solchen 3 pferdigen Wechselstrom-Reihenmotor vorgenommen habe. Die Armatur dieses Motors wurde bei den Versuchen festgehalten, sodass sie sich nicht drehen konnte. Die drei Kurven geben die den auf die Abscissenachse aufgetragenen Armatur- und Magnetströmen entsprechenden Armaturspannungen, den gleichzeitigen Wattverbrauch der Armatur und das entsprechende Drehmoment in m und kg wieder.

Der Motor macht bei einer Belastung von 3 PS, 1100 Min.-Umdr., wenn seine Klemmenspannung 100 V beträgt (Armaturspannung rd. 72 V, Magnetspannung 71 V, Resultierende beider 100 V), und nimmt gleichzeitig, da der Nutzeffekt bei dieser Belastung 71 pCt, der Wirkungs-

sprechenden Regulirwiderstände in Reihe geschaltet, ständig im Nebenschluss zum Kommutator der Armatur. Zum Anlassen wird Wechselstrom durch den Kommutator in die Armatur und im Nebenschluss in die Magnetwicklung geleitet und nach Eintritt des Synchronismus auf die Schleifringe umgeschaltet, worauf von der Kommutatorseite Gleichstrom abgenommen werden kann.

Derartige Umformer wurden in der Sammelausstellung von Ganz & Co. vorgeführt.

2) Ein- und mehrphasige Induktionsmotoren.

Zum Antriebe der in den verschiedenen Abteilungen der Ausstellung im Betriebe vorgeführten Arbeitsmaschinen dienten, von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen, ein- und mehrphasige Induktionsmotoren. Die im Pavillon der vielfältigenden Künste befindlichen Buchdruckmaschinen sowie die Holz- und Metallbearbeitungsmaschinen der Maschinenhalle wurden von dreiphasigen Induktionsmotoren, die Maschinen in der Industriehalle, in den Pavillons für Seidenindustrie und Tabakfabrikation, der Müllereiabteilung usw. von einphasigen Induktionsmotoren in Bewegung gesetzt.

Die Ganzschen Motoren der letzteren Form haben sich ebenso wie anderwärts aus den mehrphasigen Induktionsmotoren entwickelt und gleichen ihnen sowohl in der äußeren Form wie in den Einzelheiten der Konstruktion. Ich werde daher die Einzelheiten der Einphasenmotoren zugleich mit der Beschreibung der Mehrphasenmotoren geben und will mich auch hier nur mit den elektrischen Eigenschaften, der Be-

Fig. 48.

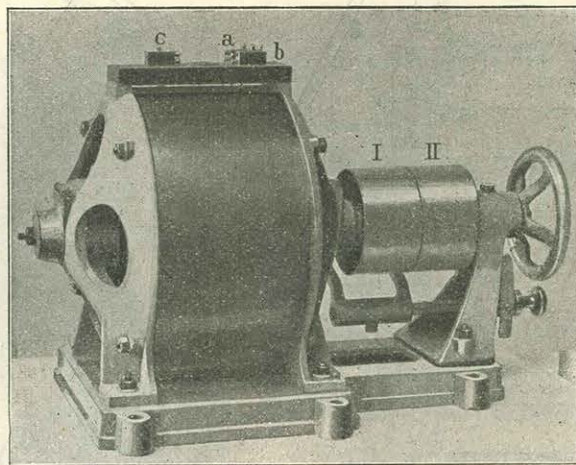
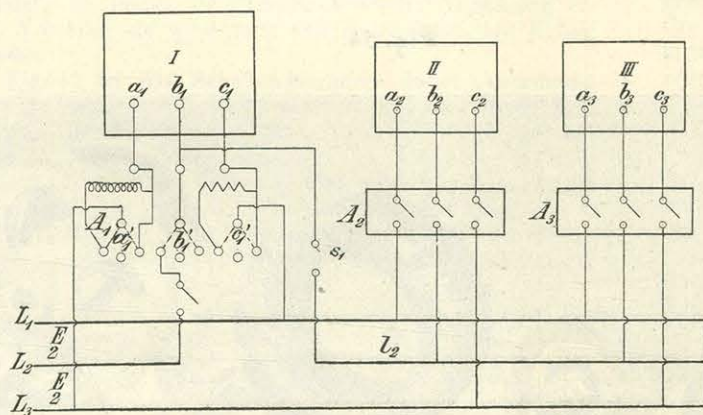


Fig. 49.



tor (powerfactor) 75 pCt ist, 41,5 Amp auf; dieser Stromstärke entspricht also ein Drehmoment gleich 1,95 in m und kg.

Wird die Armatur des Motors festgehalten, so entspricht dieser Stromstärke ein Drehmoment von rd. 1,4, bei 60 Amp ein Drehmoment von 3,4; es wächst also innerhalb dieser Grenzen das Drehmoment auf das 2,4fache des Anfangswertes, während die Stromstärke nur um 50 pCt gestiegen ist.

Ueberhaupt ist aus den mitgetheilten Kurven zu ersehen, dass diese Motoren inbezug auf das Anlaufmoment den guten Gleichstrom-Reihenmotoren gleichzustellen sind; sie verhalten sich auch bei veränderlichen Belastungen, wie erwähnt, ähnlich wie die Gleichstrom-Reihenmotoren, ihr Anwendungsgebiet ist daher ebenso wie das der letzteren beschränkt.

Die V-Form wird, entsprechend bewickelt und mit Schleifringen versehen, bis zu Leistungen von 3000 bis 4000 Watt auch als Umformer verwendet.

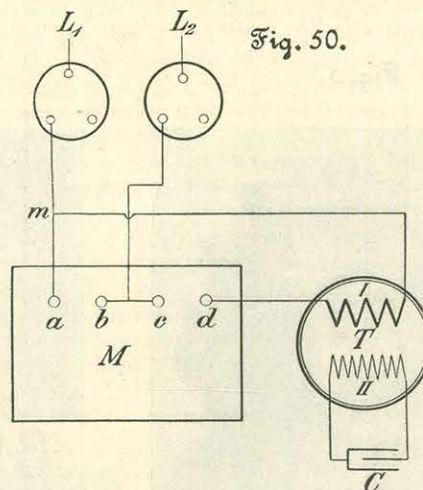
Die Armaturen sind als vierpolige Reihentrommeln bewickelt und mit Kommutator und 2 Schleifringen versehen. Die Magnetbewicklung des Umformers liegt, mit einem ent-

wicklung und Schaltung sowie dem Betriebe dieser Motoren befassen.

Die Armatur der Motoren (bei den Größen von 1/4 PS bis zu 5 PS der stillstehende Teil) ist als Ring bewickelt und wird aus zwei gleichen, räumlich verschobenen Spulensystemen gebildet, in denen während der Anlaufzeit zwei phasenverschobene Ströme umlaufen. Der induzierte Teil ist bei den kleineren Formen mit geschlossener einfacher und bei den größeren mit auf zwei oder drei Phasen geschalteter Stabwicklung versehen. Der Deutlichkeit halber will ich die Beschreibung anhand des in Fig. 47 enthaltenen Schaltungsschemas fortsetzen, das die Schaltung eines vierpoligen Induktionsmotors und seiner Anlassvorrichtung giebt.

Das eine der erwähnten Spulensysteme ist an die Klemmen a und b, das zweite an die Klemmen b und c geschlossen; ein jedes wird aus vier auf vier Pole geschalteten Spulen gebildet, die den achten Teil des Ringes bedecken; die zwei

Fig. 50.



Spulensysteme sind elektrisch um eine halbe Periode, d. h. in diesem Falle räumlich um 45° , verschoben. Soll der Motor angelassen werden, so bringt man die drei um a' , b' und c' drehbaren Kontakthebel der Anlassvorrichtung in die durch die ausgezogenen Linien angedeutete (Links-) Stellung; die Spannungen zwischen a' , b' und b' , c' sind gleich der halben Betriebsspannung; die mit b' verbundene Zuleitung ist also an den Mittelleiter des den Motor speisenden Transformators geschlossen. In der Anlansstellung ist sonach der zwischen a' und a befindliche Induktionswiderstand mit dem Spulensystem a, b , der induktionslose Widerstand zwischen c' und c mit dem Spulensystem b, c in Reihe geschaltet.

ordnungen bildet, in denen zum Anlassen die zwei Spulensysteme mit ihren Widerständen zu einander im Nebenschluss geschaltet sind.

Bei den kleineren Motoren von $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ PS genügt die Verwendung eines induktionslosen Widerstandes im Stromkreise b, c ; das Spulensystem a, b kann unmittelbar, ohne Induktionsspule, angeschlossen werden.

Bei der in der Ausstellung für diese Induktionsmotoren verwendeten Anlassvorrichtung wurden die in Fig. 47 schematisch dargestellten Verbindungen durch Umstellung von kreisförmig angeordneten Kontakten mittels Handgriffes ausgeführt; die vorderen drei Klemmen wurden mit den drei

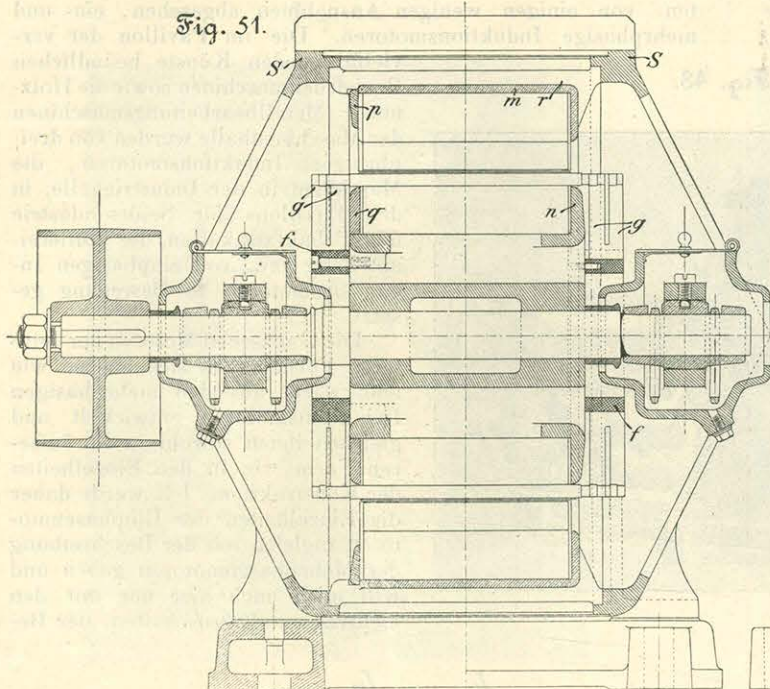


Fig. 51.

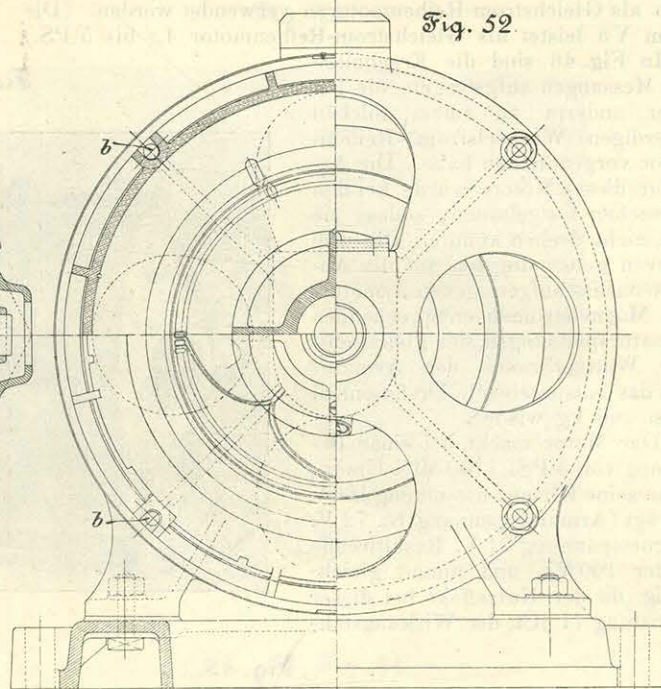


Fig. 52.

Fig. 53.

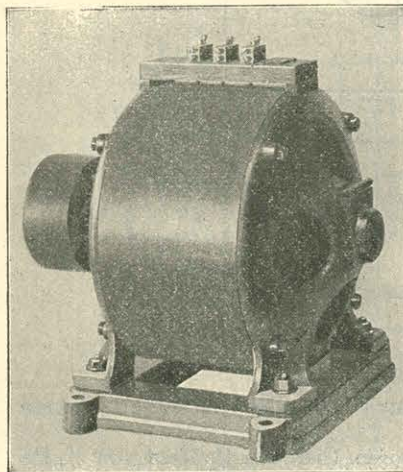
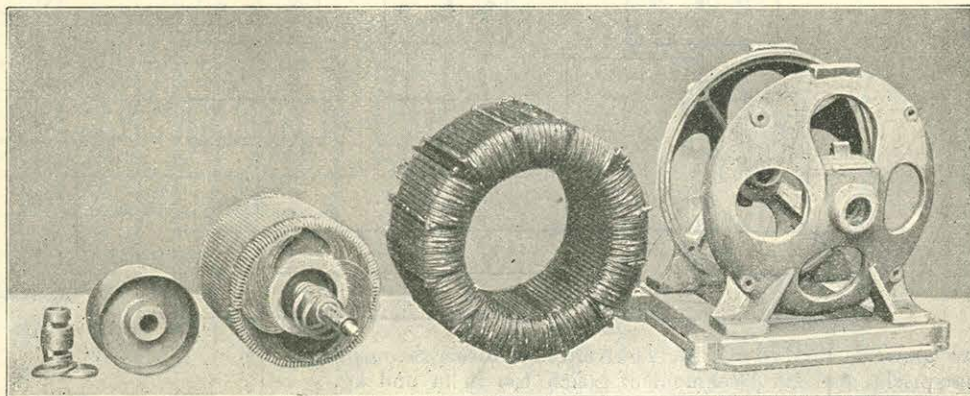


Fig. 54.



Hat der Motor die volle Umlaufzahl erreicht, so wird die Verbindung zwischen der Mittelklemme b des Motors und jener des Umformers unterbrochen und gleichzeitig die Induktionsspule $a'a$ und der Widerstand $c'c$ ausgeschlossen, was durch Umstellung des dreifachen Umschalters geschieht. Im Betriebe bleiben beide Spulensysteme in Reihe geschaltet unter Strom, und es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, um zu beweisen, dass diese Anordnung jenen vorzuziehen ist, bei denen das eine Spulensystem (»Hilfsphase«) im Betriebe nicht mitarbeitet. Es ist ferner klar, dass der Anlaufstrom bei dieser Anordnung unter jenen Wert hinabgedrückt werden kann, der die unterste Grenze für die An-

Klemmen des Umformers, die hinteren mit den drei Klemmen des Motors verbunden (oder umgekehrt).

Die Induktionsmotoren für Leistungen über 5 PS werden mit stillstehendem induziertem Teil und umlaufender Armatur gebaut; zum Anlassen werden außer der Anlassvorrichtung noch in den induzierten Teil geschaltete Flüssigkeits- oder Metallwiderstände, ähnlich wie bei den Dreiphasenmotoren, verwendet (s. Fig. 59 und 60). Werden diese Widerstände während des Anlaufens langsam verringert und erst beim Eintritt des Synchronismus kurz geschlossen, so verläuft der Stromstoß allmählich und macht sich im Netze nicht erheblich bemerkbar.

Die beschriebenen Induktionsmotoren sind mit Rücksicht auf die Anforderungen der Praxis reichlich bemessen; die Belastung, durch die der Motor zum Stillstand gebracht wird,

liegt bedeutend höher als die normale, d. h. jene Leistung, für die der Motor verkauft wird und bei der die Nutzeffekt-kurve ihren Höhepunkt erreicht; die kleineren Motoren vertragen noch knapp Belastungsstöße gleich 100 pCt, die gröfseren gleich 50 pCt der normalen Leistung, ohne stehen zu bleiben.

Fig. 48 zeigt den vierpoligen Motor FE5 für eine normale Leistung von 3 PS bei 1250 Min.-Umdr.; die Einzelheiten sind aus den Fig. 51 bis 54, die den ganz ähnlich gebauten Dreiphasenmotor F3 darstellen, ersichtlich.

Die Klemmen *a, b, c* des Motors, Fig. 48, entsprechen den Klemmen *a, c, b* in Fig. 47. Die Scheibe I sitzt auf der Welle des Motors, Scheibe II trägt während der Anlaufzeit den Riemen und wird, sobald der Motor die volle Umdrehungszahl erreicht hat, mittels Schraubenspindel und daran befindlichen Handrades an die Motorscheibe I gedrückt, von dieser langsam mitgenommen und der Riemen, sobald er nahezu die volle Geschwindigkeit erreicht hat, mittels der Gabel auf Scheibe I geschoben. Diese Anordnung bewährt sich bei den kleineren Motoren bis zu 5 PS vorzüglich; gröfsere Motoren laufen mit dem Riemen auf der Leerscheibe der Transmission an.

Werden diese Induktionsmotoren in Gruppen zum Antriebe von Arbeitsmaschinen einer Fabrik oder Werkstätte, oder z. B. in Druckereien zum Antriebe von Schnellpressen angewendet, so bietet die Ferraris-Arnöische Anordnung erhebliche Vorteile; sie wird auch von Ganz & Co. mit Erfolg angewendet.

In Fig. 49 ist das Schaltungsschema dieser Anordnung dargestellt. Der Motor I der Motorengruppe, und zwar einer der gröfsten der Anlage (und unter dieser derjenige, der mit der gröfsten Betriebsdauer arbeitet), ist mit einer Anlassvorrichtung *A*₁ versehen, Fig. 47, und wird von den Hauptleitungen *L*₁, *L*₂, *L*₃ gespeist. Die Mittelklemmen *b*₂, *b*₃, ... *b*_{*n*} der übrigen Motoren sind miteinander und mit der Mittelklemme des sogen. Umphasermotors I durch die Hilfsleitung *l*₂ verbunden.

Soll die Anlage in Betrieb gesetzt werden, so wird der Motor I angelassen, und hierauf können die Motoren II, III usw. in beliebiger Reihenfolge an die um nahezu eine Viertelperiode verschobenen elektromotorischen Kräfte $E_{(a_1, b_1)}$ und $E_{(b_1, c_1)}$ angeschlossen und als Zweiphasenmotoren angelassen werden; hat man den Motor I nicht nötig, so kann er abgestellt werden, sobald etwa zwei Motoren, II und III, bereits im Betriebe sind. Soll nun I wieder in Betrieb gesetzt werden, so lange noch die Motoren II, III usw. im Gange sind, so kann das unmittelbar mittels der Leitungen *L*₁, *l*₂, *L*₃ geschehen, indem die Hebel der Anlassvorrichtung aus der Mittelstellung nach rechts gestellt werden; oder der Motor kann mittels der Anlassvorrichtung angelassen werden, indem die Hebel nach links gestellt werden, nachdem vorher die Verbindung *s*₁ für die Dauer der

Anlaufzeit unterbrochen ist. Es können auf solche Weise, wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, Motoren auch unter Belastung ohne Anstand angelassen werden, wenn zwei oder mehr Motoren derselben Gröfse bereits in Betrieb sind.

Zum Antriebe von Aufzügen und überhaupt überall dort, wo der Betrieb unter Belastung angehende und umkehrbare Motoren fordert, können die einphasigen Induktionsmotoren bekanntlich nicht verwendet werden. Eine Lösung dieser Aufgabe bietet die oben geschilderte Anordnung von Ferraris und Arnö, da die Aufstellung von Umphasermotoren für einzelne Motorengruppen ermöglicht, diese Motoren unter Belastung anzulassen. Werden Motoren für einzelne Maschinen sowie solche für Maschinengruppen einer Fabrikanlage unter Berücksichtigung der Betriebsverhältnisse aufgestellt, so kann die

Ferraris-Arnöische Anordnung eine Motorenanlage schaffen, die einer Dreiphasenanlage vollkommen ebenbürtig ist.

Einen wichtigen und für die weitere Entwicklung der Einphasenanlagen entscheidenden Fortschritt bedeutet die Anwendung von elektrostatischen Kondensatoren, die den Anschluss von Zweiphasenmotoren an einphasige Wechselstromanlagen ermöglicht. Die Schwierigkeiten, welche die

Herstellung von haltbaren und in der Starkstromtechnik verwendbaren Kondensatoren bietet, sind allbekannt, ebenso die Tatsache, dass die mit den verschiedenen Kondensatorformen in den letzten Jahren angestellten Versuche keinen Erfolg gehabt haben. Erst im Jahre 1896 hat die Firma Ganz & Co. in den Hoor-Bläthyschen Kondensatoren eine Lösung dieser Aufgabe gefunden, die, wie die bisherigen Erfahrungen zeigen, den Anforderungen des Betriebes entspricht.

Der Induktionsmotor *M*, Fig. 50, ist als zweiphasiger Motor bewickelt; die den beiden Phasen entsprechenden Spulengruppen sind mit den Klemmen *a* und *b* bzw. *c* und *d* verbunden. Das System *ab* erhält den Strom unmittelbar von der 100-voltigen Leitung *L*₁, *L*₂; der zweite Stromkreis zweigt bei *m* von der Leitung *L*₁ ab und gelangt nach *d* durch die Spule I des Transformators *T*, dessen Hochspannungsspule II an den Kondensator *C* angeschlossen ist; die Klemme *c* ist mit der Leitung *L*₂ unmittelbar verbunden. Da diese Kondensatoren nur für Spannungen über 2000 V zweckmäfsig gebaut und also nicht unmittelbar in dem 100-voltigen Stromkreise verwendet werden können, so ist es notwendig, den Kondensator durch Zwischenschaltung des Transformators *T* auf die gewünschte niedrige Spannung umzusetzen.

Zur Vervollständigung will ich einige Werte anführen, die ich an einem Induktionsmotor von 6 PS aufgenommen habe, der gegenwärtig in der Freislerschen Fabrik zu Wien einen Aufzug antreibt. Die Schaltung des Motors entspricht dem Schema Fig. 50; der Motor ist sechspolig (Form FE, ähnlich wie in Fig. 53 u. f.), macht also rd. 5000 Polwechsel i. d. Min. und 835 Min.-Umdr.; der an den Motor angeschlossene Kondensator hat bei 5000 Polwechseln und 4000 V Klemmenspannung eine Kapazität von 8000 Volt-

Fig. 55.

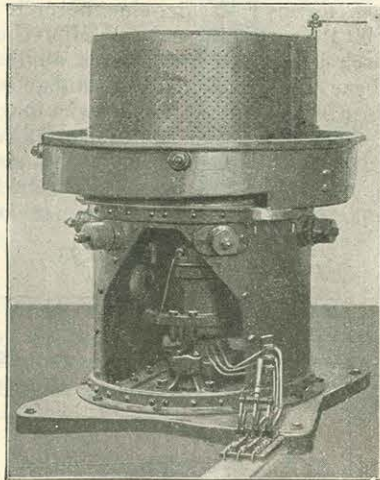


Fig. 56.

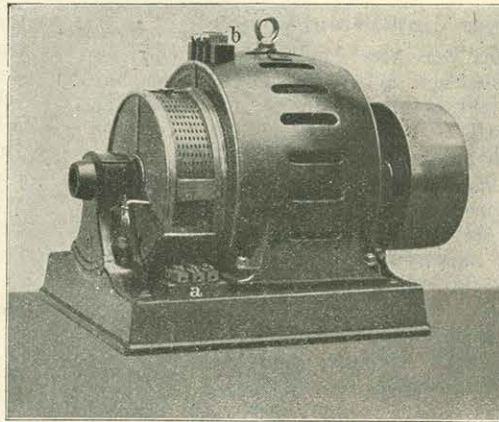
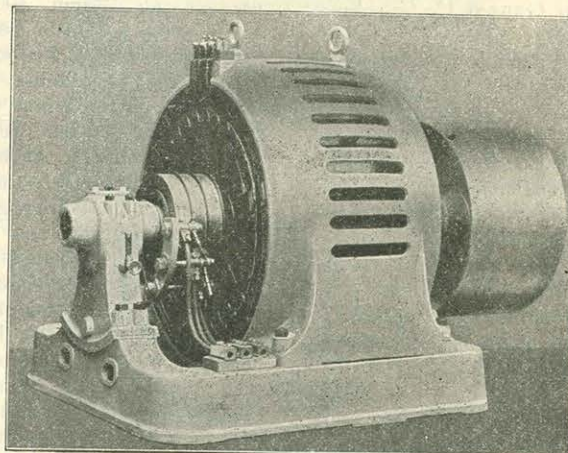


Fig. 57.



Amp., d. h. also rd. 2 Mikروفarad. Gegenwärtig ist das Anlaufmoment dieses Kondensatormotors 5,2, während der Leistung von 6 PS bei der Umlaufzahl 835 ein Drehmoment von rd. 5,1 entspricht. Durch Vergrößerung des Uebersetzungsverhältnisses im Transformer T , wobei allerdings der Kondensator sehr stark beansprucht war, konnte ich das Anlaufmoment dieses Motors auf 12, durch Hinzuschalten eines zweiten Kondensators auf 18 (!) bringen; dabei beträgt der Wattverbrauch eines solchen Kondensators bei 5000 Polwechseln und 4000 V etwa 100 Watt.

Der Gesamtnutzeffekt dieses Motors ist bei einer Leistung von 6 PS, an der Riemenscheibe, die Verluste im Motor, dem Kondensator und dem dazugehörigen Umformer mit eingerechnet, 76 bis 77 pCt.

Ich werde am Schlusse meines Berichtes noch auf die beschriebenen Induktionsmotoren und die in der Ausstellung damit gemachten Erfahrungen zurückkommen und gehe nun zur Beschreibung der

2) mehrphasigen Induktionsmotoren

über. Dieser Teil meines Berichtes kann ebenso wie der vorhergehende keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen. Die Fülle des Stoffes macht es unmöglich, sämtliche Formen und Gegenstände eingehend zu behandeln, und ich muss mich begnügen, die wichtigsten herauszugreifen.

Wie schon erwähnt, wurden die Arbeitsmaschinen, Rotations- und Schnellpressen des Pavillons für vervielfältigende Kunst und die Arbeitsmaschinen der Maschinenhalle von Dreiphasenmotoren angetrieben, die an das von der Maschinenhalle gespeiste 300 voltige dreiphasige Verteilungsnetz angeschlossen waren.

Fig. 51 bis 54 lassen die Einzelheiten des dreiphasigen Induktionsmotors F3 für 3 PS erkennen; ganz ähnlich sind die übrigen Formen für Leistungen von $\frac{1}{4}$ PS bis 8 PS und ebenso die bereits besprochenen einphasigen (Induktions-) Motoren für Leistungen von $\frac{1}{2}$ PS bis 6 PS gebaut.

Der induzierende stillstehende Teil ist aus ringförmigen 0,5 mm starken Eisenblechen zusammengesetzt. Diese Bleche werden unter der hydraulischen Presse fest zusammengedrückt und im bronzenen Mantel m , Fig. 51, durch den bronzenen Pressring p festgehalten. Der Mantel m ist durch angegossene Rippen r verstärkt, deren vier, Fig. 54, mit offenen Rinnen versehen sind. Diese Rinnen sind zur Aufnahme der durch die Bohrungen b , Fig. 52, gehenden Bolzen bestimmt, die den Mantel und die gusseisernen Schilder S, S , Fig. 51, zusammenhalten. Die ringförmigen Bleche des Läufers sitzen auf der bronzenen Nabe n , Fig. 51, und werden durch den Pressring q zusammengehalten. Der Mantel ist als Ring bewickelt und auf vier Pole geschaltet; die Wicklungen verlaufen an der Innenseite des Motors in halbgeschlossenen Rinnen. Der induzierte Teil ist mit Stangenwicklung versehen; die Stangen liegen isolirt in halbgeschlossenen Rinnen; die Gabeln g, g der Stangenwicklungen sitzen in den Einschnitten der Vulkanfiberringe f, f .

Fig. 53 giebt ein Bild des zusammengebauten Motors, Fig. 54 lässt die wesentlichen Bestandteile auseinandergemommen erkennen. Fig. 55 zeigt eine Zuckerzentrifuge mit eingebautem Motor, die im Pavillon von Ganz & Co. im Betriebe zu sehen war.

Die Wicklung des induzierten Teiles des Motors wie der übrigen ähnlichen Formen verbleibt auch während der Anlasszeit kurzgeschlossen; der Motor wird angelassen, ohne dass Widerstände zwischengeschaltet würden.

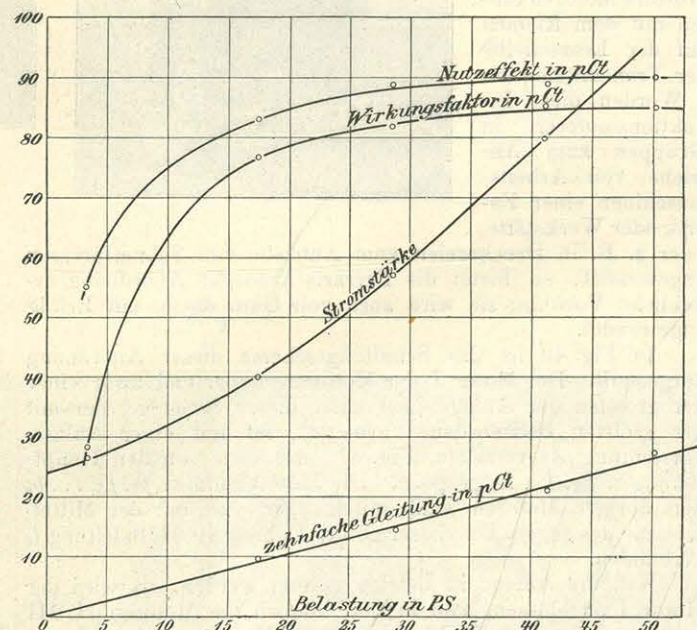
Bei größeren Motoren, etwa von 12 PS an, müssen, um den Stromstoß beim Anlaufen zu vermindern, sowie um die Anlaufgeschwindigkeit regeln zu können, während des Anlaufes veränderbare Widerstände in den induzierten Teil geschaltet werden. Der induzierte Teil ist geöffnet, wenn der Motor eingeschaltet wird, und der Motor läuft an, sobald der induzierte Teil durch Widerstände geschlossen wird; diese werden stufenweise verringert, und endlich wird — sobald der Motor die volle Umlaufzahl erreicht hat — der induzierte Teil in sich selbst geschlossen.

Handhabt man die Anlasswiderstände vorsichtig und verringert man sie nicht allzu rasch, so kann man die Anlaufstromstärke bedeutend unter die der normalen Belastung entsprechende Stromstärke herabdrücken.

Fig. 56 giebt eine Abbildung der Form F16 von Ganz & Co. für eine normale Leistung von 16 PS. Der induzierte stillstehende Teil ist mit zweiphasiger Stangenwicklung versehen, deren Enden mit den drei bei b sichtbaren Klemmen verbunden sind; der induzierende, sich drehende Teil ist als Ring bewickelt. Der Strom wird durch die Klemmen a zugeführt. Dieser Motor ist für 5000 Polwechsel und 835 Min.-Umdr. gebaut. Bei einer Belastung von 11 PS, war der Nutzeffekt eines solchen Motors nach meinen Messungen 85 pCt, die Gleitung 1,35 pCt, bei einer Belastung von 15,5 PS der Nutzeffekt 89 pCt, der Wirkungsfaktor 86 pCt, die Gleitung 2,3 pCt, bei 24,8 PS der Nutzeffekt 80 pCt, die Gleitung 4,38 pCt. Der für eine Klemmenspannung von 300 V bewickelte Motor nahm bei geöffnetem induzierten Teil 12 Amp auf, das durch entsprechende Einstellung des Anlasswiderstandes erreichbare Anlaufmoment war 7 (in kg und m) bei 17 Amp Armaturstrom, 10,5 bei 22 Amp und 14 bei 31 Amp.

Fig. 57 zeigt die Ansicht der konstruktiv vorzüglich gelungenen Form F40 für eine normale Leistung von 40 PS bei 5000 Polwechseln und 625 Min.-Umdr. Dieser Motor ist elektrisch im großen und ganzen ähnlich wie der bereits beschriebene F16 gebaut. Der stillstehende induzierte Teil ist mit einer zweiphasigen Stangenwicklung versehen, deren drei Endklemmen oben am Motormantel zu sehen sind; der induzierende Teil besitzt ebenfalls Stangenwicklung (Scheitelwicklung). Der Strom wird durch stählerne Schleifringe von den links unten sichtbaren Klemmen aus zugeführt.

Fig. 58.



In Fig. 58 sind die Ergebnisse der Messungen dargestellt, die ich an diesem 300 voltigen Motor vorgenommen habe. Die Gleitung wurde bei diesen wie bei den vorhergehenden Versuchen durch stroboskopische Beobachtungen festgestellt, indem die scheinbare Drehung einer auf der Motorwelle sitzenden, durch einen von der Stromquelle gespeisten Lichtbogen beleuchteten Scheibe ermittelt wurde. Es ist das meiner Erfahrung nach das einfachste und genaueste Verfahren. Bei der Belastung von 40 PS, beträgt der Nutzeffekt rd. 90 pCt, der Wirkungsfaktor 84,5 pCt, die Gleitung 2,1 pCt, bei der Belastung von 20 PS ist der Nutzeffekt noch immer 85 pCt, der Wirkungsfaktor 78,5 pCt, die Gleitung 1,1 pCt. Der Nutzeffekt erreicht bei 40 PS den höchsten Wert und bleibt bis 60 PS gleichmäßig; von da ab fällt er dann rasch ab. Der Motor kann längere Zeit bis zu 60 PS und höher belastet werden, ohne sich übermäßig zu erwärmen.

Wurde dieser 300 voltige Motor mit geöffnetem induziertem Teil eingeschaltet, so nahm er etwa 22 Amp auf. Durch vorsichtiges Einschalten und Vermindern der Anlasswiderstände im induzierten Teil können die Stromstärke und das Anlaufmoment langsam gesteigert werden; bei 75 Amp, also der

nahezu der größten Belastung entsprechenden Stromstärke, erreicht das letztere 70 (kg und m), kann aber auch durch Einstellen der Anlasswiderstände bis auf etwa 100 gebracht werden.

Von den verschiedenen Formen der bei den Induktionsmotoren verwendeten Metall- und Flüssigkeitswiderstände will ich nur eine der gangbarsten, den in Fig. 59 und 60 dargestellten zweiteiligen Anlasswiderstand erwähnen. Wie schon gesagt, sind die induzierten Teile der beschriebenen größeren Induktionsmotoren mit zweiphasigen Bewicklungen versehen; diese sind mit einander und die Verbindungsstelle sowie die beiden freibleibenden Enden mit den Klemmen *b*, Fig. 56, verbunden. Die Klemme *c*, die an die Verbindungsklemme der zwei Wicklungen angeschlossen ist, steht mit dem eine 10-prozentige Sodalösung enthaltenden gusseisernen Gefäße in leitender Verbindung; die vom Gefäße isolierten Klemmen *a* und *b* sind einerseits mit den isolierten Hebeln *d*, *d'*, Fig. 60, andererseits mit den beiden Endklemmen der zweiphasigen Bewicklung biegsam verbunden. Die um eine gemeinsame Achse drehbaren Hebel *d*, *d'* tragen Eisenblechplatten *b*, Fig. 60, die zwischen zwei parallelen Blechen in die Sodalösung im Gefäße getaucht werden können. Werden die Hebel *d*, *d'* in die wagerechte Ruhelage gebracht, so liegen die Kontaktstücke an den Hebeln auf den mit dem Gefäße verbundenen Kontaktmessern *d*, *d* und schließen die Flüssigkeitswiderstände kurz.

Diese Anlassvorrichtungen unterscheiden sich durch ihre einfache und feste Bauart vorteilhaft von den mit Schraubenspindeln, Handrädern und weiteren überflüssigen Teilen versehenen bekannten Formen; sie werden auch als Reihenwiderstände in dreiteiliger Form ausgeführt.

All die beschriebenen Motorformen werden von Ganz & Co. normal für 5000 Polwechsel i. d. Min., oder, wenn es sich um größere Kraftübertragungsanlagen handelt, mit den entsprechenden Generatoren für 1800 Polwechsel i. d. Min. ausgeführt. Sowohl die Einphasen- als die Dreiphasenmotoren sind reichlich bemessen, d. h. die größte zulässige Leistung übersteigt die, für welche die Motoren verkauft werden, um ein beträchtliches, und zwar bei den kleineren Motoren um etwa 40 bis 50 pCt, bei den größeren um etwa 30 bis 40 pCt.

Dem Besucher der Millenniumsausstellung wurde reichlich Gelegenheit geboten, die Motoren im Betriebe zu beobachten; die verschiedenen Zwecke, denen sie dienen, lieferten den Beweis für ihre vielseitige Verwendbarkeit. Anerkennung fanden auch die gefällige Form und die sorgfältige Ausführung. Besondere Aufmerksamkeit erregte ein Dreiphasenmotor, der während der Dauer der Ausstellung unter Wasser lief; ein zweiter Dreiphasenmotor stand auf vier aus je einer langen Spiralfeder gebildeten Säulen und lief, ohne die geringsten Schwankungen zu verursachen.

Schlussbemerkungen.

Die für den Betrieb der elektrischen Ausstellungsbahn bestimmte Generatoranlage wurde vom Verfasser am 29. April, die Wechselstromanlage für Beleuchtung

und Arbeitsübertragung am 30. April des vergangenen Jahres, also zwei Tage vor Eröffnung der Ausstellung, unter Strom gesetzt und war von diesem Tage ab während der Dauer der Ausstellung, also volle sechs Monate, ohne Störung im Betriebe: eine Thatsache, die von der Einfachheit der Anlage und des Betriebes Zeugnis ablegt und beweist, wie rasch der Betrieb einer großen elektrischen Anlage eingerichtet werden kann.

Fig. 59

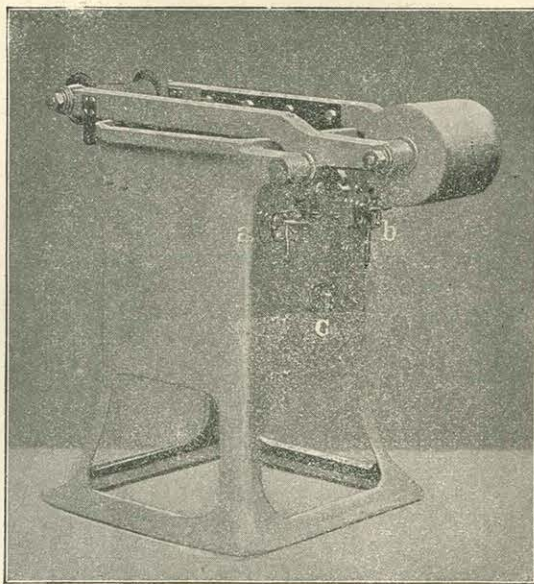
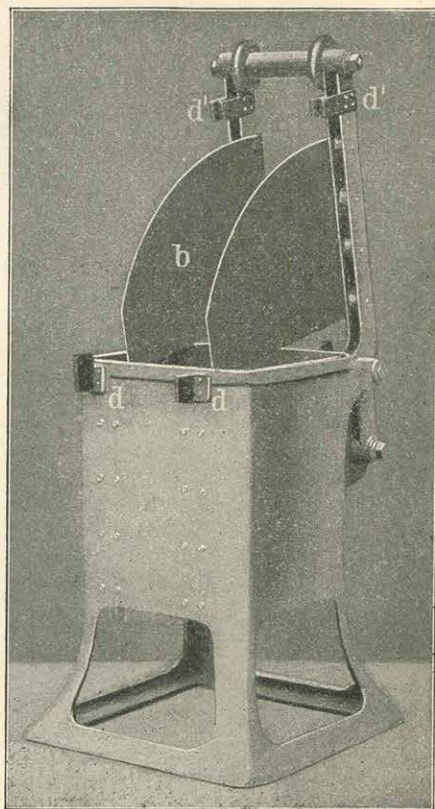


Fig. 60.



Von der Wechselstromzentrale in der Maschinenhalle wurden (die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf den Monat Juni) 234 Bogenlampen und 2300 Glühlampen gespeist; die außerhalb des Ausstellungsgebietes gelegene Zentrale der Budapester Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft lieferte für die übrigen 238 Bogenlampen und 1093 Glühlampen der Ausstellung Gleichstrom, die Beleuchtungsanlage umfasste also zu der Zeit 472 Bogenlampen und 3393 Glühlampen. Die Wechselstromzentrale der Maschinenhalle speiste außerdem noch 25 einphasige Induktionsmotoren mit einer Gesamtleistung von 78 PS., und 42 dreiphasige Induktionsmotoren mit einer Gesamtleistung von 172 PS. Hierzu kamen noch die Gleichstrommotoren der Pumpstation, der militärischen Luftschifferabteilung usw., insgesamt 12 mit einer Leistung von 153 PS.

Die 3000 voltige konzentrische Kabelleitung des Wechselstromnetzes war 3940 m lang, die sekundären Hauptkabelleitungen rd. 11 300 m; dazu kommen 1000 m Kabelleitung zur Leuchtfantäne und die Luftleitungen. Es waren in der Anlage Transformatoren für eine Leistung von 535 Kilowatt eingebaut.

Die Gesamtlänge der Hauptkabelleitungen des Gleichstromnetzes betrug 3230 m.

Die mittlere Tagesleistung der Wechselstromzentrale der Maschinenhalle war im Monat Juni

	Hektowattstunden
für Beleuchtung	rd. 4000
» Einphasenmotoren	» 2700
» Dreiphasenmotoren	» 2400

insgesamt also 9100 Hektowattstunden; die tägliche Leistung der Wechselstromanlage stieg in den Monaten September und Oktober fast auf das Doppelte dieses Wertes.

Die gleichzeitige Gesamtleistung der zum Antrieb der elektrischen Generatoren der Maschinenhalle und des Ganzschen Pavillons dienenden Dampfmaschinen überstieg für gewöhnlich 1200 PS.

Die Erfahrungen, die während dieses ziemlich ausgedehnten sechsmonatigen Betriebes an den einzelnen von Elektromotoren angetriebenen Gegenständen gesammelt wurden, die Ergebnisse der systematischen Messungen, die zur Feststellung des Arbeiterfordernisses ausgeführt wurden, sind in der Reihe der Erfolge der Millenniumsausstellung nicht an letzter Stelle zu erwähnen. Diese Messungen haben wiederum so recht deutlich gezeigt, welches geringes Vertrauen im allgemeinen noch heute die Angaben über Arbeiterfordernis und Arbeitsdiagramme der verschiedenen Arbeits- und Werkzeugmaschinen verdienen; es zeigte sich, dass die Angaben auch hier fast ausnahmslos um ein beträchtliches hinter dem tatsäch-

lichen Erfordernis zurückblieben. Es braucht wohl nicht betont zu werden, wie sehr unter solchen Verhältnissen der Anlage der Umstand zu statten kam, dass die verwendeten Motoren, wie schon erwähnt, im Verhältnis zu ihrer angegebenen Leistung reichlich bemessen waren.

Bekanntlich hängt der Erfolg einer Motorenanlage nicht blofs von der Güte und Zweckmäfsigkeit der Motoren und

ihres Systems, sondern zum grofsen Teil von der richtigen Wahl der Antriebsart, der zweckmäfsigen Gruppierung der Arbeitsmaschinen und Motoren, endlich der richtigen Wahl der Motorengröfsen ab; die in der Ausstellung erzielten Erfolge beweisen, dass die elektrotechnischen Gegenstände der Ausstellung auch von diesem Gesichtspunkt aus die Anerkennung der Fachkreise wohl verdient haben.

