E u M

ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU

ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIEN

VI. THEOBALDGASSE 12

INHALT: E. Kaan: Die Eröffnung des elektrischen Betriebes auf der Nordrampe der Tauernbahn. S. 661. — M. Vidmar: Das Jochgesetz bei Transformatoren. S. 662. — E. Weber: Die Weltausstellung in Chikago 1933. S. 669 — RUNDSCHAU: Der Einfluß von höheren Harmonischen der Klemmenspannung auf die Betriebseigenschaften des Einphasen-Bahnmotors. S. 670. — Zur Theorie der Drehstrom-Einphasenstrom-Umformung mit Hüllkurven-Umrichtern. S. 671. — Zum Problem des Emissionsmechanismus von Oxydkathoden. S. 671. — PATENTBERICHT. S. 671. — VEREINS-NACHRICHTEN. S. 672.

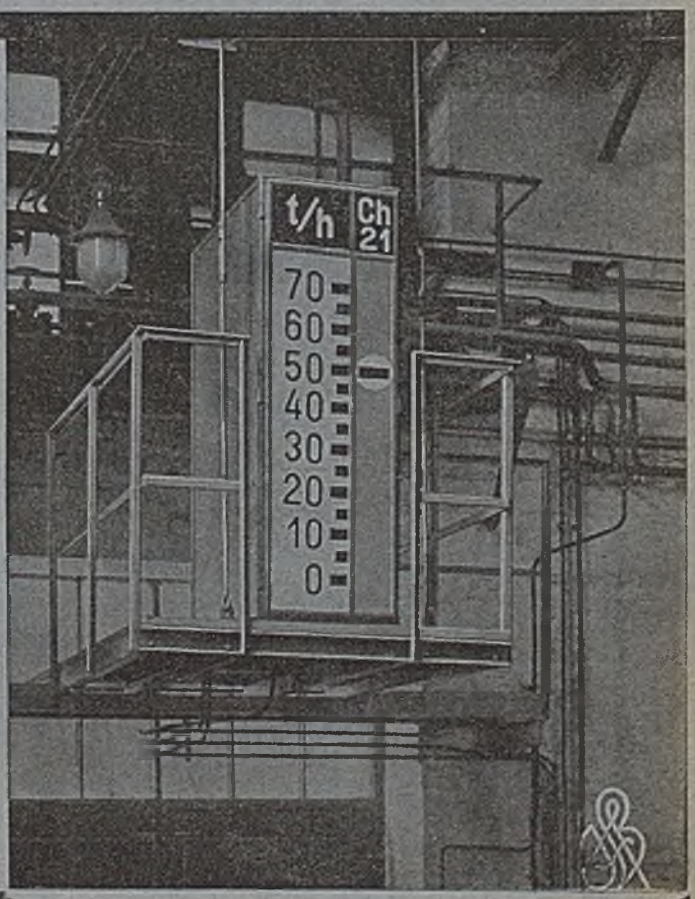
H&B PROFILUX

Dieses große Lichtzeiger-Gerät dient in geräumigen Kesselhäusern, Maschinen- und Montagehallen zur Anzeige von wichtigen Meßgrößen, die auf weite Sicht ablesbar sein sollen. Die deutlich erkennbare Lichtmarke wandert entlang der beleuchteten Skale und folgt stetig — nicht ruckweise — den Schwankungen der Meßgröße.

Elektrische und wärmewirtschaftliche Meßgrößen aller Art werden auf diese Weise angezeigt.

Profilux-Mehrfachgeräte geben, als Hallenschilder gebaut, Auskunft über die Betriebsverhältnisse. Auch können mit roten Lichtmarken Befehle gegeben werden, welcher Stand der Meßgröße zu erreichen ist.

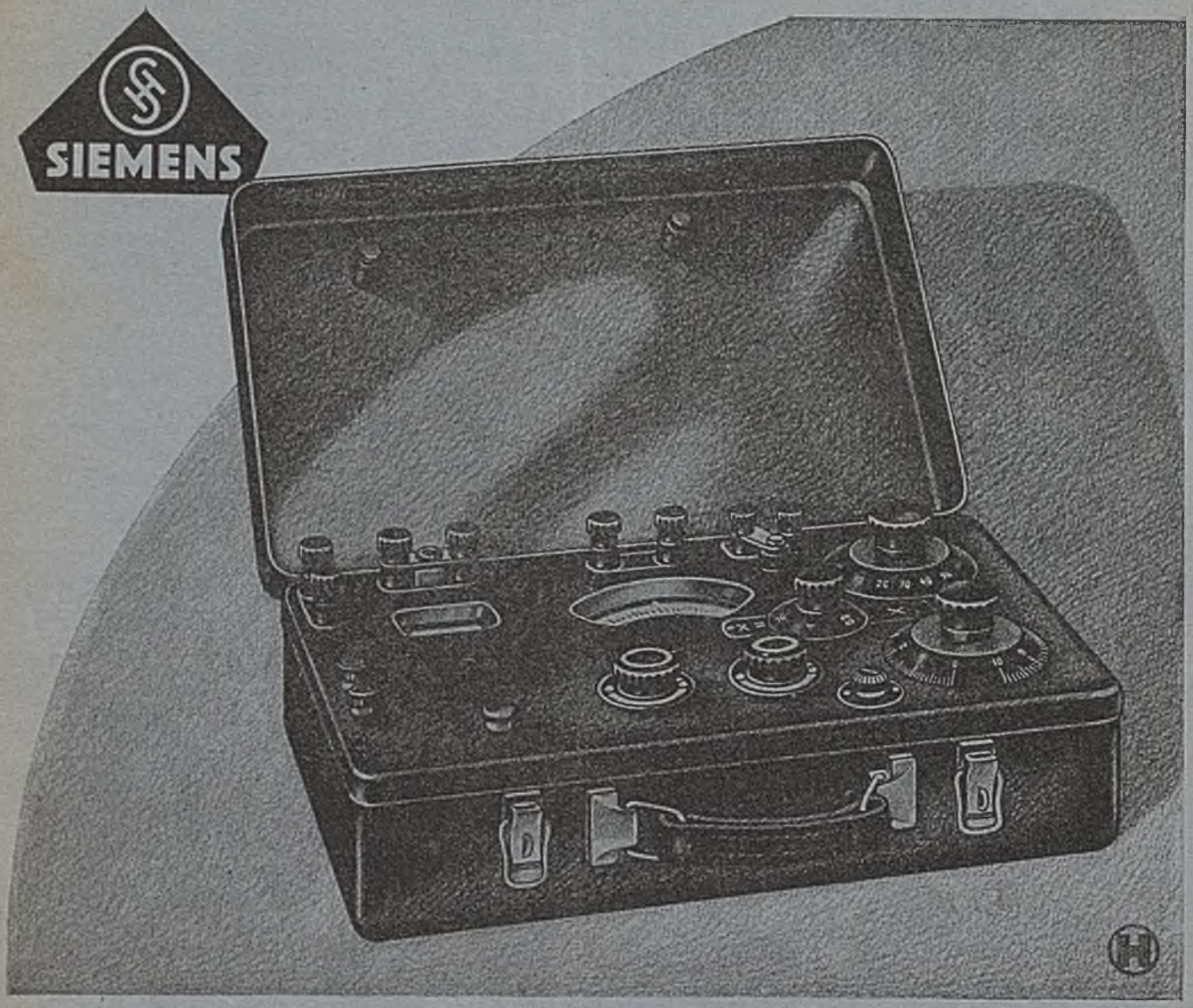
HARTMANN & BRAUN A-G FRANKFURT/MAIN



Generalvertreter: Dr. Paul Holitscher & Co Wien IV, Starhemberggasse 4-6 Tel. △ U-47-5-50

E. und M. **51.** Jahrg. **Heft 51** Wien, **17. 12. 1933**

(Seiten 661—672)



Der neue technische Kompensator

ein handlicher Meßkoffer zum einfachen, schnellen Überprüfen und Nacheichen elektrischer Temperatur-Meßgeräte.

Stets meßfertig, einfache Bedienung und unmittelbares Ablesen der nachzuprüfenden Spannung.

Große Meßgenauigkeit und hohe elektrische Empfindlichkeit.

SIEMENS & HALSKE A. G.

Wienerwerk, Wien III, Apostelgasse 12

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien" gestattet.

Heft 51 Wien, 17. Dezember 1933 51. Jahrgang

Die Eröffnung des elektrischen Betriebes auf der Nordrampe der Tauernbahn.

Am 15. Dezember l. J. wurde der elektrische Betrieb auf der Strecke Schwarzach-St. Veit—Mallnitz, das ist auf der Nordrampe der Tauernbahn und durch den Tauerntunnel, in Gegenwart des Bundespräsidenten, des Bundeskanzlers, der Bundesminister für Handel und Verkehr und für Finanzen, und der beteiligten Behörden feierlich eröffnet. Damit ist die schon im Jahre 1920 in Aussicht genommene, in das Programm des Elektrisierungsgesetzes vom 23. Juli 1920[1]) aufgenommen gewesene Elektrisierung der Tauernbahn, die seinerzeit aufgeschoben wurde, zunächst wenigstens auf der nördlichen Zufahrtsstrecke zum Haupttunnel und in diesem selbst verwirklicht worden.

Dank dem Vorhandensein des im Jahre 1929 eröffneten Mallnitzkraftwerkes[2]), das ja schon seinerzeit in erster Linie für die Speisung der Tauernbahn bestimmt war, jedoch bis heute nur zur Versorgung der Hauptlinie westlich von Salzburg mitherangezogen worden ist, und der zugehörigen 55 kV-Übertragungsleitung vom Mallnitzwerk zum Unterwerk Schwarzach-St. Veit war es möglich, die Elektrisierung dieser 46·5 km langen Teilstrecke mit ganz außergewöhnlich geringen Kosten von insgesamt 3·2 Mill. S durchzuführen. Diese geringen Anlagekosten im Verein mit dem Umstand, daß die aus dem westlichen 55 kV-Netz entnommene Energie aus den derzeit rund 70 Mill. kWh betragenden jährlichen Überschüssen ohne irgendeine Erweiterung von Kraftwerksanlagen vollkommen kostenlos zur Verfügung steht, werden es gestatten, trotz des verminderten Verkehres innerhalb weniger Jahre die aufgewendeten Mittel durch unmittelbare Betriebsersparnisse hereinzubringen. Der Energiebedarf der nunmehr elektrisierten Strecke beträgt derzeit rund 6·5 Mill. kWh ab Kraftwerk.

Die Nordrampe der Tauernbahn ist eingleisig, der Tunnel mit Anschlüssen zwischen Böckstein und Mallnitz zweigleisig. Die Bahn überwindet einen Höhenunterschied von 635 m und durchfährt fünf Tunnels, daunter den 8551 m langen Scheiteltunnel. Die größte Steigung beträgt 27 vT, der kleinste Krümmungshalbmesser 250 m.

Die Strecke wird im nördlichen Endpunkt vom bestehenden Unterwerk Schwarzach-St. Veit gespeist, das bis auf einen Ölschalter für die Fahrleitung keinerlei Erweiterung erfahren mußte. Es enthält drei Umspanner von je 2100 kVA Grundleistung für 2·5fache Überlastung durch 10 min. Diese Umspanner setzen die Spannung auf 15 000 V bei $16^2/_3$ Hz herab.

Die Fahrleitung ist nach der schon auf allen Strecken östlich von Innsbruck angewendeten Einheitsbauart der Österreichischen Bundesbahnen[3]) ausgeführt. Der Profilfahrdraht aus Hartkupfer hat 100 mm² auf der Strecke und über den Bahnhofhauptgleisen, 65² mm über den Nebengleisen. Er wird von einem Bronzetragseil von 35 mm² getragen, auf der zweigleisigen Strecke Böckstein—Mallnitz hingegen wird zur Erhöhung der Leitfähigkeit ein Kupfertragseil von 70 mm² verwendet. Im ganzen wurden 73 Gleiskilometer, davon 49 auf der offenen Strecke, ausgerüstet.

Gegenüber der bisher verwendeten Bauart sind zwei Abweichungen bemerkenswert. Zunächst werden in den Stationen nicht mehr Querseilaufhängungen verwendet, sondern Einzelmaste zwischen je zwei Gleisen oder Joche; Tragseil und Fahrleitung werden auch in den Stationen durch Gewichte selbsttätig nachgespannt, wobei Drehausleger für unabhängige Längsbewegung von Tragseil und Fahrdraht verwendet werden. Diese Anordnung erlaubt eine kleinere Bauhöhe und damit die Verwendung leichterer und billigerer Maste. Weiters wurden auf der Teilstrecke Schwarzach-St. Veit—Dorfgastein Altschienenmaste aufgestellt, die aus je zwei Altschienen (entweder unter 90° verdreht oder mit versetzten Köpfen parallelgestellt und durch Schnallenbleche verbunden) in den Bahnwerkstätten mittels elektrischer Schweißung hergestellt wurden. In zwei längeren eingleisigen Tunnels ist das Tragseil fest verankert, in zwei anderen kurzen eingleisigen Tunnels sind Tragseil und Fahrdraht (als „verlängerte Festpunkte") verankert; das gleiche gilt wegen der geringen Temperaturschwankungen für den Scheiteltunnel, mit Ausnahme von je zwei 500 m langen Abschnitten nächst den Tunnelenden.

Die normale Spannfeldweite ist 60 m. Das Tragseil trägt den Fahrdraht mittels lotrechter Hänger, mit einem Zickzack des letzteren von 2 × 400 (in Tunnels 2 × 200) mm. Die Fahrdrahthöhe ist 5750 mm, in Tunnels und bei niedrigen Unterfahrten 4950 mm über Schienenoberkante.

[1]) E. u. M. 38 (1920) S. 478.
[2]) A. Hruschka, E. u. M. 50 (1932) S. 689, 708.
[3]) E. u. M. 43 (1925) S. 345; 44 (1926) S. 385; 46 (1928) S. 805.

Die Spannabschnitte, mit einem Festpunkt in der Mitte, sind bis zu 1200 m lang und voneinander durch Streckentrenner mit Luftisolation getrennt. Außerhalb der Tunnels werden Motorisolatoren (mit Vollkern) mit einfachem Schirm, in den Tunnels Doppelschirmisolatoren verwendet. An der Herstellung der Fahrleitung waren alle vier österreichischen Elektrizitätsgroßfirmen (A. E. G.-Union E. G., Brown-Boveri-Werke, Elin A.-G. und Österr. Siemens-Schuckert-Werke) beteiligt.

Als Triebfahrzeuge werden mit Rücksicht auf den noch mit 16 t beschränkten Achsdruck vorläufig Lokomotiven der Arlberglinie verwendet, und zwar von der Achsfolge 1 C — C1 (Reihe 1100) mit 2280 PS Stundenleistung[4]) und 1 C 1 (Reihe 1029) mit 1290 PS Stundenleistung[5]), beide für Schnell- und Personenzüge, ferner solche der Achsfolge E (Reihe 1280) mit 1400 PS Stundenleistung[6]) und B_0—B_0 (Reihe 1170.100) mit 1400 PS Stundenleistung[7]) für die Güterzüge.

Die Ersparnis an Reisezeit im elektrischen Betrieb erreicht, ganz ähnlich wie auf dem Arlberg, bei den personenführenden Zügen 22...25 vH, bei den Güterzügen 50 vH in der Bergfahrt (in der Talfahrt kann solange nichts erspart werden, als die Güterzüge von Hand gebremst werden).

Es ist zu hoffen, daß die Fortsetzung des elektrischen Betriebes über Mallnitz hinaus auf der Südrampe bis Spittal-Millstättersee in der nächsten Zeit genehmigt werden wird. Hiedurch könnte die Ausnützung der Lokomotiven und des Personals beträchtlich gesteigert und die Rauchplage auf der 11 Tunnels enthaltenden Südrampe beseitigt werden. E. Kaan.

[4]) E. u. M. 41 (1923) S. 361. — [5]) E. u. M. 42 (1924) S. 541.

[6]) E. u. M. 44 (1926) S. 386; 51 (1933) S. 556.
[7]) E. u. M. 51 (1933) S. 557.

Das Jochgesetz bei Transformatoren.

Von Dr. techn. Milan Vidmar, ord. Professor an der jugoslawischen Universität Ljubljana.

Der Transformator wird bald 50 Jahre alt sein. Im Jahre 1885 brachten bekanntlich Bláthy Déri, und Zipernowsky die grundlegenden Patente heraus. Diese Patente waren ungemein reichhaltig. Déri erfand das Stromverteilungssystem mit parallelgeschalteten Transformatoren, welches der Wechselstromtechnik ungeheure Entwicklungsmöglichkeiten eröffnete. Bláthy gab den geschlossenen Eisenkern, er erkannte mit Seherblick die Wichtigkeit des Jocheisens. Wie wichtig das Joch ist, wissen wir übrigens noch heute nicht ganz.

Es ist erstaunlich, daß nach fast fünf Jahrzehnten die Formung der Transformatorenjoche immer noch ein Problem ist, ein Problem, das ziemlich widerspenstig ist. Mit den Schwierigkeiten, die es dem Forscher bereitet, unterstreicht es die Bedeutung der Bláthyschen Erfindung eindrucksvoll.

In seinem, im Jahre 1918 (bei J. Springer, Berlin), erschienenen Buche „Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine" entwickelte der Verfasser ein neues wirtschaftlich-konstruktives Gesetz für Transformatoren, das die Kosten des Jocheisens zu den Gesamtkosten des arbeitenden Eisens und Kupfers in eine einfache Beziehung bringt. Er nannte es Jochgesetz. Mit ihm kam eine wirksame Abrundung in die Entwurfstheorie des Transformators.

Das neue Gesetz verlangte ein Viertel als Kostenanteil für das Jocheisen bei günstigstem Entwurf. Es galt ganz allgemein, bei Jochen, die den gleichen Querschnitt hatten wie die Säulen, ganz ebenso wie bei verstärkten Jochen. Es bestätigte alles, was die Entwicklung des Transformatorenbaues auf dem Wege praktischer Versuche herausgebracht hatte. In seiner Einfachheit trug es eine eindrucksvolle Bestätigung seiner Richtigkeit sozusagen mit sich.

Im Laufe langjähriger Beschäftigung mit der Entwurfstheorie elektrischer Maschinen, die eine viel größere Bedeutung für den Elektromaschinenbau hat, als man gewöhnlich annimmt, mußte sich der Verfasser auch mit der Überprüfung der Grundlagen des Jochgesetzes beschäftigen. Nicht ohne Erfolg. Es zeigte sich, daß die ursprüngliche Entwicklung des Jochgesetzes von zu eng gefaßten Voraussetzungen ausging. Es stellte sich aber außerdem heraus, daß man dem Jochgesetz eine allgemeinere Form geben kann und muß. Verstärkte Joche, Joche also, die einen größeren Querschnitt haben als die Säulen, werden erst vom überprüften Jochgesetz ganz einwandfrei erfaßt.

Die Wichtigkeit des Jochproblems für den gesamten Elektromaschinenbau rechtfertigt den nachfolgenden Bericht. Dies um so mehr, als noch heute die Jochverstärkung einfach gefühlsmäßig erledigt wird. Der ausgereifte Elektromaschinenbau muß endlich auch das Jochproblem einwandfrei erledigen. Die folgenden Zeilen bringen einen kleinen Beitrag zu dieser notwendig gewordenen Erledigung.

Mit einigen kurzen Worten möge zunächst das ursprüngliche Jochgesetz des Verfassers entwickelt werden. Die Wiederholung ist notwendig, weil der Ausbau von den Wurzeln des Problems ausgehen muß.

Bei einem beliebig aufgebauten Transformator mögen die beiden Joche P_j Einheiten kosten, die bewickelten Säulen dagegen P_0. Die Leistung des Transformators sei N_0. Nun sollen die bewickelten Säulen x-mal verlängert werden. Die Jochkosten bleiben dabei unverändert. Die übrigen Kosten des arbeitenden Eisens und Kupfers steigen von P_0 auf $x.P_0$. Auch die Leistung steigt. Von N_0 auf $x.N_0$.

Leicht kann man zur ursprünglichen Leistung

heruntersteigen ohne die Gestalt des Transformators aufzugeben. Man braucht nur alle Abmessungen des gestreckten Transformators $x^{1/4}$-mal zu verkleinern. Bei unveränderten Strom- und Liniendichten ist die Leistung doch der vierten Potenz der linearen Abmessungen proportional.

Die Gewichte wachsen allerdings nur mit der dritten Potenz der linearen Abmessungen, mit ihnen aber auch die Kosten. Bei festgehaltener Leistung werden sich demnach die Gesamtkosten des Eisenkerns und der Wicklungen von:

$$P_J + P_0$$

auf:

$$\frac{P_J + x \cdot P_0}{x^{3/4}}$$

ändern, wenn die Säulen gegenüber den Jochen x-mal verlängert werden.

Der Entwurf sucht die geringsten Gesamtkosten. Er findet sie bei:

$$P_J = \frac{P_J + x\, P_0}{4},$$

das Jocheisen muß also ein Viertel der Gesamtkosten der arbeitenden Baustoffe übernehmen.

Leicht wird man aus der Entwicklung des ursprünglichen Jochgesetzes herauslesen, daß die Jochverstärkung, wie immer sie sein mag, keinen Einfluß auf das Ergebnis haben kann. Ferner wird man das einfache Jochgesetz leicht mit dem bekannten alten Entwurfsgesetz, das die Gesamtkosten je zur Hälfte auf das Eisen und das Kupfer aufteilt, verknüpfen. Dann wird man offenbar ein Viertel der Gesamtkosten den beiden Jochen, das zweite Viertel den Säulen, die übrigen zwei Viertel den beiden Wicklungen zuweisen.

Man findet aber noch eine schwerwiegende Tatsache in der Ableitung des ursprünglichen Jochgesetzes. Sie kümmert sich offenbar in keiner Weise um die Energieverluste des Transformators. Sie hält wohl die Leistung fest, wenn sie die geringsten Gesamtkosten sucht, die Verluste dagegen läßt sie steigen und fallen wie sie steigen und fallen müssen.

An diesem bedenklichen Punkt muß der Ausbau des Jochgesetzes ansetzen. Die Verluste sind wichtig, viel zu wichtig, um unberücksichtigt bleiben zu können. Sie kosten Geld, genau so wie das Eisen und das Kupfer. Das richtige Ziel sind nicht die geringsten Gesamtkosten der arbeitenden Stoffe, sondern die billigste Transformation. Nur dann, wenn neben der Leistung auch die Verluste, und zwar die Verluste im Eisen für sich und die Verluste im Kupfer für sich, festgehalten werden, können Entwurfsänderungen einwandfrei verglichen werden. Nur dann sind die geringsten Gesamtkosten des Transformators das richtige Ziel, weil sie die geringsten Transformationskosten verbürgen.

In der Ableitung des ursprünglichen Jochgesetzes steckt die stillschweigende Annahme, daß bei allen Änderungen der geometrischen Form die Stromdichte im Kupfer und die Liniendichte im Eisen unverändert bleiben. Man kann aber immer die Dichten so ändern, daß die Verluste auf der gewünschten Höhe bleiben, obwohl sich die Teilgewichte verschieben. Der Ableitung des verbesserten, verallgemeinerten Jochgesetzes öffnet sich auf diese Weise ein Weg. Er soll im Nachfolgenden beschritten werden.

Diesmal gehen wir wieder von einem beliebig aufgebauten Transformator aus, beschreiben ihn aber genauer. Er habe:

N_0 ... VA Leistung,
V_k ... W Vollastverluste im Kupfer,
V_J ... W Verluste im Jocheisen,
V_s ... W Verluste im Säuleneisen,
i_0 ... A/mm² Stromdichte,
$\mathfrak{B}_0$ ... Gauß Liniendichte im Säuleneisen,
$\frac{\mathfrak{B}_0}{\beta}$ ... Gauß Liniendichte im Jocheisen.

Offenbar ist der Jochquerschnitt dieses Transformators β-mal größer als der Säulenquerschnitt. Die Jochverstärkungszahl β kommt auf diese Weise in die Rechnung.

Wenn wir abermals die bewickelten Säulen x-mal verlängern, so werden die Leistung, die Verluste im Kupfer und die Verluste im Säuleneisen x-mal größer. Die Verluste im Jocheisen ändern sich nicht. Unverändert bleiben auch die Kosten des Jocheisens P_J, während die Kosten der bewickelten Säulen von P_0 auf $P_0 \cdot x$ steigen.

Man kann nun nicht einfach alle Abmessungen $x^{1/4}$-mal verkleinern, um die ursprüngliche Leistung N_0 zu erreichen, weil die Verluste im Kupfer dann:

$$\frac{x}{x^{3/4}} = x^{1/4}\text{-mal}$$

größer bleiben würden als sie ursprünglich waren. Die Stromdichte muß vielmehr:

$$\frac{i}{i_0}\text{-mal}$$

und die Liniendichte:

$$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0}\text{-mal}$$

vergrößert, der Maßstab aller Abmessungen gleichzeitig y mal vergrößert werden, so aber, daß Leistung und Verluste auf die ursprüngliche Höhe heruntergehen.

Die Verluste ändern sich mit dem Quadrat der Strom- und Liniendichten. Die Leistung ist zweifellos dem Produkt der Strom- und der Liniendichte proportional. An Hand dieser Änderungsgesetze, die für die Verluste im Eisen angenähert richtig sind, bekommt man folgende Ansätze:

$$N_0 = x \cdot N_0 \cdot \frac{i}{i_0} \cdot \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0} \cdot y^4,$$

$$V_k = x \cdot V_k \cdot \left(\frac{i}{i_0}\right)^2 \cdot y^3,$$

$$V_J + V_s = (V_J + x\, V_s) \left(\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0}\right)^2 \cdot y^3.$$

Aus den beiden ersten Gleichungen bekommt man leicht:

$$x \cdot \left(\frac{i}{i_0}\right)^5 = \left(\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0}\right)^3 \quad \ldots\ldots (1)$$

und damit aus den beiden letzten Gleichungen:

$$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0} = x^{3/4} \left(\frac{V_j + V_4}{V_j + x V_s}\right)^{3/4} \quad \ldots\ldots (2).$$

Es ist somit:

$$\frac{i}{i_0} = x^{1/4} \left(\frac{V_j + V_s}{V_j + x V_s}\right)^{3/4} \quad \ldots\ldots (3),$$

ferner:

$$\frac{i}{i_0} \cdot \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_0} = x \cdot \left(\frac{V_j + V_s}{V_j + x V_s}\right)^2 \quad \ldots\ldots (4)$$

und schließlich

$$y = \frac{1}{\sqrt{x \cdot \left(\frac{V_j + V_s}{V_j + x V_s}\right)}} \quad \ldots\ldots (5).$$

Bei festgehaltener Leistung und unveränderten Verlusten im Eisen und im Kupfer haben sich nach all dem die Gesamtkosten der arbeitenden Baustoffe von:

$$P_j + P_0$$

auf

$$y^3 (P_j + x P_0) = \frac{P_j + x P_0}{x^{3/2} \left(\frac{V_j + V_s}{V_j + x V_s}\right)^{3/2}} \quad . (6)$$

erhöht. Wann und für welchen Wert von x werden sie am kleinsten?

Die Antwort erhält man einfach. Mit einigen Vereinfachungen gibt die Rechnung folgenden günstigsten Wert:

$$x = \frac{V_j}{4 V_s} + \sqrt{\frac{V_j^2}{16 V_s^2} + \frac{3 P_j V_j}{2 P_0 V_s}} \quad . . (7).$$

Gl. (7) sagt uns auf den ersten Blick wenig. Sie gestattet zunächst nur die Berechnung des günstigsten Maßstabes x, in dem die bewickelten Säulen eines Transformators, der V_j Watt im Jocheisen, V_s Watt im Säuleneisen verliert, dessen beide Joche P_j, dessen bewickelte Säulen P_0 Geldeinheiten kosten, verlängert werden müssen, damit er die wirtschaftlichste Gestalt bekommt. Gl. (7) zeigt aber, wenn man will, welche Eigenschaften der Transformator haben muß, damit keine Säulenstreckung mehr empfehlenswert sein soll. Dies trifft offenbar dann ein, wenn Gl. (7) das Ergebnis:

$$x = 1$$

liefert.

Den Ansatz:

$$1 = \frac{V_j}{4 V_s} + \sqrt{\frac{V_j^2}{16 V_s^2} + \frac{3 P_j V_j}{2 P_0 V_s}} \quad . (7\,a)$$

kann man nun ausgiebig vereinfachen. Leicht erhält man nämlich zunächst:

$$\frac{2 V_s}{V_j} = 1 + \frac{3 P_j}{P_0} \quad \ldots\ldots (8)$$

und weiter, wenn man die Gesamtverluste im Eisen:

$$V_e = V_s + V_j,$$

außerdem aber die Gesamtkosten der arbeitenden Baustoffe:

$$P = P_0 + P_j$$

einführt:

$$\frac{2 V_e}{V_j} = \frac{3 P}{P_0} \quad \ldots\ldots (9).$$

Im richtig aufgebauten Transformator müssen also die doppelten Gesamtverluste des Eisens im gleichen Verhältnis zu den Verlusten in den Jochen stehen wie die dreifachen Gesamtkosten der arbeitenden Baustoffe zu den Kosten der bewickelten Säulen.

Dies ist das neue Jochgesetz. Es gilt ganz allgemein, ohne Rücksicht darauf, ob Säule und Joch denselben Querschnitt, dieselbe Liniendichte haben oder nicht. Es ist nicht so klar wie das alte Jochgesetz des Verfassers, dafür aber ruht es auf festerem Unterbau.

Es greift übrigens auch tiefer ins Konstruktionswerk hinein. Davon überzeugt man sich leicht, wenn man das alte Jochgesetz neben das neue stellt. Nach dem alten Gesetz müssen die Joche ein Viertel der Gesamtkosten auf sich nehmen, so daß sich:

$$\frac{3 P}{P_0} = 4$$

ergibt. Das neue Gesetz läßt diesen Wert zu, fordert aber, wie es Gl. (9) zeigt, in diesem Falle die Gleichheit der Verluste im Joch- und im Säuleneisen:

$$\frac{2 V_e}{V_j} = 2 \frac{V_s + V_j}{V_j} = 4,$$

somit:

$$V_s = V_j.$$

Andererseits schließt das neue Jochgesetz andere Teilverlustverhältnisse nicht aus, ordnet ihnen aber jeweils passende Teilkostenverhältnisse zu. Offenbar steckt im neuen Jochgesetz ein wichtiger Freiheitsgrad, der nicht übersehen werden darf.

Man gewinnt einen wertvollen Einblick in die Tiefen der Entwurfstheorie, wenn man sich den Freiheitsgrad des neuen Jochgesetzes genauer ansieht. Das Problem der Jochverstärkung, das von der Theorie sehr vernachlässigt wurde, erhält aus einer solchen Untersuchung wichtige Hilfsmittel.

Nehmen wir zunächst an, das Joch hätte genau denselben Querschnitt wie die Säule. In diesem Falle kann man in Gl. (9) das Teilverlustverhältnis durch das Teilgewichtsverhältnis und schließlich durch das entsprechende Teilkostenverhältnis ersetzen. Sofort erhält man ein wichtiges Ergebnis.

Das neue Jochgesetz läßt nämlich nur dann den unverstärkten Jochen ein Viertel der Gesamtkosten, wie es das alte Jochgesetz haben will, wenn die Säulen das zweite Viertel übernehmen. Die Bedingung läuft auf die Gleichheit der Eisen- und Kupferkosten hinaus.

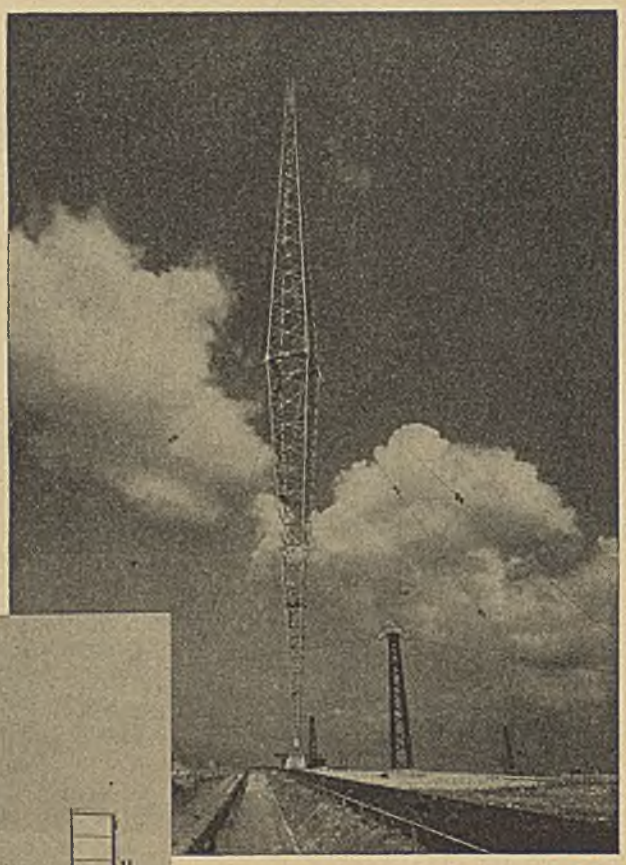
Nun gibt es aber bekanntlich ein sehr altes Entwurfsgesetz, das die Gleichheit der Eisen- und Kupferkosten verlangt. Es kann auf Grund

A. E. G.-UNION Elektrizitäts-Gesellschaft

WIEN - LINZ - SALZBURG - INNSBRUCK - GRAZ - KLAGENFURT

BROWN BOVERI

Großsender Bisamberg

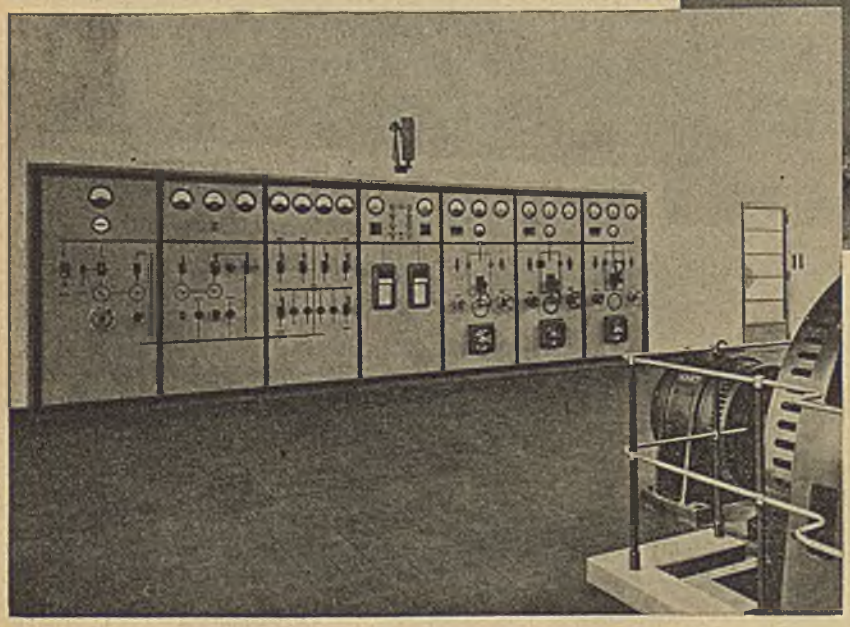


Gesamte Schaltanlage

der Dieselzentrale und der Hilfsbetriebe

Beleuchtungsinstallation

der Dieselzentrale



Gegengewichtsnetze

der beiden Maste mit

elektrischer Heizeinrichtung

ÖSTERREICHISCHE

BROWN BOVERI-WERKE A. G.

WIEN GRAZ INNSBRUCK LINZ SALZBURG

von Überlegungen entwickelt werden, die mit dem vorliegenden Problem gar keinen Berührungspunkt gemeinsam haben. Man vergleiche zum Beispiel die Entwicklung in Verfassers Buch „Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine" (J. Springer, Berlin, 1918). Es ist gewiß merkwürdig, daß das neue Jochgesetz gerade am richtigen Punkt landet.

Man darf allerdings nicht vergessen, daß die Gleichheit der Eisen- und Kupferkosten nur bei unverstärkten Jochen, nur bei gleichen Liniendichten in Joch und Säule Gesetz ist. Diese Tatsache ist wenig bekannt. Sie kann aber leicht bewiesen werden. Der Beweis gehört sogar hieher, damit der oben erwähnte Freiheitsgrad des neuen Jochgesetzes richtig verstanden und gewürdigt werden kann.

Man kann bekanntlich die Energieverluste durch die Gewichte und die Strom- bzw. Liniendichten ausdrücken. Fügt man also den eingangs eingeführten Bezeichnungen noch die folgenden:

G_k ... Kupfergewicht der Wicklung,
G_s ... Gewicht des Säuleneisens,
G_j ... Gewicht des Jocheisens,
k_k ... spezifische Verlustziffer des Kupfers,
k_e ... spezifische Verlustziffer des Eisens,
p_k ... Gewichtseinheitskosten des Wicklungskupfers,
p_e ... Gewichtseinheitskosten des Eisenkerns

hinzu, so kann man zunächst die Energieverluste des Transformators durch:

$$V = k_k G_k i_0^2 + k_e \left(\frac{\mathfrak{B}_0}{10^4}\right)^2 \left(G_s + \frac{G_j}{\beta^2}\right)$$

ausdrücken.

Sind sie vorgeschrieben und die Gewichte gegeben, so wird die Leistung des Transformators, die in diesem Falle doch dem Produkte:

$$i_0 \cdot \left(\frac{\mathfrak{B}_0}{10^4}\right)$$

proportional ist, am größten, die Konstruktion somit am billigsten, wenn:

$$k_k G_k i_0^2 = k_e \left(\frac{\mathfrak{B}_0}{10^4}\right)^2 \left(G_s + \frac{G_j}{\beta^2}\right) \quad \ldots (10)$$

gemacht wird, was durch passende Wahl von i_0 und $\mathfrak{B}_0$ immer zu erreichen ist. Die Rechnung, die zu diesem Ergebnis führt, ist einfach.

Gl. (10) läßt sich durch ein Gleichungspaar, nämlich:

$$\left.\begin{aligned} i_0^2 &= K \cdot k_e \left(G_s + \frac{G_j}{\beta^2}\right) \\ \left(\frac{\mathfrak{B}_0}{10^4}\right)^2 &= K \cdot k_k G_k \end{aligned}\right| \quad \ldots (11)$$

ersetzen, wenn eine beliebige Konstante K eingeführt wird.

Das Gleichungspaar gestattet nun die Aufstellung des Ausdruckes:

$$V = 2 K k_e k_k G_k \left(G_s + \frac{G_j}{\beta^2}\right)$$

für die vorgeschriebenen Gesamtverluste, der darauf hinweist, daß die günstigste Konstruktion unter jener Entwurfsreihe gesucht werden muß, die das Gewichtsprodukt:

$$G_k \cdot \left(G_s + \frac{G_j}{\beta^2}\right)$$

festhalten.

Es ist klar, daß der Kleinstwert von:

$$G_k p_k + (G_s + G_j) p_e$$

das Entwurfsziel ist. Aber nur bei

$$\beta = 1$$

erreicht man es, wie eine einfache Rechnung zeigt, mit:

$$G_k p_k = (G_s + G_j) p_e,$$

daß heißt mit gleichem Aufwand für Kupfer und Eisen. Für andere Werte der Jochverstärkungszahl β ergeben sich Schwierigkeiten, weil nicht mehr das Gesamteisengewicht allein auftritt, sondern die beiden Eisenteilgewichte. Ohne das Jochgesetz wäre das Problem unlösbar. Das Jochgesetz seinerseits muß aber die notwendige Beweglichkeit haben, damit das Kostengesetz voll zum Wort kommen kann.

Es würde zu weit führen, wollte man dem allgemeinen Kostengesetz nachforschen. Die soeben durchgeführte kurze Betrachtung soll lediglich die Eigenheiten des neuen Jochgesetzes ins richtige Licht rücken. Noch aber gibt es wichtige Einzelheiten, auf die dieses neue Gesetz aufmerksam macht. Sie sollen beschrieben werden.

Wir haben oben gesehen, daß das alte Kostenaufteilungsgesetz von vorgeschriebenen Gesamtverlusten ausgeht. Auch das neue Jochgesetz hält sich an gegebene Gesamtverluste. Beide suchen den billigsten Entwurf.

In dieser Gesellschaft hat offenbar das alte Jochgesetz keinen Platz. Es hält an vorgeschriebenen elektromagnetischen Beanspruchungen fest, die weder für den Bauaufwand noch für die Energieverluste allein maßgebend sein können. Man muß es deshalb ganz ausschalten, wenn man die günstigste Transformation sucht.

Schreibt man nun Gl. (9) im einfachsten Falle, wenn es keine Jochverstärkung gibt, in der Form:

$$2 \frac{G_s + G_j}{G_j} = 3 \frac{G_k p_k + (G_s + G_j) p_e}{G_k p_k + G_s p_e}$$

und führt man die Forderung:

$$G_k p_k = (G_s + G_j) p_e$$

des alten Kostenaufteilungsgesetzes ein, so bekommt man:

$$2 (G_s + G_j)(2 G_s + G_j) = 6 G_j (G_s + G_j)$$

und schließlich:

$$G_s = G_j.$$

Jetzt ist der Anteil der Joch- an den Gesamtkosten:

$$G_j p_e = \frac{G_k p_k + (G_s + G_j) p_e}{4} = \frac{2(G_s + G_j) p_e}{2} = \frac{P}{4}$$

kein Zufall mehr. Das alte Jochgesetz fügt diesem Ergebnis nur die Bemerkung hinzu, daß bei der erreichten Strom- und Liniendichte keine Säulenstreckung mehr in Betracht kommt.

Nachdem nun das neue Jochgesetz richtig in die Entwurfstheorie eingefügt worden ist, muß es noch nach einer anderen Richtung verteidigt und befestigt werden. Es soll nicht unverdientermaßen in den Verdacht kommen, nur ungefähr gültig zu sein.

Wenn man die Säulen eines gegebenen Transformators streckt und kürzt, um die beste geometrische Gestalt zu finden, so vergrößert und verkleinert man auch die Spulenzwischenräume und die an die Joche grenzenden unbewickelten Säulenenden. Das muß man tun, wenn man annehmen will, daß die Leistung der Säulenlänge proportional ist.

Nun liegt keine tatsächliche Notwendigkeit vor, die Spulenzwischenräume zu vergrößern, wenn man die Säule länger macht. Ganz bestimmt aber braucht man mit der Wicklung nicht weiter vom Joch wegzurücken, wenn die Säule gestreckt wird und man darf nicht näherrücken, wenn die Säule gekürzt wird.

Ist die oben durchgeführte Untersuchung unrichtig und das Jochgesetz ungenau? Keineswegs. Die soeben beschriebenen, scheinbar sehr ernsten Schwierigkeiten lassen sich ohne viel Mühe aus dem Wege räumen.

Die Spulenzwischenräume werden hauptsächlich wegen der Kühlung angeordnet. Sie sind wirksam, wenn sie genügend breit sind. Sie können immer auf der richtigen Breite bleiben. Je länger aber die Säule wird, je mehr Kupfer auf der Säule sitzt, um so mehr Spulenzwischenräume sind erforderlich. Es ist kein Fehler, die Gesamtbreite aller Spulenzwischenräume der Säulenlänge proportional zu setzen.

Anders steht es mit den unbewickelten Säulenendstücken. Sie richten sich nur nach der Spannung. Weder brauchen sie länger zu werden, noch dürfen sie gekürzt werden, solange die Spannung bleibt. Es wäre demnach ein wirklicher Fehler, ihre Gesamtbreite der Säulenlänge proportional anzunehmen.

Nun spricht aber nichts dagegen, die unbewickelten Säulenenden dem Jocheisen zuzuzählen. Sofort ist die Rechnung wieder richtig. Das Jochgesetz muß aber dann natürlich richtig angewendet werden.

Für den oberflächlichen Blick fordert das Jochgesetz bei einphasigen Transformatoren Joche, die genau so lang sind wie die Säulen. Die soeben beschriebene Feinheit läßt die Säulen länger erscheinen als die Joche. Sogar um die doppelte Gesamtbreite der unbewickelten Säulenenden. Je höher die Spannung, um so größer der Unterschied.

Das neue Jochgesetz regt eine Menge von weiteren Untersuchungen an. In dem vorliegenden Bericht kann man unschwer Probleme entdecken, die es verdienen, behandelt zu werden. Das Jochgesetz stellt sie, es wird sie auch lösen helfen.

Zweifellos ist das Jochgesetz dem alten Kostenaufteilungsgesetz ebenbürtig. Deshalb kann es mit vollem Recht als ein Grundgesetz der Entwurfstheorie betrachtet werden, die noch lange nicht genügend ausgebaut erscheint.

Zusammenfassung.

Das alte Jochgesetz des Verfassers fordert für die Joche ein Viertel der Gesamtkosten der arbeitenden Baustoffe. Es wurde seinerzeit auf der Annahme aufgebaut, daß die Stromdichte im Kupfer und die Liniendichte im Eisen vorgeschrieben sind.

Die Überprüfung der Grundlagen des Jochgesetzes zeigt, daß es unbedingt notwendig ist, Konstruktionen gegebener Leistung und gegebener Teilverluste zu vergleichen. Sie führt zu einer neuen Stellung des Jochproblems.

Die Rechnung zeigt, daß dem Jochgesetz eine neue, breitere Form gegeben werden muß. Die doppelten Gesamtverluste im Eisen sollen sich danach ebenso zu den Verlusten in den Jochen verhalten wie die dreifachen Gesamtkosten zu den Kosten der bewickelten Säulen.

Das alte Kostengesetz, das dem Eisen die Hälfte, dem Kupfer die andere Hälte der Gesamtkosten zuweist, wird mit dem neuen Kostengesetz in Verbindung gebracht. Dabei wird gezeigt, daß es nur für unverstärkte Joche gilt, während das Jochgesetz dieser Einschränkung nicht unterliegt.

Schließlich wird gezeigt, daß die unbewickelten Säulenenden eigentlich Teile der Joche sind. Damit wird dem Jochgesetz eine vollständig einwandfreie Form gegeben, so daß es zu den Grundgesetzen der Entwurfstheorie gezählt werden kann.

Sammlerladung mit Sättigungsstrom.

Von Wolfgang Holzer.
(Mitteilung aus dem Physiologischen Institut der Universität Wien).

Inhaltsübersicht: Die drei Grundformen der Sammlerladung, das sind Ladung mit konstanter Spannung, mit abgestuftem Strom und mit konstantem Strom werden gegenübergestellt, und der Vorteil letzterer Ladeart besonders für Batterien kleiner Leistung hervorgehoben. Für diese Ladeart wird die Anwendung einer Elektronenröhre in Sättigungstromschaltung vorgeschlagen und es werden ihre Ladeverhältnisse erörtert. Der Röhrenindustrie wird vorgeschlagen, für diesen Zweck Spezialrohre zu entwickeln.

Einleitung.

Die Frage, in welcher Weise die Ladung einer Sammlerbatterie wirtschaftlich und kapazitätserhaltend durchzuführen sei, kann heute, trotz vielfacher Bearbeitungen[1]) noch nicht als abgeschlossen gelten. Nicht allein die schwierigen und auch heute noch nicht völlig geklärten elektrochemischen Vorgänge bei der Ladung, sondern auch und vor allem die unterschiedlichen stark veränderlichen Betriebsbedingungen machen deshalb auch heute die Klärung von Spezialfragen der Ladetechnik notwendig und interessant. Hat man anfänglich, zweifellos in Verkennung der elektrochemischen Vorgänge, dem Sammler bei der Ladung zu wenig zugetraut, scheint es, als ginge man heute vielerorts den ebenso nachteiligen entgegengesetzten Weg. Man überlastet Sammler und angeschlossenes Netz und setzt dadurch Kapazität und Lebensdauer stetig herab. Im besonderen beziehen sich die weiteren Überlegungen auf diejenigen Sammlerbatterien kleiner Kapazität und hoher Spannung, welche auch heute noch trotz der hohen Entwicklung der Netzanschlußtechnik zu den unentbehrlichen Hilfsmitteln im Forschungslaboratorium und Prüffeld gehören. Der hohe Wert solcher Batterien und die Pflicht des mit der Ladung Beauftragten, Kapazität und vor allem Konstanz in dem Maße zu erhalten, wie es die heutige Feinmeßtechnik vorschreibt, schien eine eingehendere Untersuchung notwendig zu machen.

Schließt man einen entladenen Sammler an eine Ladequelle, so wird, da der innere Widerstand im Augenblick des Einschaltens nur 10^{-3}...10^{-4} Ohm/Zelle beträgt, ein starker Stromstoß in die Zelle fließen, welcher im Mittel das 15fache des Normalladestromes beträgt. Die Spannung des Sammlers steigt rasch auf 2·1 bis 2·2 V. Der darauf einsetzende elektrochemische Prozeß setzt, wenn wir von den geringen thermischen Verlusten absehen, die ganze elektrische Arbeit durch Reduktion in chemische Energie um. Dieser Prozeß geht bis zur Erreichung der Gasspannung von 2·4 V bei der üblichen Säurekonzentration fort. Die dann auftretende Gasabscheidung setzt den Ladewirkungsgrad stark herab, gleichzeitig steigt die Spannung der Zelle steil an. Die ansteigende Temperatur der Zelle ist das Zeichen für das Auftreten höherer thermischer Arbeit. Schließlich erreicht die Zellenspannung nach dem Gaseinsatzknick den Bereich der Endreduktion, bis die Endspannung von 2·7 bis 2·8 V/Zelle erreicht ist.

Ladeverfahren.

Diesem elektrochemisch bedingten Ablauf des Prozesses wird im wesentlichen durch drei verschiedene Arten der Ladung Rechnung getragen. Als Schnellademethode hat sich die Ladung bei konstanter Spannung entwickelt. Dieses Verfahren ist dann am Platze, wenn ein ausreichender und starrer Anschluß zur Verfügung steht. Sämtliche Betriebe, welche Sammler für Traktionszwecke verwenden, nutzen dieses Verfahren aus. Sein Vorteil ist die besonders schnelle Aufladung und praktisch der Verzicht auf alle Regelapparate in der Ladeeinrichtung. Nachteilig kann in Sonderfällen der schon erwähnte hohe Ladestromstoß werden.

Das zweite Verfahren ist die Ladung mit konstantem Strom. Dieses Verfahren schont die Batterie sehr, erfordert jedoch wesentlich mehr Zeit. Sein Nachteil liegt jedoch vor allem darin, daß die Regelung der Ladestromstärke, werde sie nun von Hand oder durch Selbstregler vorgenommen, zusätzliche Kosten verursacht. Die wirtschaftlichste Lademethode ist durch den elektrochemisch bedingten Spannungsverlauf beschrieben. Da mit dem Erreichen der Gasspannung (2·4 V) die thermischen und elektrolytischen Verluste schnell zunehmen, taucht der Wunsch auf, in diesem Moment den Strom zu senken und mit geringerem Strom den Endreduktionsprozeß auszuführen. Man hat verschiedentlich durch Relaisschaltungen (Pöhlerschalter[2]) u. a. m.) versucht, diesen Ladegang zu automatisieren. Derartige Einrichtungen stellen zweifelsohne Kosten dar und bedürfen überdies einer Wartung durch sachverständiges Personal, sind also in manchen Fällen wirtschaftlich nicht tragbar. Dennoch besteht, besonders für die eingangs erwähnte Art von Batterien der Wunsch, die Ladung mit konstantem Strom oder besser noch mit gestuftem Strom durchzuführen, besonders dort, wo man die tagsüber entladenen Batterien über Nacht ohne Aufsicht nachladen will. Dem trugen die Eisenwasserstoffwiderstände Rechnung, und das bekannte, aus dem Temperatur- und Strahlungsgang des Widerstandes eines Eisenleiters in einer Wasserstoffhülle ableitbare Verhalten kennzeichnete diese Anordnung als ein vorzügliches Mittel, einen Strom unabhängig von der in einem Kreis herrschenden Gegenspannung in begrenzten Bereichen konstant zu halten. Dennoch hat sich die Anwendung solcher Widerstände nicht allgemein durchgesetzt.

Auf der Suche nach einem breiteren Strombereiche überdeckenden und in seiner Stromhöhe regelbaren spannungsabhängenden Widerstand

[1]) E. Heim, ETZ 21 (1900) S. 269, 288, 309, 329, 347, 391, 416, 438, 463, 487 und 504; H. Beckmann, in „Starkstromtechnik" von Rziha und Seidener (1921) S. 602; A. E. Lange, ETZ 53 (1932) S. 716; vgl. a. E. u. M. 51 (1933) S. 27.

[2]) E. u. M. 45 (1927) S. 52.

stießen wir auf das bekannte Verhalten einer Elektronenröhre im Sättigungsbereich. Die Charakteristik einer Glühkathodenröhre entspricht in einer, bisher nicht bekannten, alle drei Äste umfassenden Deutung dem allgemeinen Wachstumsgesetz[3]) von Robertson. Der Bereich des Anlaufstromes deckt sich mit dem Bereich geringen Ertrages. Die Begriffe: Ertrag, Aufwand und Steilheit, das ist Anodenstrom je Anodenspannung, korrespondieren hier. Der Bereich höchsten Ertrages je Aufwand entspricht dem normalen Arbeitsbereich, welcher durch das Raumladungsgesetz von Langmuir und Schottky beschrieben wird. Schließlich biegt die Charakteristik in den Sättigungsbereich[4]) ein. Beiden Beispielen entspricht hier sogar formal derselbe Ausdruck. Das Verhalten einer solchen Entladungsröhre im Sättigungsbereich wurde nun bereits in Technik[5]) und Physiologie[6]) weitgehend ausgenutzt. Leider haftete der Einführung der Sättigungseigenschaft der Elektronenröhre in die Sammlerladetechnik der grundlegende Nachteil an, daß eine besondere und hochkonstante Heizstromquelle erforderlich war. Dieser Umstand schien eine praktische Ausnutzung des sonst fast idealen Prinzips der Stromkonstanthaltung auszuschließen.

Das neue Verfahren.

Die Sachlage hat sich nun in jüngster Zeit dadurch grundlegend geändert, daß Elektronenröhren auf dem Markt erschienen, welche es gestatten, den Heizfaden direkt an die volle Netzspannung anzuschließen[7]). Danach ist die Frage in ein Stadium getreten, welches zu einer Erprobung im Versuch einlädt. Die Auswahl der Röhrentype stößt heute noch auf Schwierigkeiten. Das ist nicht verwunderlich, da die am Markt befindlichen Röhren nicht für diesen Spezialzweck gebaut sind. Man muß sich vor allem auf kleine Ladeströme beschränken, was aber mit unseren Ladeabsichten für hochvoltige Laboratoriums- und Prüffeldsammler nur im Einklang steht. Die Begrenzung des Sättigungstromes ist durch die Abmessungen der Röhre gegeben. Einen empfindlichen Nachteil der Methode stellt die Verknüpfung[8]) von Sättigungstrom und Heizleistung bei konstantem Heizmaß dar. Doch spielt der Wirkungsgrad der Ladung selbst hier nicht die bestimmende Rolle wie im Traktionsbetrieb. Wichtiger erscheint hier die durch die schonende Lademethode bedingte lange Lebensdauer der Batterie und die Erhaltung ihrer Konstanz.

[3]) A. Walther, Meth. d. wissenschaftl. Biologie 1 (1928) S. 201.

[4]) H. Barkhausen, Elektronenröhren, Leipzig 1924. Bd. I, S. 25.

[5]) W. Rogowski, Arch. El. 9 (1920) S. 115; W. Rogowski, D. R. P. Nr. 494 911 u. D. R. P. Nr. 343 532; H. Baatz M. Freundlich und W. Holzer, ETZ 53 (1932) S. 696.

[6]) F. Scheminzky, Ergebn. d. Physiologie 34 (1932) S. 585.

[7]) Erzeugnisse der G. Ganz u. Co., Wien X, Marke Ostar; vgl. a. E. u. M. 50 (1932) S. 589.

[8]) H. Barkhausen, Elektronenröhren, Leipzig 1925. Bd. II, S. 40.

Die Abb. 1 stellt die gemessene Charakteristik einer Ostarröhre EG 100 dar. Zur Erprobung wurden 80 Elemente der Vartatype 20 W vom 220 V-Gleichstromnetz aufgeladen, und zwar in der Schaltung nach Abb. 2. Vor allem zeigt sich, daß bei gleichzeitigem Einschalten von Heiz- und

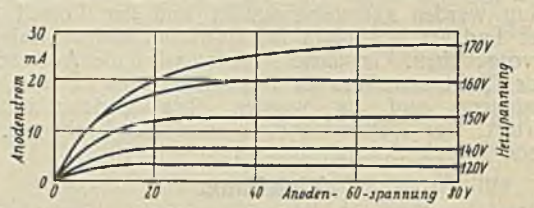


Abb. 1. Charakteristik einer Röhre Ostar EG 100 bei verschiedener Heizung.

Anodenspannung der Ladestrom ungemein weich ansteigt. Das ist für die verhältnismäßig empfindlichen Batterien von hoher Wichtigkeit. Die Tabelle 1 zeigt diesen Ladestromanstieg. Die Ladeeinrichtung bedarf nach Einlegen eines

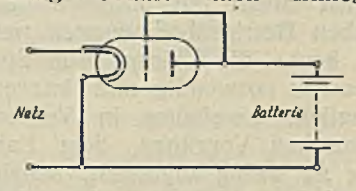


Abb. 2. Schaltung einer Elektronenröhre in Sättigungstromschaltung zur Ladung von Sammlern.

einzigen Schalters keiner Wartung mehr. Kein einziger beweglicher, der Abnutzung und Wartung unterworfener Teil ist in der Ladeeinrichtung vorhanden. Der elastische Stromanstieg hat für die begrenzte Absicherung der Ladeeinrichtung den

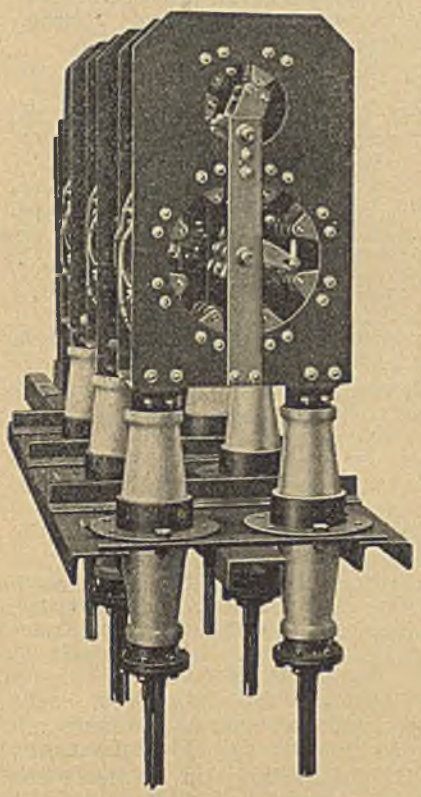
Tabelle 1.
Hochlaufen des Ladestromes in einer Sättigungsstromladeschaltung.
Röhre Ostar EG 100, Heizspannung 170 V.

Zeit min	Ladestrom mA	Spannung je Zelle
	0	1·83
0·25	4	1·83
0·50	7	1·83
0·75	9	1·83
1	15	1·83
2	21	1·84
3	22	1·86
4	22·6	1·87
5	22·7	1·88
6	23·0	1·89
8	23·0	1·89
10	24·0	1·90
15	27·0	1·91
20	27·0	1·92

großen Vorteil, daß der durch die Heizung des Ventils einmal eingestellte Ladestromendwert nicht überschritten werden kann. Es ist aus diesem Grunde möglich, die Ladeeinrichtung begrenzt abzusichern. Ebenso vorteilhaft wirkt sich diese Eigenschaft der Einrichtung auf die nunmehr beim Einschalten nicht mehr überlasteten Meßinstrumente aus. Die Abb. 3 zeigt die ideale Stromkonstanz der Methode. Da das verwendete Ventil unterheizt, also hier überlastet ist, sind die Werte der Abb. 3 nicht genau zu reproduzieren. Die Abbildung stellt eine mittlere Kurve aus einer

Ein neues Verfahren der Ladung

STUFENSCHALTER FÜR HOCHSPANNUNGS-REGELTRANSFORMATOREN

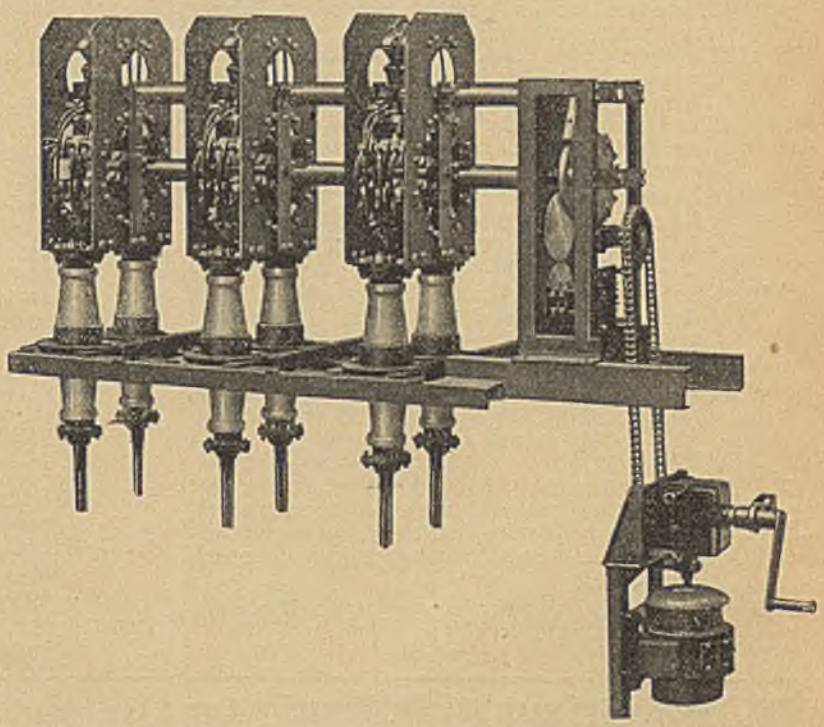


Vollautomatischer Stufenschalter in Rollenbauart mit Motorantrieb Größe 0, bestehend aus 3 einphasigen Schaltapparaten, direkt auf die Transformator-Mehrfachdurchführungen aufgebaut.

Untere Welle: Regel- und Lastschaltung

Obere Welle: ± Umschaltung

Leistung des Transformators: 600 KVA bei 10 KV, 50 Hz, Regelbereich ± 8 ½ % in ± 6 Stufen.



„ELIN"

AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE INDUSTRIE
ZENTRALE: WIEN, I., VOLKSGARTENSTRASSE 1—5

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen und ergänzende Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen

EVW 1 Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen mit Ergänzung und Abänderung 1/1931, 2/1931, 3/1932 und 4/1932.
EVW 2 Schaltzeichen und Schaltbilder.
EVW 3 Vorschriften für die Prüfung von Schmelzsicherungen.
EVW 4 Vorschriften für die Prüfung von Dosenschaltern für Spannungen bis 750 V und Stromstärken bis 60 A.
EVW 5 Vorschriften für die Prüfung von Steckvorrichtungen für Spannungen bis 750 V und Stromstärken bis 60 A.
EVW 6 Vorschriften für die Prüfung von Glühlampenfassungen, Beleuchtungskörpern und Handlampen.
EVW 7 Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen.
EVW 8 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren.
EVW 9 Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen mit Abänderung 1/1931 und 2/1932.
EVW 10 Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen.
EVW 11 Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen.
EVW 12 Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde.
EVW 13 Leitsätze für Schutzerdungen in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde mit Abänderung 1/1932.
EVW 14 Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 1500 A. Außer Kraft; ersetzt durch Normblätter ÖNORM E 3500 und ÖNORM E 3502.
EVW 15 Vorschriften für Rundfunkwesen: Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen.
EVW 16 Vorschriften für Rundfunkwesen: Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte).
EVW 17 Vorschriften für Rundfunkwesen: Vorschriften für Geräte mit eingebauter Netzanschlußeinrichtung, bei denen Betriebsstrom aus Gleichstromnetzen entnommen wird (Netzanschlußempfänger).
EVW 18 Vorschriften für Freileitungen mit Abänderung 1/1931 und 2/1933.
EVW 19 Vorschriften für Bergwerke.
EVW 20 Vorschriften für Theater.
EVW 21 Vorschriften für Netzanschlußgeräte zur Entnahme von Gleichstrom für den Betrieb von Fernmeldeanlagen aus Wechselstromstarkstromnetzen.
EVW 22 Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Starkstromanlagen und in deren Nähe.
EVW 23 Leitsätze für das Verhalten gegenüber elektrischen Starkstromfreileitungen und Transformatorenstationen.
EVW 24 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten.
EVW 25 Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Starkstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen.
EVW 26 Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung.
EVW 27 Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen.
EVW 28 Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft.
EVW 29 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremslüftern für aussetzenden Betrieb.
EVW 30 Vorschriften für die Ausführung elektrischer Starkstrom-Niederspannungsanlagen in landwirtschaftlichen und ähnlichen Betrieben.
EVW 31 Elektrotechnische Vorschriften für medizinische Röntgenanlagen.
EVW 32 Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie.
EVW 34 Regeln für die Elektrizitätszähler.
EVW 36 Vorschriften für elektrisches Spielzeug.
EVW 37 Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Schutztransformatoren mit Kleinspannungen.
EVW 38 Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannung von 1000 V an.
EVW 39 Leitsätze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Spannungsstößen.
EVW 38/1933 Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannnungen von 1000 V an.
EVW 39/1933 Leitsatze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Spannungsstössen.

! Wichtig zur Aufklärung und Belehrung der Bevölkerung, damit Gefährdungen und Unfälle sachunkundiger Personen verhütet werden!

Leitsätze für das Verhalten gegenüber elektrischer Starkstromfreileitungen und Transformatorenstationen — EVW 23/1931

in Heftform	pro Stück	S —·20
bei Abnahme von 25 Stück	„ „	S —·18
„ „ „ 50 „	„ „	S —·15
bei größeren Bestellungen Preise auf Anfrage		
als Plakat	pro Stück	S 1·—
bei Abnahme von 5 Stück	„ „	S —·90
„ „ „ 10 „	„ „	S —·80
„ „ „ 20 „	„ „	S —·70
bei größeren Bestellungen Preise auf Anfrage		

Versand nur gegen vorherige Einsendung des Betrages oder per Nachnahme zuzüglich der Nachnahmespesen

ELEKTROTECHNISCHER VEREIN IN WIEN VI, THEOBALDGASSE 12

längeren Versuchsreihe dar. Hier zeigt sich auch die Eigenart der Lademethode. Es handelt sich um eine Art Ladung mit abgestuftem Strom. Da bei steigender Batteriespannung die Gegenspannung sinkt, so sinkt auch automatisch, wie sich

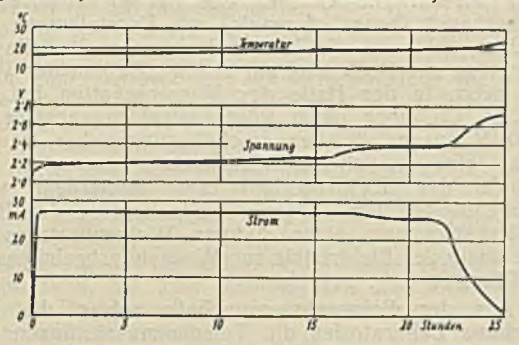


Abb. 3. Verlauf von Strom, Spannung und Temperatur bei Ladung einer Vartabatterie von 80 Zellen, Type 20 W, in Sättigungstromschaltung.

aus Abb. 1 ergibt, der Ladestrom. Dadurch wird das Verfahren in der hier angewendeten Schaltweise und Wahl der Spannungsverhältnisse ganz selbsttätig. Eine Überladung ist ausgeschlossen. Im vorliegenden Beispiel ist es zu empfehlen, die Ladung von Halbjahr zu Halbjahr bis zur 100prozentigen Ladung zu vollenden, um ein allmähliches Absinken der Kapazität hintanzuhalten. Die Zukunft des Verfahrens dürfte in bestimmendem Maße von der Entwicklung von Spezialröhren für die vorliegenden Zwecke abhängen[9]).

Diese Untersuchung wurde durch das fördernde Interesse von Herrn Dir. Prof. Dr. H. Beckmann (†) und Herrn Dir. Trojan möglich gemacht. Ihnen sei auch hier gedankt!

[9]) O. Hochstädt und F. Scheminzky (Pflügers Arch. 230 (1932) S. 647) haben Gleichrichterröhren und verschiedene Verstärkerröhren des Handels auf ihre Eignung in der Sättigungsstromschaltung untersucht und gefunden, daß die letzteren (bei Verbindung der Anode und Gitter) sich besser eignen, als Gleichrichterröhren und unter den Verstärkerröhren wieder solche mit kleinem Durchgriff größte Stromkonstanz bei veränderlichem Widerstand im Anodenkreis und beste Reproduzierbarkeit geben. Die vorliegende Untersuchung wurde zur Klärung der prinzipiellen Verhältnisse nur mit der Röhre Ostar EG 100 ausgeführt. Doch kann nach den oben genannten Autoren vermutet werden, daß Röhren mit Gitter noch wesentlich günstiger für die Sammlerladung sind. Darüber werden weitere Versuche vorgenommen.

Die Weltausstellung in Chikago 1933.

Um den Grundgedanken der Weltausstellung zu erfassen, ist es notwendig, kurz auf ihre Vorgeschichte zurückzugreifen.

Im Jahre 1833 wurde Chikago als „Ort" inkorporiert und bestand aus wenig Hütten um Fort Dearborn als Zentrum verstreut. Es sind also genau 100 Jahre, die Chikago brauchte, um aus einem Sumpflande zur viertgrößten Stadt der Welt heranzuwachsen. In ungefähr derselben Zeit jedoch nahmen nahezu alle Zweige der Wissenschaft und ihrer Anwendungen kolossalen Aufschwung, befruchtet von der Entwicklung unserer Kenntnis der elektromagnetischen Erscheinungen, die um 1820 mit Oersteds Nadelexperiment einsetzte. Dieses nicht ganz zufällige Zusammentreffen veranlaßte Chikago, sein Zentenarium in einer Ausstellung „A Century of Progress" zu feiern und als Motto die historische Entwicklung aller Wissenschaften und der sie in praktische Errungenschaften umsetzenden Industrien im letzten Jahrhundert 1833—1933 zu wählen. Obwohl der Rahmen der Ausstellung sowie viel Detailarbeit durch die in den letzten Jahren herrschende Depression eingeschränkt werden mußte, ist doch eine gewaltige lebendige Rückschau entstanden. Es soll noch betont werden, daß sämtliche Kosten durch rein private Mittel gedeckt wurden, die durch Eintrittsgelder und Mietgebühren wieder zurückerstattet werden sollen.

Allgemeine Anlage der Ausstellung.

Entsprechend dem Grundgedanken ist die Wahl und Anordnung der Gebäude. Der Stil ist durchwegs sehr modern, um auch darin den Fortschritt in der Behandlung der Materialien zum Ausdruck zu bringen. Man vermied möglichst Außenlicht und verwendet künstliche Beleuchtung wo immer angängig. Die Pläne für die Bemalung der Gebäude stammen von dem bekannten Bühnendekorateur Joseph Urban aus Wien und er sparte gewiß nicht mit grellen Farben, die tagsüber oft kitschig wirken, bei Nacht in der großzügigen Illumination ihren Zweck erfüllen mögen.

Das Zentrum des wissenschaftlichen Teiles der Ausstellung ist die „Halle der Wissenschaft", ein zwei- bis dreistöckiges riesiges Bauwerk mit U-förmigem Grundriß und mit einem Turm auf dessen Spitze die Empfangsantenne untergebracht ist, von welcher aus über eine Photozelle und entsprechende Verstärkerapparate des Yerkes-Observatoriums in Wisconsin das Licht des Arcturus ein Signallicht einschaltet zum Zeichen der Beleuchtung der Ausstellung. Man wählte den Arcturus, weil sein Licht zirka 40 Jahre zur Erde braucht, also ungefähr zur Zeit der letzten Chikagoer Weltausstellung das Gestirn verließ. Im Gebäude der Wissenschaft sind die grundlegenden Wissenschaften mit ihren Fortschritten im letzten Jahrhundert gezeigt. Eigene Abteilungen sind eingeräumt für Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie, Biologie, Geologie und Medizin. Innerhalb jeder Gruppe ist die Anordnung historisch gehalten. Häufig infolge Überfülle des Materials nur eine Gegenüberstellung der Forschungsmethoden vor 100 Jahren und jetzt. Meist wurde unter der Aufsicht und mit dem Rate einer Universitätsabteilung gearbeitet und in der Tat sind viele Teile dieser Ausstellung als gut gelungen zu betrachten. Manche Teile sind unvollständig, manche in etwas hastiger Art repräsentiert, doch ist dies bei der überwältigenden Weitverzweigtheit modernen Wissens nicht wunderzunehmen und schließlich ist die Ausstellung mehr oder weniger für den Laien geschaffen worden, um in anschaulicher Weise die oft schwierig zu erfassenden Gebiete mit ihren Fortschritten zu schildern.

Die nächste interessante Gruppe von Gebäuden gegenüber der Halle der Wissenschaften umfaßt die Sozialwissenschaften, Nachrichtentechnik und Elektrotechnik: die beiden letzteren sollen später besprochen werden. Die Spezialwissenschaften sind vertreten durch historische Bilder von der Menschheitsentwicklung, der modernen Probleme der Finanz, des Gesundheitsamtes und der Familie, mit allen Verantwortlichkeiten und Verpflichtungen. Selbstverständlich sind diese Teile der Weltausstellung auf amerikanische Verhältnisse bezogen.

An sich interessant ist das Gebäude für Transportwesen. Um den Innenraum vollkommen frei zu halten, wurde ein Dombau in rein technischer Lösung nach Art einer Hängebrücke geschaffen. Zwölf Stahltürme tragen die Kuppel, und da die Wärmedehnungen vertikal aufgenommen werden, pflegt man sie die „atmende Kuppel" zu nennen. Die Ausstellung zeigt historisch die Entwicklung von Bahn, Schiff, Auto und Flugzeug. Viele interessante alte Museumstücke sowie die modernsten

Vertreter in der Klasse sind vorhanden. Der erste Schlafwagen der Welt, der Speisewagen des Präsidenten von Mexiko, der Royal Scotch Express usw.

Weiters ist technisch beachtenswert das Gebäude der General Motors Corp. mit einer vollkommenen Montagehalle für Chevrolet-Automobile in Tätigkeit und vielen Detailgruppen mit letzten Neuerungen in der Automobilkonstruktion; die Chrysler-Automobilausstellung mit lehrreichen Querschnitten durch Motoren, und Herstellungsmethoden einzelner Teile; die allgemeinen Ausstellungshallen, welche von Büroeinrichtungen und -maschinen, Zeitungswesen, usw. bis zu eingerichteten Strumpffabriken, in denen man nach Geschmack bestellen kann, umfassen.

Von nicht technischen Gebäuden sind zu erwähnen der Mayatempel, nach den Funden in Mexiko rekonstruiert, der Lamatempel, den Sven Hedin auf seinen Forschungsreisen auffand und der hier genau reproduziert wurde; verschiedene Häusergruppen der Indianer, der Algerier und der Belgier. Ferner ist eine außerordentlich reiche landwirtschaftliche und Blumen-Ausstellung vorhanden. Die vielen Sekten amerikanischen religiösen Lebens sind in einer „Halle der Religion" mit Werbematerial vertreten und verschiedene europäische Staaten haben kleinere Pavillons mit Volkskunst ausgestellt. Deutschland hat eigentlich nur an der Medizin in der Halle der Wissenschaften und kleineren Details teilgenommen, ebenso Österreich.

Die Regierung der Vereinigten Staaten, sowie die einzelnen Staatsverwaltungen sind in einer Gruppe von Gebäuden vereinigt, wobei die Regierung vorwiegend durch Heer und Marine, sowie Finanz- und Arbeitsministerium vertreten ist.

Wie bei jeder Ausstellung so ist auch hier der Unterhaltung ein breiter Raum gewährt, wovon das Interessanteste wahrscheinlich die Skyride (Fahrt im Himmel) ist. Zwei zirka 210 m hohe Türme, zirka 620 m voneinander entfernt, tragen in $^1/_3$ der Höhe Drahtseile, auf denen Aussichtswagen gezogen werden. Die Konstruktion wurde als Reklame von fünf amerikanischen Stahlwerken ausgeführt.

Die Elektrotechnik auf der Ausstellung.

Die gesamte elektrotechnische Ausstellung ist auf Geschichte eingestellt, die neueste Entwicklung wird fast nur dort gezeigt, wo sie den Laien unmittelbar interessiert: im Haushalte.

Die Starkstromtechnik ist vertreten durch die beiden Firmen Westinghouse und General Electric Co. Interessant sind von der ersteren Firma ein 230 000 V-Überspannungsschutz, ein 1500 kW-, 2 × 1000 A-Quecksilberdampfgleichrichter, in dem der Lichtbogen beobachtet werden kann; ein 2000 A-Deion-Schalter, der ohne besondere Funken die durch einen Spezialgenerator geschaffene Last abschaltet; der Rotor einer 100 000 PS-Dampfturbine, und eine Querschnittsanordnung eines 70 000 kVA-Wassergenerators. Die Gen. El. Co. hat einen 2000 A-Preßluftschalter ausgestellt. Beide Firmen bringen vollständige Küchen- und Wäschereieinrichtungen mit Demonstrationen und außerdem eine große Zahl von kleineren Anordnungen zur Demonstration der neueren physikalischen Phänomene wie Photozellen, infrarote Strahlen und ultraviolettes Licht, die mehr oder weniger beabsichtigt als Zaubereien auf den Laien wirken. Die Gen. El. Co. hat ein regelrechtes „Zauberhaus" (house of magic) mit Vorstellungen eingerichtet, während die Westinghouse Co. Modelle mit Anordnung zur Bedienung auf einem „Balkon der Wunder" zeigt. In der Halle der Wissenschaften hat die Gen. El. Co. noch einen Röntgenstrahlengenerator für 85 000 V ausgestellt, der erschütterungssicher ist und durch seine gewaltigen Dimensionen imponiert. Im Gebäude der Elektrotechnik sind außerdem viele Modelle historischer Zentralen, ein Diorama der Elektrizitätsversorgung einer fiktiven Wolkenkratzerstadt, Anwendung der Elektrizität zur Wachstumsbeeinflussung von Pflanzen usw. zu sehen.

Aus der Schwachstromtechnik zeigen die Bell Telephone Laboratories die Telephonausrüstungen von Großstädten, automatische und halbautomatische Betriebe, sie führt auch den Überlandruf praktisch vor. Ferner sind auch die neueren Zwölffach-Telegraphiersysteme zu sehen. Western Union und Postal Telegraph bringen rein historische Gegenüberstellungen von Telegraphiestationen. Für Radio ist eigentlich nur die Ausstellung der Radio Corporation of America (RCA) maßgebend, die eine nahezu vollständige Übersicht des Überseefunkwesens bringt, sowie viele historische Sende- und Empfangsapparate. Auch führen sie die moderne Fabrikation von Elektronenröhren an Hand einer vollkommen ausgebauten Abteilung vor. Dem Bildfunk ist ebenfalls ein breiter Raum gewidmet, stets aber auf die bekannten Methoden beschränkt.

Die Lichttechnik ist in praktischer Anwendung gezeigt, insoferne als die gesamte Ausstellung auf Illumination bei Nacht eingerichtet ist. Zahlreiche neuere Probleme mußten gelöst werden, um das ungeheure Gelände (die Ausstellung erstreckt sich über mehr als 5 km) zu beleuchten, so daß vom See (Michigan-See) sowohl als auch vom Lande ein künstlerischer Effekt erzielt wurde. Die Farbenprächtigkeit wurde in der Hauptsache durch die Anstriche der Gebäude und nicht durch farbige Lichter geschaffen. Flutlicht an und in allen Gebäuden war als technische Notwendigkeit betrachtet worden, so daß die Verkleidung häufig vollkommen weggelassen wurde. Reklamebeleuchtung ist durchwegs farbiges Röhrenlicht, häufig recht geschmackvoll. Viele Hochleistungsscheinwerfer streuen Licht über die ganze Ausstellung, insbesondere den Unterhaltungsteil. Vier Leuchtbrunnen und beleuchtete Rauchbomben geben ziemlich buntes Gepräge. Um die Gartenwege zu beleuchten, wurden neue „Pilzleuchten" geschaffen, zirka 1 m über dem Boden mit transparenten Schirmen abgedeckte 150 W-Lampen. Innerhalb der Gebäude, die, ohne alle Fenster, glatte Flächen darbieten, ist ebenfalls nur Flutlicht verwendet.

Dr. E. Weber, Brooklyn-New York.

Rundschau.

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Der Einfluß von höheren Harmonischen der Klemmenspannung auf die Betriebseigenschaften des Einphasen-Bahnmotors. Von K. Töfflinger, Berlin. Eine Oberwelle der Klemmenspannung verschlechtert die Gleichstromwendung stets, sobald die 30fache Ordnungszahl gleich oder größer als 180 wird. Daher erschweren alle Oberwellen von mehr als der 7. Ordnung immer die Gleichstromwendung, und die von mehr als 15. Ordnung auch stets die Wechselstromwendung. Oberwellen hoher Ordnung sind also gefährlicher als die niederer. Die 3. Oberwelle wirkt in etwa 25 vH aller Fälle günstig auf die Stromwendung ein, sonst ist sie immer schädlich. Die Stromwendungsstörungen bleiben gering, solange der Motor mit schlechtem Leistungsfaktor arbeitet, also das Fahrzeug langsam fährt. Bei voller Fahrt wird dagegen der Leistungsfaktor sehr hoch, meistens 0·95 und darüber, so daß der Motor gegen alle Störungen empfindlich wird. Die Schädlichkeit der Oberwellen ist proportional einem „Vergrößerungsfaktor" x, der durch die Gleichung definiert ist

$$x = m\sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}}.$$

(m = Ordnungszahl der Oberwelle, φ_1 = Phasenverschiebungswinkel zwischen Grundwellenstrom und -spannung.) Legt man einen bestimmten, der hier in Frage kommenden Leistungsfaktoren, zum Beispiel 0·95, einheitlich fest, so ergibt sich für

$m =$	3	5	7	9	11	13	15	... ∞,
$x =$	2·25	2·75	2·94	3·04	3·09	3·12	3·14	... 3·21.

Wird also gefordert, daß zum Beispiel eine Klemmen-

spannungsform die Stromwendung gegenüber einer reinen Sinuslinie nur um höchstens 20 vH erschweren darf, so muß die Bedingung erfüllt sein

$$0{\cdot}20\, U_1 > 2{\cdot}25\, U_3 + 2{\cdot}75\, U_5 + 2{\cdot}94\, U_7 + \ldots$$

Die Oberwellen in den jetzigen Bahnnetzen erschweren die Stromwendung um etwa 10 vH und mehr. Wird die Kurvenform des Netzes noch schlechter, so erscheinen danach merkliche Störungen wahrscheinlich. Wenn zum Beispiel bei den Stromrichtern die Oberwelle des Anodenwechsels ebenso wie bei den jetzigen Gleichrichtern 8 vH erreichen sollte, so wird sie allein die Stromwendung um etwa 25 vH erschweren.

Mittel zum Schutze des Motors sind: 1. Ein unnötig hoher Leistungsfaktor ist zu vermeiden. 2. Parallelschalten eines Ohmschen Widerstandes zur Feld- oder Ständerwicklung. Das Parallelschalten eines Kondensators an Stelle des Ohmschen Widerstandes ist zwar sehr wirkungsvoll, hat aber den Nachteil, daß sich bei bestimmten Drehzahlen Resonanzschwingungen von erheblicher Größe einstellen. Squz.

(ETZ 54 (1933) S. 329.)

Elektrische Apparate.

Zur Theorie der Drehstrom-Einphasenstrom-Umformung mit Hüllkurven-Umrichtern. Von R. Feinberg, Berlin. Die von Löbl angegebene Anordnung zur Umformung von Drehstrom 50 Hz in Einphasenstrom $16^2/_3$ Hz[1]) wird als Beispiel für einen Hüllkurven-Umrichter eingehend behandelt. Der Umrichter arbeitet als Gleichrichter oder als Wechselrichter, je nachdem die Energie in das Einphasennetz oder in umgekehrter Richtung fließt. Entsprechend diesen beiden Betriebsarten geht die Kommutierung des Stromes in den Transformatorsträngen vor sich. Die Gittersteuerung der Entladungsgefäße hat die Aufgabe, den Gleichrichter- sowie den Wechselrichterbetrieb des Umrichters zu ermöglichen. Die Einphasenspannungskurve ist gewellt, die Stromkurve hingegen ist bei den in Betracht kommenden induktiven Phasenverschiebungen praktisch oberwellenfrei. Die Transformator- und Primärnetzströme sind stark verzerrt, die Harmonischen bilden ganzzahlige Vielfache der Frequenz $16^2/_3$. Die harmonische Analyse der Linienströme ergibt beispielsweise bei der sekundären Phasenverschiebung $\cos \varphi_2 = 0{\cdot}7$ für die $16^2/_3$-periodige Unterwelle rund 91 vH des Wertes der 50-periodigen Grundwelle. Die netzfrequenten Harmonischen bilden zusammen ein unsymmetrisches Drehstromsystem. Von diesem kommt für die Übertragung von Wirk- und Blindleistung nur die gleichläufige Komponente in Betracht. Die gegenläufige Komponente sowie die übrigen Harmonischen (Verzerrungswellen) verschlechtern infolge der durch sie hervorgerufenen zusätzlichen thermischen Beanspruchung die Ausnutzung der Leitungen. Der Leistungsfaktor im Drehstromnetz wird 0·76 bei $\cos \varphi_2 = 1$ und 0·63 bei $\cos \varphi_2 = 0{\cdot}7$. Die Verschlechterung der Leitungsausnutzung wird verringert bei Parallelbetrieb des Umrichters mit einem anderen Drehstromverbraucher. Die Belastung des Drehstromnetzes durch den Umrichter ist praktisch symmetrisch. Oszillogramme und Messungen bestätigen die Richtigkeit der theoretisch ermittelten Ergebnisse. Fg.

(Arch. El. 27 (1933) S. 539.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Zum Problem des Emissionsmechanismus von Oxydkathoden[2]). Von H. Kniepkamp und C. Nebel. Wird die Heizung einer Glühkathode, die einen raumladenden Elektronenstrom emittiert, plötzlich ausgeschaltet, oder wird sie plötzlich auf einen Bruchteil des ursprünglichen Wertes reduziert, so wird bei konstant gehaltener Anodenspannung der Anodenstrom von dem Augenblicke an, in dem die Temperatur bei ihrem Absinken einen bestimmten, von der Anodenspannung abhängigen Wert erreicht, emissionsgesättigt werden, und von diesem Zeitpunkt an mit der Temperatur zusammen nach der Richardsonschen Gleichung[1]) absinken. Wenn man die Strom-Zeit-Kurven oszillographisch aufnimmt und jedem Punkt der Stromkurve diejenige Temperatur zuordnen kann, die bei Erreichen dieses Punktes an der Kathodenoberfläche geherrscht hat, so kann man aus einem solchen Ausschaltdiagramm die Emissionskurve konstruieren und damit die Emissionskonstanten bestimmen. Ein derartiger Ausschaltvorgang dauert aber nicht länger als etwa 0·5...1 sec. Die Zuordnung der Kathodentemperaturen zu den Punkten der Strom-Zeit-Kurve erfolgt durch gleichzeitige oszillographische Messung des Kathodenwiderstandes. Dazu wird die fadenförmige Oxydkathode in den einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke gelegt, deren übrige Zweige aus konstanten Präzisionswiderständen bestehen. Als Brückeninstrument dient eine Oszillographenschleife. Als Brückenspannung wird zur Eliminierung von etwaigen störenden Thermokräften Wechselspannung benutzt, die zugleich als Heizspannung für den Glühfaden dient. Für die Meßaufnahmen wird der Heizstrom durch plötzliche Erniedrigung der Brückenspannung auf etwa $^1/_{10}$ seines vorherigen Wertes herabgesetzt. Die Temperaturbestimmung des Kathodenkerns erfolgt durch die Messung der Temperaturabhängigkeit des Fadenwiderstandes. Die Fadentemperaturen an der Oberfläche werden im Gebiete sichtbarer Glut mikropyrometrisch bestimmt und geben innerhalb der Meßgenauigkeit zureichende Übereinstimmung. M. A. Sch.

(Wissenschaftl. Veröff. Siemens-Konz. 11/2 (1932) S. 75.)

[1]) Vgl. H. Laub, E. u. M. 50 (1932) S. 324. Über die Wirkungsweise; siehe auch R. Feinberg, E. u. M. 51 (1931) S. 457.

[2]) Vgl. E. u. M. 44 (1926) Die Radiotechnik S. 45; 50 (1932) S. 574.

[1]) Vgl. E. u. M. 34 (1916) S. 580; 50 (1932) S. 574.

Patentbericht.

Elektrische Regulierung.

Regelung von Ein- und Mehrphasenanlagen.

Einrichtungen zur Lastverteilung in Kraftwerken und Netzen.

(Fortsetzung aus Heft 49, Seite 648.)

Eine der AEG, Berlin (H. Piloty), geschützte Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzielung einer gewünschten Verteilung einer veränderlichen Summenleistung auf mehrere parallel arbeitende Maschinen, für welche eine gemeinsame Bedingung, zum Beispiel Einhaltung einer bestimmten Frequenz, unabhängig von der Summenleistung vorgeschrieben ist. Erfindungsgemäß bildet die für jede Maschine vorgesehene Vergleichseinrichtung für Ist- und Sollwert die jeweils ermittelte Differenz durch einen ihr proportionalen Strom ab, und führt diesen der Regeleinrichtung für das Einhalten der gemeinsamen Bedingung zusätzlich so zu, daß jede Differenz bis auf eine praktisch zulässige Toleranz verschwindet. (Ö. P. Nr. 133 457.)

Eine Einrichtung der AEG, Berlin (W. Kieser), betreffend die Regelung von mit einer isodromgesteuerten Spitzenlastmaschine parallel laufenden zusätzlichen Spitzenmaschinen, besteht darin, daß diese zusätzlichen Maschinen mit einem von der elektrischen Leistung der Isodrommaschine beeinflußten Leistungsregler versehen sind, welcher ihre Füllungen bei steigender Leistung der Isodrommaschine vergrößert. (D. R. P. Nr. 565 482.)

Die Lastverteilung zwischen zwei parallelarbeitenden Maschinen wird nach Vorschlag der AEG, Berlin, durch eine Brückenschaltung aus Widerständen mit verschiedenen Temperaturkoeffizienten geregelt, die von einer von der Abweichung von der gewollten Belastungsverteilung abhängigen Spannung gespeist werden und deren Brückenspannung zur Steuerung der Erregungen der beiden Maschinen im entgegengesetzten Sinne dient. Vorzugsweise wird die Brückenspannung in entgegengesetztem Sinne den Gitterkreisen zweier Elektronenröhren zugeführt, in deren Anodenkreise die Feldwicklungen zweier die Erregung der beiden Hauptmaschinen beeinflussenden Hilfsmaschinen geschaltet sind. (D. R. P. Nr. 572 277.)

Eine Änderung der Lastverteilung zwischen parallel-

arbeitenden Kraftmaschinen oder -werken wird nach Vorschlag der AEG, Berlin (W. Kieser), dadurch erzielt, daß von den parallelarbeitenden Maschinen eine oder wenige als isodromgesteuerte Maschinen, die übrigen als zeitintegralgesteuerte Maschinen arbeiten und Mittel vorgesehen sind, mit welchen die Frequenz des Netzes vorübergehend erhöht oder erniedrigt wird. Man braucht bloß die Isodrommaschine(n) vorübergehend ganz wenig (etwa 0·05 vH) durch Betätigung ihrer Drehzahlverstellungen schneller oder langsamer laufen zu lassen, um zu erreichen, daß die Last von den Isodrommaschinen zu den Zeitintegralmaschinen oder umgekehrt wandert. (D. R. P. Nr. 570 871.)

(Fortsetzung folgt.)

Vereins-Nachrichten.

† Ing. ROBERT STIX.

Am 25. August 1933 starb unerwartet Herr Direktor Robert Stix, kurz nachdem er seinen 60. Geburtstag gefeiert hatte, während seines Sommeraufenthaltes in Altmünster.

Geboren am 16. Juni 1873 in Rodaun bei Wien, besuchte Stix das Gymnasium im Stift Seitenstetten in N.-Ö. und anschließend daran die Wiener Technische Hochschule, wo er 1896 seine zweite Staatsprüfung ablegte. Von Prof. Hochenegg, dem damaligen Vorstand der Bahnabteilung der Siemens & Halske-A.-G. in Wien, wurde er 1897 als Ingenieur in die Dienste der Siemens & Halske-A.-G berufen. Stix blieb dem Hause Siemens bis zu seinem Tode treu. Bei seinem Eintritt in die Praxis war der Ausbau der ersten großen Elektrizitätswerke und elektrischen Straßenbahnanlagen in der Reichshauptstadt Wien der damaligen Monarchie im vollen Gange. Die nun folgende umfangreiche und großzügige Ausbautätigkeit in Wien, an der er jahrelang mitarbeitete, verschaffte ihm jene reichen Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Stromerzeugung und Kraftübertragung, die er später als Vorstand in weitgehendem Maße zu verwerten Gelegenheit hatte. In den Jahren 1902 bis 1904 war er von Siemens & Halske beurlaubt, um unter Führung des inzwischen an die Technische Hochschule in Wien berufenen Prof. Hochenegg die Bauleitung für die elektrischen Einrichtungen des Elektrotechnischen Institutes zu übernehmen. Wieder in die Dienste des Hauses Siemens zurückgekehrt, wurde ihm der Ausbau der Lemberger Licht- und Kraftwerke übertragen. Nach Beendigung dieser Arbeiten erfolgte seine Ernennung zum Oberingenieur. Er leitete dann den Ausbau der Wiener Straßenbahnen und beschäftigte sich besonders eingehend mit den damals auftauchenden Projekten für die Elektrisierung von Vollbahnen unter Verwendung von Einphasenwechselstrom niederer Periodenzahl. An der Entwicklung dieser Bahnausrüstungen hat er grundlegend mitgearbeitet. Die Elektrifizierung der Alpenbahn St. Pölten—Mariazell mit Wechselstrom von 25 Hz wurde von ihm projektiert und unter seiner Leitung ausgeführt. Bei Kriegsausbruch im August 1914 zog er als Offizier mit der Armee ins Feld und machte die Karpathenkämpfe mit. Nach seiner Erkrankung im Felde berief man ihn im Frühjahr 1915 in das damalige k. u. k. Kriegsministerium. Nach Kriegsende erfolgte seine Ernennung zum Abteilungsdirektor der Abteilung Bahnen der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, der er bis zu seinem Tode vorstand.

Stix war einer von den wenigen Ingenieuren Österreichs, der die Entwicklung der österreichischen Elektrotechnik im allgemeinen und der Elektrifizierung der Straßen- und Vollbahnen im besonderen als tätiger Mitarbeiter in den Diensten des Hauses Siemens, wo er durch 35 Jahre unermüdlich wirkte, von den ersten Anfängen an in der Praxis miterlebte. Sein Name wird mit dem Werden der Elektroindustrie Österreichs für alle Zeiten untrennbar verbunden bleiben. Seine umfassenden Kenntnisse und seine reiche Erfahrung auf allen Gebieten der elektrotechnischen Praxis, die nur selten in einer Person in gleichem Maße vereint anzutreffen sind, sein konziliantes Wesen, die Gründlichkeit und Sicherheit, mit der er alle Arbeiten und Probleme durchzudenken und auszuführen gewohnt war, machten ihn zu einer wertvollen, führenden Persönlichkeit in dem Unternehmen, dem er diente und brachten ihm Anerkennung und Liebe seiner Mitarbeiter ein.

Der Heimgegangene gehörte dem Elektrotechnischen Verein in Wien seit dem Jahre 1919 an. Er hat den Zielen und Bestrebungen des Vereines stets regstes Interesse entgegengebracht und sich im Vereinsausschuß wie auch in einzelnen Fachausschüssen betätigt. Der Elektrotechnische Verein und alle seine Mitglieder werden Ing. Stix für immer ein ehrendes Andenken bewahren.

G. Markt.

VORTRAG.

Mittwoch, den 20. Dezember d. J., um **18** Uhr, im **Klubsaale** des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien, I., Eschenbachgasse 9, Vortrag des Herrn Dr.-Ing. W. Holzer, Assistent des Physiologischen Institutes der Universität Wien, über: **„Meßprobleme im Bereich höchster Spannungen“.** (Mit Lichtbildern.)

Inhaltsangabe: Die Entwicklung der Hochspannungstechnik zur Höchstspannungstechnik. Prüfspannungen und Prüfanlagen von 1 Mill. V. — Ältere Methoden der Spannungsmessung. Die Theorie der Kugelfunkenstrecke. Die praktische Meßtechnik mit der Kugelfunkenstrecke. Die Messung mit der Spitzenfunkenstrecke. Das Verhalten der Entladungsstrecken bei Stoßspannungen. Theorie des Raumdurchbruchs und Folgerungen für die Höchstspannungsmeßtechnik. Die Meßgenauigkeit der Spannungsmessung. Neuere Verfahren der Spannungsmessung. Die Spannungsteiler für höchste Frequenzen. Das Braunsche Rohr und der Kathodenstrahloszillograph als Präzisionsmeßgerät. Das S. C. H.-Verfahren als absolute Meßmethode. Ein neues Höchstspannungsvoltmeter für absolute Messungen im Betriebe. Folgerungen für die Ordnung der internationalen Regelung der Meßtechnik im Höchstspannungsbereich.

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

Metallmarkt.

Berlin (Nach Neues Wr. Tagblatt) Mk. je 100 kg.

Kupfer	5. XII.	6. XII.	7. XII.	8. XII.	9. XII.	11. XII.
Electrolytic	46½	46½	46¼	46	46	46¼

London (Nach „Mining Journal“ v. 8. XII.) je t (1016 kg)

Kupfer:	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Electrolytic	33	5	0	33	15	0
Wire bars	33	15	0	—	—	—
Blei:						
Engl. pig common	13	0	0	—	—	—

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-Aktiengesellschaft

Wien XII/3, Oswaldgasse 33 * Werke: Wien und Ferlach

Kabelwerke, Gummiwerke, Walzwerke, Drahtzugwerke, Isolierrohrfabrik

Höchstspannungskabel
„H" glimm- und strahlungsfrei (Pat. Nr. 74.883) „SO" mit erhöhter Strombelastbarkeit und erhöhter Flexibilität (Patent Nr. 109.327)

Bleikabel für Stark- und Schwachstrom

Bleimantelleitungen mit und ohne Eisenbewehrung für feuchte u. säure- oder alkalienhältige Räume

Isolierte Leitungsdrähte, Kabel und Schnüre

Neonkabel

Drähte und Seile für Freileitungen aus Kupfer und Bronze

Isolierrohre samt Zubehör

Telephonkabel, Telegraphenkabel, Blocksignalkabel

Verlegung von Kabelnetzen

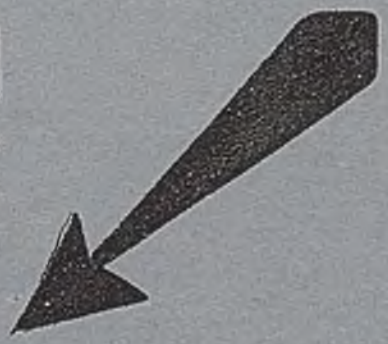
Wetter- und säurebeständige Leitungen

Emaildrähte, Dynamo- und Apparatedrähte

Kabel-Garnituren

Patentierte
Flexo-Anschluß-Schnüre
für elektrische Bügeleisen, Heiz- und Kochapparate, Staubsauger, Lautsprecher-, Batterie- und Lichtantennenzuleitung usw.

REIMER & SEIDEL



Elektrizitätszähler

WIEN XVIII

Riglergasse 4 Tel. A-10-4 25

KONDENSATOREN

und Kondensatorenblocks für Radio- u. Schwachstromzwecke

Kein Radioapparat, kein Heizgerät, kein Telephon ohne Kondensatoren von

KAPSCH & SÖHNE A. G.

WIEN XII * TEL. R-39-5-20
JOH.-HOFFMANN-PLATZ 9

Deutsche Firma sucht für Österreich tüchtigen

Ingenieurvertreter
für Hochspannungskonstruktionen

Bewerbungen mit Referenzen unter „S. 4530" a. d. „E. und M." Wien VI.

Für das österr. Patent der Fa. Burgess Battery Company in Madison (V. St. A.) Nr. 116812 vom 15. Oktober 1929
„Elektrische Handlampe"
werden Käufer oder Lizenznehmer gesucht. Gefl. Anfragen sind zu richten unter „L. N. 24197/4529" an die „E. und M."

SIE

erhöhen Ihren Umsatz, wenn Sie in der E. und M. inserieren.

Langjähriger Fachmann

im Elektro-Apparatebau, 32 Jahre, staatl. Meister-Prüfung und Lehrlingsausbildung, in ungekündigter, leitender Stellung, der das Wissen und die Fähigkeit hat, bei sparsamster Ausnützung der Betriebsmittel bestehende Betriebe oder Neugründungen

einen lohnenden Artikel in eigener Fabrikation einzurichten,

sucht entsprechende Betätigung.

Zuschr. erbeten unter „D. 4526" a. d. „E. und M." Wien VI.

Prospekte finden durch die E. und M. zweckmäßigste Verbreitung

Vor kurzem erschienen!

NEUE Normblätter für Elektrotechnik

ÖNORM E 4100 2. geänderte Ausgabe „Stützenisolatoren Reihe N für Betriebsspannungen bis einschließlich 500 V“

ÖNORM E 4101 2. geänderte Ausgabe „Stützenisolatoren Reihe HD für Betriebsspannungen über 0·5 kV bis einschließlich 35 kV“

ÖNORM E 4102 „Kappenisolatoren Reihe K“

ÖNORM E 4104 „Freileitungen — Klöppelbolzen, Klöppelpfannen, Anschlußmaße“

ÖNORM E 4105 „Schäkelisolatoren Reihe Sch für Betriebsspannungen bis einschließlich 500 V“

ÖNORM E 4150 2. geänderte Ausgabe „Gerade Stützen für Stützenisolatoren Reihe N nach ÖNORM E 4100“

ÖNORM E 4151 2. geänderte Ausgabe „Gerade Stützen für Stützenisolatoren Reihe HD nach ÖNORM E 4101“

ÖNORM E 4152 „Gebogene Stützen für Stützenisolatoren Reihe N nach ÖNORM E 4100“

ÖNORM E 4153 „Gebogene Stützen für Stützenisolatoren Reihe HD nach ÖNORM E 4101“

Preis eines Normblattes 40 Groschen

Versand nur gegen vorherige Einsendung des Betrages (auch in Briefmarken) oder per Nachnahme zuzüglich Nachnahmespesen von 65 g

Elektrotechnischer Verein in Wien VI, Theobaldgasse 12

AUSTRIA ÖSTERREICHISCHES ERZEUGNIS

DANUBIA A. G. WIEN
XIX, Krottenbachstrasse 82-88
Drahtanschrift: DANUBIAZÄHLER
Fernruf B 12-5-50 Serie

Elektrizitätszähler

Für jede Stromart und alle Spannungen
Für Einfach-, Mehrfach- und Spezialtarife

Rascheste Instandsetzung und Nacheichung aller Systeme

Registrierinstrumente

Schreibende Meßgeräte: Einfach- und Mehrfach-Farbenschreiber

Elektr. Temperatur-Meßeinrichtungen

Anfragen und Prospekte kostenlos

Vor kurzem erschienen!

Zu EVW 18 Abänderung 2/1933 . Preis S —·20
Gültig ab 1. Oktober 1933

EVW 38/1933 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“ Preis S —·60
Gültig ab 1. Oktober 1933

EVW 39/1933 „Leitsätze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren m. Spannungsstössen“
Gültig ab 1. Oktober 1933 Preis S —·20

Versand nur gegen vorherige Einsendung des Betrages (eventuell in Briefmarken) oder per Nachnahme zuzüglich 65 Groschen Nachnahmespesen

Elektrotechnischer Verein in Wien
VI, Theobaldgasse 12

Vergessen Sie nicht, Ihr Abonnement auf die E. u. M. zu erneuern!

Eigentümer, Verlag und Herausgeber: Elektrotechnischer Verein. — Wien. — Verantwortlich: für den Textteil: Ing. Alfred Grünhut, für den Abschnitt „Vereinsnachrichten“ und den Anzeigenteil: Ing. Anton Marx, sämtl. in Wien, VI., Theobaldgasse 12. — Buchdruckerei Alois Mally & Co. (verantwortlich Alois Mally), Wien, V., Wiedner Hauptstraße 98.