

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 29 (1938)

**Heft:** 3

**Artikel:** Das neue elektrotechnische Institut der Königlich Technischen Hochschule in Giza, bei Kairo : (jetzt Faculté Polytechnique de l'Université Egyptienne)

**Autor:** Rutgers, F.J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059363>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

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

## Das neue elektrotechnische Institut der Königlich Technischen Hochschule in Giza, bei Kairo.

(jetzt Faculté Polytechnique de l'Université Egyptienne).

Von F. J. Rutgers, Kairo.

378.692 : 621.3(62)

*Im Auftrage der Aegyptischen Regierung und mit Hilfe von grosszügig zur Verfügung gestellten Krediten baute Herr Professor F. J. Rutgers für die Königliche Technische Hochschule in Giza ein neues elektrotechnisches Institut mit umfassenden Laboratorien. Im folgenden werden die von den unsrigen abweichenden Voraussetzungen und Anforderungen an dieses Hochschullaboratorium und die stark und unmittelbar auf die Praxis zugeschnittene Lehrmethode auseinandergesetzt und an Beispielen erläutert. Hierauf wird das Laboratorium im einzelnen beschrieben, wobei das, was normalerweise in jedem Schullaboratorium vorhanden ist, nur gestreift oder nicht erwähnt wird. Das interessanteste in dieser Anlage sind zwei vollständig, mit allen Zusatzapparaturen ausgerüstete Drehstromkraftwerke, die über eine künstliche Fernleitung miteinander verbunden sind. Damit können sämtliche Betriebsvorgänge im modernen Kraftwerksbetrieb von den Studierenden quantitativ untersucht werden. — Die Studierenden sollen am Schluss ihres Studienganges unmittelbar in der Lage sein, verantwortungsvolle Betriebsstellen zu übernehmen.*

Im Jahre 1929 wurde beschlossen, ein neues elektrotechnisches Institut für die Königl. Technische Hochschule in Giza zu errichten, und der Verfasser, damals Vorstand der dortigen elektrotechnischen Abteilung, wurde beauftragt, die Projekte auszuarbeiten und die elektrischen Laboratorien einzurichten.

Zunächst musste überlegt werden, welche Aufgaben dem neuen Institute zufallen würden, um den besonderen Verhältnissen des Landes am besten zu dienen. Aegypten hat keine Maschinenindustrie, stand aber schon damals vor dem Bau einer grossen Zahl von Elektrizitätswerken und Hochspannungsübertragungsleitungen für grosse Entfernungen, vorwiegend für Bewässerungs- und Drainagepumpenlagen. Es war daher für die Beaufsichtigung und Betriebsleitung der neu geplanten Anlagen ein grosser Bedarf an Elektroingenieuren zu erwarten, während für Maschinenkonstrukteure weniger Bedarf bestand.

Um zuallererst diese grosse Nachfrage nach praktischen Betriebsingenieuren zu befriedigen, wurde vorgesehen, den ersten Ausbau des Institutes auf die Erfordernisse des eigentlichen Unterrichtes zu beschränken und die Einrichtungen für wissenschaftliche Forschungsarbeit auf eine zweite Ausbauperiode zu verschieben. Die nachfolgenden Angaben beschränken sich auf diesen ersten Ausbau, der nahezu vollendet ist.

Es versteht sich von selbst, dass die Laboratorien alles enthalten, was zu jedem normalen Lehrgang der Elektrotechnik gehört, so dass eine detaillierte Beschreibung dieses Teiles nicht erforderlich ist. Es seien im folgenden mehr diejenigen Punkte hervorgehoben, denen, über die minimal nötigen Einrichtungen hinaus, besondere Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Es muss hier bemerkt werden, dass die Vorbildung der Studierenden damals wenig einheitlich war und dass der Mittelschulunterricht mehr auf

*Sur ordre du Gouvernement Egyptien et à l'aide de crédits généreux, Monsieur le professeur F. J. Rutgers a construit, pour l'Ecole Polytechnique Royale de Giza, un nouvel institut d'électrotechnique doté de vastes laboratoires. Dans l'article ci-après, l'auteur expose les conditions et exigences posées à ce laboratoire universitaire, très différentes des nôtres, et commente à l'aide d'exemples la méthode d'enseignement fortement adaptée à la pratique. Il décrit ensuite en détail les laboratoires, laissant de côté ou ne faisant que mentionner ce qu'on retrouve normalement dans chaque laboratoire scolaire. La partie la plus intéressante de ces installations est formée de deux usines triphasées complètement équipées avec tous les accessoires, et reliées entre elles par une ligne artificielle. Ceci permet aux étudiants de reproduire et de mesurer quantitativement tous les phénomènes se produisant dans l'exploitation des usines modernes interconnectées. — A la fin de leurs études, les étudiants doivent être à même d'occuper immédiatement des postes importants dans l'exploitation.*

die Pflege des Gedächtnisses als des Vorstellungsvermögens und des selbständigen Denkens gerichtet war. So ergab sich für den Unterricht an der elektrotechnischen Abteilung die Notwendigkeit, die praktische Seite des Unterrichtes und die Anschaulichkeit besonders zu pflegen und die gedankenlose Anwendung fertiger Formeln zu bekämpfen. Die Studierenden mussten daran gewöhnt werden, dass ein wesentlicher Teil unserer technischen Kenntnisse aus dem Experiment hervorgeht und dass die Ergebnisse mathematischer Deduktionen durch das Experiment nachgeprüft und bestätigt werden müssen. Deshalb wurde beim Unterricht Theorie, Rechnungsbeispiel und Laboratoriums-Experiment eng kombiniert, was bei der Einrichtung der Anlage zu berücksichtigen war.

Die Grundlagen der Wechselstromtechnik waren sehr ausführlich und gründlich zu behandeln und durch sehr zahlreiche Uebungen und Laboratoriumsversuche anschaulich zu machen. Es sollte erreicht werden, dass sich die Studierenden an selbständiges Arbeiten gewöhnen und Sicherheit erlangen in der Anwendung der Grundgesetze auf praktische Beispiele. Für den Ingenieurberuf genügt das wissenschaftliche Verstehen allein nicht. Praktisches Können ist erforderlich, und dies wird nur durch häufige Anwendung der Theorie in Uebungen und im Laboratorium erworben, soweit es die Schule überhaupt vermitteln kann. Die grösste Gefahr des Unterrichtes, nämlich Mangel an Gründlichkeit in den Anfängen und zu rasches Eindringen in an sich äusserst interessante und für die Fortentwicklung wichtige höhere Theorien, musste hier ganz besonders vermieden werden, denn im Orient besteht ohnehin noch mehr als anderswo die Neigung zur Ueberladung des Unterrichtsprogrammes. Wer die Grundlagen wirklich beherrscht, kann jede höhere Theorie später selber studieren, während es später fast unmöglich ist, einen Mangel an Klarheit in den Grundlagen wieder gut zu machen.

Die angestrebte Unterrichtsmethode mag hier am folgenden kleinen Beispiel erläutert werden. Wenn in der Vorlesung die Messung der Wirkleistung und der Blindleistung mit der Zweiwattmetermethode für ein ungleich belastetes Drehstromsystem behandelt worden war, so wurde in der gleichen Woche (von jedem Studierenden für verschiedene Belastungen) eine Uebung rechnerisch und mit Vektordiagramm graphisch gelöst, um die Ausschläge der 4 Wattmeter, nach Grösse und Vorzeichen, aus der gegebenen Belastung zu ermitteln. War dies geschehen, so wurden unmittelbar darauf für jeden Studierenden die für seine Uebung gegebenen Werte der Belastung (z. B. je ein  $R$ ,  $L$  und  $C$  in Dreieck) im Laboratorium eingestellt. Der Student erhielt Auftrag, die 4 Wattmeter (mit vektoriell bezeichneten Klemmen) so anzuschliessen, dass alle Wattmeter beim ersten Einschalten positive Ausschläge geben würden. Dies wurde dann vom Professor durch Einschalten kontrolliert, worauf der Student die abgelesenen Werte der Ausschläge selber mit seiner Vorausberechnung zu vergleichen hatte.

Ausser auf sehr gründliche und anschauliche Behandlung der Grundlagen der Wechselstromtheorie (vielfach mit Demonstrationen während der Vorlesung, z. B. mit Oszillographen) wurde ein Hauptgewicht auf die anschauliche Behandlung der Betriebsverhältnisse von Kraftwerken und Uebertragungsleitungen gelegt, nebst deren Störungen und den Selektivschutz. Zu diesem Zwecke wurde, in einer technischen Hochschule vielleicht wohl zum ersten Male mit so reichlichen Mitteln, ein eigentliches «Kraftwerkbetriebslaboratorium» eingerichtet, bestehend aus zwei zwar kleinen, aber vollständig ausgerüsteten Drehstromwerken mit Synchrongenerator als Phasenschieber. Diese beiden Werke können über eine künstliche Fernleitung (mit  $R$ ,  $L$  und  $C$ ) parallel arbeiten, wobei jedes Werk gleichzeitig eine lokale Belastung beliebiger Art und mit konstanter Lokalspannung speisen kann. Ein Kuppelungstransformator mit Anzapfungen und ein Drehstrominduktionsregler können in die Fernleitung eingeschaltet werden, um die verschiedenen Möglichkeiten der Blindleistungsverschiebung bei konstanter Spannung an beiden Enden der Leitung zu untersuchen. Mit der gleichen Anlage lassen sich die Probleme des Selektivschutzes messtechnisch verfolgen.

Auch dies möge an einem Beispiel erläutert werden. Es wurde z. B. bei km 60 der künstlichen Fernleitung ein Kurzschluss über einen ohmschen Widerstand zwischen zwei Drähten (als Dauerzustand) hergestellt. Vorher hatten die Studierenden in einer Uebung für die gegebenen Daten der Leitung und für die in früheren Uebungen aufgenommenen Daten der Generatoren und der Transformatoren das zu erwartende Vektordiagramm für alle Ströme und Spannungen an den Klemmen des Generators, des Transformators, bei km 20 und bei km 40 zu berechnen und aufzuzeichnen und daraus die Drehmomente in den Energiereichtungsrelais und Impedanzrelais bei km 0, km 20 und km 40 zu bestimmen. Nachher wurden dann im Laboratorium für die gleichen Daten die Strom- und Spannungsvektoren tatsächlich gemessen, mit Strom- und Spannungsmesser und Phasenwinkelmesser (mit einer Generatorphase als gemeinsamer Bezugsrichtung). Zum Schluss wurden die so experimentell aufgenommenen Vektordiagramme mit den vorher errechneten Diagrammen verglichen.

Die gleiche Anlage erlaubt ferner, die Fragen der statischen und dynamischen Stabilität der Uebertragung vorzuführen, einschliesslich des nach dem Aussertrittfallen zweier Werke einsetzenden asynchronen Pendelbetriebes zwischen den beiden

Werken. Es darf hier erwähnt werden, dass trotz der manchmal sehr eigentümlichen Betriebsbedingungen die beiden Drehstromgeneratoren (einer von Oerlikon, der andere von Brown Boveri) niemals Schaden genommen haben. Einrichtungen, um die Antriebsmotoren mit automatischen Drehzahlregulatoren mit verstellbarer Statik und alternativ mit automatischer Leistungsregulierung zu versehen, zum Studium der Verschiebung in der Belastungsverteilung bei plötzlichen Zustandsänderungen, sind in Vorbereitung.

Weitere sehr interessante Versuche können in diesem «Elektrizitätswerksbetriebslaboratorium» über eine lange (künstliche) Uebertragungsleitung mit Blindleistungzwischenspeisung, bei Konstanzhaltung der Spannung an drei Punkten der Leitung durchgeführt werden. Dieses Problem ist in Ägypten mit Rücksicht auf die geplante 1200 km lange Kraftübertragung Assuan-Kairo-Alexandrien für die Studierenden besonders instruktiv.

In den Vorlesungen über elektrische Maschinen musste hingegen auf viele Einzelheiten betr. Berechnung und Konstruktion verzichtet werden, um genügend Zeit zu haben, mehr die *Betriebseigenschaften* der Generatoren, Transformatoren und der verschiedenen Arten von Motoren gründlich, immer mit gleichzeitigen Versuchen im Laboratorium, zu behandeln. Das Laboratorium enthält deshalb u. a. die nötigen Einrichtungen, um einen 30-kV-Drehstromgenerator bei voller Leistung sowohl rein induktiv, als auch rein kapazitiv zu beladen, ferner je ein Exemplar der verschiedenen Motorenarten mit und ohne Kollektoren, sowie ein grosser Synchro-Induktions-Motor. Alle zu untersuchenden Motoren sind mit eigenen Gleichstrom-Bremsdynamos lösbar gekuppelt.

Es ist klar, dass bei der eingehenden Behandlung der Betriebsfragen auch den Uebersetzungsfehlern der Stromwandler und deren Messung und Berechnung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden musste. Mit Hilfe von speziell in der Schule hergestellten Stromwandlern mit (verschiedenen) kleinen Ampèrewindungszahlen wurde den Schülern der Einfluss des Fehlers z. B. auf Differentialschutz und Impedanzschutz und die Kompensationsmöglichkeiten dieser Fehler experimentell vorgeführt. Auch die Nullpunktsverlagerung bei partiellem Erdschluss wurde messend verfolgt. Eine Einrichtung zur experimentellen Untersuchung der Wirkung von Löschspulen ist in Vorbereitung, desgleichen eine sehr bescheidene Kurzschlussprüfanlage, immer ausgehend von den Erwägungen, dass die Studierenden die heute in der Praxis gebräuchlichen Versuchsmethoden praktisch kennenlernen sollen.

Die kurz geschilderte, stark auf die Praxis aufgebauten Unterrichtsweise hat bereits gute Erfolge zu verzeichnen. Es mag erwähnt werden, dass z. B. der Betrieb einer 300 km langen Hochspannungskraftübertragung mit drei angeschlossenen Kraftwerken von ehemaligen Studenten der Schule geleitet wird, die erst vor einigen Jahren das Di-

plom erworben haben. Zu einer solchen verantwortungsreichen Arbeit würde in Europa ein junger Elektroingenieur nur nach vielen Jahren Praxis kommen.

Der Grundstein zum neuen elektrotechnischen Institut (46×30 m Grundfläche, drei Stockwerke), welches alle Laboratorien, Hörsäle, Zeichensäle und Räume für die Professoren der elektrotechni-



Fig. 1.

Aussenansicht des neuen elektrotechnischen Institutes der Königl. Techn. Hochschule Giza bei Kairo (Aegypten).

schen Abteilung in einem Gebäude vereinigt, wurde seinerzeit vom verstorbenen König Fuad I. gelegt, welcher immer der Technischen Hochschule und den Schweizer Professoren das allergrösste Wohlwollen bewiesen hat.

Für die folgende kurze Beschreibung sei in erster Linie auf die zahlreichen, mit den nötigen Angaben versehenen Abbildungen verwiesen. Die Räume sind ca. 6 m hoch und haben dicke Mauern,

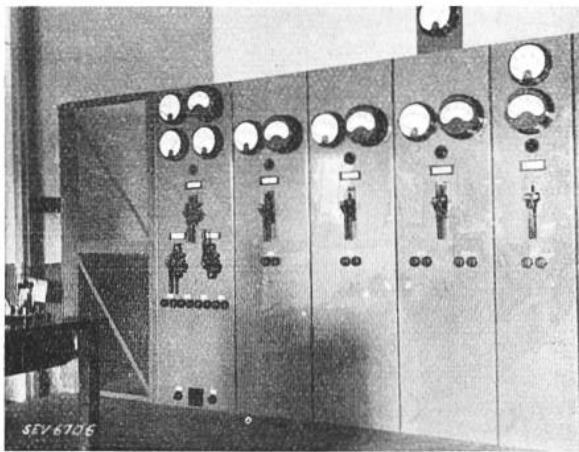


Fig. 2.

Teilstück der Schalttafel der Verteilungszentrale mit 27 Feldern (British Thomson Houston).

um während der Versuche gleichmässige Raumtemperaturen zu gewährleisten. Auch bei 46° C im Schatten überschritt die Temperatur in den Hauptlaboratorien selten 28° C.

Das Erdgeschoss enthält die Laboratorien für Starkstromtechnik, und zwar zunächst die elektri-

sche Verteilungszentrale (14×7 m) mit der Hauptschalttafel für Gleichstrom 110 V (ca. 200 kW), für Einphasenstrom 200 V (60 kW) und für Drehstrom 200 V (75 kW). Zur Zeit wird die Energie grössten teils als Gleichstrom im benachbarten Laboratorium für Wärmekraftmaschinen mit Dampfturbinen und Dieselmotoren erzeugt und dann umgeformt. Alle grösseren Gleichstrom- und Drehstromgeneratoren des Instituts werden mit fein regulier-

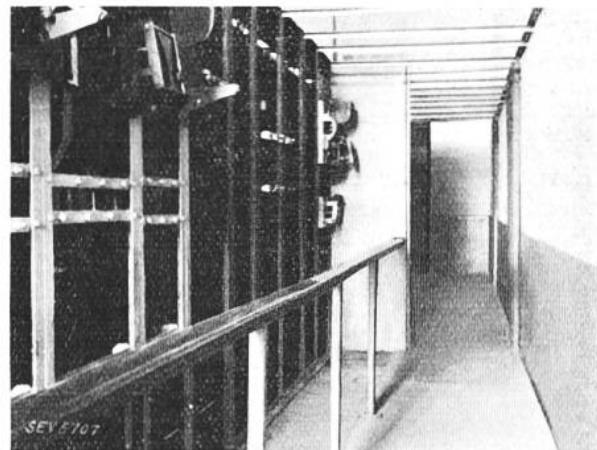


Fig. 3.

Besichtigungsgang mit Holzbalustrade und Gummiteppich (befindet sich hinter jeder grösseren Schalttafel für Uebungen der Studenten).

baren Gleichstrommotoren angetrieben. Eine grosse Akkumulatorenbatterie von 1000 Ampèrestunden war schon vorhanden; sie dient als Ausgleich. Zur Verminderung von Spannungsschwankungen wurden die Hauptgleichstromsammelschienen durch Kupferkabel von 2×1000 mm<sup>2</sup> Querschnitt mit die-

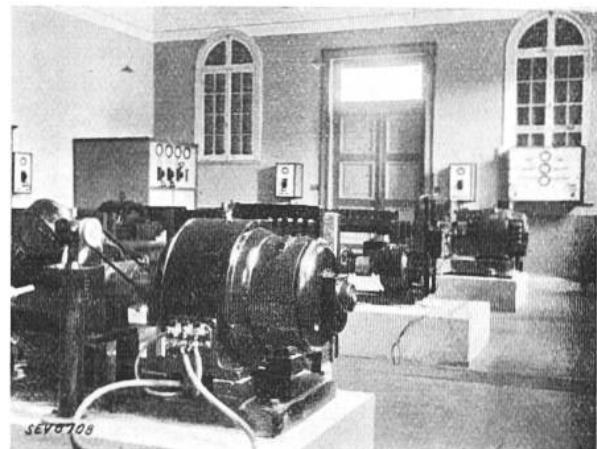


Fig. 4.

Raum für Gleichstrommaschinen, links hinten eine der vier Hauptverteilschalttafeln (Siemens).

ser Batterie verbunden. Der Ersatz dieser Batterie durch Umformer mit automatischen Schnellreglern für Spannung und Frequenz ist in die Wege geleitet. Anschlüsse an das städtische Netz für 60 kW Einphasen- und 75 kW Drehstrom sind ebenfalls vorhanden.

Die Schalttafel der Verteilungszentrale hat, bei 2200 mm Höhe, 27 Eisenblechfelder. Ein durch Gummiteppich und hölzerne Balustrade isolierter Gang von 1,5 m Breite hinter der Schalttafel erlaubt den Studierenden den Zutritt zu allen grösseren Schalttafeln, auch wenn sich diese unter Spannung befinden, so dass sämtliche Schalttafeln als

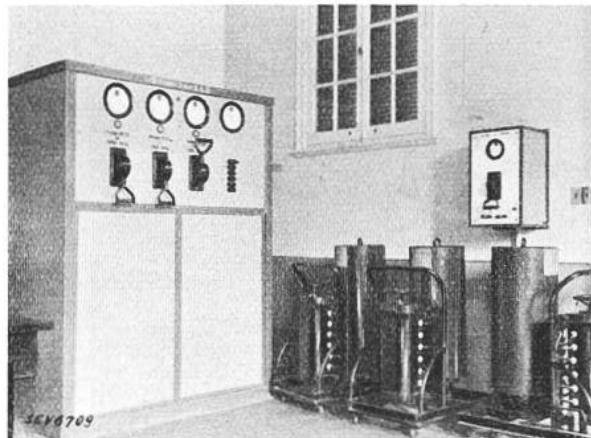


Fig. 5.

Eine der vier Hauptverteiltafeln. Oben drei automatische Schalter (Gleichstrom, Einphasen- und Drehstrom mit grosser Abschaltleistung; sämtliche Sicherungen sind im unteren Teil hinter abschliessbaren Türen). Rechts drei fahrbare eisenlose Selbstinduktionsspulen mit Stufenschaltern (MFO).

Beispiele modernster Konstruktion für den Unterricht mitbenutzt werden können.

Von der Zentrale gehen Hauptkabel für jede Stromart in die vier Ecken des Gebäudes zu je einer Hauptverteilungsschalttafel mit Schaltautomaten für grosse Abschaltleistungen. Da anfänglich als

Von diesen vier Hauptverteiltafeln gehen Kabel für jede Stromart zu ungefähr 300 in Gruppen geordneten Laboratoriumsanschlusstafeln (Arbeitsplätze). Die Sicherungen dazu sind jeweils im gleichen Raum, aber in verschliessbaren, separaten Schaltschränken eingebaut, so dass ein Student nach Durchbrennen seiner Sicherungen unbedingt

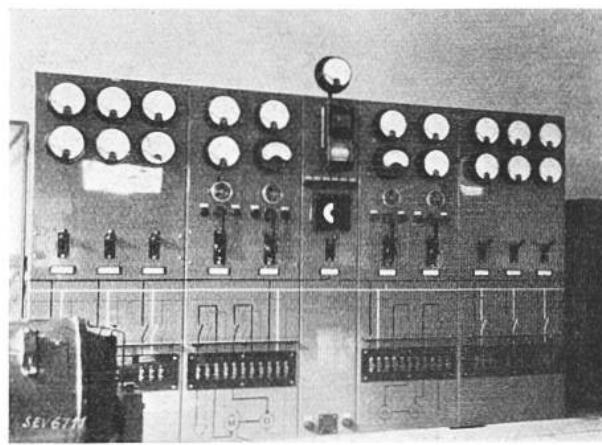


Fig. 7.

Uebungsschalttafel des Gleichstrom-Elektrizitätswerkes (BTH) für zwei 15-kW-Generatoren, Kupplungsfeld und abgehende Leitungen, mit aufgemaltem Schaltungsschema.

einem Assistenten Mitteilung machen muss, bevor er weiter arbeiten kann. Voltmeter und Ampèremeter an allen Anschlusstafeln lassen sofort eine Überlastung oder das Durchschmelzen der Sicherungen erkennen.

Eine grössere Zahl von kleinen transportablen Transformatoren mit vielen Anzapfungen, sowie Gleichstromspannungsteiler auf Gummirädern für

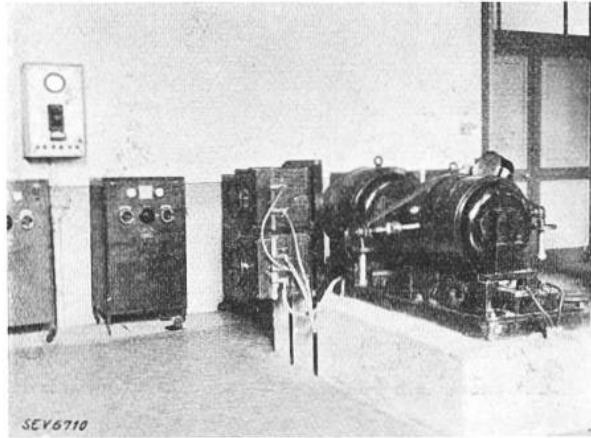
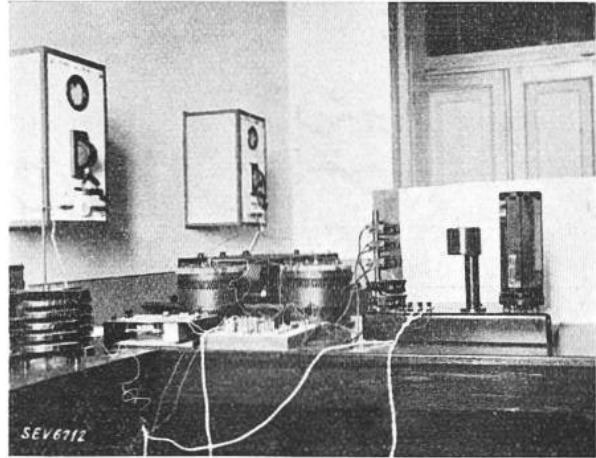


Fig. 6.

Einer der 15-kW-Gleichstromgeneratoren (MFO), als Brems-dynamo verwendbar, mit Gleichstrommotor. Links einige der fahrbaren Belastungswiderstände für je 6 kW, mit eingebauten kleinen Ampére- und Voltmetern.

Assistenten frisch diplomierte Schüler verwendet werden mussten, waren unbedingt sichere und rasch wirkende Automaten erforderlich, um die grossen Kurzschlussströme der 1000-Ah-Batterie abzuschalten.

Fig. 8.  
Oszillographenraum.

30 und 60 A ermöglichen die Herstellung beliebiger Spannungen an jedem Arbeitsplatz. Eine zentrale Linienwähleranlage, welche ständiges und zuverlässiges Personal verlangt hätte, wurde nicht eingebaut.

Eine besondere Motorgeneratorgruppe dient zur Erzeugung von Einphasen- und Drehstrom für 15 bis 50 Per./s, Hilfsleitungen gestatten bei Bedarf, die verschiedenen Räume unter sich oder mit dem Oszillographenraum zu verbinden.

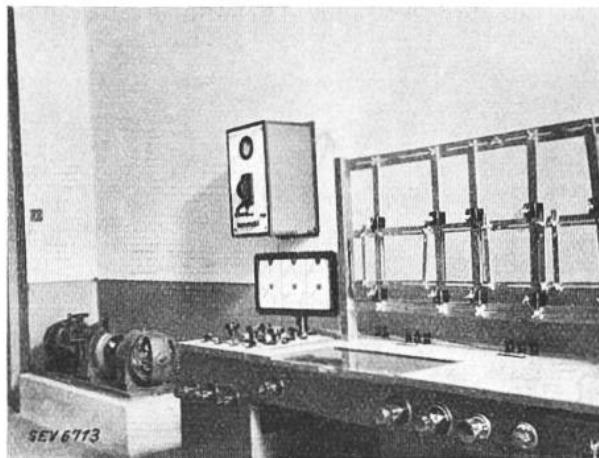


Fig. 9.  
Eichstätte für Wechsel- und Drehstrominstrumente,  
links Eichgruppe.

Das Erdgeschoss enthält als nächsten Raum einen Maschinensaal von  $16 \times 10$  m Grundfläche für Gleichstromgeneratoren, Motoren und Umformer. Eine neunfeldige Doppelschalttafel (mit Kuppelungsfeld in der Mitte) erlaubt sowohl den Betrieb von zwei kompletten getrennten Gleichstromkraftwerken, jedes mit eigener Belastung, als auch den Parallelbetrieb der Generatoren, wobei ein Registriervoltmeter an den gemeinsamen Sammelschienen

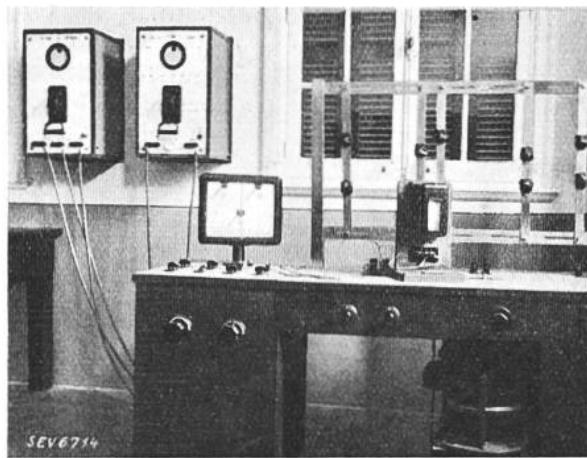


Fig. 10.  
Relaisprüfstelle, unter dem Tisch Induktionsregler.

nen den Studierenden erlaubt, die bei ungeschickter Lastverschiebung zwischen den Generatoren an den Sammelschienen auftretenden Spannungsschwankungen selber zu kontrollieren.

Die Gleichstromgeneratoren von je 15 kW Leistung sind als Bremsdynamos zur Messung des Drehmomentes eingerichtet. Verschiedene Gleichstrommotoren, alle direkt (aber lösbar) gekuppelt

mit Bremsdynamos, gestatten mehreren Gruppen von Studierenden gleichzeitig die Aufnahme der verschiedenen Betriebskurven.

Weiter enthält das Erdgeschoss Räume für Versuche an Stromwandlern, Relais und Schaltappa-

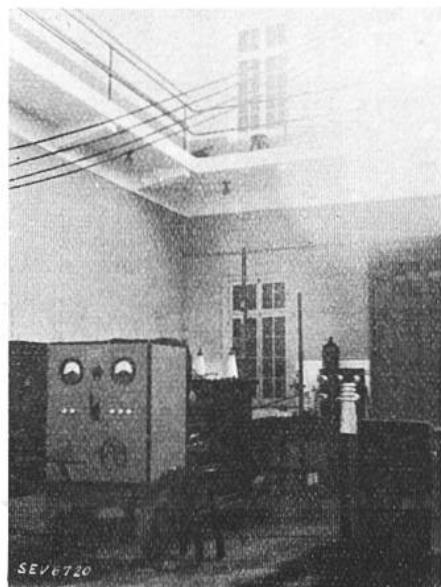


Fig. 11.  
Hochspannungsprüfraum mit Galerie in halber Höhe.  
Im Vordergrund fahrbarer 40 000-V-Prüftransformator mit  
Schalttafel und Induktionsregler (Brown Boveri).

raten, wozu Ströme bis zu 5000 A Wechselstrom und 1000 A Gleichstrom verfügbar sind. Eine besondere permanente Relaisprüfstation mit automatischer Zeitmessung erlaubt die Aufnahme aller Relaiskurven für Wechsel- und Drehstrom bei jeder Phasenverschiebung.

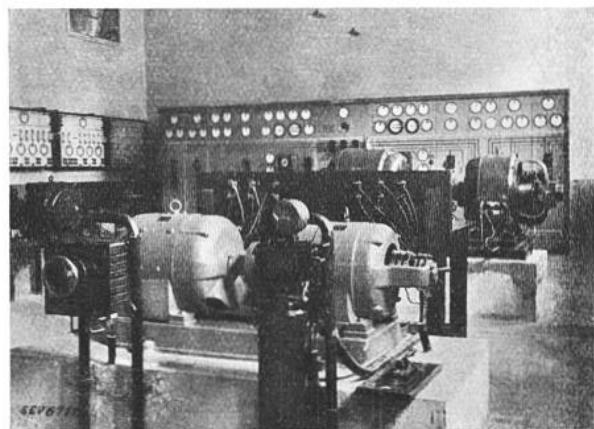


Fig. 12.  
Drehstromkraftwerkbetriebslaboratorium.

Je ein weiterer Raum ist für die Präzisions-eichung von Gleichstrom- und Wechsel- bzw. Dreh-strominstrumenten und Zählern eingerichtet.

Der Hochspannungsprüfraum ist zur Zeit nur für 40 000 V eingerichtet. Er enthält u. a. eine Schering-Brücke für die Messung der dielektrischen Verluste an Kabeln mit 40 000 V. Eine Gleichstrom-Stossprüfanlage ist vorgesehen, sowie die baldige

Erhöhung der Prüfspannung auf 500 000 V, wofür der Raum (14×11 m bei 13 m Höhe) vorgesehen ist.

Der wichtigste Raum im Erdgeschoss ist wohl derjenige, welcher die Drehstromanlagen enthält, die das *Elektrizitätswerksbetriebslaboratorium* bilden. Der Raum mit 16×10 m Grundfläche enthält zwei komplette, mit Schalttafeln (11 Eisenblechfelder von 2,2 m Höhe und 10 Belastungsschaltta-

senschieber. Besser als eine lange Beschreibung zeigt das vereinfachte Schaltungsschema (Fig. 14), wie die Apparate beispielsweise verbunden werden können, um das Zusammenarbeiten zweier Kraftwerke über eine Fernleitung und die verschiedenen Methoden zur Verteilung von Wirk- und Blindlast, die Spannungsregulierung mit Blindleistungszufuhr in der Mitte der Leitung und die ver-

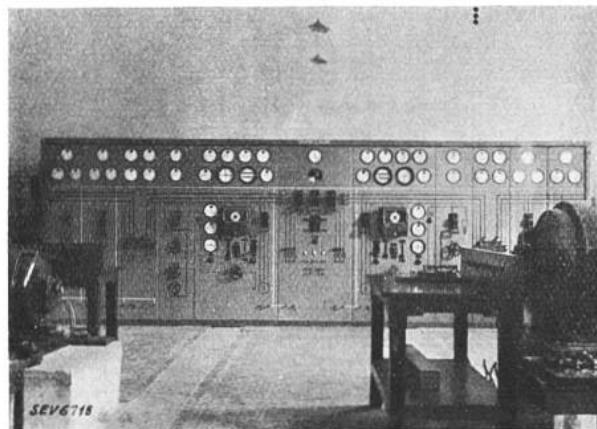


Fig. 13.

**Schalttafel des Kraftwerkbetriebslaboratoriums.**

Von links nach rechts: Feld 1 und 2: abgehende Leitungen für lokale Belastungen des Werkes A. Feld 3: Transformator. Feld 4: Antriebsmotor für Generator A, Feld 5: Drehstromgenerator A, mit allen üblichen Instrumenten (inkl. Wirk- und Blindleistungsmesser) und Schnellregler. Feld 6: Kupplungsfeld (künstliche Fernleitung) und Synchronisierapparate. Feld 7: Generator B, Feld 8: Antriebsmotor B, Feld 9 und 10: abgehende Leitungen für lokale Belastung des Werkes B.

Schalttafeln nach Zeichnung des Verfassers, ausgeführt von Siemens, mit aufgemaltem Schaltungsschema. Im Vordergrund die beiden Drehstromgeneratoren von 15 und 30 kVA, 200 V, 50 Per./s (MFO und Brown Boveri).

feln) ausgerüstete Drehstromkraftwerke. Die Schalttafeln enthalten alle in grösseren Werken üblichen Instrumente, Synchronisierapparate, Leistungsfaktormesser mit 360°-Skala, Wirk- und Blindleistungsmesser, Spannungsschnellregler etc., ferner zwei Prüffelder für Transformatoren, eine künstliche Fernleitung mit  $R$ ,  $L$  und  $C$ , mit je nach Wunsch Stufentransformator- oder Drehstrominduktionsregler in der Fernleitung und Synchronmotor als Pha-

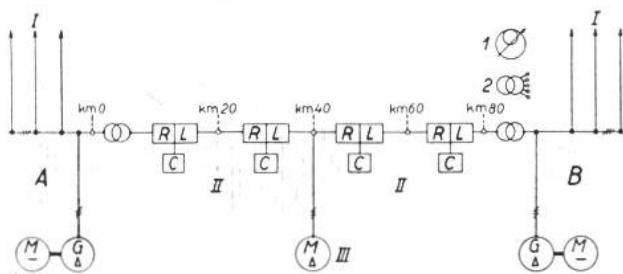


Fig. 14.

**Prinzipschema des «Kraftwerkbetriebslaboratoriums».**

Zwei Drehstromelektrizitätswerke, jedes Werk mit lokaler Energieverteilung (für konstante Spannung). Beide Werke verbunden durch eine künstliche Fernleitung mit  $R$ ,  $L$  und  $C$ , dazu Phasenschieber, Kupplungstransformator mit Anzapfungen und Induktionsregler.

- I Lokale Belastung mit  $R$ ,  $L$  und  $C$ .
- II Künstliche Freileitung.
- III Phasenschieber (Asynchronmotor).
- A, B Drehstromkraftwerke.
- $1$  Induktions-Regler.
- $2$  Stufentransformator.

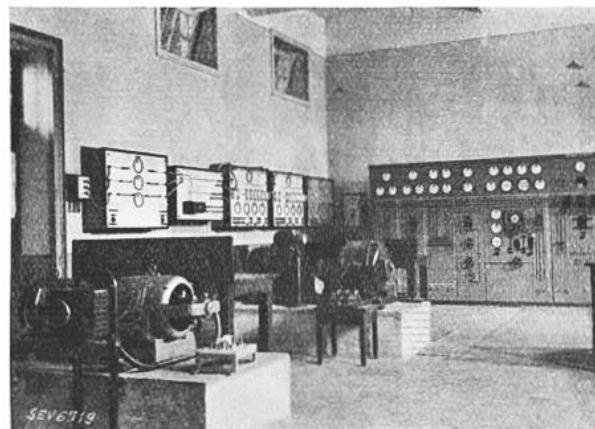


Fig. 15.

**Linke Hälfte der Schalttafel Fig. 13.**

mit Drehstromgenerator A und links drei Belastungsschalttafeln für die drei Phasen von Werk A, Sterndreieckschalter für die Last- und Wattmeteranschlusstafeln (für Messübungen auf ungleich belasteten Drehstromsystemen). Auf der rechten Seite des Raumes befinden sich gleiche Tafeln für Werk B.

schiedenen Probleme des Selektivschutzes zu untersuchen. Fertig installierte Anschlusstafeln erlauben, in kürzester Zeit für jedes der beiden Kraftwerke eine beliebige, aus  $R$ ,  $L$  und  $C$  bestehende (die Phasen auch ungleich belastende) lokale Belastung herzustellen, die für messtechnische Uebungen in Stern und Dreieck umschaltbar ist. Dieses Kraftwerkbetriebslaboratorium hat sich für den Unterricht als ausserordentlich nützlich erwiesen. Da die Eigenschaften der benützten Generatoren vorher eingehend in den Uebungen über elektrische Maschinen von den Studenten untersucht worden

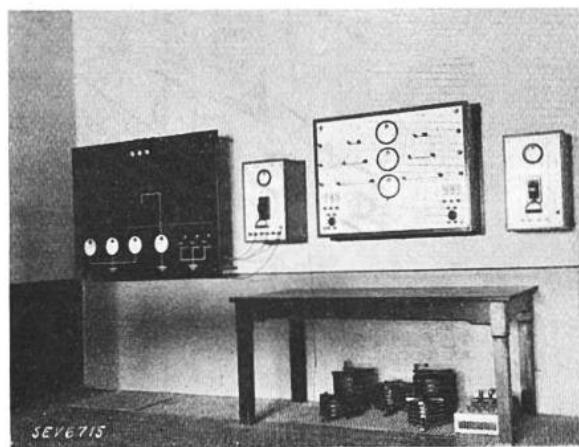


Fig. 16.

**Arbeitsplatz mit Anschlusstafeln (Siemens).**

Links Demonstrationstafel für Nullpunktsverlagerung bei Erdchluss. Unter dem Tisch eisenlose Selbstinduktionsspulen (MFO).

sind, können nachher im Kurs über Kraftwerkbetrieb kombinierte Uebungen über das Verhalten der Generatoren zusammen mit Uebertragungsproblemen durchgeführt werden. Als Beispiel erwähne ich die Uebung zur Vorausberechnung und nachherigen praktischen Messung der in den beiden Werken sich einstellenden Sammelschienenspannung bei plötzlichem Oeffnen des Schalters in der Kuppelungsleitung der beiden Werke, welche vorher bei

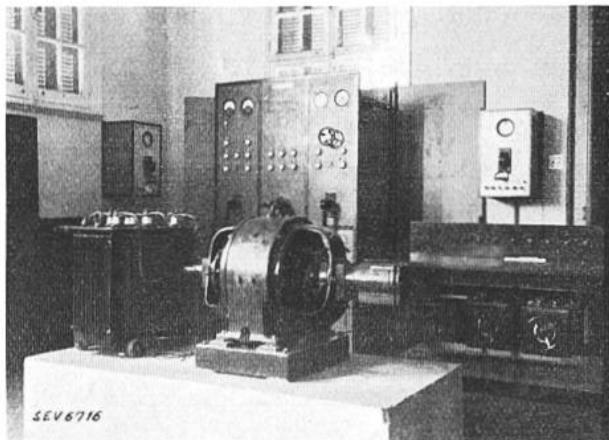


Fig. 17.

Einankerumformer mit Transistor und Schalttafel (Brown, Boveri).

konstanter und gleicher Spannung an beiden Enden der Leitung und eigener Lokalbelastung jedes Werkes (bei ausgeschalteten Spannungsschnellreglern) eine bestimmte Leistung austauschten.

Die gleiche Maschinenhalle enthält eine Anzahl Drehstromkollektormotoren und gewöhnlicher Drehstrommotoren, alle mit (lösbar) Gleich-

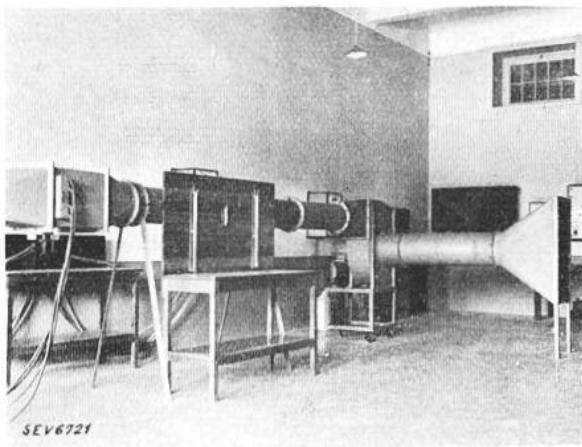


Fig. 18.

Ventilatorprüf-anlage, rechts Luftfilter, links 40-kW-Heizkörper.

strombremsdynamos gekuppelt. Ferner ist ein grosser Drehstrom-Synchron-Induktionsmotor, ebenfalls mit Bremsdynamo, vorhanden, ein Einankerumformer und Platz für Quecksilberdampfgleichrichter ist vorgesehen.

Ein anderer Raum enthält die verschiedenen Arten von Einphasenmotoren, auch alle mit eigenen Bremsdynamos.

Eine Werkstatt dient zur Ausführung von Reparaturen und zur eigenen Herstellung von Apparaten.

Ein grosser Raum im Erdgeschoss enthält schliesslich das Laboratorium für elektrische Wärmeanwendungen (Heizung, Trocknung und Kühlung) sowie eine grössere ständige Ventilatorenprüf-anlage. Diese Anlage enthält, nebst allen erdenklichen Einrichtungen zur Luftmengenmessung, im Luftkanal einen elektrischen Heizkörper für max. 40 kW. Damit können die Verluste grösserer Turbogeneratoren nachgeahmt werden, sowie die Messung dieser Verluste aus Luftmenge und Temperaturerhöhung der Luft. Zur Kontrolle genügt die Ablesung des Wattmeters im Heizungsstromkreis.

Der erste Stock des grossen Gebäudes enthält drei Laboratorien für Schwachstromtechnik, zwei Hörsäle, zwei Zeichnungssäle und einen Ausstellungsraum für elektrische Apparate. Es mag hier erwähnt werden, dass eine besondere zweistündige Vorlesung mit zwei Stunden Uebungen (während eines Jahres) über elektrische Apparate eingeführt

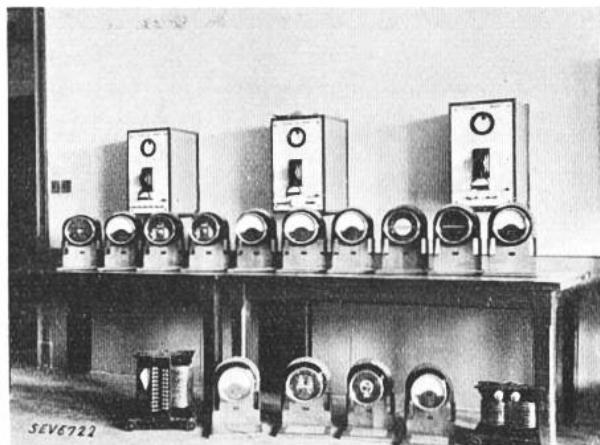


Fig. 19.

Typischer Arbeitsplatz mit den zugehörigen kleinen Anschlusstafeln (Gleichstrom, Einphasen- und Drehstrom). Auf und unter dem Tisch Demonstrationsinstrumente (Trüb, Täuber).

wurde, wo die Studierenden lernen sollen, gute von schlechten Konstruktionen zu unterscheiden, wo sie die Wirkungsweise aller Apparate, wie Schalter, Sicherungen, Messwandler, Messinstrumente, Relais, Oelschalter und die neuen ölarmen und ölfreien Schalter kennenzulernen sollen, sowie die Probleme der Abschaltleistung. Uebungen im Zeichnen solcher Apparate an Hand vorhandener Muster dienen als Vorbereitung für das Entwerfen von Kraftanlagen. Der erste Stock enthält ferner die Räume für Professoren und Assistenten.

Das Dachgeschoss enthält ein grosses Laboratorium für wissenschaftliche Forschungen (noch nicht ausgebaut) und ferner eine ausgedehnte, für schwere Lasten berechnete Dachterrasse für Versuche an Freiluftapparaten unter Sonneneinwirkung sowie im Schatten (zwei Schattendächer). Versuche über den Einfluss der äusserst starken Sonnenbestrahlung sind in Aegypten von Wichtigkeit, erreicht doch in Oberägypten, wie Versuche gezeigt haben, ein nicht angeschlossener, aber den direkten

Sonnenstrahlen ausgesetzter Freilufttransformator eine Oeltemperatur von über 70° C bei nur 46° C Lufttemperatur. Dadurch wird die Belastungsfähigkeit der Freilufttransformatoren stark reduziert, was zu besonderen Massnahmen, wie Anwendung von Schattendächern, zwingt.

Die Laboratorien sind mit robusten Laboratoriums-Instrumenten aller Art, metallischen Belastungswiderständen für grosse Leistungen (je mit Ampère- und Voltmeter), eisenlosen Selbstinduktionsspulen und Kondensatorbatterien sehr reichlich ausgerüstet. Diese Apparate sowie die Transformatoren und Einphasen- sowie Drehstrom-Induktionsregler sind auf Gummirädern fahrbare und leicht beweglich (Türschwellen sind nicht vorhanden). Die fahrbaren Ohmschen Widerstände haben pro Stück Leistungen von drei, sechs oder zwölf kW. Mit Induktionsspulen oder Kondensatoren können Belastungen von je 30 kVA und mehr gemacht werden.

Es trägt wesentlich zur Vereinfachung der Vorbereitung umfangreicher Demonstrationen bei, dass alle grösseren Apparate mit kleinen, fest eingebauten Volt- und Ampèremetern ausgerüstet sind. Dies erlaubt dem Professor, eine ausgedehnte Versuchsanordnung ohne Anchluss von Laboratoriumsinstrumenten rasch zu probieren, bevor die Schüler die Uebung anfangen, und die vollständige Versuchsordnung mit allen Laboratoriumsinstrumenten herstellen. Die genannten grösseren Apparate haben alle mehrere Klemmen, durch wegnembare Kupferstücke verbunden, und besondere Voltmeteranschlussklemmen. Solche mehrfache Klemmen mit isolierten Köpfen bilden feste Stützpunkte für die nötigen flexiblen Verbindungen, so dass Messinstrumentenklemmen nicht für diesen Zweck benutzt zu werden brauchen. Es sind infolgedessen fast niemals mehrere Kabelschuhe an der gleichen Klemme erforderlich. Der Laboratoriumspraktiker wird dieses System sehr zu schätzen wissen.

Eine grosse Erleichterung bilden die mit Erfolg eingeführten Schränke mit ultraflexiblen fertigen

Verbindungskabeln in Gummischläuchen von verschiedenen Querschnitten und Längen, für 5 bis 100 A und 0,5 bis 4 m Länge, mit normalisierten

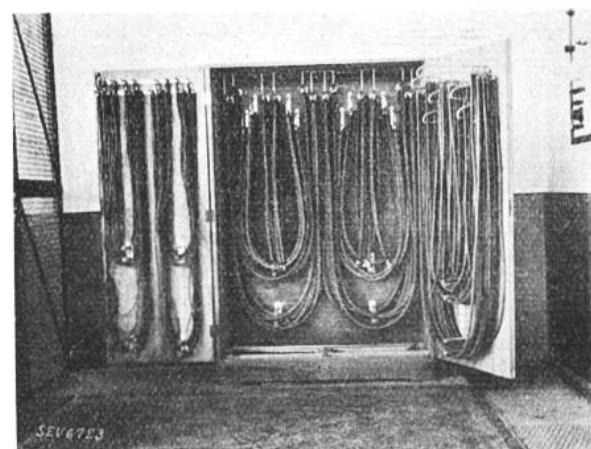


Fig. 20.

Einer der zahlreichen Schränke mit fertigen extra-flexiblen Verbindungskabeln mit verschiedenen Querschnitten und Längen (AEG).

**Kabelschuh.** Sie ermöglichen die Herstellung aller Verbindungen, auch für eine grössere Laboratoriumsübung, in wenigen Minuten.

Aus diesen Angaben dürfte hervorgehen, dass das neue elektrotechnische Institut, für welches die Agyptische Regierung in anerkennenswerter Weise reichliche finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt hat, über manche Versuchsanlagen verfügt, um die anderen Schulen froh wären. Nachdem die Agyptische Regierung beschlossen hat, so rasch als möglich alle ausländischen Beamten durch Agypter zu ersetzen, wovon auch die Schweizer Professoren der Technischen Hochschule betroffen werden, wurde nun kürzlich das neue elektrotechnische Institut von den jüngeren Agyptischen Lehrkräften übernommen. Hoffen wir, dass es ihnen gelingen werde, die geschaffenen Einrichtungen voll auszunützen zum Wohle der Studierenden.

## Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

### Schweisstrockengleichrichter.

621.791.75 : 621.314.63

Bisher wurden für die elektrische *Lichtbogenschweissung* entweder Schweißumformer oder Schweißtransformatoren verwendet. Die beiden Verfahren weisen kurz folgende Hauptmerkmale auf:

**Schweißumformer.** Die gute Zündfähigkeit und die leichte Aufrechterhaltung des Lichtbogens und die damit verbundene Möglichkeit der Verwendung blander Elektroden sind die unbestrittenen Vorteile der Gleichstromschweissung, die sich grundsätzlich für alle vorkommenden Schweißarbeiten anwenden lässt. Nachteilig wirken sich der hohe Leerlaufverbrauch des Umformers, der schlechte Leistungsfaktor (im Durchschnitt etwa 0,4 bei Einschluss der Leerlaufzeiten) und die für die rotierende Maschine nötige Wartung aus.

**Schweißtransformator.** Für gewisse Schweißarbeiten wird mit Vorteil über einen Schweißtransformator Wechselstrom verwendet. Der Schweißtransformator hat gegenüber dem Umformer einen um 50 % höhern Wirkungsgrad, minimalen

Leerlaufverbrauch und wegen des einfachen Aufbaus fast keine Unterhalts- und Wartungskosten. Bei Wechselstromschweissung ist es nötig, umhüllte Elektroden zu verwenden, wodurch die Fertigungskosten erhöht werden.

**Schweisstrockengleichrichter<sup>1)</sup>.** Der Schweisstrockengleichrichter, eine Neuschöpfung des Elektromaschinenbaues, vereinigt die Vorteile der beiden Systeme. Der Metalltrockengleichrichter, der, von der Schwachstromtechnik her entwickelt, sich immer mehr einbürgerte, ist damit in ein neues Anwendungsgebiet eingedrungen. Die AEG bringt ein Gerät auf den Markt, welches folgende Kennwerte aufweist:

Schweisseleistung 200 A bei 25 V und 100 % Einschaltdauer. Regelbereich stufenlos 17 bis 200 A bei 17 bis 25 V. Anschlussleistung 9,5 kW/11,5 kVA. Leistungsfaktor 0,62 bis 0,83 zwischen Leerlauf und Vollast. Gewicht: 320 kg (fahrbare und regensichere Ausführung).

<sup>1)</sup> Vgl. über Glasgleichrichter für Schweisszwecke Bull SEV 1932, Nr. 15, S. 385.