



Das System der Fernleitung von Lahmeyer.

Von Prof. Dr. G. Krebs.

(Fortsetzung.)

a. Die Fernleitungsmotordynamo.

Wenn in einer Zentrale Raum genug vorhanden ist, so wird die Fernleitungsdynamo durch die Kraftmaschine mittels eines Riemens angetrieben (vergl. Rundschau, Heft IV, S. 77 und 78). Ist aber der Raum beschränkt, so ist es zweckmässig, die FD durch einen elektrischen Motor zu bewegen. Auf einer und derselben Achse sitzt der Anker eines Nebenschlussmotors M und der einer FD; beide (M und FD) haben ein besonderes Schenkelgestell auf gemeinsamer Grundplatte. Die Wicklungen der Schenkel und des Ankers der FD liegen hintereinander in dem einen Kabel der Fernleitung FF (Fig. 1). Motor M und Fernleitungsdynamo FD bilden zusammen die

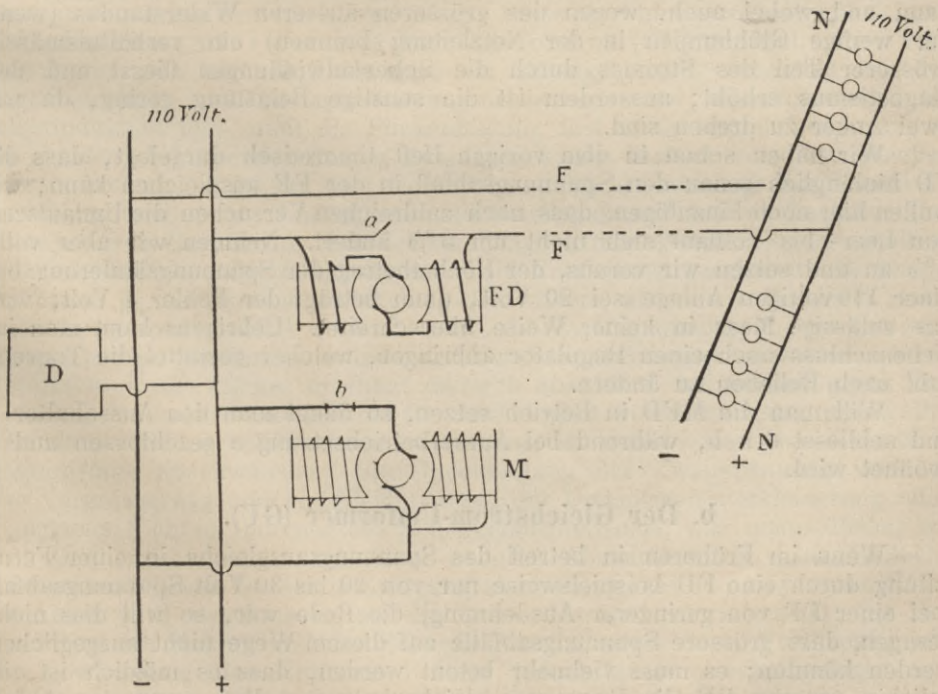


Fig. 1.

Fernleitungsmotordynamo (MFD). Bekanntermassen geht ein Nebenschlussmotor bei starker Belastung schwer an; denn der zugeleitete Strom fliesst, namentlich wenn der Widerstand im Nebenschluss gross ist, fast nur in die Ankerwindungen; der Magnetismus der Magnetschenkel und die Wirkung

des Schenkelmagnetismus auf den Anker ist also gering, so dass sich dieser bei starker Belastung kaum drehen will; ausserdem kann der starke Strom für die Ankerwindungen schädlich werden. (Bei einem Motor mit direkter Bewickelung verteilt sich der Strom sofort gleichmässiger auf den Anker und die Schenkel, weshalb hier der Magnetismus der letzteren von vornherein kräftiger antreibt.) Kommt der Anker eines Nebenschlussmotors in Gang, so nimmt die Stromstärke im Anker ab. Jeder Motor kann nämlich gleichzeitig als Dynamomaschine betrachtet werden, insofern als sich auch bei ihm ein Anker zwischen den Polen eines Magnetes dreht; dabei entsteht eine Spannung, welche derjenigen des von aussen zugeführten Stromes entgegengesetzt ist — Dynamo- oder Gegenspannung; ist dabei, was hinlänglich genau bei einer Nebenschlussmaschine zutrifft, der Schenkelmagnetismus konstant, so wächst die Gegenspannung (fast) proportional der Umlaufzahl. Durch diese Gegenspannung aber wird die Spannung des dem Motor zugeführten Stromes und deshalb auch dessen Stärke vermindert — praktisch ausgedrückt heisst dies: es wird ein Teil des Motorstromes zur Leistung von mechanischer Arbeit verbraucht und zwar um so mehr, je rascher der Motor läuft.

In unserem Falle nun hat man ein schweres Angehen des Nebenschlussmotors und die schädliche Wirkung eines starken Stromes auf die Ankerwindungen nicht zu befürchten; denn die MFD wird stets dann eingerückt, wenn der Strom in der FF noch schwach ist, dem Anker also nicht schaden kann und wobei auch, wegen des grösseren äusseren Widerstandes (wenn nur wenige Glühlampen in der Netzleitung brennen) ein verhältnismässig grösserer Teil des Stromes durch die Schenkelwindungen fliesst und den Magnetismus erhöht; ausserdem ist die sonstige Belastung gering, da nur zwei Anker zu drehen sind.

Wir haben schon in dem vorigen Heft theoretisch dargelegt, dass die FD hinlänglich genau den Spannungsabfall in der FF ausgleichen kann; wir wollen hier noch hinzufügen, dass nach zahlreichen Versuchen die Umlaufzeit von Leer- bis Volllauf sich nicht um 5% ändert. Nehmen wir aber volle 5% an und setzen wir voraus, der Höchstbetrag der Spannungsänderung bei einer 110 voltigen Anlage sei 20 Volt, dann beträgt der Fehler 1 Volt, was das zulässige Mass in keiner Weise überschreitet. Uebrigens kann man im Nebenschluss noch einen Regulator anbringen, welcher gestattet die Tourenzahl nach Belieben zu ändern.

Will man die MFD in Betrieb setzen, so öffnet man den Ausschalter a und schliesst den b, während bei Ausserbetriebsetzung a geschlossen und b geöffnet wird.

b. Der Gleichstrom-Umformer (GU).

Wenn im Früheren in betreff des Spannungsausgleichs in einer Fernleitung durch eine FD beispielsweise nur von 20 bis 30 Volt Spannungsabfall (bei einer FF von geringerer Ausdehnung) die Rede war, so will dies nicht besagen, dass grössere Spannungsabfälle auf diesem Wege nicht ausgeglichen werden könnten; es muss vielmehr betont werden, dass es möglich ist, in beliebig grossen FF die Spannung gleichzuhalten, selbst wenn der Abfall mehrere hundert Volt betragen sollte.

Die wichtigste Frage ist nun die: Kann man mittelst des Fernleitungssystems von Lahmeyer Gleichströme von ebenso weiter Ferne her und ebenso billig wie Wechselströme einer Stadt zuführen. Jedenfalls wird man Gleichströme von hoher Spannung und geringer Stromstärke verwenden, damit die Kabel hinlänglich billig sein können. Unter Voraussetzung gleicher

Spannung und Stromstärke ist der Energieverlust bei Gleichstrom etwa halb so gross wie bei Wechselstrom. Es fragt sich nun, auf welche Weise diese hochgespannten Gleichströme in niedrig gespannte verwandelt werden.

Die Umformung (Transformierung) kann auf zwei Arten geschehen. Die eine besteht darin, dass auf einer und derselben Achse zwei Anker sitzen, von denen jeder mit einem besonderen Schenkelgestell versehen ist. Den Bürsten der einen Maschine wird der hochgespannte Strom zugeführt, infolge dessen der Anker und die Achse sich umdreht; die erste Maschine dient als Motor für die zweite, welche als Gleichspannungsdynamo eingerichtet ist und bei richtiger Bewickelung trotz wechselnder Belastung starke Ströme von konstanter niedriger Spannung (Zweitspannung) erzeugt, wobei vorausgesetzt ist, dass die dem Motor zugeführte hohe Spannung (Erstspannung) selbst konstant ist. Ein solcher zweiankeriger Gleichstromumformer hat aber verschiedene Nachteile: Er besitzt, da wegen der doppelten Anker und Schenkelgestelle auch doppelte Magnetisierungs- und Ummagnetisierungsarbeit zu verrichten ist, keinen hohen Wirkungsgrad (wenig über 80 %); er ist als Doppelmaschine ziemlich teuer und die lange Achse ist bei nur zwei Lagern zu Schwankungen geneigt.

Es ist deshalb vorzuziehen, nur einen Anker zu nehmen und diesen mit doppelter, dünn- und dickdrätiger Bewickelung zu versehen; man hat dann auch nur ein Schenkelgestell nötig. Diese Maschine wird einankeriger Gleichstromumformer oder kurz Umformer (GU) genannt. Hier verringert sich, da nur ein Anker und ein Schenkelgestell vorhanden ist, die Magnetisierungs- und Ummagnetisierungsarbeit bedeutend; ausserdem wird die Selbstinduktion und somit die Funkenbildung fast völlig aufgehoben, weil in den beiden Ankerbewicklungen entgegengesetzte Ströme von fast gleicher Energie kreisen. Dagegen lässt sich nicht so leicht, weil nur ein Schenkelgestell vorhanden ist, Umlaufzeit und Zweitspannung bei wechselnder Belastung durch Regulierung des Schenkelmagnetismus gleichbleibend erhalten. Werden nämlich mehr Glühlampen in die Netzleitung geschaltet, so nimmt der Strom in der Dynamobewicklung des Ankers, also auch der darin stattfindende Spannungsabfall zu und somit die Zweitspannung ab; wollte man letztere wieder erhöhen, so müsste man den Schenkelmagnetismus (die elektromotorische Kraft) stärker machen; dadurch aber wird der Antrieb gegen den Motorteil des Ankers grösser, die Geschwindigkeit würde wachsen, und wollte man diese wieder entsprechend verringern, so müsste man den Schenkelmagnetismus abschwächen. Die Gleichhaltung der Zweitspannung verlangt also Vergrösserung und die Gleichhaltung der Umlaufzeit Verkleinerung oder wenigstens Nichtveränderung des Schenkelmagnetismus, was unausführbar ist.

Man muss deshalb zu einem anderen Auskunftsmittel seine Zuflucht nehmen und dieses besteht in Zufügung einer Regulierungsdynamo (RD). Ihr Anker wird zweckmässig auf die Achse des Umformers gesetzt; die Bewickelung des Ankers und des Schenkelgestells, sowie deren Verbindung mit der Bewickelung des Umformers kann jedoch sehr verschiedenartig eingerichtet werden. Wir beschreiben hier nur eine Form der RD:

In Fig. 2 bedeutet A den Anker für den Umformer; die Motorbewicklung ist gestrichelt, die Dynamobewicklung ausgezogen gezeichnet; die erstere steht mit dem Kollektor K, dem die Erstspannung zugeführt wird, und die letztere mit dem Kollektor H, von dem die Zweitspannung abgenommen wird, in Verbindung; die Dynamobewicklung von A ist mit der des Ankers R der RD in Reihe geschaltet. Der Erststrom verzweigt sich von I und II aus

einerseits über das Schenkelgestell EE und anderseits über die Motorbewicklung des Ankers A, während die Bewicklung des zum Regulierungsanker R gehörigen Schenkelgestells ee in den Kreis des Zweitstromes (III und IV) geschaltet ist und zwar so, dass EE und ee in gleicher Richtung von dem zugehörigen Strom umflossen werden. Motorteil von A und Schenkelgestell EE bilden also einen Nebenschlussmotor. Wenn nun durch Einschaltung einer grösseren Zahl von Glühlampen in die Netzleitung der Strom in der

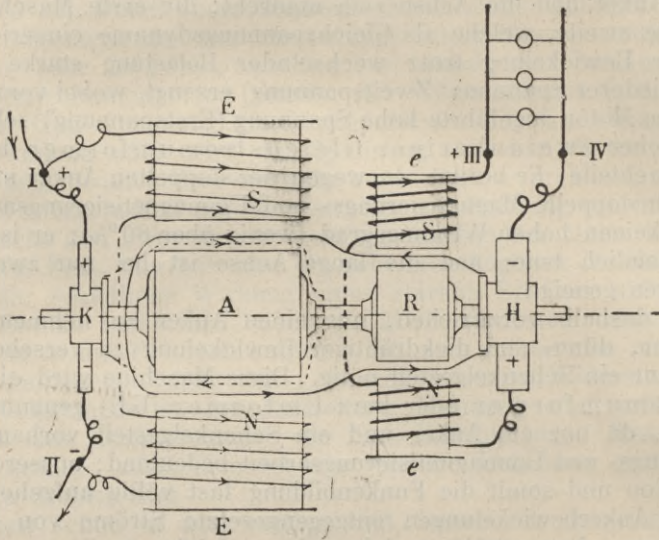


Fig. 2.

Dynamobewicklung von A wächst und somit die Zweitspannung abnimmt, so wird durch die RD noch eine Hilfsspannung zum Zweitstrom hinzugefügt. Die Belastung durch die RD ist unbedeutend, so dass, weil der Magnetismus der im Nebenschluss liegenden Schenkel EE unverändert bleibt, die Umlaufzahl kaum merklich abnimmt. Uebrigens kann durch geeignete Bewicklung von EE der Motorantrieb etwas stärker eingerichtet werden, um trotz Hinzufügung der RD die gewünschte Geschwindigkeit zu erhalten. Auch lässt sich die RD so gestalten, dass sie gleichzeitig den Spannungsverlust in der Fernleitung ersetzt, so dass die Einschaltung einer FD überflüssig wird.

(Schluss folgt.)

Die Elektromotoren in ihrer Verwendung bei Electricitätswerken.

Von Dr. Adolf Krebs in Berlin.

Es ist keine Frage, dass die Lieferung motorischer Arbeit sehr bald eine weit grössere Rolle in Electricitätswerken spielen wird, wie die Lichtlieferung. Und das hat seinen guten Grund. Während das Lichtbedürfnis nur eine äusserst kurze Zeit (kaum 2 Stunden) das Electricitätswerk voll in Anspruch nimmt, wird sich die Lieferung motorischer Arbeit auf fast die fünf-fache Zeit erstrecken und zwar fast ausschliesslich auf jene Stunden, während welcher nur wenig Licht nötig ist, das Electricitätswerk also zum grössten

Teile unverzinst brach liegt. Ist anderseits schon das Lichtbedürfnis allein im stande, ein Elektrizitätswerk nutzbringend zu machen, wie viel mehr Vorteile entspringen noch daraus, wenn es durch Lieferung motorischer Arbeit während einer grossen Anzahl Stunden voll in Betrieb sein kann! Ueberdies werden sich dann die Kosten des elektrischen Stroms, welche jetzt bereits für Lichtlieferung allein nur mässige sind, mindestens zur Hälfte erniedrigen und jeden anderen Betrieb bis zu einem gewissen Grade in Frage stellen. Erklärlich ist es mithin, dass die Lieferung motorischer Arbeit bei der Anlage von Elektrizitätswerken überall in Vordergrund getreten ist, dass namentlich die Städte, welche an diese Frage herantreten, gerade dieser Eigenschaft des elektrischen Stroms eine ganz besondere Aufmerksamkeit schenken. Es haben zudem auch die Städte die Pflicht, bei allen kommunalen Unternehmungen alle Berufsklassen zu berücksichtigen; dies aber können sie nur, wenn sie neben dem elektrischen Licht, welches vorläufig doch nur den Wohlhabenderen zugänglich ist, vor allem auf die Arbeitsleistung des elektrischen Stroms Bedacht nehmen und so auch den »kleinen Leuten« die Wohlthaten des Unternehmens zukommen lassen.

Wie sich nun die Frage nach dem System der Verteilung elektrischer Energie in grossem Masstabe auf die Frage nach der Lieferung motorischer Arbeit zuspitzt, so wird auch die Frage, ob Wechselstrom, ob Gleichstrom, nach der praktischen Befähigung des Gleichstrom- oder Wechselstrom-Motors zur Arbeitsleistung ihre endgültige Entscheidung finden müssen. Der Entscheid zu gunsten des einen oder andern Systems könnte allerdings kaum zweifelhaft sein, hätte nicht in jüngster Zeit der Wechselstrom auch seinerseits die Lieferung motorischer Arbeit als gelöst bezeichnet. Es ist hierdurch eine ziemliche Verwirrung eingetreten; die Gemüter haben sich stark erhitzt. Anstatt auf den allgemeinen, auch dem Laien fassbaren, fundamentalen Uebelstand der Arbeitsleistung mittels Wechselstroms hinzuweisen, hat man den Wirkungsgrad des Wechselstrom-Motors als Angriffspunkt genommen und die Schwierigkeit betont, welche dem Wechselstrom-Motor in dieser Richtung entgegenstehe. Man begreift daher, dass der Wechselstrom bei Leuten, welche weniger Einsicht der obwaltenden Verhältnisse haben, sehr gewinnen musste, als er mit Motoren von fast gleichem Wirkungsgrad wie jener der Gleichstrom-Motoren an die Oeffentlichkeit trat. Es war von vornherein eine Kurzsichtigkeit, diesem Punkt eine grössere Bedeutung beizumessen, umsomehr als einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen eine prinzipielle Unmöglichkeit nicht entgegenstand. Die Befähigung des Wechselstroms zur Arbeitsleistung ist vielmehr aus einem weit tiefer liegenden, allgemein verständlichen Grunde praktisch mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft. Dies einzusehen, betrachten wir in folgendem die Gleichstrom- und Wechselstrom-Motoren ausführlicher.

a) Gleichstrom-Motoren.

Der Gleichstrom-Motor ist nichts anderes als eine Gleichstrom-Maschine. Leistet man an einer Dynamo motorische Arbeit, so gibt sie Strom; schickt man Strom in sie, so leistet sie motorische Arbeit. Die grossartige Vervollkommnung der Gleichstrom-Maschinen gilt gleichzeitig für die Motoren. Ist es heute ein Leichtes, Gleichstrom-Maschinen von über 90 % mechanischem Wirkungsgrad herzustellen, so sind wir gleichzeitig in der Lage, Motoren von gleichem Wirkungsgrad zu bauen. Zudem aber haben letztere in der kurzen Zeit ihrer Anwendung bereits ihre vollkommene praktische Befähigung zur Arbeitsleistung dargethan und ihre bedeutsamen Vorteile vor allen anderen Betriebsmaschinen erkennen lassen.

Man unterscheidet ähnlich den Gleichstrom-Maschinen Hauptstrom-, Nebenschluss- und Verbund- (Compound-) Motoren. Die Hauptstrom-Motoren sind für veränderliche Geschwindigkeit bei veränderlicher Zugkraft und zwar ist letztere am grössten, wenn die Geschwindigkeit am kleinsten und umgekehrt. Die Hauptverwendungsgebiete bilden ohne Zweifel die elektrischen Bahnen. Hier wird, um aus dem Ruhezustande in Bewegung zu kommen, eine grosse Zugkraft bei geringer Geschwindigkeit verlangt. Gleicherweise muss bei Steigungen eine grössere Zugkraft zu Gebote stehen; der Hauptstrom-Motor geht dann langsamer, entwickelt aber eine dementsprechend grosse Zugkraft. Auf ebenen Strecken wird der Motor seine grösste Geschwindigkeit erreichen, da dann die Zugkraft nur gering zu sein braucht; ja er würde unendlich schnell laufen, oder wie man sagt »durchgehen«, wenn keine Last an ihm hängt. Bei elektrischen Bahnen kann dies nicht eintreten, der Motor hat immer mindestens sein eigenes Gewicht und das des leeren Wagens zu ziehen. Auf abschüssigen Teilen der Strecke aber schaltet man einfach den Strom aus; ebenso wie man in diesem Falle bei Dampfbetrieb den Dampf absperrt.

Für gewisse Betriebe, namentlich für Werkzeugmaschinen, Drehereien, Druckereien u. s. f., ist es einesteils erwünscht, eine gleichbleibende, von der Grösse der Belastung unabhängige Geschwindigkeit zu haben; andererseits sollen die Motoren, obwohl manchmal leerlaufend, nicht durchgehen. Auch für diesen besonderen Fall ist es ein Leichtes, den Gleichstrom-Motor herzurichten. Es hängt die Geschwindigkeit eines Motors einzig und allein von der Stärke des magnetischen Feldes ab, in welchem sich der Anker dreht. Der Anker sucht sich so schnell zu drehen, dass in ihm bei der Bewegung im magnetischen Felde eine elektromotorische Kraft erregt wird, welche der eingeleiteten gleich (und entgegengesetzt) ist. Je stärker das magnetische Feld, um so weniger Umdrehungen pro Minute sind dazu nötig, um so geringer die Geschwindigkeit; je schwächer das Feld, um so grösser die Geschwindigkeit. Im Falle also das magnetische Feld gleich stark bleibt, ist auch die Geschwindigkeit des Elektromotors eine unveränderte. Ein gleich starkes magnetisches Feld wird erhalten, wenn wir einen Nebenschluss-Motor (Nebenschluss-Maschine als Motor) verwenden. Die Elektromagnetwindungen liegen bei diesem in einem besonderen Zweig; bei gleichbleibender Spannung der Stromquelle ist also die magnetisierende Kraft der Magnetwicklung dieselbe. Immerhin aber ändert sich die Geschwindigkeit zwischen Voll- und Leerlauf etwas (beiläufig 10—20%); sie ist bei Leerlauf grösser. Es muss sich also das magnetische Feld doch etwas geändert haben, es muss bei Vollbelastung stärker geworden sein. In der That tritt infolge des grösseren Ankerstroms bei Vollbelastung eine stärkere Magnetisierung des Ankereisens auf, welche das magnetische Feld der Pole verstärkt (umgekehrt wie bei den Maschinen, wo die Ankerkraftlinien das magnetische Feld schwächen).

In manchen Fällen ist jedoch eine vollkommen gleichbleibende Geschwindigkeit notwendig. Um solche zu erhalten, benutzen wir nach Art der Verbundmaschinen Motoren mit gemischter Wicklung. Die Elektromagnete erhalten zwei Wicklungen, eine Nebenschluss- und eine Hauptstrom-Wicklung. Letztere ist mit dem Anker in Hintereinanderschaltung und derart bemessen und angeordnet, dass ihre magnetisierende Wirkung derjenigen der Nebenschluss-Wicklung entgegenwirkt und das Feld bei steigender Belastung in dem Masse abschwächt, wie es die Ankerkraftlinien verstärken. Eine vollkommen gleichmässige Geschwindigkeit ist das Ergebnis. Da ferner die Umdrehungszahl lediglich von der Stärke des magnetischen Feldes abhängt, ist

es ein Leichtes, Motoren mit beliebiger, von der Zentrale völlig unabhängiger Geschwindigkeit herzustellen.

Weiterhin ist aber auch die Regelung eines und desselben Motors die denkbar einfachste; wir erzielen Geschwindigkeitsänderungen dadurch, dass wir in die Elektromagnetwindungen einen veränderlichen Widerstand einschalten und das magnetische Feld durch Regelung des Schenkelstroms verstärken oder schwächen. Bei Anwendung eines Widerstands mit feinen Abstufungen lassen sich die zartesten Geschwindigkeitsänderungen erreichen.

Es wird häufig, sogar selbst von manchen Gleichstrom-Vertretern, der Stromwender (Kommutator) der Gleichstrom-Maschinen und Motoren als »wunder Punkt« hingestellt und als Vorteil bezeichnet, sollte man ihn (etwa durch dereinstige Verwendung von Wechselstrom-Motoren) vermeiden können. Ich betone dem gegenüber: »Der Stromwender ist die erste Bedingung einer jeden praktisch brauchbaren elektrischen Kraftübertragung; er macht allererst den Motor von der Zentrale unabhängig und setzt ihn in Stand, sich ganz allein den Erfordernissen der Arbeitsleistung, wie sie an der Verwendungsstelle in jedem Augenblicke vollführt werden soll, anzupassen.«

Stellt man sich die Vorgänge bei einer Arbeitsübertragung mittels Gleichstroms vor, wie zuerst in der Strommaschine Wechselströme erzeugt, durch den Stromwender gleichgerichtet, dann durch den Stromwender des Motors wieder in Wechselströme umgesetzt werden und dann erst notorische Arbeit leisten, so könnte man versucht sein zu fragen: wozu diese doppelte Umwandlung? Leiten wir doch einfacher die Wechselströme der Strommaschine unmittelbar in den Motor und lassen wir die beiden Stromwender einfach weg. Wir werden jedoch bei der Betrachtung der Wechselstrom-Motoren sehen, dass hierdurch der Motor vollkommen abhängig wird von der Zentrale, dass er nur Arbeit leisten kann, wenn er den Bedingungen mit grösster Genauigkeit folgt, welche die Strommaschine ihm vorschreibt, dass dann aber der Motor nicht mehr seinem eigentlichen Zweck, der Anpassung an die Erfordernisse der motorischen Arbeit, genügt. Auch ein Motor kann nicht zwei Herren zugleich dienen.

Der Stromwender spielt in der Arbeitsübertragung dieselbe Rolle, wie die Parallelschaltung in der Lichtverteilung. War diese die Lösung des Problems, elektrische Lampen unabhängig zu brennen, so ist der Stromwender die Lösung des Problems, Motoren unabhängig von der Zentrale zu betreiben. Wir werden im Abschnitt »Wechselstrom-Motoren« näher noch auf die Bedeutung dieses Punkts einzugehen haben.

Nun aber zu dem Uebelstand, welcher mit dem Stromwender verbunden ist, nämlich, dass die Funkenbildung und die funkenlose Bürstenstellung bei Gleichstrom-Maschinen wie Motoren eine Beaufsichtigung verlange. Bei Maschinen hat dieser Punkt insofern geringe Bedeutung, als unterrichtete Leute (Maschinisten) so wie so am Platze sind. Für Motoren scheint dieser Punkt schon wesentlicher; einesteils soll bei Abnehmern von Motoren so wenig wie möglich Kenntnis der Behandlung vorausgesetzt werden; andernteils ist es für gewisse Betriebe nicht möglich, die Bürsten nach der jeweiligen Belastung einzustellen; häufig sind die Motoren nicht leicht zugänglich (bei Eisenbahnen, fahrbaren Kränen u. s. f.). Wenn ich nun diesem sogen. Uebelstand jede praktische Bedeutung abspreche, so geschieht dies auf Grund eingehender Versuche, welche ich in dieser Richtung angestellt habe. Ein Gleichstrom-Motor, bei welchem eine Bedienung nicht verlangt werden kann und soll, ist derart zu bemessen, dass der Ankermagnetismus nur einen Bruchteil (ca. $\frac{1}{6}$

bis $\frac{1}{10}$) des Schenkelmagnetismus ausmacht. Eine Bürstenverschiebung ist dann praktisch kaum mehr nötig (diese hängt ja bekanntlich von dem Verhältnis der beiden Magnetismen ab). Einen geradezu überraschenden Erfolg erhält man aber, wenn man statt Kupferbürsten **Kohlebürsten** anwendet und diese radial gegen den Stromsammler stellt (siehe Fig. 1). Ich erwähne des

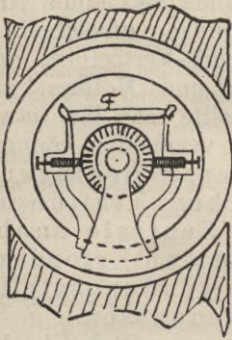


Fig. 1.

Interesses halber, welches diese Anordnung in Anspruch nehmen muss, dass eine elektrische Lokomotive mit derart angeordneten, an den neutralen Stellen den Stromwender berührenden Kohlebürsten vollkommen funkenlos lief, einerlei, ob bei stets derselben Bürstenstellung der Motor leer oder belastet, vorwärts oder rückwärts lief. Wenn ich nun noch erwähne, dass ich unter funkenlosem Gang verstehe, wenn man an den Bürsten keinerlei Funken bemerkt, mag man sehen, von welcher Seite man will, so wird man die hohe Bedeutung dieser neuen Anordnung erst vollkommen zu würdigen wissen und sich wundern, dass die schon seit langem bekannten Kohlebürsten noch so wenig in Gebrauch sind. Wie diese Eigenschaft der Kohlebürsten zu erklären ist, werde ich an anderer

Stelle auseinandersetzen; hier sei nur noch bemerkt, dass verkupferte Kohlebürsten diesen Vorteil nicht zeigen.

Was aber die Gleichstrom-Motoren vor allen anderen Motoren auszeichnet, ist, dass sie die zugeführte Energie unmittelbar in drehende Bewegung umsetzen. Welche Vorteile daraus entspringen, bemerken wir durch Vergleich mit den anderen Kraftmaschinen (Dampf-, Gaskraftmaschinen). Bei ihnen bewirkt die zugeführte Energie (Dampf, Gas) zunächst eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens. Diese muss dann noch in drehende Bewegung umgesetzt werden, damit sie praktisch verwertbar sei. Bei den Elektromotoren fallen also alle diese Teile fort, welche zur Umsetzung der hin- und hergehenden in drehende Bewegung bei anderen Betriebsmaschinen nötig sind. Diese machen aber bekanntlich den kostspieligsten und, da in fortwährender Bewegung, auch den am meisten der Erneuerung bedürftigen Teil aus, zudem nehmen sie den grössten Teil des Volumens ein. Wir verstehen also, mit welch grossen Vorteilen die Gleichstrom-Motoren ausgestattet sind. Wir begreifen das geringere Gewicht, welches sie für gleiche Kraftleistung besitzen, und den geringen Raum, welchen sie einnehmen; wir begreifen aber auch, dass die Anlagekosten erheblich geringer sind. Ferner müssen wir es noch als Vorteil anerkennen, dass der Gleichstrom-Motor keine »toten Punkte« hat, welche einigermaßen zu vermeiden, bei anderen Kraftmaschinen zwei und mehr Cylinder notwendig machen. Bedenken wir noch, wie die Zuleitung des elektrischen Stroms die denkbar einfachste ist, wie Schmutz und Belästigung irgend welcher Art vollkommen ausgeschlossen sind, wie endlich die Entfernung zwischen der Stromerzeugungs- und Verwendungsstelle kaum eine Rolle spielt, so müssen wir den Gleichstrom-Elektromotor als das Ideal einer Betriebsmaschine ansehen, und wir verstehen, wie schon heute grosse Fabriken ihren weitverzweigten Betrieb mit einzelnen in den verschiedenen Abteilungen aufgestellten Gleichstrom-Motoren betreiben.

(Schluss folgt.)

Ueber Verteilung der elektrischen Energie durch konstanten Strom.

Vortrag, gehalten in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 22. Oktober 1889 von Alexander Bernstein.

(Fortsetzung.)

Es ist jedoch die Anzahl der Lampen, welche in einem einzelnen Stromkreise benutzt werden kann, immerhin eine begrenzte, weil sonst die Gesamtspannung im Kreise eine zu hohe sein würde.

Nach dieser Richtung hin muss man freilich zwischen dem Parallelsystem und dem Reihenschaltungssystem einen wesentlichen Unterschied machen. Bei ersterem ist die Maximalspannung auf der ganzen Anlage überall vorhanden; bei letzterem existiert die Maximalspannung nur an der Dynamomaschine; zwischen zwei einzelnen Teilen der Leitung ist je nach der Anzahl der Lampen nur eine geringe Spannungsdifferenz vorhanden. Auch sind die von mir angewendeten Lampen und Lampenhalter so konstruiert, dass eine Berührung mit einem leitenden Teil ausgeschlossen ist. Ich möchte nach meinen Erfahrungen behaupten, dass bei der Reihenschaltung eine Spannung von 1500 V an der Dynamomaschine als vollkommen sicher betrachtet werden kann. In den Vereinigten Staaten ist allerdings das Doppelte dieser Spannung jetzt ganz gebräuchlich, doch werden wir uns in Europa nicht leicht zu solchen Spannungen, selbst beim Gleichstrom, entschliessen. Allerdings wird die fortschreitende Technik immer höhere Spannungen gestatten, jedoch lässt sich eine allgemeine Regel nicht geben. Vorläufig glaube ich nach jahrelangen Erfahrungen die Maximalspannung von 1500 V als eine sichere betrachten zu dürfen.

Unter diesen Umständen ist die Anzahl der Lampen, welche in einem Stromkreise verwendet werden können, begrenzt, und wenn es sich um eine grosse Anzahl von Lampen handelt, so müssen dieselben in mehrere Stromkreise verteilt werden, deren jeder die in Fig. 1 dargestellte Form hat.

Dies hat seine Vorteile, aber auch seine Nachteile, wenn die Anzahl der Stromkreise eine zu grosse wird. Der Vorteil liegt darin, dass durch die grössere Anzahl von Dampfmaschinen und Dynamos, alle von gleicher Grösse, welche durch ein Schaltbrett beliebig mit jedem Stromkreise verbunden werden können, eine erhöhte Betriebssicherheit gewonnen wird. Man kann auch die Einrichtung treffen, dass bei geringer Belastung der Stromkreise mehrere derselben von einer Dynamo gespeist werden. Jedoch bei der Art der Regulierung durch Veränderung der Geschwindigkeit, welche ich vorher beschrieben habe, erscheint eine derartige Einrichtung nicht so notwendig, als wenn die Dampfmaschinen auch bei geringer Leistung mit voller Geschwindigkeit zu laufen haben.

Solange es sich um Anlagen für die oben erwähnten Zwecke handelt, wird die Anzahl der Maschinen keine so grosse werden, um ein Uebelstand zu sein, wenn wir jedoch zur Städte-

beleuchtung schreiten wollen, so muss eine Veränderung des Systems vorgenommen werden.

Es muss zuerst die Anzahl der Dynamos durch Verwendung grösserer Maschinen verringert werden und es muss auch in Privathäusern, trotz der ausserordentlich günstigen Bedingungen für Isolatoren, die Maximalspannung auf 5 bis 600 V herabgesetzt werden.

Wir gelangen so zu dem Systeme der Reihenschaltung mit Transformatoren.

Ein solches System ist in Fig. 6 dargestellt.

Es ist A die Dampfmaschine, welche mit einem elektrischen Regulator versehen ist, B ist die Dynamo, C die Hauptleitung in den Strassen und DD_1, D_2 u. s. w. sind die Transformatoren, welche in der Strassenleitung hintereinander geschaltet sind. EE, E_2 sind die Hausleitungen, in welchen die Lampen oder andere elektrische Apparate ebenfalls hintereinander angebracht sind.

Es wird nun nützlich sein, die Verhältnisse einmal näher zu betrachten, unter denen sich solch ein Gleichstromtransformator für konstanten Strom befindet. Es sind dies in der That Verhältnisse eigener Art, welche seiner praktischen Verwendung wesentlich zu gute kommen.

Ein jeder derartiger Transformator besteht aus einem Motor, welcher durch den primären Strom Bewegung erzeugt, und einer Dynamo, welche diese Bewegung wiederum in Strom im sekundären Kreise umwandelt. Es ergibt sich schon hieraus, dass die Konstruktion des Transformators dieselbe Mannigfaltigkeit erlaubt, welche wir heute in den Dynamos finden, und die Zeichnung, Fig. 7, soll daher nur eine der Formen darstellen. Es ist nicht gerade diejenige Form, in welcher ich hoffe, Ihnen den Transformator demnächst in Thätigkeit zeigen zu können. In der hier angegebenen Darstellung ist der Anker für den primären Strom, welcher mit Windungen aus starkem Draht versehen ist, von dem Anker des sekundären Stromes, welcher einen dünnen Draht trägt, von einander vollständig getrennt. Beide bewegen sich aber in einem gemeinsamen magnetischen Felde, und wird der Elektromagnet hier von dem primären Strom erregt. Jeder der Anker ist mit seinem Kollektor verbunden, und die gemeinsame Achse liegt in Lagerböcken, welche mit Oelreservoirien zur selbstthätigen Oelung versehen sind. Derartige selbstthätige Oelungen gibt es heute verschiedene, und in dem hier vorliegenden Fall ist der Bedarf an Oel ein sehr geringer, weil äussere einseitig wirkende Zugkräfte nicht vorhanden sind, während sich alle inneren elektrischen Kräfte in Bezug auf die Achse aufheben, so dass die Reibung nur dem Gewichte der kleinen Armaturen entspricht. Betrachten wir einmal die

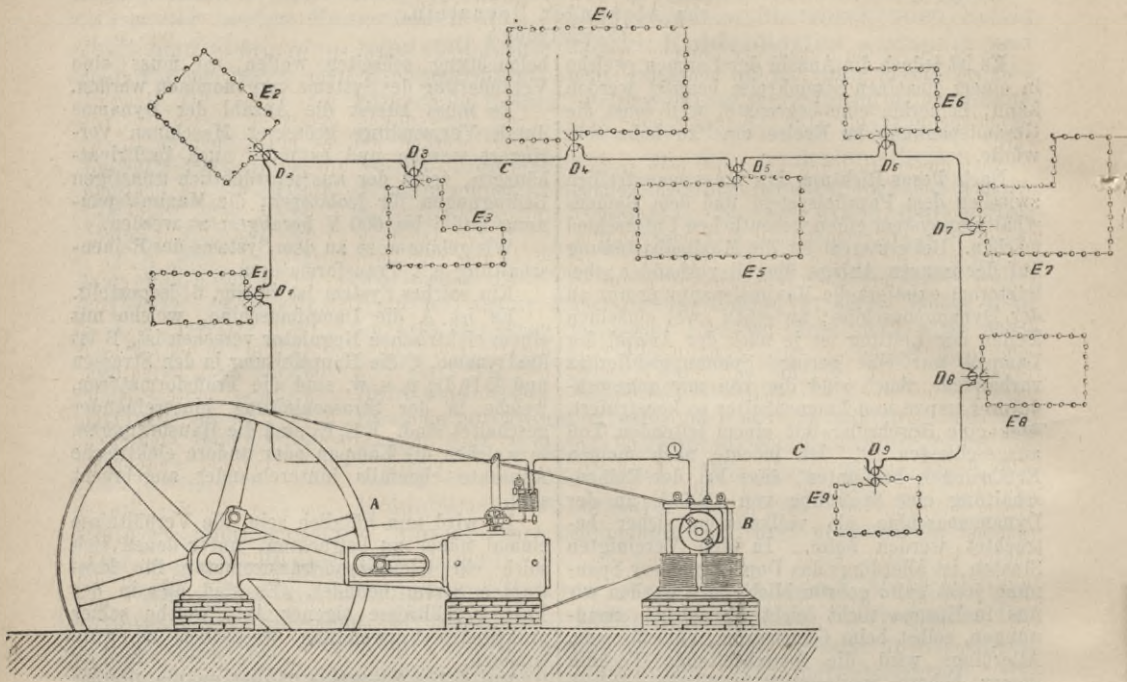


Fig. 6.

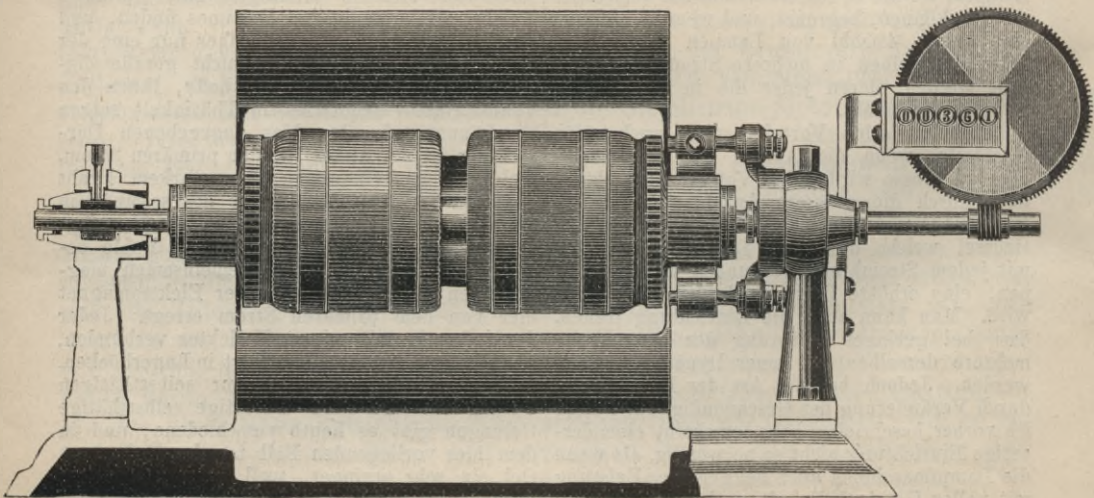


Fig. 7.

Funktion dieses Transformators in dem vorliegenden Falle.

Die Kraft, mit welcher der Anker des primären Stromes gedreht wird, hängt bei konstantem magnetischen Felde von der Stromstärke im Anker ab. Dieser Strom wird hier durch die oben beschriebenen Mittel konstant erhalten. Der Drehung wirkt der Strom in der sekundären Armatur entgegen, abgesehen von der Reibung, welche nur einen kleinen Prozentsatz von der drehenden Kraft absorbiert. Der Strom, welcher in dem sekundären Anker dem Strom im primären das Gleichgewicht zu halten, hängt von der Anzahl der Windungen des sekundären Ankers zur Anzahl der Windungen der primären Armatur ab. Diese Windungen sind gegeben, und damit bestimmen sich auch die Ströme, welche einander das Gleichgewicht halten, d. h. einem konstanten Strom im primären Kreise entspricht ein konstanter Strom im sekundären Kreise. Die elektromotorische Kraft des sekundären Kreises hängt von der Anzahl der Drehungen des Ankers ab, da die Stärke des Feldes, wie bereits erwähnt, konstant bleibt. Diese Verhältnisse haben nun eine eigentümliche Folge. Es sei z. B. der primäre Strom gleich 50 A und die Anker des Transformators seien so gewunden, dass einem Strome von 50 A in dem primären ein Strom von 10 A in dem sekundären das Gleichgewicht hält, so muss der Transformator diejenige Geschwindigkeit annehmen, welche den Strom von 10 A erzeugt; denn nur dann ist ein Beharrungszustand vorhanden. Es sei z. B. der Widerstand im sekundären Kreise gleich 10Ω und die Umdrehung gleich 100, in welchem Falle die elektromotorische Kraft gleich 100 V sei, also der Strom gleich 10 A. Wenn sich

jetzt der äussere Widerstand durch Hinzufügung von Lampen auf 20Ω erhöht, so muss die Geschwindigkeit des Transformators steigen, und zwar auf 200 Touren, in welchem Falle die elektromotorische Kraft gleich 200 V ist, da ja hier die elektromotorischen Kräfte direkt der Geschwindigkeit proportional sind; alsdann ist der Strom wieder 10 A, d. h. der Beharrungszustand ist eingetreten. Das Umgekehrte würde stattgefunden haben, wenn wir die Anzahl der Lampen im Stromkreise verringert hätten. Wir haben es also hier mit einem Transformator zu thun, welcher nur mit voller Geschwindigkeit läuft, sobald alle Lampen eingeschaltet sind, und im anderen Falle seine Geschwindigkeit der Anzahl der Lampen entsprechend verringert. Dies ist für seine Erhaltung, d. h. Verminderung der Abnutzung, ein sehr wesentlicher Umstand von erheblicher praktischer Bedeutung.

Jedoch andere Umstände von ebenso grosser Wichtigkeit treten hinzu. Bei jedem Transformator ist es von besonderer Bedeutung, dass die Isolation in der primären Wickelung gut erhalten werden kann. Dies ist beim Parallelsystem sehr schwierig, weil ja überall, also auch am Kollektor des primären Ankers, annähernd die Maximalspannung, 1000 bis 2000 V, vorhanden sein muss. In dem hier vorliegenden Falle jedoch, in welchem die Transformatoren hintereinander geschaltet sind, ist die Spannungsdifferenz am primären Kollektor sehr gering. Handelt es sich z. B. um eine Maximalleistung von 3000 V-A, so haben wir im vorhin erwähnten Falle nur 60 V Spannung am Kollektor des primären Ankers. Dies macht es sehr leicht, einen funkenlosen Gang und eine vollkommene Isolation zu erhalten.

(Schluss folgt.)

Arbeiten des internationalen Kongresses der Elektriker.

Von F. v. Siegroth, Berlin.

(Fortsetzung IV.)

E.

Die Transformatoren

von Picon.

1) Prinzip. — Wird ein elektrischer Strom durch einen Apparat gesandt, welcher ihn in eine andere Form der Energie transformieren soll, so misst das Produkt EJ der Klemmspannung \times der Stromstärke die Kraft, welche in jedem Augenblick von dem Apparat absorbiert wird.

Ist letzterer so beschaffen, dass er sich selbst in einem bestimmten vom ersten abhängigen Stromkreis erregt, so wird das Produkt $E'J'$ der Klemmspannung dieses zweiten Stromes \times der Stromstärke in jedem Moment die für den Aussenstrom gelieferte elektrische Energie darstellen.

Es ist noch zu erwähnen, dass die elektrische Energie einfach eine Transformation in dem Faktorenwert erhalten hat, dessen Produkt seinen momentanen Wert anzeigt; hieraus ist der Name „Transformatoren“ für die betreffenden Apparate abzuleiten.

Der erste Strom erhält den Namen Primär-, der andere Sekundär-Strom.

Die sekundäre Energie ist immer kleiner als die primäre. Die Differenz ergibt die Energie, welche durch die verschiedenen passiven Widerstände verzehrt wird, welche durch das Funktionieren des Apparates zur Geltung kommen.

Man nennt Transformationskoeffizient das Verhältnis der Klemmenspannung zweier Ströme. Es wäre viel genauer, das Verhältnis der elektromotorischen Kräfte so zu erklären, da es sonst nur wenig Unterschied zwischen diesen beiden Werten gibt.

Der Name Transformatoren ist den Apparaten gegeben, welche augenblicklich in einem Sekundärstrom die durch einen Primärstrom zugeführte Energie ersetzen.

So werden eine Sekundärbatterie oder eine Zusammenstellung von Kondensatoren, deren hintereinandergeschalteten, geladenen Elemente in Parallelschaltung entladen werden können, gut eine Transformation einer Gruppe von Werten EJ in eine andere Gruppe abgeben; aber die Erscheinung ist nicht momentan und diese Apparate gehören nicht in die Klasse der Apparate, welche Transformatoren oder Sekundärgeneratoren genannt werden.

2) Die Induktionserscheinungen sind die Grundlage des Funktionierens der Transformatoren. — Im wesentlichen erzeugt der Primärstrom einen Kräftezufluss, welcher den Sekundärkreis durchdringt. Damit derselbe die elektromotorische Induktionskraft aufnimmt, muss der den Primärstrom bestimmende Kräftezufluss daselbst veränderlich sein, und damit das Phänomen sich unendlich wiederholt, was eine wesentlich praktische Bedingung ist, muss diese Veränderung von periodischer Natur sein.

Es gibt mehrere Arten, den von dem Sekundärkreis aufgenommenen Kräftezufluss zu verändern, z. B.:

durch die periodische Veränderung des Primärstroms, durch die Fortrückung der Stromkreise oder auch durch ihre Gestaltsveränderung.

Die erstere Art erzeugt die Wechselstrom-Transformatoren. Es sind dies bestimmte Apparate, in denen der Zustand des Funktionierens oder der Ruhe dem Auge verborgen bleibt.

Die zweite Art der Veränderung des aufgenommenen Zuflusses wird durch Apparate dargestellt, welche Motor-Transformatoren oder Rotations-Transformatoren genannt werden.

Die dritte Art ist bis jetzt noch bei keinem industriellen Unternehmen benutzt worden, dies scheint auf grossen materiellen Schwierigkeiten in der Ausführung zu beruhen.

3) Transformatoren der ersten Type. — Der erste Apparat dieser Art ist die Induktionsspule, welche gewöhnlich unter dem Namen des Konstrukteur Ruhmkorff bekannt ist. Eine Beschreibung desselben wäre unnötig; wir bemerken nur, dass der Unterbrecher oder Kondensator besondere Hilfsapparate für die Stromquelle und nicht für den Transformator sind.

Die erste Idee einer industriellen Anwendung der Induktions-Spulen scheint von Jablochhoff ausgegangen zu sein, welcher im Jahre 1878 einen wesentlichen Teil seines Systems der Kaolin-Beleuchtung damit herstellte. Diese Lampen verlangten eine sehr hohe E. M. K., die die direkte Leitung sehr schwierig gemacht hätte.

Das Jablochkoffsche Verfahren bestand in der Anwendung eines Primärstroms, welcher mit geringer E. M. K. erzeugt und mittels einer Induktions-Spule in einen Sekundärstrom von hoher Spannung zur Speisung von einer oder mehrerer Lampen umgewandelt wurde. Eine Versuchs-Anlage wurde mit diesen Apparaten in der Weltausstellung von 1878 vorgeführt.

In derselben Zeitepoche schlugen mehrere Erfinder verschiedene Leitungs-Systeme vor, in welchen Induktions-Spulen eines ihrer wesentlichsten Organe bildeten.

Es scheint indessen keins derselben industrielle Erfolge erlangt zu haben, denn man sah in der Elektrizitäts-Ausstellung von 1881 keins dieser Systeme angewandt. Erst im Jahre 1883 nahmen Goulard und Gibbs in London Transformatoren-Apparate in Gebrauch, welche seitdem wichtige Abänderungen erhielten und in der Industrie verwendet wurden.

Um die Vorteile einer primären unterirdischen Leitung von hoher Spannung zu benutzen, musste man die primären Stromkreise der Transformatoren hintereinanderschalten. Die praktische Folge dieser Thatsachen war eine grosse Schwierigkeit in der automatischen Regulierung der Sekundärströme, welche durch Induktion gebildet wurden und in denen die zu benutzenden Apparate eingeschaltet waren. Ihre Gruppierung im Nebenschluss zu dem Sekundärkreis schien Vorteile zu besitzen, welche dieselbe der Hintereinanderschaltung überlegen machte, und musste man notwendigerweise zu Spezial-Apparaten für die automatische oder Handregulierung zurückgreifen. Mit einem Wort, diese Transformatoren waren keine Selbstregulatoren. Ferner waren die Eigenschaften der magnetischen Ströme

noch nicht so allgemein bekannt, wie sie es heute sind; die Erfinder wandten Massen von magnetisiertem Eisen an, welche freie Pole bildeten, so dass der magnetische Kraftzfluss einen förmlichen Trajekt überschreiten musste. Die Schwierigkeiten dieser Thatsache waren noch nicht genügend bekannt und die Gegenwart der freien Pole schien eine Darstellung des magnetischen Kräftespiels zu sein.

Im Anfang des Jahres 1885 zeigten Zipernowsky, Deri und Blathy in Budapest, sowie Hopkinson die Vortheile der geschlossenen magnetischen Ströme ohne Pole und beschrieben mehrere diesen Bedingungen entsprechende Apparate.

Diese Vortheile waren, vom Standpunkt der Apparateleistung aus betrachtet, sehr beträchtlich. Alle Kraftlinien blieben im Innern der Leitungsdrähte oder mit andern Worten, der Stromzfluss in jeder induzierten Spule ist ein Maximum für jede derselben.

Hieraus ergibt sich augenscheinlich eine bessere Ausnutzung der Leitung, welche für eine gegebene E. M. K. zu einem Minimum des inneren Widerstandes führt, ein Resultat, welches nur durch eine vollständige Ausnutzung des Induktionsstroms erreicht werden konnte.

Zipernowsky, Deri und Blathy stellten ausserdem ein vollständiges System der sich selbst regulierenden Verteilung her, dessen Hauptpunkt in der Nebeneinanderschaltung der Primärstromkreise aller Transformatoren bestand. Die Sekundärkreise waren zu einander parallel geschaltet oder blieben isoliert je nach den Lokal- und Vertheilungsverhältnissen. Dieses System entwickelte sich sehr schnell und erhielt eine zahlreiche Verbreitung.

Fast zu derselben Zeit wurde eine grosse Anzahl von Apparaten hergestellt, welche sehr verschieden waren, aber alle in die Kategorie der Transformatoren mit geschlossenem magnetischen Stromkreis gehörten.

Die Goulardschen Apparate erhielten diese neue Gestalt, und Ferranti, Kopp, Kennedy in England und Westinghouse in Amerika folgten bei Konstruktion ihrer Transformatoren denselben Prinzipien.

Die Nebeneinanderschaltung führte sich ebenfalls ein und ist bei allen späteren Installationen ausgeführt worden.

Zur selben Zeit sind die Fortschritte des Studiums der Transformatoren so bedeutend geworden, dass man bei voller Ladung Leistungen von 90—95% erreichen kann.

Die sehr veränderlichen Anordnungen der Transformatoren lassen sich alle auf zwei Haupttypen zurückführen: Bei der einen befindet sich das Eisen innerhalb der vollständig um dasselbe gewickelten Leitung, wie bei den Apparaten von Goulard und Zipernowsky. Bei den andern ist die Leitung innerhalb und befindet sich von den Eisenbändern eingeschlossen, wie Ferranti und Westinghouse praktisch anwenden.

Diese Anordnungen sind theoretisch gleich und erreichen die Transformatoren aller andern Typen bei guter Konstruktion dieselbe Leistung.

Die Verlustursachen sind hier dieselben, als: die Widerstände der primären und sekundären Leitungen, — die Hysteresis des Eisens, — die Foucaultschen Ströme, welche infolge der unzulänglichen Verteilung entstehen können.

4) Transformatoren der zweiten Type. — Die Rotations-Transformatoren, bei welchen die Induktion durch Entfernung der Stromkreise entsteht, sind hauptsächlich Gleichstrom-Transformatoren.

Sie zeigen im Vergleich zu den vorigen den Nachteil beweglicher Teile, Kollektoren und Kontaktbürsten, was eine gewisse Ueberwachung erfordert. Hingegen können sie beliebig den Sekundärstrom als Gleich- oder Wechselstrom abgeben.

Der Gleichstrom zeigt ein mehr ausgebreitetes Anwendungsfeld, man zieht ihn hauptsächlich vor.

Das Ganze einer Empfangsdynamo, welche eine andere stromerzeugende Maschine antreibt, stellt eine Gruppierung dar, welche als Transformator betrachtet werden kann.

Aber diese Bezeichnung ist noch besser bei der innigen Vereinigung zweier Apparate in einen einzigen anzuwenden.

Mehrere Typen wurden hierbei vorgeschlagen: Jede Dynamomaschine, welche auf ihrem Anker eine isolierte doppelte Drahtwindung besitzt, die zu einem besondern Kollektor führt, bildet einen Transformator.

In dieser Form sind jene Apparate bis jetzt besonders von Paris und Scott in England praktisch benutzt worden.

Diese Transformatoren sind selbstbewegliche Motoren; ihre notwendige Bewegungskraft zur Ueberwindung des passiven Widerstandes ist der elektrischen Primärenergie entnommen, welche in der bezüglichen Anordnung immer gering ist; der Hauptverlust scheint bei einer Transformatormaschine mit doppeltem Anker geringer als bei zwei unabhängigen Maschinen zu sein, welche durch Riemen verbunden sind.

Andere Typen wurden vorgeschlagen, welche nicht selbstthätige Motoren sind und die nur unter der Bedingung transformieren, dass sie die Bewegung von einem unabhängigen Motor erhalten.

Das von Edison 1883 vorgeschlagene Modell ist einfach aus einem doppelten Anker gebildet, welcher in der Mitte einer ihn vollständig umgebenden Eisenmasse rotiert. Jeder Anker kann in dem magnetischen Felde sich drehend angesehen werden, welches durch den in beiden erzeugten Strom hergestellt wird.

Endlich hat man noch vorgeschlagen, die Anker unbeweglich zu machen und nur die Bürsten um ihre entsprechenden Kollektoren rotieren zu lassen.

Der Effekt aller dieser Kombinationen ist augenscheinlich derselbe. So viel uns bekannt, existiert keine wichtige Anwendung dieser verschiedenen Apparat-Modelle. Das Verhältnis der E. M. K. der primären und sekundären Induktion ist hier augenscheinlich bekannt, aber ihre Grösse hängt von der Umdrehung der rotierenden Teile ab.

5) Berechnung der Elemente eines Transformators. — Die Berechnung eines Transformators besteht in der Bezeichnung der Anzahl der primären und sekundären Drahtwindungen, der Dimensionen des Eisenkerns und der Drahtquerschnitte.

In allen diesen Apparaten ist die E. M. K. der Induktion proportional der Anzahl der primären und sekundären Drahtwindungen.

Dieses Verhältnis wird hauptsächlich der Transformations-Koeffizient genannt. Er ist im voraus nach den lokalen Verteilungs-Verhältnissen bestimmt.

Ist K dieser Koeffizient, so genügt es z. B. die primären Windungen zu berechnen. Die mittlere Induktion B des durch den rechten Querschnitt \varnothing vervielfachten Eisenkerns ergibt den Stromfluss f, oder nach dem Maxwellschen Gesetz hat man in jedem Augenblick und in jeder Windung:

$$e = - \frac{df}{dt}$$

Ist T die Dauer einer vollständigen Wechselstromperiode oder einer halben Windung des Transformators, welcher sich mit beiden Induktorenpolen entgegengesetzt dreht, so muss man das Veränderungsgesetz von f mit t kennen, um den Wert von e zu bestimmen.

Bei Wechselstrom nimmt man an, dass die den Strom darstellenden Kurven und der Kräftezufluss als Zeitfunktion Sinusoide sind, welche zu einander verschieden plaziert sind.

Man hat daher:

$$f = F \cdot \sin \cdot mt$$

setzt man:

$$m = \frac{2\pi c}{T}$$

und ist F der Maximalstrom, so hat man:

$$- \frac{df}{dt} = e = - mF \cdot \cos \cdot mt$$

in jedem Moment.

Die wechselnde elektromotorische Kraft E ist bestimmt durch:

$$E^2 = \frac{i}{T} \int_0^T e^2 dt$$

und lässt sich unmittelbar berechnen; man wird damit die primäre E. M. K. einer Transformator-Windung bezeichnen, vorausgesetzt, dass der Wert von F sich als Maximalstrom im Eisen bestimmen lässt.

Um diese Zahl nach dem passendsten Wert zu berechnen, wird man sich auf Versuchsergebnisse stützen.

Man sieht, dass für einen gegebenen Transformator die E. M. K. der Induktion bei sonst gleichen Verhältnissen proportional der Anzahl der Wechsel in einer gegebenen

Zeit ist. Andererseits vermehren sich die Foucault'schen Ströme und die Arbeit der Hysteresis mit der Zahl der Wechsel in der Weise, dass es von Interesse ist, sie zu vermehren, um die Kraft der Transformation eines gegebenen Apparates anwachsen zu sehen, und sie zu vermindern, um die Leistung zu erhöhen.

Die Leitungsquerschnitte eines Transformators werden nach dem Verhältnis der sie durchfliessenden Ströme bemessen, indem man sich eine Stromstärke vorstellt, welche einerseits nicht zu übermässigem Kupfergewicht führt, andererseits nicht mit einer zu grossen absorbierten Energie für ihre Erwärmung übereinstimmt und am besten sich selbst reguliert.

Bei den Rotations-Transformatoren ist bei Anwendung der Formel $e = - \frac{df}{dt}$ zu bemerken, dass für die Zeit T die Stromveränderung $2F$ ist, und setzt man für die mittlere E. M. K. einer Windung:

$$e = - \frac{2F}{T}$$

Die Berechnung reduziert sich dann einfach auf die der Dynamomaschinen.

6) Die industrielle Leistung ist das Verhältnis der in dem Sekundärstrom ausserhalb des Apparates liegenden Energie zu der, welche an den primären Klemmen gemessen wird. — Für die Gleichströme sind hierbei keine Schwierigkeiten vorhanden, für die Wechselströme sind die einzigen die, welche in dem genauen Messen dieses Stromes liegen. Sie gehören in das Bereich der elektrischen Messungen, mit denen wir uns hier nicht weiter beschäftigen wollen.

Beide Transformatoren-Systeme haben ihre Vorteile und Nachteile. Die Wechselstrom-Transformatoren haben den Vorteil fester Organe, welche keiner Ueberwachung bedürfen und ausserhalb des Bereichs der Hand aufgestellt werden können. Sie haben eine sehr hohe Leistung, selbst wenn sie mit schwacher Ladung arbeiten, und sind bei guter Aufstellung keiner zufälligen Zerstörung ausgesetzt. Die sie speisenden Wechselstrom-Maschinen sind ebenso leicht zu überwachen wie zu benutzen.

Aber letztere eignen sich fast nur zur Beleuchtung; noch scheint es schwierig, sich ihrer zur mechanischen Arbeitsübertragung zu bedienen, und sind sie zur Elektrochemie nicht zu verwenden.

Die Gleichstrom-Transformatoren sind verhältnismässig zu teuer; sie verlangen eine weit genauere Anlage, eine beständige Ueberwachung und nutzen schnell ab; ihre Leistung ist auch geringer. Dagegen eignen sie sich gleichfalls gut zur Verteilung der Beleuchtung, der mechanischen Arbeit und zur elektrochemischen Verwendung, deren hauptsächlichste das Laden von Akkumulatoren ist, welche eine gewisse Unabhängigkeit in der Herstellung und Ausnutzung gestatten.

Die Wahl des einen oder andern Systems hängt noch von einem weiteren Studium der lokalen Betriebsverhältnisse ab. (Schluss folgt.)

Kleine Mitteilungen.

Internationale elektrotechnische Ausstellung zu Frankfurt a/M.

Infolge der erheblichen Bedenken, welche mehrere deutsche elektrotechnische Firmen gegen den so kurz gestellten Termin des Ausstellungsbeginnes erhoben haben, ist der Vorstand zu dem Entschluss gekommen, die Ausstellung auf das Jahr 1891 zu verlegen. Was den Vorstand veranlasst hatte, das Jahr 1890 zu wählen, war der Umstand, dass ihm für dieses Jahr das noch unbebaute Gelände vor dem Hauptbahnhof von seiten der Staats-Eisenbahnbehörde bereitwilligst überlassen wurde. Dieser Platz bot für die Aussteller ausserordentliche Vorteile, weil die auf der Eisenbahn beförderten Maschinen und Apparate nur eine sehr kurze Strecke weit bis zum Ausstellungsgebäude transportiert zu werden brauchten. Nun hat aber sowohl Seine Exc. der Eisenbahnminister, als auch die hiesige Eisenbahndirektion

sofort mit höchst anerkennenswerter Bereitwilligkeit auch für 1891 die Benutzung des Geländes zugestanden.

Durch die Verlegung des Beginns der Ausstellung vom 1. Juni 1890 auf 1. Mai 1891 erwachsen aber für die Aussteller, sowie für die Ausstellung selbst ganz bedeutende Vorteile. Die grossen Firmen sind in der Lage, in weit umfangreicherer Weise sich zu beteiligen, und manche kommen, die sich wegen des kurzen Anmeldetermins ausschliessen wollten. Die Ausstellung selbst wird weit reichhaltiger und ihre Dauer um einen Monat verlängert.

Aus diesen Gründen ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die Ausstellung im Jahre 1891 den grössten bis dahin stattgefundenen würdig zur Seite stehen dürfte.

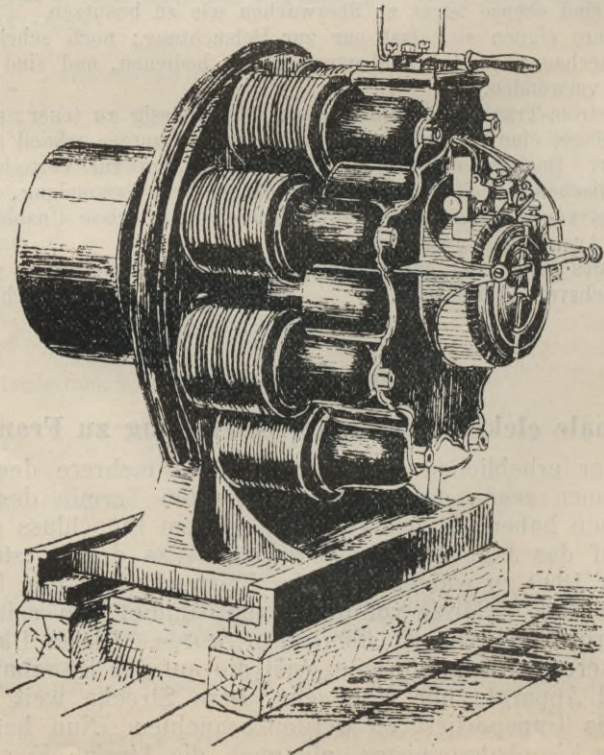
Kr.

Ein neuer Baxter-Motor. Ueber einen neuen Motor von Baxter in Baltimore entnehmen wir der Electrical Review folgendes:

Das Wesentlichste und Interessanteste an dem in der Figur veranschaulichten Motor ist die neue selbstthätige Reguliermethode. Auf dem Kommutator sitzen 3 Bürsten, alle auf der obern Hälfte, von denen die letzte durch einen Zentrifugal-Regulator automatisch verschoben werden kann, so, durch Variieren der elektromotorischen Gegenkraft des Ankers, die Geschwindigkeit konstant haltend. Die Verbindung der Bürste mit dem Regulator ist durch 2 Federn hergestellt, deren Spannungen der

grossen Zentrifugalkraft des Regulators entgegenwirken. Die ganze Reguliereinrichtung ist zum Teil an der Innenseite des Kommutators, zum Teil hinter demselben angebracht und daher nicht sichtbar.

Ein weiterer Vorzug dieses Motors besteht in folgendem: Wächst die Geschwindigkeit über die normale Tourenzahl (600 Touren pro Minute) hinaus, so wirkt der Zentrifugal-Regulator in der Weise auf die regulierende Bürste, dass der Motor zum Stillstehen kommt. Die Dimensionen des Motors sind in runden Zahlen: 70 cm Breite, 85 cm Länge, 75 cm Höhe bei einem Gesamtgewicht von etwas über 8 Ctr.



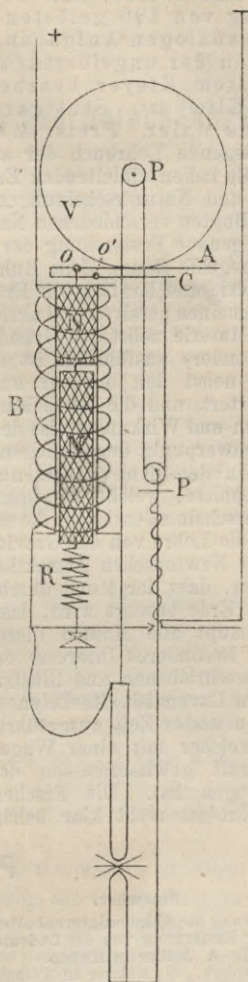
Der innere Widerstand eines 10 Amp. Motors ist $3,25 \Omega$; der entsprechende Energieverlust demnach $= 3,15 \times 10^2 = 325$ watt, d. h. weniger als $4\frac{1}{2} \%$ der Gesamtenergie der Maschine. Der durch die Reibung bedingte Verlust ist wegen der kleinen Tourenzahl unbedeutend. Das Güteverhältnis beträgt 91 bis 92 %.

E. Löbbbecke.

Telegraphieren mit Akkumulatoren. Nachdem sich das Telegraphieren mit Dynamomaschinen vorläufig nicht bewährt hat, ist ein Versuch mit Akkumulatoren von Mr. Preece gemacht worden, welcher so befriedigend ausgefallen ist, dass man hofft, die Elemente auf den Telegraphenstationen ganz durch Akkumulatoren ersetzen zu können. Kr.

Lampe von Bardon. Diese Lampe besteht der Figur zufolge aus einer Spule B, welche vom Hauptstrom durchflossen ist, ausserdem zwei Eisenkernen N und N', von welchen N' beweglich ist. Eine Feder R sucht letzteren in einer bestimmten Lage zu halten. A ist ein Hebel, welcher um O drehbar die Welle V berühren und hemmen kann. Die beiden Kohlen sind durch einen Schnurlauf über die Rollen PP gegen einander beweglich. Im Ruhezustande liegt der Hebel A nicht an der Welle V an. Die obere Kohle sinkt daher durch ihr Gewicht, bis sie die untere Kohle berührt. Fließt dagegen Strom durch die Lampe, so wird N' in die Höhe gezogen, der Hebel A hemmt die Welle V und dreht den unteren Hebel C derart, dass die untere Kohle sich von der oberen entfernt. Dadurch wird der Lichtbogen hergestellt. Die Feder R ist derart bemessen, dass eine bestimmte Bogenlänge erreicht wird. Brennen die Kohlen ab, d. h. wird der Lichtbogen zu gross, so wird N' durch die Feder R nach unten gezogen, der Hebel A lässt die Welle V frei und vermöge ihrer Schwere sinkt die obere Kohle, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Damit die Lampen in Hintereinanderschaltung verwendbar sind, ist eine Kurzschlussvorrichtung vorgesehen. Sie besteht in zwei Spulen, deren Windungen übereinander liegen. Die eine Spule liegt im Hauptstromkreis, die zweite im Nebenschluss zu dem Lichtbogen. In beiden Spulen ist ein Eisenkern und beide sind miteinander verbunden. Zwischen den Spulen ist ein Kon-

takt aus platinierter Kohle. Solange die Kerne nicht angezogen werden, fällt der obere Kern auf den Kontakt und schliesst den Strom auf einen Nickelindraht von bestimmtem Widerstand. (Electricien.) A. Kr.



Neue Bücher und Flugschriften.

(Die der Redaktion zugehenden neuen literarischen Erscheinungen werden hier aufgeführt und allmählich zur Besprechung gebracht.)

Thompson, Silv. P. Die dynamoelektrischen Maschinen. Ein Handbuch für Studierende der Elektrotechnik. Heft 6. Uebersetzt von C. Grawinkel. Halle, W. Knapp.

Houston, Erwin J. A Dictionary of electrical words, terms and phrases. New-York, The Johnston Comp. Ld., and London, The Electrician Printing & Publishing Comp. Ld.

Brown, Harold P. Electrical distribution of Heat, Light and Power. New-York, Pratt and Son.

Himmel und Erde. Populäre illustrierte Monatsschrift. Herausgegeben von der Gesellschaft Urania. Redakteur Dr. Wilh. Meyer. Berlin, Herm. Paetel. Heft 3. Preis vierteljährlich 3 Mark.

Bücherbesprechungen.

Lehrbuch der allgemeinen Physik. (Die Grundbegriffe und Grundsätze der Physik.) Mit 549 Erklärungen, 83 in den Text gedruckten Figuren und einem Formelnverzeichnis, nebst einer Sammlung von 120 gelösten und ungelösten analogen Aufgaben, mit den Resultaten der ungelösten Aufgaben. Nach System Kleyer bearbeitet von Richard Klimpert. Stuttgart, Verlag von Julius Maier. Preis: M. 8.—

Das vorliegende Lehrbuch der allgemeinen Physik enthält neben einleitenden Erklärungen über Natur und Naturerscheinungen und die hierdurch bedingten verschiedenen Naturwissenschaften die genaue Feststellung der physikalischen Grundbegriffe Raum, Zeit, Ruhe und Bewegung, Materie und Kraft, sowie Erörterungen über die allgemeinen passiven und aktiven Eigenschaften der Materie nebst den Grundsätzen der Physik. Besonders ausführlich ist das Wesen der Materie nebst den darüber aufgestellten Theorien erörtert, und die Betrachtungen über Begriff, Wesen und Wirkungsweise der „Kraft“ bilden den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit und gipfeln in dem Energieprinzip. Zwei weitere Abschnitte, welche als besonders beachtenswert erscheinen, enthalten die atomistische Theorie und die Lehre von der Gravitation. An der Hand des Newtonschen Attraktionsgesetzes wird bewiesen, dass der Mond durch die Fallkraft um die Erde bewegt wird, dass alle Gestirne, überhaupt alle Massen diesem Gesetz unterliegen. Besonders Interesse erregen die ausführlich beschriebenen und illustrierten Experimente von Cavendish, Maskelyne und Airy, sowie der in neuester Zeit ausgeführte Versuch von Jolly, welcher mit einer Wage von nur 5 kg Tragkraft gewissermassen den ganzen Erdball gewogen hat. Die Erscheinung der Ebbe und Flut ist recht klar behandelt und

die Abschnitte über Kohäsion, Adhäsion und chemische Verwandtschaft geben gleich dem ganzen Inhalte des Buches dem Verfasser das Zeugnis, dass er zu einer gründlichen, klaren Belehrung wohl geeignet ist.

Kittler, Erasmus, Geh. Hofrat, Prof. Dr. Handbuch der Elektrotechnik, II. Band, 1. Hälfte. Stuttgart, F. Enke.

Spät kommt Ihr, doch Ihr kommt! Nach einem ziemlichem Zeitraum ist zu dem ersten Bande des trefflichen Werkes von Kittler nunmehr die 1. Hälfte des zweiten Bandes erschienen. Dass man mit einiger Ungeduld auf die Fortsetzung des Werkes wartete, liegt darin, dass eben kein zweites grösseres wissenschaftliches Originalwerk in deutscher Sprache besteht, welches diesem an die Seite gesetzt werden könnte.

Das vierte Kapitel, enthaltend „Diverse Maschinen“, gehört eigentlich noch in den ersten Band. Es beschreibt eine Anzahl Gleichstrommaschinen ohne Kommutator, dann Gleichstrommaschinen mit Scheibenarmatur und pyromagnetische Maschinen. Hierauf folgen die Wechselstrommaschinen und Wechselstromtransformatoren.

Bei der Wichtigkeit und der Ausdehnung, welche neuerdings das Wechselstromsystem mit den einen hohen Nutzeffekt bietenden und kaum einer Wartung bedürftigen Transformatoren angenommen hat, ist es gewiss wünschenswert, eine so ausführliche Darstellung dieses Systems zu finden, welche nahezu die ganze erste Hälfte des zweiten Bandes einnimmt. Theoretische Darlegungen, Beschreibungen von Maschinen und Messungen in grosser Zahl geben ein genaues und klares Bild des Wechselstromsystems in weitem Umfange.

Lobenswert ist zugleich die übersichtliche Schreibweise der mathematischen Formeln und der klare, scharfe Stil. Prof. Dr. Krebs.

Patentanmeldungen.

Dezember.

- M. 6604. Schaltung für Akkumulatorenbatterien, welche in grösserer Entfernung von der Lademaschine aufgestellt sind. A. Müller in Hagen.
- M. 6813. Mikrophon. G. Meltzer in Tetschen.
- E. 2537. Kohleleiter für Glühlampen. Electriciteitsmaatschappij Systeem de Khotinski in Gelnhausen.
- E. 2558. Kohleleiter für Glühlampen. Dieselbe.
- J. 1913. Elektricitätsmesser. Zusatz zu Nro. 45422. M. J. R. Jacquemier in Paris.
- M. 6717. Apparat zur Erzeugung von Induktionsströmen. E. J. P. Mercadier in Paris.
- C. 3011. Anordnung zur Stromunterbrechung. Chaize freres in Paris.

Januar.

- H. 9515. Vorrichtung zur selbstthätigen Abgabe des Schlusszeichens für Fernsprechnetze mit Vermittlungsstellen. Hartmann & Braun in Bockenheim.
- N. 1891. Elektromotor mit Strömen von wechselnder Stärke oder Richtung. P. Nipkow in Berlin.
- G. 5023. Verfahren und Vorrichtung zur selbstthätigen Bereitung der Erregungsflüssigkeit bei der selbstthätigen Speisung galvanischer Elemente. P. George in Berlin.
- C. 2718. Selbstthätiger Telegraph. E. Cassalette und D. Kunhardt in Aachen.
- C. 2989. Induktionsrolle. Dr. M. Corsepilus in Berlin.
- F. 4367. Elektricitätszähler. Fischer & Stiehl in Essen.
- K. 7288. Schaltvorrichtung für Glühlampenfassungen. Körting & Mathiesen in Leipzig.
- K. 7497. Elektrisches Schaltwerk. Dieselben.
- L. 5490. Vielfachumschaltung für Fernsprechämter. E. Liebert in Berlin.
- M. 6151. Gasbatterie. L. Mond in Northwick und Dr. C. Langer in South Hampstead.
- M. 6415. Aufbau der Elektrodenplatten bei Sekundärbatterien. W. Main in Brooklyn.
- M. 6691. Aufbau des Ankers für dynamoelektrische Maschinen. Th. Marcher in Berlin.
- M. 6891. Thermoelektrisches Element. H. Mestern in München.
- R. 5526. Transformator. M. Rotten in Berlin.
- St. 2469. Bleischutzvorrichtung für elektr. Leitungen. Staudt & Voigt in Frankfurt a/M.
- V. 1460. Dreh- und verschiebbare federnde Aufhängevorrichtung für Glühlampen. E. Vogelgesang in Aachen.
- E. 2539. Herstellung von Kohlenleitern für elektrische Glühlampen. Electriciteits-Maatschappij Systeem de Khotinski in Gelnhausen.
- W. 6448. Elektrische Sicherheitsschaltung und Schutzvorrichtung. Westinghouse Electric Co. Limited in London.

Verlag von Julius Maier in Stuttgart.

Die
elektrischen Erscheinungen und Wirkungen
in Theorie und Praxis.

Nebst Anhängen von gelösten Aufgaben und Berechnungen.

Gemeinfassliche Erklärung und Darstellung
der
Elektricitätslehren und Elektrotechnik.

Mit vielen Holzschnitten und Tafeln.

Herausgegeben

von

Dr. Ad. Kleyer

unter Mitwirkung von

Dr. Oskar May, Dr. Ad. Krebs und Dr. Hovestadt.

Die epochemachenden Erfolge, welche der Magnetismus in Verbindung mit der Elektrizität gegenwärtig aufzuweisen hat und die unzähligen praktischen Verwendungen, welche diese allüberall in der Natur verborgenen und zu erregenden Kräfte voraussichtlich noch erlangen müssen und können, sind Gründe genug, dass in den Schulen dem Studium dieser Imponderabilien, im praktischen Leben der Erregung und Verwertung jener geheimnisvollen Kräfte die grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Die Litteratur über Elektrizität und Elektrotechnik hat dementsprechend einen grossen Aufschwung genommen; doch fehlt bis jetzt darin ein Werk, welches die Gesamtheit der elektrischen Erscheinungen und Wirkungen in einheitlichem Sinne, in klarer, übersichtlicher und logischer Reihenfolge behandelt, dabei ein Lehrbuch für die Schule und übergehend ins praktische Leben ein Lehrbuch zum Selbststudium und ein Nachschlagebuch nicht allein für den Praktiker, sondern auch, da diese Wissenschaft die Interessen aller Kreise aufs engste berührt, für jedermann ist.

Diese Lücke ist nun durch das vorstehend bezeichnete Werk ausgefüllt worden. Den Verfassern desselben müssen wir hierbei das Verdienst zusprechen, diese mühevollen Aufgabe in vortrefflicher Weise erledigt zu haben. Dieselben haben in diesem Werke fast durchweg die Definitionen, die Entwicklung von Theorien, Beschreibung und Anwendung von Apparaten etc. in der Beantwortung von Fragen und Antworten gegeben, jedoch nicht wie in „Katechismen“ ohne inneren Zusammenhang, sondern jede folgende Frage steht in logischer Beziehung zu der vorhergehenden Antwort. **Damit ist ein leichtes Eindringen in die Lehren der elektrischen Erscheinungen gewährleistet** und zugleich dem Studierenden, welcher sich etwaigen Prüfungen unterziehen will, **ein gutes Buch für seine Repetitorien, dem Examinator ein brauchbares und zweckdienliches Handbuch und dem ausübenden Techniker ein fast unentbehrliches Nachschlagewerk geschaffen.**

Monatlich erscheinen 3—4 Hefte à 25 Pf. und sind bis jetzt 120 Hefte à 25 Pf. bereits erschienen, welche auf einmal oder nach und nach bezogen werden können.

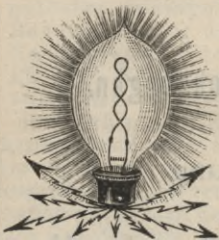
Glühlampenfabrik und Elektrizitäts-Werke

zu Hamburg, A.-G., St. Georg, 14-16 Bremerstrasse.

Elektrische Beleuchtungs-Anlagen

(für Bogen- und Glühlicht)

in jedem Umfange mit und ohne Akkumulatoren.



Schutzmarke.

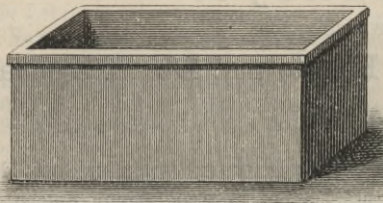
Einrichtung von (248)

Central-Stationen, Schiffsbeleuchtungen, Kraftübertragungen.

Telegraphen-, Telephon- u. Blitzableiter-Fabrik.

Elektrische Röhren, Crookes-Apparate, Radiometer, ärztl. Thermometer, Alkoholmeter und Säuremesser (für Akkumulatoren).

Illustrierte Preislisten gratis und franko.



Säuredichte

Steinzeug-Wannen

für galvanische Bäder jeder Art.

Gangbare Grössen vorrätig. (262)

Ernst March Söhne

Thonwarenfabrik in Charlottenburg.

Isolierte Kupfer- u. Neusilberdrähte. Leitungsmaterial und Kabel

für alle elektrotechnischen Zwecke.

J. Obermaier, Nürnberg.

(287)

Verlag von Julius Maier in Stuttgart.

Lehrbuch der Kontaktelektricität (Galvanismus)

mit

731 Erklärungen, 238 in den Text gedruckten Figuren, einem Formelverzeichnis und einem alphabetischen Sach- und Autorenregister

nebst einer

Sammlung gelöster u. ungelöster analoger Aufgaben.

Für das Selbststudium und zum Gebrauch an Lehranstalten, sowie zum Nachschlagen für Fachleute

bearbeitet nach System Kleyer
von

Dr. Oskar May.

Preis: M. 8. —

Dieses Werk behandelt in äusserst verständlicher, ausführlicher Weise die Lehren des Galvanismus (Kontaktelektricität, Berührungselektricität). Es zerfällt in einen experimentellen und einen mathematischen Teil. Im Anhang finden wir eine grosse Zahl gelöster und ungelöster Aufgaben, welche das Verständnis vollkommen machen.

Die Verlagshandlung hat keine Kosten gescheut, das Werk mit zahlreichen ausgezeichneten Figuren auszustatten.