

## Die zwei neuen Umformergruppen in der physikalischen Anstalt der Universität Basel.

Von

Aug. Hagenbach.

---

Die physikalischen Institute der Universitäten und der technischen Hochschulen haben in den letzten Jahrzehnten grosse Umgestaltungen erlebt, wofür vor allem die grosse Entwicklung der Elektrizitätslehre verantwortlich zu machen ist. Zu einer Zeit, in der die Elektrostatik im Vordergrund stand, stellte man zum Experimentieren Elektrisiermaschine und Apparate neben einander auf, bald im Hörsaal, bald im Laboratorium, wo man sie gerade benötigte; als dann aber mit der Entwicklung des Galvanismus und des Elektromagnetismus das Bedürfnis nach grossen Stromintensitäten wuchs, brauchte man umfangreiche galvanische Batterien, die man in besonderen Räumen unterbringen musste, und die elektrische Energie wurde mittels Leitungen zu den Apparaten hingeleitet. Mit der Entdeckung der dynamoelektrischen Maschinen verschwanden die Batterien von galvanischen Elementen, und Generatoren von immer grösseren Leistungen traten an deren Stelle. Neben den Gleichstromdynamos, die für viele Zwecke keine genügende Konstanz aufwiesen, kamen die Akkumulatorenbatterien in Verwendung, die wegen der Schwefelsäuredämpfe immer in besonderen Räumen untergebracht werden. In der Technik vor allem gewann der mittels Generatoren erzeugte Wechselstrom an Boden, und die wissenschaftlichen physikalischen Institute mussten sich die Hilfsmittel für diese Stromart, die in mancher Beziehung vom Gleichstrom ganz abweichende Eigenschaften besitzt, verschaffen.

Die Variation beim *Gleichstrom* liegt in der Spannung. Wünschenswert ist für die experimentellen Untersuchungen und Demonstrationen, alle möglichen Spannungen jederzeit zur Verfügung zu haben. Aus praktischen Gründen muss man hier unterscheiden sowohl für Akkumulatoren wie für Maschinen die Erzeugung von mittleren (niederen) und von hohen Spannungen. Da

jeder Akkumulator 2 Volt gibt, so muss man für mässige Spannungen, sagen wir 200 Volt, schon eine respektable Batterie von Akkumulatoren zusammenstellen. Für grosse Stromintensitäten, wie man sie Akkumulatoren zumuten darf, kann man also schon aus finanziellen Gründen keine hohen Spannungen fordern, denn grosse Stromstärken verlangen eben grosse Elektroden respektive grosse Zellen. Wünscht man etwa tausend oder mehrere tausend Volt Spannung, so müssen eigentliche Hochspannungsbatterien zusammengestellt werden, bestehend aus vielen kleinen Zellen, die aber eine ganz andere Konstruktion haben wie die gewöhnlichen Akkumulatoren.

Auch Hochspannungsgeneratoren sind gebaut worden, aber auch diese können nur für kleine Stromstärken konstruiert werden. Die Stromabnahme an einem lamellierten Kollektor ist bei den Hochspannungsgeneratoren immer eine delikate Sache. In der Technik haben deshalb diese Maschinen kaum Verwendung gefunden. Zu wissenschaftlichen Untersuchungen sind sie aber in vielen Laboratorien beliebt.

Die Variation beim *Wechselstrom* ist eine doppelte, einmal die Spannung und dann die Frequenz. Die Spannung einer Wechselstrommaschine von mittlerer Spannung kann leicht mit einem Transformator auf höhere Spannung, aber auch auf tiefere gesetzt werden. Die Änderung der Frequenz ist aber wesentlich schwieriger, wenn nicht gleichzeitig auch die Spannung verändert werden darf.

Wir sehen aus dem Gesagten, dass ein modernes physikalisches Institut an Stromquellen folgendes gebraucht: Akkumulatorenbatterien für mittlere Spannungen und grosse Energieabgabe, daneben eine Hochspannungsbatterie, Gleichstromgeneratoren für mittlere, am besten variable Spannung, daneben einen Generator für hohe Spannung, Wechselstromgeneratoren für mittlere Spannungen, für verschiedene Frequenzen und Transformatoren zur Änderung der Spannung. Alle diese Stromarten sollten jederzeit in jedem Hörsaal oder Laboratorium gebraucht werden können.

Dementsprechend entstand überall, je nach verfügbaren finanziellen Hilfsmitteln, ein mehr oder weniger umfangreicher Maschinenraum, von dem dann über ein zentrales Schaltbrett die elektrische Energie in der gewünschten Form nach den Arbeitsräumen geleitet werden konnte.

In der physikalischen Anstalt der Basler Universität bestehen Einrichtungen für einige dieser Stromarten, aber für keine war eine grössere Energiemenge zur Verfügung. Der Mangel, mit grösseren Strommengen arbeiten zu können, machte sich so unangenehm fühlbar, dass von den Behörden ein Kredit verlangt wurde, um neue Ein-

richtungen zu schaffen. Der Grosse Rat hat eine namhafte Summe bewilligt, über deren Verwendung ich hier kurz berichten möchte.

Wenn es sich einfach um den Ankauf gangbarer Maschinen handeln würde, so würde es kaum Interesse bieten, hier darüber zu berichten, aber da ein Aggregat von Maschinen nach unsern Angaben gebaut und aufgestellt wurden, wie es, so viel ich weiss, in keinem physikalischen Institut geschehen ist, so darf ich wohl eine kurze Beschreibung der Anlage folgen lassen.

Die bis dahin allein zur Verfügung stehende Maschine ist ein Aggregat eines Gleichstrommotors, der mit 440 Volt Stadtstrom läuft, und als Einankerumformer mit drei Schleifringen versehen, Drehstrom oder einphasigen Wechselstrom von sechs verschiedenen Spannungen und 50 Perioden gibt. Mechanisch gekuppelt damit ist ein Gleichstrommotor, der bis etwa 100 Volt Spannung liefert. Der Strom diente zum Laden einer 64-voltigen Akkumulatorenbatterie oder zum Experimentieren. Die Wechselstromenergie betrug maximal 2, die des Gleichstrom 3,5 Kilowatt. Der Motor diente daneben noch als mechanischer Motor für eine Vakumpumpe, Luftverflüssigungsmaschine etc. Die vielfache Verwendung und die kleine Leistung dieser Maschine veranlasste uns, eine leistungsfähigere, aber auch für mehr Zwecke dienende Maschinengruppe bauen zu lassen.

Die Aufgabe, die wir uns stellten, war folgende. Als Gleichstrom sollte bei Dauerbetrieb mindestens bis 150 Ampères bei allen Spannungen bis etwa 150 Volt, an Wechselstrom und zwar sowohl Drehstrom wie gewöhnlichen Wechselstrom mit allen Frequenzen zwischen 15 und 80 Perioden und allen Spannungen von 50 bis 500 Volt zur Verfügung stehen. Spannung und Frequenz sollte unabhängig von einander eingestellt werden können, so dass man z. B. ebensogut Wechselstrom von 73 Perioden und 256 Volt wie etwa Drehstrom von 17 Perioden und 500 Volt herzustellen vermöge. Die Forderung ist bei Wechselstromgeneratoren, wie sie in der Praxis vorkommen, niemals erfüllt. Obschon diese Ansprüche ungewöhnliche waren, in der technischen Ausführung einige Schwierigkeiten boten, sind wir auf der Forderung bestanden, weil sie uns durch unsere Arbeiten im Laboratorium aufgezwungen wurde.

Als motorische Kraft stand uns der städtische Drehstrom von 500 Volt Spannung zur Verfügung. Aus dem Lichtstromnetz von 220 oder 440 Volt ist nicht erlaubt, grössere Energiemengen herauszunehmen, da die dadurch verursachten Spannungsschwankungen unangenehme Schwankungen in der Lichtintensität der Glühlampen der ganzen Umgegend verursachen. Das Elektrizitätswerk hat schon in Betreff unserer kleinen Umformergruppe den Wunsch geäussert, dass derselbe besonders in der Beleuchtungszeit weniger benützt werde.

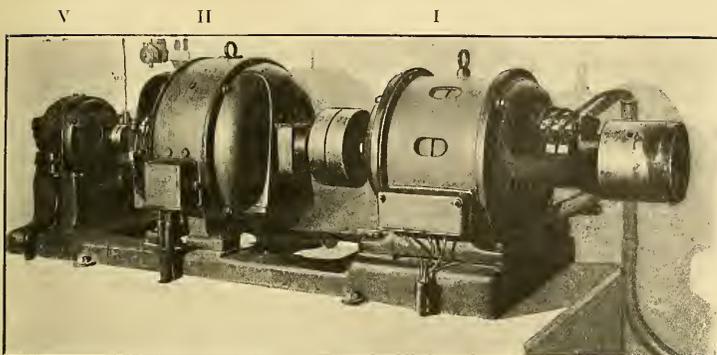


Fig. 1.

Man hätte nun daran denken können, auf eine Axe einen Wechselstrommotor und zwei Generatoren, einen für Gleichstrom und einen für Wechselstrom zu setzen, dann aber hätte man unmöglich die Frequenz in weiten Grenzen variieren können, denn Drehstrommotoren lassen leider keine grosse Veränderlichkeit der Umdrehungsgeschwindigkeit zu. Auch an die Kombination eines Drehstrom-Gleichstromumformers mit einem Einankerumformer hat man gedacht, aber unsere Forderungen wurden nicht in vollem Umfange erfüllt. Man entschloss sich deshalb, statt drei Maschinen vier zu nehmen, wodurch dann folgende Einrichtung zur Ausführung kam.

Mit dem 500-voltigen, 50-periodigen Drehstrom des Stadtstromes wird ein Motor I (vergl. Fig. 1) betrieben, der mit einem Gleichstromgenerator II mit variablem Feld auf gleicher Axe sitzt. Mit dem hier erzeugten Gleichstrom betreibt man den Gleichstrommotor III (vergl. Fig. 2) mit beliebiger Geschwindigkeit entsprechend

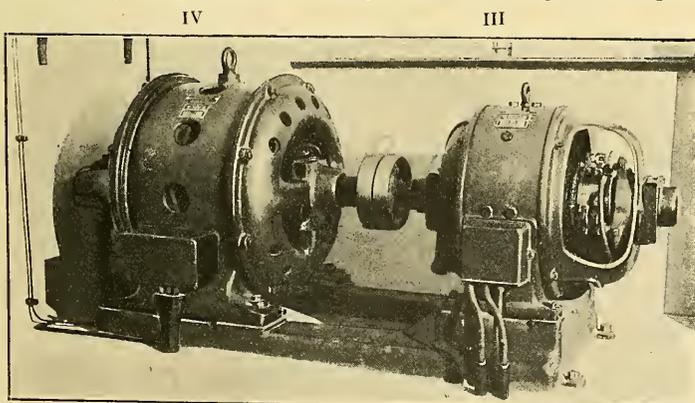


Fig. 2.

der verwendeten Stromstärke. Letzterer ist wiederum mit einem Wechselstromgenerator IV auf gleicher Grundplatte gekoppelt montiert und bildet so eine zweite Umformergruppe. Die Felder der Maschinen II, III und IV werden durch eine auf der Axe des ersten Aggregates aufgesetzte Erregergleichstromdynamo V, die maximal 65 Volt und 25 Ampère, also 1,63 Kilowatt entwickeln kann, gespeist. Zur Vereinfachung der Erklärung verweisen wir auf das Schaltungsschema Fig. 3.

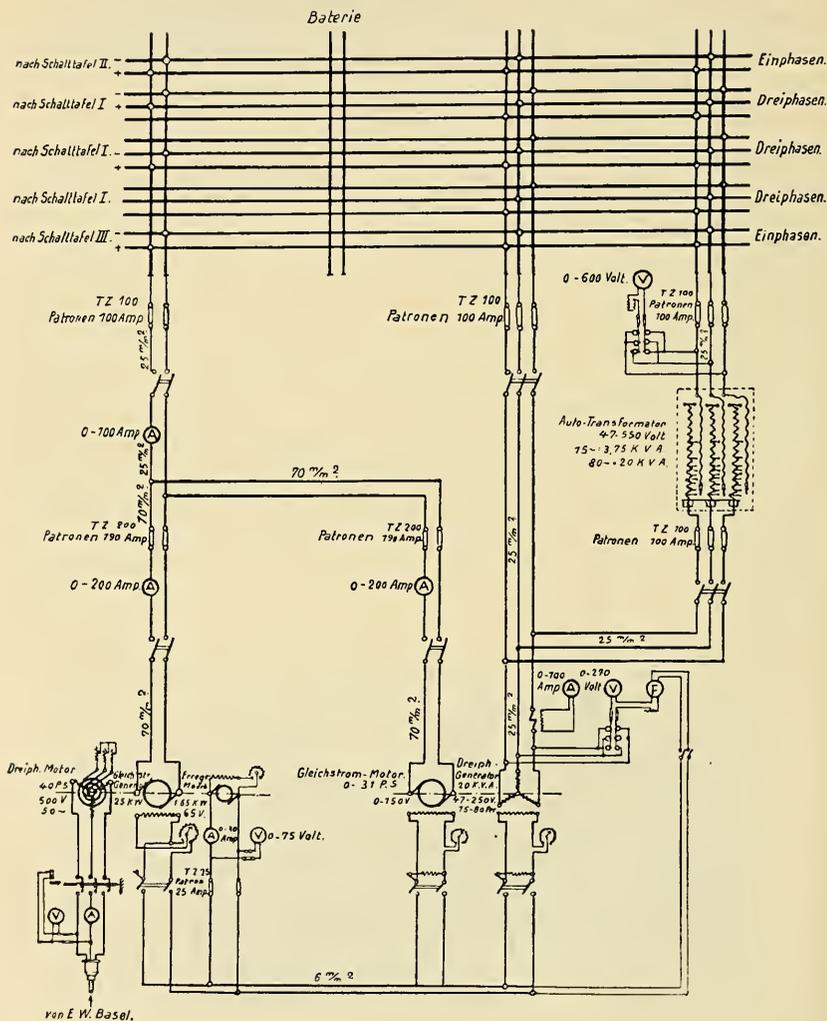


Fig. 3.

Der *Motor I* ist ein Asynchron-Dreiphasen-Wechselstrommotor von 40 P. S. Dauerleistung bei 500 Volt Betriebsspannung und 50 Perioden, mit 1500 Touren im Leerlauf und 1450 bei voller Belastung. Rotor sowie Stator besitzen eine Drehstromwicklung. Die Wicklung des Rotors führt nach drei Schleifringen, von denen mittels feststehenden Bürsten mehr oder weniger Widerstand eingeschaltet werden kann. Dieser Anlasserwiderstand ist so stark bemessen, dass er auf jeder Stufe dauernd belassen werden kann, wodurch man die Tourenzahl des Motors in gewissen Grenzen, bei voller Belastung um 50 %, bei kleiner Belastung allerdings viel weniger regulieren kann. Es sind sechs Stufen, die durch ein Handrad nach Wunsch gestellt werden. Diese Regulierung war vor allem deshalb notwendig anzubringen, weil der Motor nebenbei zum Antrieb von andern Maschinen dient, wobei eine bestimmte Tourenzahl vorgeschrieben ist. Aus diesem Grund ist auch die Leistung dieses Motors reichlich bemessen, damit er neben der zu treibenden Dynamo noch etwas anders leisten kann.

Die Leistung des *Gleichstromgenerators* beträgt 25 Kilowatt, also 34 P. S. Sie ist eine Gleichstrom-Nebenschlussdynamo mit Hilfspolen und liefert je nach dem Feld, das durch den Feldregler gestellt wird, null bis 160 Volt und kann eine Stromstärke von 156 Ampères dauernd hergeben.

Die *Erregermaschine* hat in ihrem Feldstromkreis einen regulierbaren Widerstand eingeschaltet, sodass auch ihre Spannung verändert werden kann. Ferner um die Spannung des Gleichstromgenerators auf null herunter bringen zu können, hat man deren Feld an einen regulierbaren Nebenschluss gelegt, wie es in Fig. 3 zu ersehen ist. Der Generator arbeitet auf diese Weise ausserordentlich rationell. Man stellt auf die Spannung ein, die gerade verlangt wird. So wird die im Jahre 1914 aufgestellte *Akkumulatorenbatterie* von 60 Elementen resp. 120 Volt ohne Vorschaltwiderstand geladen und zwar ebensogut mit allen Elementen hinter einander wie mit zwei parallelgelegten Hälften, was durch einen Umschalter geschehen kann. Die Kapazität dieser Batterie beträgt beiläufig gesagt 216 Ampèrestunden. Sie ist von der Akkumulatorenfabrik Örlikon bezogen.

Soll nun Wechselstrom erzeugt werden, so leitet man den Gleichstrom nach dem Gleichstrommotor des zweiten Aggregates. Beide Maschinen desselben besitzen regulierbare Felder, die von der Erregermaschine aus über je einen Widerstand gespeist werden. Je nach der Spannung des Gleichstromgenerators wird die Geschwindigkeit des Motors III ausfallen. Dies bedeutet aber für den im Wechselstrommotor erzeugten Wechselstrom die Frequenz, welche eben der Tourenzahl proportional ist.

Nun ist aber auch die Spannung der Umdrehungszahl proportional und die Spannung sinkt deshalb mit der Frequenz. Eine gewisse Regulierung besteht nun zwar in der Verstärkung des Feldes doch nur in mässigen Grenzen. Wir griffen deshalb zur Transformation des Wechselstromes.

Der *Gleichstrommotor* ist ein Nebenschlussmotor mit einer Dauerleistung von 3,5 bis 31 PS je nach der Betriebsspannung von 28 bis 150 Volt. Die Tourenzahl nimmt dabei von 300 bis 1600 pro Minute zu. Nebenbei bemerkt kann der Motor noch wesentlich langsamer rotieren, bis zu 50 pro Minute, wobei dann natürlich die Wechselstromspannung entsprechend niedrig ist, aber gerade für oszillographische Untersuchungen bequem.

Der *Wechselstromgenerator* ist ein Dreiphasen-Synchron-Generator, bestimmt für eine Dauerleistung von 20 Kilovoltampère bei einer Frequenz von 80 Perioden pro Sekunde. Bei niedriger Periodenzahl nimmt die Leistung proportional ab, aber selbst bei 15 Perioden beträgt sie noch 3,75 Kilovoltampère, eine für die meisten Zwecke genügende Leistung. Der Frequenzbereich 15 bis 80 ist so gewählt worden, weil man damit die am meisten in der Grosstechnik gebrauchten Frequenzen herstellen kann. Als untere Grenze wurde ein geringes Unterschreiten der bei elektrischen Bahnen bis jetzt allgemein üblichen  $16\frac{1}{2}$  vorgeschrieben. Nach oben musste man beträchtlich über die gewöhnlichen 50 Perioden hinauskommen. Durch die Zentrifugalkraft ist natürlich eine Grenze gesetzt. Für sehr hohe Frequenzen sind so wie so wieder anders gebaute Generatoren erforderlich. Die Spannung steigt mit der Tourenzahl von 47 bis 250 Volt entsprechend den Frequenzen 15 und 80.

Ist nun bei einer gewünschten und eingestellten Periodenzahl die Spannung des Wechsel- oder Dreiphasenstromes zu niedrig, so schaltet man den Strom auf den *Transformator*, wie im Schaltungsschema Abb. 3 ersichtlich ist. In der Abbildung 4 sieht man ihn; er ist ein Autotransformator in Sparschaltung, also mit nur einer Wickelung für jede der drei Phasen. An jeder Säule sind 11 Anzapfungen vorhanden, die man auf der Abbildung erkennt. Drückt man dem Autotransformator die bei voller Tourenzahl entwickelten 250 Volt auf, so liegen an den 11 Anzapfungen die Spannungen 250, 300, 350, 450, 550, 700, 880, 1050, 1350, 1800 und 2930 Volt. Durch Riegel können an jeder Säule eine oder zwei nach den hohen Volt liegenden Spulen abgetrennt werden. Dies hat einmal den Vorteil, dass keine wesentlich höheren Spannungen erzeugt werden als notwendig, und dann kann man den Transformator als gewöhnlichen Transformator gebrauchen, indem die abgeschalteten Spulen als sekundäre Spulen benützt werden. Die Übersetzungsverhältnisse sind so gewählt, dass

auch bei einer Primärspannung von 47 Volt noch 550 Volt erzielbar sind. Der Autotransformator gibt natürlich nur sprungweise Änderung, indem man von einer Anzapfstelle zur nächsten übergeht, aber da man auch noch das Feld regulieren kann und zudem die Tourenzahl des Wechselstrommotors des ersten Aggregates wie früher mitgeteilt wurde, werden die Stufen kontinuierlich durchschreitbar.

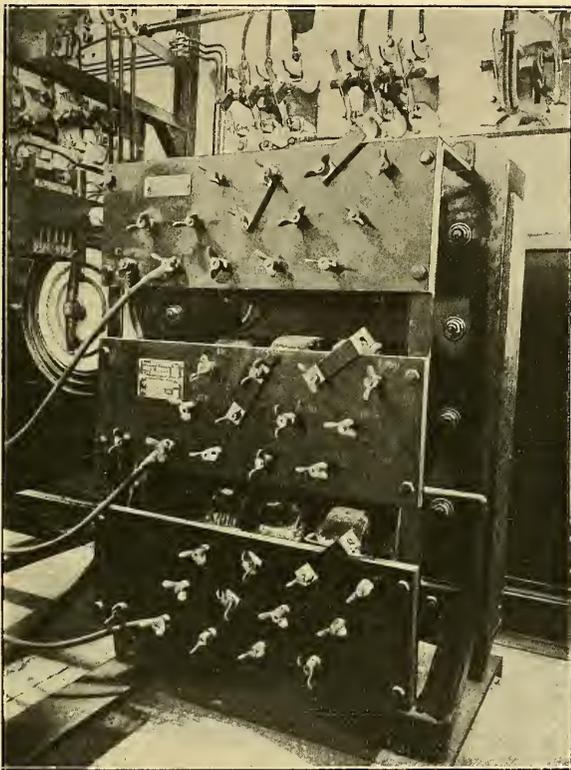


Fig. 4.

Die Konstruktion ist so gewählt, dass auch bei niederen Frequenzen noch ein guter Nutzeffekt zu verzeichnen ist. Dazu war notwendig, den lamellierten Eisenkern sehr stark zu nehmen. Der Verkettungspunkt bei der Sternschaltung ist mit dem Gehäuse und der Erde verbunden. Es ist ohne Gefahr zulässig, auch bei voller Belastung eine, zwei oder drei Phasen zu verwenden.

Bei Maschinen von den genannten Leistungen und Spannungen ist eine zentralisierte *Schalteinrichtung* im Interesse der Sicherheit

und der raschen Manövrierfähigkeit unerlässlich. Wir sind zu folgender übersichtlicher Schalteinrichtung geführt worden.

Der Motor I, der mit 500 Volt Drehstrom betrieben wird, ist von der übrigen Schaltanlage ganz getrennt. Der Anlasser steht abseits, sodass diese Spannung mit den übrigen elektrischen Teilen in gar keiner Verbindung steht. Vor dem Anlasser ist ein Hebeleinschalter und ein einstellbarer automatischer Maximalausschalter in einem eisernen Kasten vereinigt. Bei Überlastung des Motors wird er ausgeschaltet, bevor Sicherungen durchbrennen. Derartige Schutzrichtungen sind bei Maschinen, mit denen experimentiert wird, unumgänglich.

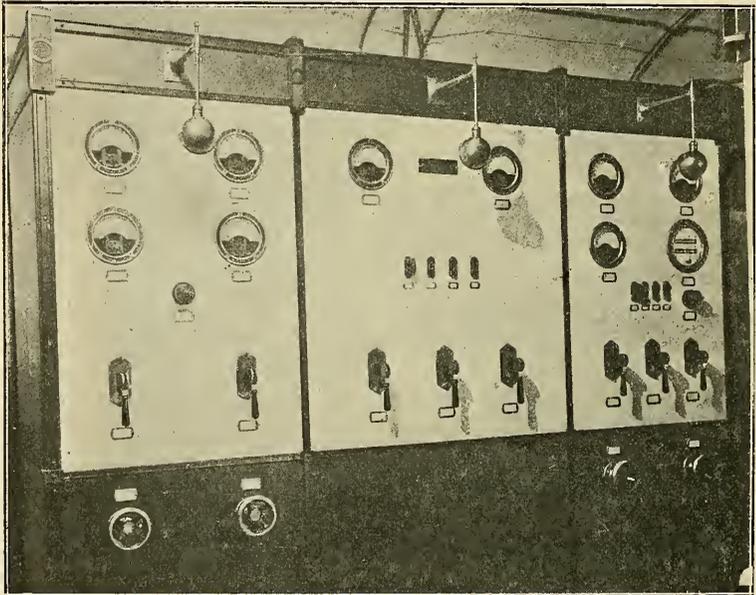


Fig. 5.

Die übrigen Schalt- und Reguliereinrichtungen sind auf einem dreiteiligen Schaltapparat vereinigt, den die Abbildung 5 zeigt. Der linke Teil enthält den Gleichstromgenerator und die Erregermaschine samt den beiden dazu gehörenden Regulierwiderständen, die mittels den unten sichtbaren Handrädern eingestellt werden. Volt und Ampèremeter der beiden Dynamos befinden sich über den Schaltern. Widerstände und Schalter liegen hinter dem Schaltbrett, nur die Griffe resp. Handräder sind vorn. Dadurch, dass alle stromführenden Teile auf der Rückseite liegen, ist jedes Manipulieren auf der Vorderseite gefahrlos.

Nach dem rechten Teil der Schalttafel ist die zweite Umformergruppe geführt. Demnach findet man dort die Schalter, mit dem man den Gleichstrommotor in Betrieb setzt, nebst den beiden Schaltern für die Felderregung und den Handrädern der Feldregler. An Ampère- und Voltmeter ist die Stromstärke und Spannung des Motorstromes ablesbar. Die Spannung und die Frequenz des Drehstromes kann nach Wunsch (Stöpselschaltung) in jeder Phase abgelesen werden. Der Frequenzmesser hat zwei Messbereiche, 15—45 und 30 bis 90 Volt, durch einen Umschalter einschaltbar.

Das mittlere Feld der Schalttafel dient dann zur Abnahme der Ströme. Mit den dort liegenden Schaltern kann man den Gleich- oder den Wechselstrom direkt oder über den Autotransformator, der hinter dem mittleren Teil der Tafel aufgestellt ist, nach dem Stromverteiler schalten. Dieser Verteiler besteht darin, dass die Stromquellen mit vertikal isolierten Kupferschienen in Verbindung gebracht werden und dass horizontal dahinter liegende Schienen an die Leitungen nach dem Hörsal, Labororien etc. angeschlossen sind. Durch besondere stark gebaute Kontaktbügel (Stecker) kann an jeder Kreuzungsstelle Horizontalschiene mit Vertikalschiene verbunden werden, d. h. es kann jede Leitung auf jede Stromquelle geschaltet werden. Man sieht die Einrichtung schematisch in Fig. 3 und in einer Photographie in Abbildung 6. Unter dem Verteiler sieht man noch drei Spulen des Autotransformators. Sämtliche Maschinen sowie die Instrumente sind durch Sicherungen geschützt, die auf besonderen Marmortafeln auf der Rückseite der Schalttafel übersichtlich und mit Aufschriften versehen aufmontiert sind. Ebenso sind auf der Vorderseite der Schalttafel alle Schalter und Widerstände bezeichnet. Die Schalttafelinstrumente sind nicht von hoher Präzision, aber doch von guter Qualität, sodass Messungen damit durchgeführt werden können.

Wir haben viel Gewicht auf Übersichtlichkeit der ganzen Anlage gelegt, denn man darf nicht vergessen, dass die Einrichtung auch zu Unterrichtszwecken dient, und da liegt es auch im Interesse der Erhaltung der Maschinen, dass durch klare Dispositionen unrichtige Schaltungen vermieden werden.

Die interessanteste Maschine ist der *Wechselstromgenerator* in Verbindung mit dem Autotransformator. Sie ist in bezug auf *Leistung* und *Verluste* schon vor der Abnahme untersucht worden. Der Eisenverlust ist als Funktion der Erregung bei allen möglichen Tourenzahlen festgestellt worden. Reibung, Ventilation, Wirbelstrom und Hysteresisverlust bei verschiedenem Strom als Funktion der Tourenzahl ist ermittelt, so dass auch die Kupferverluste bekannt sind. Der Wirkungsgrad, als Quotient der abgegebenen zu den aufgenommenen Watt beträgt bei Dauerbetrieb und 300 Touren 71,5  $\frac{0}{10}$ ,

bei 1600 Touren 89,0 %. Der Verlust verteilt sich auf Kupferverlust, Erregung, Eisenverlust, Reibung, Ventilation und Bürstenverlust. Auch die Spannungskurve, Spannung als Funktion der Erregung, bei 1000 und 1600 Touren ist bekannt. Natürlich sind noch lange nicht alle Variationen durchprobiert und gemessen. Bei uns ist die Maschine hauptsächlich ein Hilfsmittel, indem sie uns in Stand

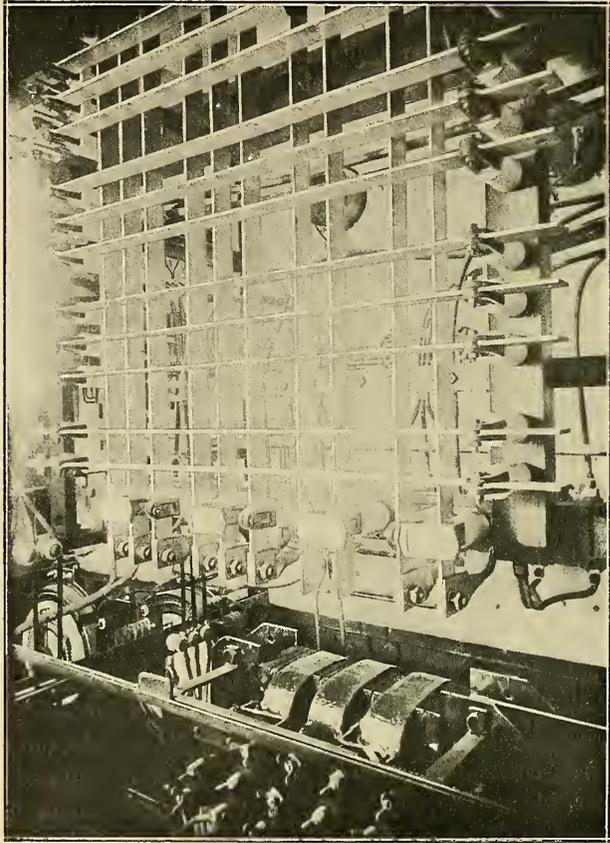


Fig. 6.

setzt, Untersuchungen z. B. mit dem elektrischen Lichtbogen anzustellen, die wir bis jetzt nicht durchführen konnten.

Die Einzelheiten des Baus der Maschinen zu veröffentlichen hätte wenig Zweck; übrigens ist es uns von der Firma Brown, Boveri & Co. in Baden, die die beiden Aggregate gebaut hat und dabei allen unsern Wünschen in verdankenswerter Weise entgegen-

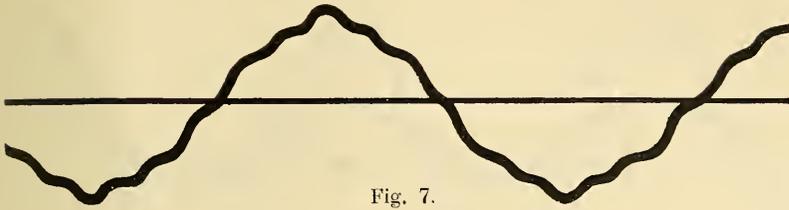


Fig. 7.

gekommen ist, aus begreiflichen Gründen nicht erlaubt, uns sind sie aber bekannt.

Ich lasse nun noch ein Resultat folgen, welches sich ebenfalls auf den Wechselstromgenerator bezieht. Mit dem von Herrn *Zickendraht* konstruierten und in diesem Band beschriebenen Oszillographen sind die Kurvenformen aufgenommen worden. In Fig. 7 sieht man den zeitlichen Verlauf der Spannung des Wechselstromgenerators bei  $16\frac{1}{2}$  Perioden und einer effektiven Spannung von 70 Volt. Der Schleifenstrom betrug wie auch bei den folgenden Oszillogrammen 0,5 Ampère, der Magnet des Oszillographen wurde mit 1,13 Ampère erregt. Die Eigenschwingungsdauer der Schleife betrug zirka  $\frac{1}{900}$  Sekunden. Die Schwingungen wurden durch Watte gedämpft. Der untersuchte Wechselstrom ist von zwei der drei Phasen abgenommen. Die Kurve zeigt Oberschwingungen, die wohl mit der Polzahl zusammenhängen, aber noch nicht genauer studiert sind.

Fig. 8 ist bei 83 Perioden und 100 Volt erhalten. Der drehbare Spiegel des Oszillographen wurde ungefähr mit derselben Geschwindigkeit wie bei der vorherigen Aufnahme bewegt. Die kleinen Zacken (Oberschwingungen) sind hier durch die Eigenschwingung der Schleife vergrößert. Die Zacken sind beim Auf- und Abstieg der Kurve versetzt.

Fig. 9 gibt Strom und Spannung mit beiden Oszillographenschleifen zugleich aufgenommen. Die Spannung (höhere Kurve) ist in diesem Fall an den Enden eines fast induktionsfreien Widerstandes aus Glühlampen abgenommen. Die Spannung betrug 65 Volt, die Frequenz 50.

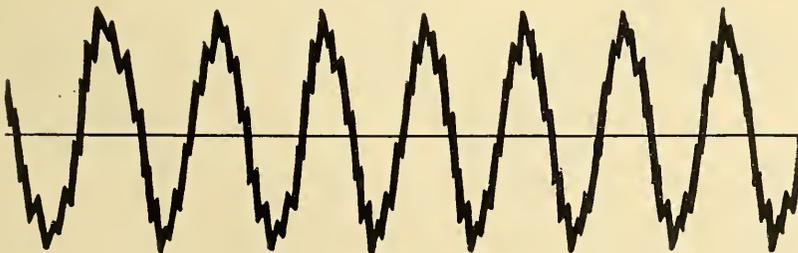


Fig. 8.

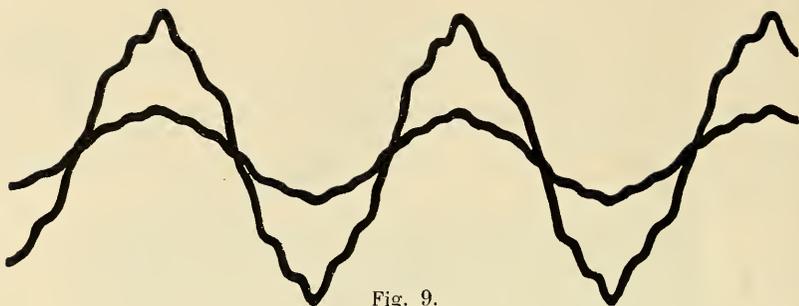


Fig. 9.

Die Strom- und Spannungskurven sind in diesem Fall ohne Phasenverschiebung und ohne merkliche Deformation.

Ganz anders liegen die Verhältnisse in Fig. 10. Der induktionsfreie Widerstand ist ersetzt durch eine Spule, die um einen Eisenring gewickelt ist. Beide Kurven zeigen starke Deformation und zugleich ist zwischen der Spannungskurve (höhere Amplitude) und der Stromkurve eine Phasenverschiebung eingetreten. Die Frequenz betrug 16,5 Perioden, die Spannung 100 Volt.

Wir haben auch die Spannungskurve des Autotransformators aufgenommen. Der Spannungsverlauf bei einem Übersetzungsverhältnis von 250/300 Volt und einer effektiven Spannung am Transformator gemessen von 100 Volt ist ein für uns erfreuliches Resultat, indem die Deformation gegenüber der Maschinenspannung nur ganz unbedeutend ist.

Hiemit sollen nur einige Beispiele der zahlreichen und lehrreichen Variationen angedeutet sein.

Ich hoffe durch diese kurze Darstellung das Wesentliche der beiden Maschinenaggregate auseinandergesetzt zu haben und möchte es zugleich als Dank aufgefasst wissen gegenüber den Behörden, die uns die Anschaffung dieses wertvollen Hilfsmittels ermöglicht haben.

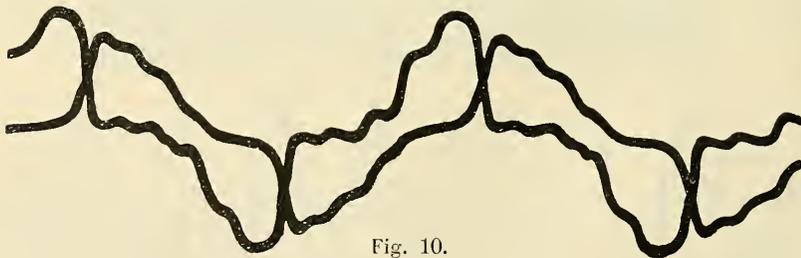


Fig. 10.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [28\\_1917](#)

Autor(en)/Author(s): Hagenbach August (Aug.)

Artikel/Article: [Die zwei neuen Umformergruppen in der physikalischen Anstalt der Universität Basel 1294-1306](#)