

# 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 28

Wien, 9. Juli 1933

51. Jahrgang

## Die elektrische Turm-Koepe-Fördermaschine am Zahlbruckner-Schacht des Bergbaues Seegraben bei Leoben.

Von Ing. Leopold **Dobner**, Graz, und Dr.-Ing. Hermann **Reisch**, Fohnsdorf.

**Einleitung.** Im Zuge der großzügigen Betriebszusammenfassung des Bergbaues Seegraben<sup>1)</sup> wurde am neu abgeteufte Zahlbruckner-Schacht eine Fördermaschine aufgestellt, der die Aufgabe zufiel, die gesamte Förderung dieses Bergbaues von 1400 t Kohle und Bergen in 7 h reiner Förderzeit von einem Sammelhorizont in 175 m Tiefe zu heben. Da diese Hauptfördermaschine als Treibscheibenmaschine mit Drehstrommotor an sich und mit einer rein elektrisch, also ohne Preßluft arbeitenden Fahr- und Sicherheitsbremse unseres Wissens eine Erstaufführung darstellt und daher in mancher Beziehung von Interesse sein wird, soll hier eine eingehende Beschreibung gegeben werden.

Vorerst war die Wahl des Systems der Fördermaschine zu entscheiden. Da der Bergbau Seegraben aus dem werkeigenen Hüttenwerke billigen Strom bezieht und kein größeres Kesselhaus hat, kam nur elektrischer Antrieb in Frage. Die übliche Lösung wäre eine Trommelmaschine auf Flur mit Gleichstrom und Ward-Leonard- oder Ilgner-Umformer gewesen. Um aber an Kosten wie an verbaulichem Platz zu sparen, wurde genauest untersucht, ob mit einem einfachen Drehstrommotor und einer Turm-Koepe-Maschine eine billigere, betriebsichere und nicht zu hohe Stromspitzen verursachende Lösung gefunden werden könnte.

Eine zuerst untersuchte Förderung mit 4 Wagen je Schale hätte zur Bewältigung der verlangten Förderleistung von 1750 Wagen in 7 Förderstunden eine Fördergeschwindigkeit von 9 m/s und eine Beschleunigung von 0,9 m/s<sup>2</sup> erfordert. Diese hohe Beschleunigung und das geringe Gewicht der Förderschale für 4 Wagen im Verein mit der geringen Schachttiefe, die unter der im allgemeinen für Treibscheibenmaschinen noch möglichen Tiefe von 200 m liegt, hätte die Wahl einer Trommelmaschine notwendig gemacht, weil bei einer Treibscheibenmaschine keine genügende Sicherheit gegen Seilrutsch zu erreichen gewesen wäre. Eine Trommelmaschine erfordert aber eine noch größere Beschleunigungsarbeit, so daß bei Drehstromantrieb Anfahrleistungsspitzen von 1300 bis 1400 kVA unvermeidlich gewesen wären, die

für das gegebene Netz zu hoch erschienen. Es wurde deshalb auch eine Förderung mit 6 Wagen je Schale untersucht, was bei der geringen Schachttiefe zuerst ungewohnt erscheint. Bei dieser war es aber möglich, mit einer größten Fördergeschwindigkeit von 6 m/s und einer Beschleunigung von 0,375 m/s<sup>2</sup> die verlangte Förderleistung zu bewältigen. Das größere Gewicht der Schalen für 6 Wagen ermöglichte wieder die Wahl einer Treibscheibenmaschine, die auch vom bergtechnischen Standpunkt erwünscht war, weil die Förderung auch in Zukunft nur von einer Sohle erfolgen wird. Die geringe Fördergeschwindigkeit und Beschleunigung, die geringeren zu beschleunigenden Massen der Treibscheibenmaschine und der volle Seilgewichtsausgleich durch ein gleich schweres Unterseil brachten es mit sich, daß die beim Drehstrombetrieb zu erwartende Anfahrleistungsspitze nicht größer als rund 800 kVA wurde. Diese erschien vom Standpunkte des Kraftwerkes und bezüglich des Spannungsabfalles in den Verbindungsleitungen zulässig.

Zugunsten der Turmfördermaschine sprach nun der größere Seilumschlingungswinkel, der rechnerisch eine rund 1,9fache Sicherheit gegen Seilrutsch erwarten ließ gegenüber einer rund 1,4fachen Sicherheit bei der Flurmaschine. Die Ersparnisse durch Entfall des Maschinenhauses samt Abgrabungs- und Gründungsarbeiten überwiegen weitaus die Mehrkosten der Ausbildung des Turmes für die Aufnahme der Maschine. Der Entfall des Fördermaschinenhauses und der seitlichen, schrägen Streben für das Seilscheibengerüst brachten eine sehr erwünschte räumliche Entlastung des etwas knappen Platzes um den Schacht mit sich. Endlich war die geringere Beeinflussung des wesentlich kürzeren Seiles durch Schnee und Regen und die geringere Biegehäufigkeit zugunsten der Turmmaschine zu bedenken.

Der Vergleich der Anschaffungskosten ergab, daß die Gleichstromfördermaschine samt Umformer, Gebäude und Gründungen um etwa 100 000 S, das ist etwa um 45 vH mehr gekostet hätte als die Drehstrommaschine. Diesem Umstande fiel in Anbetracht der Kapitalarmut der österreichischen Wirtschaft, der schlechten Konjunktur und der zahlreichen anderen geplanten Investitionen der Gesellschaft mehr Gewicht zu.

<sup>1)</sup> Vgl. Die Kehlenbergbaue der Österr. Alpen Montan-Ges. Von Oberbergat Ing. Robert Pohl. Verlag Julius Springer, Wien. Vgl. a. E. u. M. 50 (1932) S. 189 und 51 (1933) S. 291.

als dies bei einer anderen Lage der Verhältnisse der Fall gewesen wäre.

Die Berechnung des Arbeitsverbrauches ergab für den Drehstromantrieb im Fördermittel bei voller Ausnützung der Leistungsfähigkeit des Schachtes einen Mehrverbrauch von rund 100 kWh gegenüber dem Gleichstromantrieb. Bei der meist vorkommenden schlechteren Ausnützung wird der Unterschied geringer, weil der Anteil der Leerlaufverluste des durchlaufenden Umformers gegenüber dem der Nutzleistung verhältnismäßig größer wird. Der Unterschied wird zudem praktisch dadurch ausgeglichen, daß der Umformer auch im zweiten Drittel durchlaufen muß, wobei einer Verlustarbeit von rund 140 kWh nur eine geringe Nutzarbeit gegenübersteht. Auch die anderwärts manchmal vorgesehenen Einrichtungen zum Anlassen und Abstellen des Umformers vom Führerstand aus hätten sich kaum bezahlt gemacht, da der Arbeitsverbrauch beim gegebenen billigen Strompreis keine große Rolle spielte und bei den meist unregelmäßigen und oft kurzen Stillständen die oftmalige Anfahrarbeit des Umformersatzes die Ersparnis an Leerlaufverlusten aufgewogen hätte.

Für die Betriebskosten der Drehstrommaschine mußte auch der Verbrauch an Kupferkontakten, Schalteröl und an Bremsbacken bedacht werden. Wie zu erwarten war, ergab der praktische Betrieb, daß diese Mehrkosten keine Rolle spielen gegenüber den um rund 9000 S höheren jährlichen Kapitalkosten der Gleichstrommaschine.

Die Betriebstauglichkeit der Drehstromfördermaschine war schwieriger zu beurteilen, da Erfahrungen mit dieser Antriebsart bei Koepemaschinen, bei welchen bekanntlich ohne Aufsatzvorrichtung gefahren wird und trotzdem auf 2 bis 3 cm genau gehalten werden muß, nicht vorlagen. Die Nachteile dieser Antriebsart bei Drehzahlregelung liegen bekanntlich vor allem darin, daß die Drehzahl des Drehstrommotors dann, wenn ein größerer Widerstand in seinen Läuferkreis geschaltet wird, in beträchtlichem Maße von der Belastung abhängig wird. Die Abhängigkeit ist also beim Fahren mit wenig getauchten Blechen des Flüssigkeitsanlassers im Auslaufwege und beim Umsetzen besonders fühlbar. Einer bestimmten Stellung des Steuerhebels ist nicht, wie bei einer Leonard-Maschine, eine von der Last praktisch unabhängige, eindeutige Drehzahl zugeordnet, sondern die Drehzahlen sind, je nach der Last, so verschieden, daß die Beherrschung des Anfahr- und Auslaufvorganges erschwert wird. Besonders Einfluß mußte diese Eigenart auch bei den je Fahrt zweimal nötigen Umsetzvorgängen gewinnen, bei denen die Lasten jeweils stark verschieden sind. Beim Drehstromantrieb ist ferner bekanntlich elektrisches Bremsen mit einfachen billigen Mitteln nur im übersynchronen Betrieb möglich, während die Auslaufverzögerung durch mechanisches Bremsen erreicht werden muß, insofern nicht der natürliche Auslauf ausgenützt werden kann. Die deshalb zu

beachtende stärkere Beanspruchung der Bremsen und der Motorschaltgeräte, die beim Einfahren öfter ganz kurzzeitig nochmals betätigt werden, wurde bereits erwähnt.

Trotz diesen für eine Hauptschachtmaschine mit geringer Teufe besonders schwerwiegenden Bedenken übernahmen die ÖSSW, um den Wünschen der Bergdirektion nach möglichster Einschränkung der Anschaffungskosten Rechnung zu tragen, die Verantwortung, die Einhaltung der verlangten Zugzahlen, Spielzeiten und der Betriebssicherheit auch für Drehstromantrieb zuzusagen.

Bezüglich der Sicherheit des Betriebes lag beim Drehstromantrieb kein Bedenken vor, da es mit verschiedenen Hilfseinrichtungen möglich ist, die Maschine in allen denkbaren Betriebsfällen unabhängig von der Aufmerksamkeit des Führers ebenso sicher zu beherrschen wie eine Gleichstrommaschine.

Auf Grund der wiedergegebenen Überlegungen fiel die Entscheidung zugunsten der im folgenden beschriebenen Drehstromfördermaschine. Der Bau des Turmes wurde der Waagner Biro A.-G., Graz, die Herstellung und Montage der Fördermaschine den Österr. Siemens-Schuckert-Werken, Wien übertragen, deren Unterlieferer für den mechanischen Teil die Maschinenfabrik Andritz bei Graz war.

**Bauliche Anordnung.** Der neue Schacht hat einen lichten Durchmesser von 5,1 m und ist mit eisenbewehrten Betonformsteinen ausgemauert. Der bis zum Dachfirst 45 m hohe Förderturm ist ein unverkleideter Stahlskelettbau, in den in 12 m Höhe die Hängebank, in 29 m Höhe die Leitscheibenbühne und in 34 m Höhe das Maschinenhaus eingebaut sind. Um Schwingungen möglichst zu vermeiden, wurde der Trägerrost, auf dem die Fördermaschine steht, aus besonders hohen, genieteten Fischbauchträgern zusammengesetzt.

Die Fördermaschine samt ihren elektrischen Einrichtungen ist im Maschinenhaus untergebracht; nur die Gestänge zwischen den Steuergeräten, Bremsen und dem Teufenzeiger, die Bremsgewichte und die Hoch- und Niederspannungsleitungen sind unter dem Fußboden des Maschinenraumes angeordnet. Der Durchmesser der Koepescheibe wurde entsprechend dem Seildurchmesser von 48 mm und der Drahtstärke von 2,5 mm mit 4500 mm gewählt. Der Fördergeschwindigkeit von 6 m/s entspricht hiebei eine minutliche Drehzahl von 25. Abb. 1 gibt eine Ansicht der Fördermaschine.

**Fördermotor.** Der Motor läuft mit 250 synchronen U/min und treibt die Scheibe über ein einfaches Pfeilradgetriebe 1:9,2 an, das zwecks Geräuschkämpfung, guter Schmierung und Sicherung des festen Wellenmittelabstandes samt seinen Lagern in einem gußeisernen Gehäuse eingebaut ist. Mit Rücksicht auf das beim Seilwechsel nötige eintrümmige Anheben der leeren Schale aus dem Schachttieft wurde der Motor für ein größtes Anzugsmoment von 3000 mkg ausgelegt. Die Dauerleistung ist 300, die Stoßleistung

710 kW. Der Ständer ist für die Betriebsspannung von 3000 V gewickelt, jedoch sicherheitshalber für 5000 V isoliert. Er treibt über eine mit Stahl-

den Handhebel über den Schalter *Sch 2* ein gewöhnlich in den Läuferstromkreis des Hilfsmotors eingeschalteter Widerstand kurzgeschlossen und

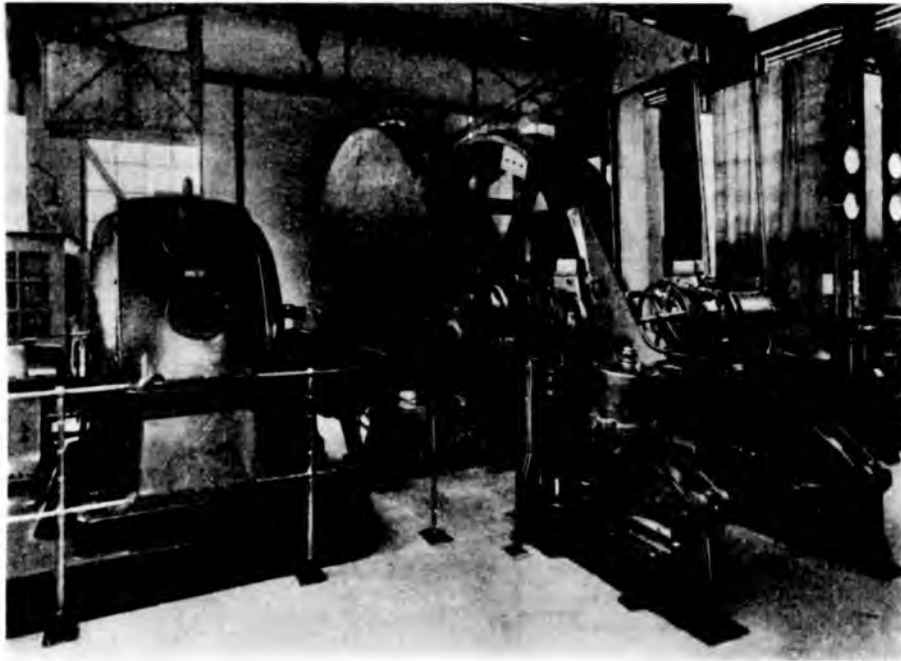


Abb. 1. Gesamtansicht der Fördermaschine. Im Vordergrund die beiden Bremsmaschinen, links die Steuerbremse, rechts die Sicherheitsbremse.

bolzen mit Gummiumkleidung versehene Kuppelung auf das Getriebe.

**Steuerung.** Wegen der verhältnismäßig großen Leistung und der hohen Schalzhäufigkeit von etwa 2000 je Schicht konnte die Steuerung des Motors nicht mehr einer normalen Steuerwalze oder einem Steuerschalter für unmittelbare Betätigung durch Führerkraft übertragen werden. Für die Ständerumschaltung wurden daher zwei kräftige, dreipolige Ölschütze, für die Läuferschaltung ein reichlich bemessener Flüssigkeitsanlasser mit Wasserkühlung vorgesehen. Diese drei Geräte werden gemeinsam von einem normalen, einschaltigen Steuerbock über einen Hilfsmotor betätigt, der dem Maschinisten die körperliche Arbeit abnimmt. Die Steuerung ist als sogenannte Folge- (Kopier-) Steuerung derart durchgebildet, daß jeder Stellung des Steuerhebels eine ganz bestimmte Stellung der Ständerschütze und des Flüssigkeitsanlassers entspricht.

Der Maschinist betätigt durch leichten Druck auf den Steuerhebel den Schalter *Sch 1* der Abb. 2, wodurch der Hilfsmotor *HiM* eingeschaltet wird, der über ein Wendegetriebe *WG* und das Steuergestänge den Flüssigkeitsanlasser *FA* und im gleichen Maße den Steuerhebel in der Hand des Maschinisten bewegt, so daß dieser aus der Stellung des Handhebels die Stellung der Anlassertauschbleche ebenso gefühlsmäßig beurteilen kann, wie wenn er sie von Hand aus bewegen würde. Sobald der Führer mit dem Druck auf den Handhebel aussetzt, bleibt der Hilfsmotor und damit der Anlasser in der erreichten Stellung stehen. Andererseits wird durch verstärkten Druck auf

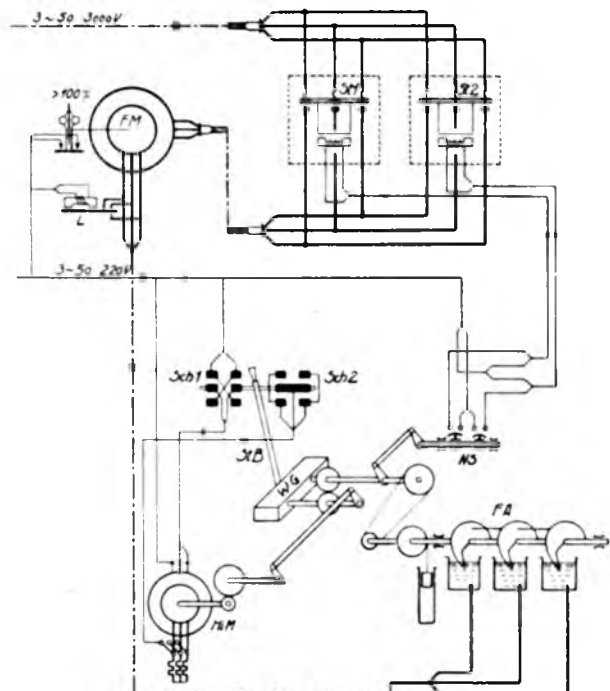


Abb. 2. Steuerung der Drehstromfördermaschine mittels Hochspannungsschützen und Hilfsmotor. *FM* Fördermotor, *FA* Flüssigkeitsanlasser mit Öldämpfung, *FM* Hilfsmotor, *NS* Nockenschalter für die *St1* und *2*, *St1*, *St2* Hochspannungständerschütze mit Abbrenn- und Hauptkontakten, *Sch1* Wendeschalter des *HiM*, *Sch2* Läuferkurzschlußschalter des *HiM*, *WG* Wendegetriebe, *StB* Steuerbock, *L* Läuferkurzschlußschütz des *FM*.

damit die Drehzahl dieses Motors wesentlich erhöht. Hiedurch kann der Maschinenführer im Bedarfsfalle um ein vielfaches rascher ausschalten.

Mit dem erwähnten Steuergestänge ist auch ein Mehrfach-Nockenschalter *NS* verbunden, dessen Hilfskontakt *S6* (Abb. 3) eines der beiden Hochspannungsschütze *St1* oder *St2*, je nach der Auslage des Steuerhebels nach vorwärts oder rückwärts, einschaltet, noch bevor der Anlasser in Bewegung kommt. Durch je einen mit den Stän-

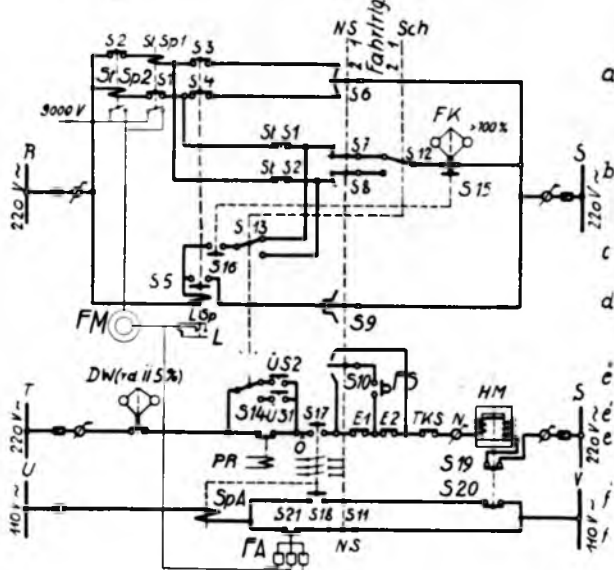


Abb. 3. Schaltbild der Steuer- und Sicherheitseinrichtungen.

a Strompfade der Ständerschützspulen bei normalen Fahrten und beim allfälligen Gegenstrombremsen für die Beendigung von Nutzbremsfahrten, b dieselben bei Nutzbremsfahrten, c Einschalt-Strompfade des Läuferkurzschlußschützes, d Selbsthalte-Strompfade des Läuferkurzschlußschützes nach dem Einschalten solange Steuerhebel ausgelegt, e Strompfade des Haltemagneten der Sicherheitsbremse normal, e' derselbe während des Anfahrens im Auslaufwege, e'' derselbe zur Rückfahrt nach einem „Überfahren“, f Strompfade des Spannungrückgangsauslösers des Ölschalters zum Einschalten des Ölschalters, f' derselbe während des Betriebes. *StSp1* und *2* Schaltspulen der Ständerschütze *St1* und *2* mit den Hilfsschaltern *S1* und *2*, *LSp* Schaltspule des Läuferkurzschlußschützes *L* mit den Hilfsschaltern *S3*, *4* und *5*, *NS* mit dem Steuerhebel verbundener Mehrfach-Nockenschalter (Hilfsschalter *S6* bis *S11*). *Sch* Schleppschalter, der von der Teufenzeiger-Antriebswelle durch Rutschkupplung mitgenommen wird (Hilfsschalter *S12*, *13*, *14*), *StS1* und *2* Stillsetzungsschalter am Teufenzeiger, nur im Auslaufweg der zugehörigen Fahrtrichtung geöffnet, *FK* Fliehkraftschalter für die Betätigung der Nutzbremseinrichtung, *DW* Überdrehzahlwächter, *ÜS1* und *2* Überbrückungsschalter, nur im Auslaufwege der zugehörigen Fahrtrichtung geschlossen, *PR* Prüfrelais (siehe Abb. 4) *E1* *E2* Endschalter im Turm, *FS* Fußtrittschalter, *TKS* Teufenzeiger-Kupplungsschalter, *N* Notschalter am Bremsbock, *HM* Haltemagnet der Sicherheitsbremse, *SpA* Spannungrückgangsauslöser des Ölschalters *Ö*, *FA* Flüssigkeitanlasser, *Ö* Hauptölschalter, *FM* Fördermotor.

derschützen verbundenen Hilfsschalter *S1*, *S2*, die wechselseitig im Stromkreis der Schaltspule des anderen Schützes liegen, wird gleichzeitiges Einschalten beider Schütze verhindert.

**Bremsen.** Entsprechend den bergbehördlichen Vorschriften wirken zwei voneinander vollständig getrennte Bremsenrichtungen auf die zu beiden Seiten der Treibscheibe angeordneten Bremskränze. Die eine rein elektrisch betätigte Bremsmaschine ist als Steuerbremse, die andere vor-

nehmlich als Sicherheits-Fallgewicht-Bremse bestimmt. Die Sicherheitsbremse kann jedoch jederzeit sofort als — nur etwas weniger feinstufig regelbarer — Ersatz der Steuerbremse benutzt werden. Die Bremsbalken haben Parallelführung und sind mit sehr reichlich bemessenen Backen aus Pappelholz ausgerüstet.

Als Bremsmaschinen dienen zwei sogenannte „Schwingsungsfreie Schnellschlußbremsen“ Bauart Österr. Siemens-Schuckert-Werke<sup>2)</sup>. Das Wesen dieser bereits vielfach ausgeführten Bauart besteht darin, daß die Hebelübersetzung zwischen dem Bremsgewicht und dem Bremszuggestänge während des Einfallens selbsttätig — durch den Widerstand, den die Backen im Augenblicke des Anlegens an die Bremskränze finden — auf etwa ein Fünftel des Wertes beim Durchlaufen des Bremsbackenspieles gebracht wird. Es wird also der Weg für das Anlegen der Bremsbacken rasch mit kleiner Kraft bei kleinem Gewichtfallweg, der „Dehnungsweg“ beim Anpressen der Backen hingegen mit großer Kraft und kleiner Geschwindigkeit zurückgelegt. Hiedurch wird bei kürzester Schließzeit ein stoßfreies Bremsen erzielt, weil die lebendige Energie des Fallgewichtes im Augenblicke des Auflegens der Backen noch sehr klein ist.

**Nutzbremung.** Das betriebsmäßig täglich durch mehrere Stunden vorkommende Einlassen von Grubenholz usw. wird im übersynchronen Betrieb des Motors durchgeführt. Um hierbei die Gefahr zu großer Geschwindigkeit, die im übrigen durch einen auf die Sicherheitsbremse wirkenden Fliehkraftschalter (ansprechend bei rund 115 vH der synchronen Drehzahl) erfaßt wird, vollkommen auszuschalten, wurde eine Nutzbremseinrichtung geschaffen. Ihr Wesen liegt (Abb. 3) darin, daß durch einen Fliehkraftschalter *FK*, der nahe der Synchrondrehzahl seine Hilfskontakte *S15* und *16* schließt (Strompfade *b* und *c*), mittels des Schützes *L* der Läuferstromkreis des Fördermotors kurzgeschlossen und das der Fahrtrichtung entsprechende Ständerschütz, falls es nicht schon vorher richtig vom Führer durch Betätigung des Steuerhebels über den Hilfsschalter *S6* eingeschaltet worden war, eingeworfen wird. Die selbsttätige Wahl des der Fahrtrichtung entsprechenden Ständerschützes trifft hierbei der Hilfskontakt *12* des Schleppumschalters *Sch*, der von der Teufenzeigerantriebswelle über eine Rutschkupplung bei Beginn der Fahrtbewegung in die richtige Stellung gebracht wird. Wenn der Steuerhebel ausgelegt wird, wird das Läuferschütz über seinen Selbsthaltekontakt *S5* und Hilfsschalter *S9* sicher geschlossen gehalten, unabhängig von allfälligem unsicherem Kontakt des Fliehkraftschalters. Zwei weitere Hilfsschalter *S3* und *S4* am Läuferschütz verhindern, daß der Fördermotor bei kurzgeschlossenem Läufer eingeschaltet werden könnte, falls etwa das Läuferschütz nach einer Nutzbremsfahrt „kleben“ bleiben sollte.

Die betriebsmäßige Aufhebung dieser Zwang-Nutzbremsschaltung erfolgt bei Beginn des Aus-

<sup>2)</sup> Ing. F. Kuderma, Siemens-Z. 6 (1926) Heft 1 bis 3; vgl. a. E. u. M. 45 (1927) S. 114.

laufweges dadurch, daß durch die Teufenzeigerwandlermutter der der Fahrtrichtung entsprechende Stillsetzungsschalter *St S1* oder 2 geöffnet und dadurch der Fördermotor abgeschaltet wird. Der Führer kann nunmehr wie üblich mit der Bremse die Verzögerung durchführen. Außerdem ist aber den Vorschriften gemäß die Möglichkeit gegeben, jederzeit auf Gegenstrombremsung überzugehen. Durch den der Fahrtrichtung entsprechenden der beiden Hilfsschalter *S 7* oder 8 sowie durch den Hilfsschalter *S9* im Verein mit dem Schleppumschalter *Sch* werden hierbei die der Zwangsschaltung dienenden Strompfade *b*, *c* und *d* für Ständer- und Läuferschütze geöffnet und die Steuerung der Gegenstrombremsung wieder dem Hilfsschalter *S6* bei langsamer Tauchung der Anlasserbleche zurückgegeben.

Der Teufenzeiger üblicher Bauart wird von der Welle der Leitscheibe angetrieben, die vermöge ihres geringen Schwungmomentes dem Seil praktisch schlupflos zu folgen vermag. Eine zwischengeschaltete Klauenkupplung ermöglicht genaue Einstellung. Mit dieser Kupplung ist ein Hilfsschalter (*TKS*, Abb. 3) verbunden, der es durch Einwerfen der Sicherheitsbremse unmöglich macht, mit geöffneter Kupplung, also ohne Teufenzeiger zu fahren.

**Sicherheitseinrichtungen.** Um Gefährdungen infolge von Bedienungsfehlern oder Überbeanspruchung auszuschließen, sind die üblichen Sicherheitseinrichtungen vorgesehen, die auf den Haltemagneten der Sicherheitsbremse wirken und mittelbar (durch *S20* der Abb. 3) den Hauptöl-schalter öffnen. Da Fördermaschinen der in Frage stehenden Größe nicht mehr innerhalb der „freien Höhe“ zum Stillstand gebracht werden können, wenn durch einen Bedienungsfehler mit größerer Geschwindigkeit bis zum Endschalter gefahren wird, müssen Maßnahmen getroffen werden, durch die eine Verzögerung schon vor dem Erreichen der Hängebank erzwungen wird. Während dies bei Gleichstromfördermaschinen durch Beeinflussung der Umformererregung in vollendet einfacher Weise möglich ist, muß der Fahrtregler bei Drehstromantrieb wegen der Abhängigkeit der Drehzahl von der Belastung außer der Motorsteuerung auch die mechanische Bremse beeinflussen, um die jeweils richtige Geschwindigkeit zu erzwingen.

Im Falle des Zahlbruckner-Schachtes konnte wegen der geringen Fördergeschwindigkeit auf einen solchen Fahrtregler verzichtet werden. An dessen Stelle trat eine Auslaufüberwachung, die bei zu großer Geschwindigkeit innerhalb des Auslaufweges nicht eine Rückführung der Geschwindigkeit auf den richtigen Wert, sondern ein vollständiges Abstoppen der Maschine durch Einwerfen der Sicherheitsbremse bewirkt.

Das Wesen der sehr einfachen und betriebssicheren Einrichtung liegt darin, daß eine mit der Fördergeschwindigkeit veränderliche Gleichspannung durch einen vom Teufenzeiger im Auslaufwege stetig änderbaren Widerstand einen Strom treibt, der ein Prüfrelais angezogen halten muß. Wenn der Strom zu klein wird, fällt das

Prüfrelais ab, unterbricht den Stromkreis des Haltemagneten *HM* und bewirkt dadurch Auslösung der Sicherheitsbremse und des Hauptölschalters. Ein kleiner Drehstrom-Gleichstrom-Umformer *UM + PE* (Abb. 4) liefert die feste Gleichspannung (110 V), der die von einer zweiten, von der Treibscheibenwelle angetriebenen und gleichbleibend erregten Gleichstrommaschine *AW* gelieferte und somit der Fördergeschwindigkeit proportionale Gleichspannung (0–40 V) entgegengeschaltet ist. Die Restspannung (70–110 V) ist also bei stillstehender Fördermaschine am größten und nimmt mit zunehmender Fördergeschwindigkeit ab. Von dieser Restspannung wird über einen veränderlichen Widerstand *PW* die Wicklung des Prüfrelais *PR* gespeist. Der Widerstand wird vom Teufenzeiger über ein sinnreiches Getriebe nur während des Auslaufweges

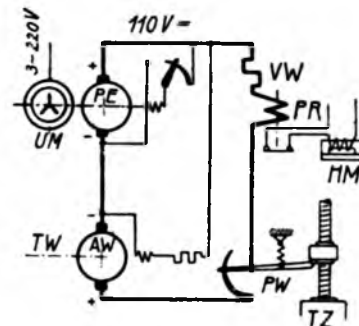


Abb. 4. Prinzipschaltbild der Auslaufüberwachungseinrichtung.

*UM* Umformermotor, *PE* Prüfstromerzeuger, erzeugt eine feste Prüfspannung (110 V), *AW* Auslaufwächter, erzeugt eine mit der Fördergeschwindigkeit veränderlich Gegenspannung (0–40 V), *PR* Prüfrelais, liegt mittelbar im Stromkreis des Haltemagneten der Sicherheitsbremse, *PW* Prüfwiderstand, wird gegen Fahrtende vom Teufenzeiger allmählich vergrößert, *VW* Vorwiderstand, *HM* Haltemagnet der Sicherheitsbremse, *TZ* Teufenzeiger, *TW* Treibscheibenwelle.

allmählich so verändert, daß er in der Hängebank am größten ist und dort nur eine Fördergeschwindigkeit von etwa 1 m/s zuläßt. Um den erforderlichen Mindeststrom durch Prüfrelais und Widerstand treiben zu können, muß also bei Annäherung an die Hängebank die Restspannung nach einem durch die Widerstandsänderung genau bestimmten Verlauf zunehmen. Der einzuhaltende Geschwindigkeitsverlauf wird durch entsprechende Bemessung der Widerstände festgelegt; die Größe der zulässigen Auslaufgeschwindigkeit kann in einem gewissen Maße durch den Nebenschlußregler des Umformers eingestellt werden. An einem Spannungsmesser am Teufenzeiger kann die jeweilige Restspannung abgelesen werden. Im vorliegenden Falle sind die Prüfwiderstände für eine Verzögerung von 0,75 m/s<sup>2</sup> ausgelegt. Eine Abweichung von der Sollgeschwindigkeit von nur wenigen Prozenten bewirkt bereits das Ansprechen der Einrichtung. Durch genaue Anpassung des Prüfwiderstandes an die fahrplanmäßige Verzögerung tritt trotzdem keine Behinderung des flotten Förderbetriebes ein.

Die bisher beschriebene Einrichtung würde naturgemäß auch bei rascherem Anfahren wirken,

was unerwünscht ist. Sie wird daher ergänzt durch zwei am Teufenzeiger angebrachte Überbrückungsschalter *US1* und *US2* (Abb. 3), die durch Leitstücke an den Wandermuttern jeweils im Auslaufwege der zugehörigen Fahrtrichtung geschlossen gehalten werden. In Reihe mit diesen Schaltern liegt ein Kontakt *S14* des Schleppumschalters *Sch*, der von der Teufenzeigerantriebswelle mitgenommen wird. Die Zuordnung ist so getroffen, daß dieser den Prüfrelaiskontakt *PR* umgehende Strompfad des Haltemagneten jeweils nur beim Anfahren in der entgegengesetzten Fahrtrichtung geschlossen wird, im Auslaufwege aber offen bleibt.

Das Zusammenwirken und die gegenseitige Verriegelung der übrigen Sicherheitseinrichtungen ist aus der Abb. 3 ersichtlich. Zu erwähnen ist noch, daß zufolge einer mechanischen Verriegelung die Sicherheitsbremse erst geöffnet werden kann, wenn die Steuerbremse angezogen wurde.

Im vorstehenden wurden im wesentlichen nur jene Teile der Anlage näher besprochen, die durch den ungewöhnlichen Drehstromantrieb der Turm-Koepe-Hauptschachtmaschine beeinflusst wurden. Über die Ausbildung der Förderschalen, der Fangvorrichtung, des mechanischen Wagenumlaufes usw. wird an anderer Stelle berichtet werden.

**Betriebserfahrungen.** Beim ersten Probebetrieb stellte es sich als notwendig heraus, auch die Steuer-Bremsmaschine mit der bei der Motorsteuerung beschriebenen Kopiersteuerung zu versehen, die dem Führer das notwendige Feingefühl für den ausgeübten Bremsdruck gibt und damit das Anhalten an der Hängebank mit der bei einer Treibscheibenmaschine notwendigen großen Genauigkeit ermöglicht. Seither, das ist seit rund drei Jahren, arbeitet die Anlage zur vollen Zufriedenheit; durch Abkürzung der Einstellzeiten und durch raschere Beschleunigung — es werden durchschnittlich  $0.54 \text{ m/s}^2$  erreicht — gelingt es sogar fallweise, die programmmäßige stündliche Förderleistung um 10 vH zu überbieten. Dies allerdings nur nach guter Einübung des Maschinisten, denn die Steuerung einer Koepemaschine mit Drehstromantrieb ist zweifellos nicht unwesentlich schwieriger als die einer anderen Fördermaschine.

Obwohl der Energieverbrauch der Fördermaschine nicht sehr ins Gewicht fällt — er beträgt nur etwa 24 000 kWh im Monat oder rund 6 vH des gesamten Energieverbrauches des Bergbaues Seegraben — wurde doch der Wirkungsgrad der Anlage des näheren untersucht, um zu sehen, wie die Verhältnisse bei der für den Drehstrombetrieb

ungünstig geringen Schachttiefe liegen. Dies geschah durch zahlreiche Zählerablesungen bei Fahrten mit normaler Kohlennutzlast und durch Bestimmung des Schachtwiderstandes und der mechanischen Verluste durch zahlreiche Beschleunigungsmessungen bei abgeschaltetem Motor und geringer Überlast einer Förderschale.

Während der Fahrt mit voller Geschwindigkeit beträgt der Gesamtwirkungsgrad 82.5 vH, wovon rund 6.8 vH Verluste im Motor, rund 2.7 vH im volleingeschalteten Anlasser und in den Hilfseinrichtungen entstehen, während der Rest von 8 vH mechanische Verluste im Vorgelege und durch die Schachtreibung sind. Dieser Anteil errechnet sich aus dem durch Beschleunigungsmessungen gefundenen gesamten Reibungswiderstand von 350 kg bei voller Geschwindigkeit. Die mechanischen Verluste sind also wesentlich kleiner als üblicherweise und auch in diesem Falle für die Vorermittlung eingesetzt wurde. Insgesamt werden für den normalen Förderzug im Mittel 3.8 kWh verbraucht, worin der Verbrauch der Hilfsbetriebe wie Prüfumformer, elektrische Bremsen, Kühlwasserpumpe usw. bereits eingeschlossen ist. Der Gesamtwirkungsgrad der Schachtanlage während der Kohlenförderung ergibt sich daraus zu 52 vH. Für 1 Schacht-PS werden 1.4 kW verbraucht.

Dieser für eine Drehstrommaschine bei nur 175 m Teufe überraschend gute Wirkungsgrad ist einerseits darauf zurückzuführen, daß die Auslegung der Maschine dem Drehstrombetrieb besonders günstig angepaßt wurde, indem die verlangte Förderleistung mit großer Nutzlast und geringer Geschwindigkeit erreicht wird und derart die Beschleunigungsarbeit, bei der der elektrische Wirkungsgrad nur etwa 45 vH beträgt, möglichst klein gehalten ist. Ferner wird während des Verzögerungsweges mit freiem Auslauf, also weitestgehend ohne mechanische Bremse und ohne Strom gefahren und hiedurch die lebendige Energie der umlaufenden Teile der Fördermaschine für die Hubarbeit ausgenutzt. Ungünstig wirken sich dagegen die Umsetzvorgänge aus. Wegen der geringen Geschwindigkeit beim Umsetzen entstehen im Anlasser sehr große elektrische Verluste. Außerdem muß aber beim Umsetzen mechanisch stillgesetzt werden, wodurch die Beschleunigungsarbeit, die den Hauptteil der Motorarbeit beim Umsetzen darstellt, in Wärme umgesetzt wird. Immerhin geht aber das Umsetzen bei Treibscheibenmaschinen noch wesentlich günstiger vor sich als bei Trommelmaschinen mit Aufsetzvorrichtungen, weil das Überheben der Schale, das das größte Drehmoment erfordert, wegfällt.

## Bietet der dreiphasige Anschluß eines Einphasenschweißtransformators einen Vorteil?

Von Dr.-Ing. Karl Widdmann, Weiz.

**Inhaltsübersicht:** Es wird gezeigt, daß der sogenannte dreiphasige Anschluß einphasiger Schweißtransformator keine geringere Spannungsverzerrung ergibt wie der direkte einphasige Anschluß zwischen zwei Leitungen, daß also der dreiphasige Anschluß eine unnütze Verteuerung bedeutet.

Es werden Transformatoren auf den Markt gebracht, von denen behauptet wird, daß sie die unsymmetrische einphasige Belastung eines Schweißtransformators auf ein Drehstromnetz gleichmäßiger aufteilen. Wenn man nur mit dem Amperemeter mißt, also nur die Größe des Stromes ohne Rücksicht auf die Phasen-



lage betrachtet, dann scheint diese Behauptung auch richtig zu sein. Während nämlich bei Verwendung eines Einphasentransformators, der zwischen zwei Leitungen des Drehstromnetzes angeschlossen wird, der Strom in einer Leitung Null ist und in den beiden anderen Leitungen den vollen Wert hat, führen beim dreiphasigen Anschluß einphasiger Schweißtransformatoren alle drei Leitungen Strom, und zwar zwei den gleichen, die dritte einen doppelt so großen Strom. Zieht man jedoch auch die Phasenlage der Ströme in Betracht, so läßt sich leicht zeigen, daß sowohl der reine einphasige als auch der Transformator mit dreiphasigem Anschluß dieselbe Verzerrung des Drehstromsystems hervorrufen

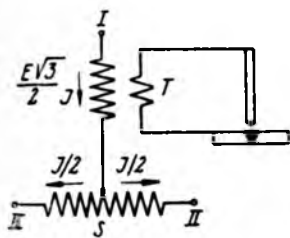


Abb. 1.

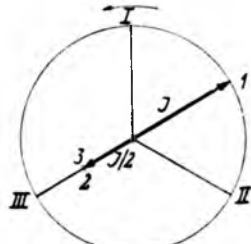


Abb. 2.

Abb. 1 zeigt eine jener Schaltungen, die die einphasige Belastung auf alle drei Netzleitungen aufteilen sollen. Der Schweißtransformator  $T$  wird zwischen der einen Netzleitung  $I$  und dem Mittelpunkt eines Spannungsteilers  $S$  angeschlossen. Der Spannungsteiler liegt zwischen den beiden anderen Leitungen  $II$ ,  $III$ . Der Ausgleich der Amperewindungen der beiden Wicklungshälften des Spannungsteilers bewirkt, daß der aus der Leitung  $I$  aufgenommene Belastungsstrom je zur Hälfte in die beiden Leitungen  $II$  und  $III$  zurückfließt. Die Spannung am Verbraucher ist phasengleich mit der Phasenspannung der Leitung  $I$ , die durch den Verbraucher gegebene Phasenverschiebung herrscht

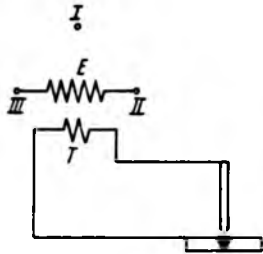


Abb. 3.

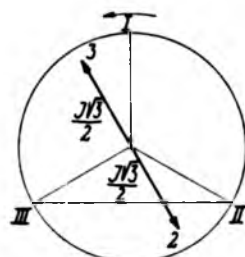


Abb. 4.

somit zwischen dem Strom in der Leitung  $I$  und deren Phasenspannung. Die Ströme in den anderen Leitungen sind in Gegenphase mit dem Strom der Leitung  $I$ . Für einen Leistungsfaktor von  $0,5$  ( $\varphi = 60^\circ$ ), wie er dem Betrieb eines Schweißtransformators ungefähr entspricht, ergibt sich somit das Vektordiagramm Abb. 2. Wie man sieht, ist die Phasenverschiebung in Phase  $II$   $120^\circ$ , in Phase  $III$   $0^\circ$ . Da die Phasenverschiebung in Phase  $II$  größer als  $90^\circ$  ist, liefert diese Phase Leistung ins Netz zurück, und die

Phasen  $I$  und  $III$  müssen um diesen Betrag mehr Wirkleistung aus dem Netz aufnehmen, als im Verbraucher benötigt wird. Da die Phasenverschiebung in Phase  $III$  Null ist, beteiligt sich diese Phase nicht an der Blindlastaufnahme, die zur Gänze in Phase  $I$  und  $II$  erfolgt.

Abb. 3 zeigt den rein einphasigen Anschluß eines Transformators zwischen den Leitungen  $II$  und  $III$  und Abb. 4 das zugehörige Vektordiagramm. Die Phasenverschiebung von  $60^\circ$  herrscht zwischen Strom und Außenleiterspannung  $II-III$ , so daß sich in Phase  $II$  eine Phasenverschiebung von  $30^\circ$ , in Phase  $III$  eine von  $90^\circ$  ergibt. Um den gleichen Maßstab für die Ströme wie in Abb. 2 zu bekommen, muß beachtet werden, daß die Einphasenbelastung an einer  $2/\sqrt{3}$ mal größeren Spannung liegt, der Strom bei gleicher Leistung daher  $\sqrt{3}/2$ mal kleiner wird. Die Wirkstromlieferung übernimmt zur Gänze Phase  $II$ , die Blindstromlieferung zum größeren Teil Phase  $III$ .

Denkt man sich nun eine Belastung nach Abb. 1 und eine gleich große nach Abb. 3 gleichzeitig dem Netz entnommen, so daß sich die Ströme addieren, so ergibt sich das Diagramm Abb. 5 aus der Superposition der Diagramme Abb. 2 und 4. Die Summe der beiden Belastungen ergibt somit eine symmetrische Drehstrombelastung. Umgekehrt erhält man zum Beispiel durch Subtraktion der symmetrischen Belastung nach Abb. 5 von der unsymmetrischen bei Dreiphasenanschluß nach Abb. 2 die reine Einphasenbelastung nach Abb. 4 nur mit entgegengesetzter Richtung der Ströme. Die unsymmetrische Belastung bei Dreiphasenanschluß unterscheidet sich daher, abgesehen von einer symmetrischen Drehstromkomponente, nur durch die Stromrichtung von der reinen Einphasenbelastung.

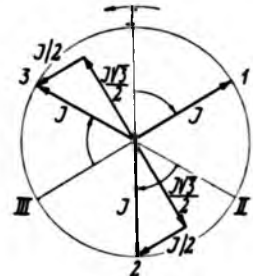


Abb. 5.

Da die symmetrische Komponente keine Verzerrung hervorruft, so ist die Verzerrung in beiden Fällen genau gleich groß. Ein Unterschied besteht infolge der Verschiedenheit der Stromrichtung nur insofern, als beim dreiphasigen Anschluß zwei Spannungen kleiner, eine größer ist, beim einphasigen Anschluß zwei Spannungen größer, eine kleiner. Der Unterschied der Spannungen ist jedoch der gleiche. Auch die Rückwirkung auf die speisenden Synchronmaschinen ist dieselbe. In beiden Fällen entsteht ein Einphasenfeld gleicher Größe, das die gleichen zusätzlichen Verluste in den massiven Teilen bzw. in der Dämpferwicklung hervorruft. Es ist daher erklärlich, daß trotz des sogenannten dreiphasigen Anschlusses ein Schweißtransformator für 180 A im Anschluß an einen im Verhältnis sehr großen Transformator von 800 kVA noch die beträchtliche Spannungsverzerrung von 200, 200, 225 V hervorruft. Es ist somit nur eine überflüssige Komplikation und Vertreibung, wenn das Schweißgerät für dreiphasigen Anschluß ausgebildet wird, da der einfachere, leichtere und billigere Lichtbogenschweißtransformator für rein einphasigen Anschluß in bezug auf die Rückwirkung auf das die Anlage speisende Netz dieselben Verhältnisse ergibt.

## Rundschau.

### Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Kraftwerk **Plotino** der Officine Elettriche Ticinesi S. A., Bodio, nützt 330 m Gefälle des Tessin oberhalb des Kraftwerkes Biaschina aus. Auf Grund 20jähriger Beobachtung wurde das Werk für eine Wassermenge von  $24 \text{ m}^3/\text{s}$ , verteilt auf drei Maschinensätze, von denen zwei fertiggestellt sind, gebaut. Das Werk verfügt derzeit über eine an den Turbinenwellen verfügbare Leistung von etwa 44 000 kW, entsprechend einer Jahreserzeugung von rund 290 Mill. kWh bei vollem Ausbau. Das Stauwerk besteht aus zwei mit Doppelschützen verschließbaren Öffnungen von 10 m

Breite und 5,5 m lichter Höhe. Die oberen Tafeln sind für eine durch Schwimmer gesteuerte elektroautomatische Betätigung eingerichtet, durch welche das Stauziel bei veränderlicher Belastung oder Wasserführung gewahrt werden kann. Durch das Stauwerk wurden im Tessinbett  $10\,000 \text{ m}^3$  an Speicherraum zur Deckung kurzer Belastungsspitzen gewonnen. Oberhalb des Stauwerkes befindet sich der Grobrechen mit 30 mm Rechenweite, an den sich ein 90 m langer Dufourscher Entsander<sup>1)</sup> im Berginneren anschließt, in welchem bei

<sup>1)</sup> E. u. M. 39 (1921) S. 480; 40 (1922) S. 400, 482; 42 (1924) S. 585.

einer Wasserführung von 24 m<sup>3</sup>/s eine Wassergeschwindigkeit von 0,4 m/s auftritt, so daß alle Geschiebe bis 0,4 mm Korngröße ausgeschieden werden. Der anschließende 8,9 km lange Druckstollen von 2,9 bis 3 m Weite hat 3 vH Gefälle, sein Einlauf steht unter einem Druck von 7 m Wassersäule. Der Stollen durchfährt im Wesen auf seiner ganzen Länge Gneis, er ist mit einer wasserdichten Betonverkleidung von 15 cm Stärke versehen. Er mündet in ein Sanduhrwasserschloß, dessen Hals 4,5 m Weite besitzt. Seine untere Kammer ist für eine plötzliche Belastungszunahme von 50 auf 100 vH bemessen, seine obere Kammer für eine plötzliche Entlastung von 100 vH. Von den anschließenden drei projektierten Druckrohrleitungen wurden bisher nur zwei ausgeführt, die bei je 560 m Länge im Freien mit einer größten Neigung von 165 vH verlegt wurden. Die Stränge verzüngen sich nach unten von 1,55 auf 1,3 m Weite, so daß sich bei größter Schluckfähigkeit einer Turbine von 8,4 m<sup>3</sup>/s eine Wassergeschwindigkeit von 4,4 bzw. 6,3 m/s ergibt. Die Blechstärken betragen 8 bis 25 mm. Bis 21 mm Wandstärke wurden die Rohre autogen, darüber mit Wassergas geschweißt. Die Verbindung der einzelnen Schüsse erfolgte an Ort und Stelle durch elektrische Schweißung. Zur Verlegung der Leitung diente eine Seilbahn, deren 16 t-Winde sich in der Apparatenkammer befindet, die für jeden Strang eine hand- und eine automatischgesteuerte Drosselklappe enthält. Das 60 m lange, 14 m breite und 20 m hohe Maschinenhaus liegt etwa 100 m oberhalb der Wasserfassung des Kraftwerkes Biaschina, es ist für drei Maschinensätze bemessen und enthält einen Montageraum, in den das Anschlußgeleise führt; es wird von einem 70 t-Kran bestrichen. Die Turbinen wurden bei einer spezifischen Drehzahl von 96 als vertikale Francis-Turbinen mit 750 U/min ausgeführt, sie können aber auch mit 630 U/min laufen. Beim Höchstgefälle von 330 m, übrigens dem höchsten bisher bei Francis-Turbinen verwendeten Gefälle, schluckt jede Turbine 8,4 m<sup>3</sup>/s und erzeugt 24 000 kW. Der günstigste Wirkungsgrad beträgt 92 vH. Zwischen Turbine und Generator ist zur Erleichterung der Demontierung eine Zwischenwelle eingeschaltet. Jeder Turbine ist ein Kugelschieber von 1 m Weite vorgeschaltet, jede besitzt einen Druckregler. Die Spiralgehäuse sind aus Stahlguß, die Laufräder aus Spezialbronze. Die Generatoren sind für eine Leistung von je 23 000 kVA bei  $\cos \varphi = 0,8$ , für 8200 V und eine Durchgangsdrehzahl von 1380 U/min gebaut. Sie gestatten eine dauernde Belastung mit 26 000 kVA bei  $\cos \varphi = 0,9$ . Die Anker haben 1855 m Durchmesser, die Statorn 1,9 m Bohrung. Die Rotoren haben ein Gewicht von 50 t, ihr Schwungmoment beträgt 80 tm<sup>2</sup>. Über den 110 t-Spurlagern sind die 165 kW-Erregermaschinen und darüber Hilserregermaschinen angeordnet. Bei  $\cos \varphi = 0,8$  betragen die Wirkungsgrade bei 50 Hz (750 U/min) 97 vH, bei 42 Hz (630 U/min) hingegen 97,3 vH. Zwischen dem Auslaufe des Kraftwerkes und der Wasserfassung Biaschina ist die Schaffung eines Ausgleichbeckens mit einer Spiegelschwankung von 3 m geplant. Die erzeugte Energie wird mit 150 kV einerseits an das Kraftwerk Biaschina abgegeben, andererseits soll, um die nördlichen Absatzgebiete zu erschließen, eine Übertragungsleitung über das Gotthardmassiv errichtet werden, deren Masten jedoch für eine spätere Spannung von 350 kV bemessen werden. <sup>3)</sup>

(Bull. SEV 23 (1932) S. 661.)

**Der Umbau eines älteren Dampfkraftwerkes zu einem Spitzenwerk.** Von R. N. Tweedy. Das Pigeon House-Werk in Dublin mit 31 000 kW Maschinenleistung (3 × 5000 kW, 2 × 3000 kW und 1 × 10 000 kW) hatte durch den Bau des Shannonwerkes<sup>1)</sup> wohl an Bedeutung für die Stromversorgung von Dublin und von Irland verloren; da aber bald nach der Inbetriebsetzung des Shannonwerkes die Spitzenlast stark anstieg, lag es nahe, das Pigeon House-Werk weiter als Spitzenwerk in Betrieb zu belassen. Zur Deckung plötzlich auftretender Spitzen wurden die vier neuesten B. & W.-Kessel für 175 at und 370° mit Ölfuerungen zur raschen Inbetriebsetzung

und zur Erhöhung der Dampflieferung auf je 124 t/h ausgerüstet, außerdem wurde ein Elektro-Dampfkessel, Bauart Penzold (AEG), für 2500 kW und 5000 V mit Regelung der Stromaufnahme durch Änderung des Wasserstandes aufgestellt, der 31 t/h Satteldampf von 175 at liefert und mit Überschußstrom aus dem Shannonwerk gespeist wird. Der Hauptzweck dieses Kessels ist, das Dampfleitungsnetz ständig warm zu halten, und auch nur bei halbjährigen Betrieb werden sich die Anlagekosten des Kessels in 18 Monaten amortisieren. Da aber der Elektrokessel nur Satteldampf liefert, der in den ersten Stufen der vorhandenen Dampfturbinen nicht zugeführt werden kann, und somit für die 10 000 kW- und eine 5000 kW-Turbine nur die vier 175 at-Kessel, für die übrigen Maschinen aber nur die acht älteren 9 t/h-Kessel für 115 at und 345° zur Verfügung standen, konnte das Werk noch immer nicht plötzliche und steile Spitzen decken. Daher wurde außerdem noch ein Ruthsspeicher von 315 m<sup>3</sup> Inhalt (21,5 m Länge und 4,5 m Durchmesser) aufgestellt<sup>1)</sup>, der mit Dampf von 315...14 at gefüllt werden kann und der ausreicht, um die 10 000 kW-Turbine bei 3750 kW Belastung, mit Spitzen bis 5000 kW, während 90 min mit Dampf zu versorgen. Die Regelung dieser Turbine ist dabei so umgebaut worden, daß sie bei Vollast gleichzeitig mit Frischdampf von 175 at und 370° und mit Speicherdampf beaufschlagt werden kann, wobei sich die Leistung zu gleichen Teilen auf die beiden Dampflieferer verteilt. Damit ist also das Werk in der Lage 1. Überschußstrom für die Dampferzeugung zum Warmhalten der Leitungen und zum Speisen des Speichers auszunutzen, 2. Spitzen sofort aus dem Speicher zu decken und inzwischen die ölfuehrten Kessel in Betrieb zu nehmen und 3. auch die älteren Kessel zur Speicherdampferzeugung heranzuziehen. Überdies konnte die Anschaffung neuer Kessel vorläufig entfallen und schließlich wurde die Ausnutzung des Grundlastwerkes und der Übertragungsleitungen verbessert. —k.

(El. Rev. 112 (1933) S. 117.)

#### Elektrische Maschinen, Transformatoren.

##### Dynamische Bremsung von Synchronmaschinen.

Von C. E. Kilbourne und I. A. Terry. Die Bremsung von Synchronmaschinen durch Phasenumkehr (Umkehrung des Drehsinnes der an die Ankerwicklung angelegten Spannung) bringt verschiedene Schwierigkeiten mit sich: Sehr starke Stromstöße; kleines Bremsmoment und entsprechend lange Bremsdauer; Empfindlichkeit auf rechtzeitige Abschaltung der Maschine vom Netz (Gefahr der Drehrichtungskehr!). Diese Mängel werden bei der „dynamischen Bremsung“ vermieden, bei der die Ankerwicklung unter voller Aufrechterhaltung der Erregung vom Netz abgetrennt und über einen äußeren Widerstand kurzgeschlossen wird. Die Vorgänge bei der Bremsung lassen sich rechnerisch mit genügender Genauigkeit verfolgen.

Setzt man die im Ohmschen Widerstand vernichtete elektrische Energie gleich der Energieabnahme der umlaufenden Massen infolge der Drehzahlverringerng, so erhält man für die augenblickliche Umdrehungszahl der Maschine einen geschlossenen Ausdruck, durch dessen Integration sich dann die Gesamtzahl der Umdrehungen von Beginn der Bremsung bis zum Stillstand ergibt:

$$N_s = \frac{n_s \cdot A}{30 e_d^2 \cdot r} \left\{ r^2 + \frac{x_d'^2}{3} - r^2 \left( \frac{x_d'}{x_q} - 1 \right)^2 \left( 1 - \frac{r}{x_q} \operatorname{ctg} \frac{x_q}{r} \right) \right\}.$$

Dabei bedeutet:

- |  |   |
|--|---|
| $n_s$ die minutliche Umdrehungszahl der Maschine vor Beginn der Bremsung,        |   |
| $A$ die in den Schwungmassen aufgespeicherte Energie in kW pro kVA Nennleistung, |   |
| $r$ den Ohmschen Widerstand des Kurzschlußkreises,                               |   |
| $x_q$ die synchrone Querreaktanz der Maschine,                                   | In Vielfachen von $\frac{E_{\text{nenn}}}{J_{\text{nenn}}}$ |
| $x_d'$ die asynchrone Längsreaktanz der Maschine                                 |   |

<sup>1)</sup> W. Hahn, E. u. M. 48 (1930) S. 301.

<sup>1)</sup> E. u. M. 49 (1931) S. 143.



$e_d'$  die Erregung hinter der asynchronen Längsreaktanz in Vielfachen der Nennspannung  $E_{\text{nenn}}$ .

Die kürzeste Bremsdauer erhält man bei  $r = \frac{x_d'}{\sqrt{3}}$ .

Ein Vergleich der Bremszeiten für den Fall eines 1000 PS-Motors,  $\cos \varphi = 1.0$ , ergibt bei verschiedenen Nenndrehzahlen  $n$ :

$n$ U/min	Phasenumkehr	Bremsdauer in sek bei dynamischer Bremsung
1200	1.72	0.98
600	1.21	0.95
300	1.28	1.05
150	1.45	1.24
72	1.87	1.56

Oszillographische Aufnahmen von ausgeführten Bremsversuchen bestätigen die Richtigkeit der durchgeführten Berechnungen. Dr. B. g.

(Trans. A. I. E. E. 51 (1932) S. 1007.)

**Zylindrische Kühlkörper aus Wellblech im Transformatorbau.** Von J. Drabeck, Nürnberg. Bis etwa 75 kW, bei Höchstspannungen etwa 100 kW, läßt sich die Verlustwärme noch mit einem Wellblechkessel abführen. Um auch größere Leistungstransformatoren für natürliche Kühlung verzusehen, werden Radiatoren nach dem Muster der Großoberflächenkühler ausgebildet. Die SSW haben eine neue Bauform mit Wellblechzylindern durchgebildet. Es wurde ein Einheitsselement geschaffen mit je drei Zylindern für insgesamt etwa 7 kW. Die Rippen sind strahlenförmig am Umfang angeordnet. Luftseitig entstehen Wellentäler von trapezförmigem Querschnitt. Bei dieser Form können am innern Kreis die Wellen nahe zusammengebracht werden, ohne daß der Luftstrom gehemmt und die Kühlwirkung vermindert wird. Am Kesselumfang werden so viele solcher Einheitsselemente angebracht, daß die notwendige Kühlfläche hervorgebracht wird. Dem Abstände der einzelnen Kühlkörper voneinander kommt wärmetechnisch keine praktische Bedeutung zu, da bereits beim einzelnen Kühlkörper auf eine ungehinderte Ausbildung des Kühlstromes Rücksicht genommen wurde. Als freistrahlende Fläche des Kessels mit den Kühlkörpern kommt die Einhüllungsfläche um den Kessel mit den Kühlkörpern in Betracht. Die äußere Schlitzweite bei Kühlkörpern über 1 m Höhe muß mit Rücksicht auf die Luftströmung mindestens 30 mm betragen. S. q. z.

(Siemens-Z. 12 (1932) S. 44.)

### Sicherungseinrichtungen.

**Ein Differentialrelais mit Sperrglied** beschreibt F. Geis. Die Schwierigkeiten beim Differentialschutz von Transformatoren sind bekannt<sup>1)</sup>; ungleiche Kennlinien der Wandler verursachen nur bei höherer Sättigung Unterschiede zwischen Transformator- und Wandlerübersetzungsverhältnis, bei jeder Sättigung Ausgleichströme über das Differentialrelais, welche bei äußeren Kurzschlüssen so anwachsen, daß sie zu Fehlabstellungen führen. Bei der beschriebenen Ausführung wird jedem Differentialrelais ein dynamometrisches Sperrrelais zugeordnet, dessen beide Spulen einzeln die vom Differentialrelais verglichenen Wandlerströme führen und das die Auslösung dann sperrt, wenn diese beiden Ströme gleichgerichtet sind, das heißt der Fehler außerhalb des Schutzbereiches liegt (außerdem müssen diese Ströme das 1.5fache ihres Nennwertes übersteigen; darunter sind Fehlauslösungen ohnedies nicht zu befürchten). Bei Doppelerdschlüssen, wo nur eine Fehlerstelle im Schutzbereich liegt, spricht der Differentialschutz in jener Phase an, die im Schutzbereich an Erde liegt. Die Sperrrelais können als Überstromrelais verwendet und mittels eines besonderen Zeitrelais in den Staffelman der Anlage eingeordnet werden. Bei Mehrwicklungs-transformatoren kann durch mehrere Sperrrelais die gleiche Funktion einwandfrei erzielt werden; ebenso läßt sich ein Sammelschienenschutz herstellen. — i —.

(Siemens-Z. 12 (1932) S. 413.)

<sup>1)</sup> Vgl. E. u. M. 48 (1930) S. 372; vgl. a. 50 (1932) S. 711.

### Meßkunde.

**Fehlerkorrektur bei indirekten wattmetrischen Messungen.** Von R. Nierenberger. Die durch die Verwendung von Transformatoren bei wattmetrischen Messungen bedingte Fehlergröße ist gegeben durch

$$\lambda = \frac{P_2 - P_1}{P_1}, \text{ wo } P_1 \text{ und } P_2 \text{ die jeweiligen Leistungs-}$$

werte auf der Primär- bzw. Sekundärseite bedeuten. (Übersetzungsverhältnis der Einfachheit halber gleich 1 gesetzt.) Durch Umformung erhält man für den Höchstausschlag des Wattmeters  $\lambda_{\text{max}} = \epsilon_m \cos \varphi - \frac{\delta_m}{34.4} \sin \varphi$ ,

gültig für alle vorkommenden Phasenverschiebungen  $\varphi$ .

Wenn nun  $\epsilon_i = \frac{J_2 - J_1}{J_1} \cdot 100$  den Transformationsfehler des Stromes ( $J_1$  Primär-,  $J_2$  Sekundärstrom) bedeutet

und  $\epsilon_u = \frac{U_2 - U_1}{U_1}$  den Transformationsfehler der Spannung ( $U_1$  Primär-,  $U_2$  Sekundärspannung) darstellt, so

ergibt sich  $\epsilon = \epsilon_u + \epsilon_i$  als Gesamtfehler;  $\epsilon_m$  ist der Gesamtfehler für Vollast, sowie  $\delta_m = \delta_i - \delta_u$  der Fehlwinkel bei Vollast. ( $\delta_i$  Fehlwinkel des Strom- und  $\delta_u$  des Spannungstransformators.) Zunächst sei angenommen, der Fehler des Spannungstransformators sei der Einfachheit halber  $= 0$ ; der Fehler des Stromtransformators  $\epsilon'$  und sein Fehlwinkel  $\delta'$  seien in „reduzierten“ Werten ausgedrückt, das ist  $\epsilon' = \epsilon \frac{J}{J_n}$  und  $\delta' = \delta \frac{J}{J_n}$ , worin  $J$  der

mit den entsprechenden Fehlern  $\epsilon$  und  $\delta$  gemessene Strom und  $J_n$  der normale Strom ist, somit wird  $\lambda = \epsilon' \cos \varphi - \frac{\delta'}{34.4} \sin \varphi$ . Hiemit ist eine einfache, sowohl für große

Phasenverschiebungswinkel als auch für  $\cos \varphi = 0$  exakt gültige, besonders für Zählereichungen wichtige Korrektionsformel gegeben. Die „reduzierten“ Werte  $\epsilon'$  und  $\delta'$  können ein für allemal bestimmt werden. Dr. M.

(Rev. Gén. de l'El. 33 (1933) S. 177.)

### Verlustmessung bei Hg-Dampf-Gleichrichtern.

Von St. Widmer. Die einem Gleichrichter zugeführte Leistung wird mit Wattmetern, die man in die einzelnen Anodenkreise einbaut, als Mittelwert der Produkte aus den Momentanwerten des Anodenstromes und der entsprechenden Spannung gemessen, und die abgegebene Leistung mit Gleichstrominstrumenten oder Wattmetern bestimmt. Den bisherigen Verfahren haften jedoch Fehler und Unsicherheiten an, zu deren Vermeidung ein neues Wattmeterverfahren mit doppelphasigen Stromwandlern — BBC-Verfahren — vorgeschlagen wird. Bei den bisherigen indirekten Wattmeterverfahren werden die normalen Wattmeter, die einen Höchststrombereich von 400 A haben, wegen der bei Gleichrichtern vorkommenden Stromstärken von mehr als 1000 A über Stromwandler angeschlossen, wobei die Spannungsspule zwischen Anode und Transformatornullpunkt gelegt wird. Da die Gleichstromkomponente des Anodenstromes eine magnetische Vorsättigung des Stromwandlers bewirkt, so wird der Anodenstrom nicht in voller Größe und richtiger Form übertragen. Dem begegnet das BBC-Verfahren dadurch, daß die Anodenströme zweier um  $180^\circ$  verschobener Phasen in entgegengesetztem Sinne um den Kern des Stromwandlers geführt werden, wobei dann eine dritte Wicklung desselben Stromwandlers mit entsprechendem Übersetzungsverhältnis an die Stromspule des Wattmeters angeschlossen wird. Man erzielt hiedurch eine Kompensation der Gleichstromkomponenten der pulsierenden Anodenströme. Zur Messung der den üblichen 6-Phasengleichrichtern (mit 6, 12, 18, 24 und mehr Anoden) zugeführten Leistung benötigt dieses Meßverfahren nur drei Spezialstromwandler und nur drei normale Wattmeter für 5...10 A. Bei der Messung von zwölf oder mehr Anoden erhält jeder Stromwandler primär nur entsprechend mehr Wicklungen. Da nicht alle Anoden den gleichen Strom führen, mußte bisher in jede Anodenleitung ein Meßgerät geschaltet werden. Bei Wirkungsgradbestimmungen über eine längere Zeitspanne ersetzen Wattstundenzähler die Wattmeter. Dr. M.

(A. T. M. Arch. techn. Mess. 2 (1933) Lfg. 20.)

### Leitungen und Leitungsbau.

**Entwicklung der Starkstromleitungen in Ungarn in den Jahren 1929–31<sup>1)</sup>.** (Aus den Veröffentlichungen des Kgl. ung. Handelsministeriums.) Wenn auch i. J. 1929 und 1930 ein Rückgang der Bautätigkeit zu verzeichnen war, so zeigt das Jahr 1931 trotz der schweren Wirtschaftskrise eine bedeutende Wiederbelebung im Leitungsbau. Die Entwicklungsdaten seit 1928 sind in Tafel I wiedergegeben.

Tafel I.

Jahr	Dreiphasen- strom	Einphasen- strom	Gleichstrom	Zusammen
	K i l o m e t e r			
1928	1900	42	44	1986
1929	1591	34	13	1638
1930	1232	86	12	1331
1931	1761	37	16	1814

(Die Angaben für das Jahr 1931 enthalten 124,5 km der 100 kV-Fernleitung der Ungarischen Transdanubischen Elektrizität A. G.)

In den Berichtsjahren waren für Freileitungen und Kabel folgende Spannungsstufen vorherrschend (der Leitungslänge nach geordnet).

1929 Volt	1930 Volt	1931 Volt
380/220	380/220	380/220
20 000	20 000	20 000
15 000	5 000	30 000
3 000	15 000	100 000

Die Leitungen werden immer mehr für Normalspannungen ausgelegt. Seitdem i. J. 1927 eine Spannungsstufe von 20 kV eingesetzt wurde, sind i. J. 1928 bereits 93,4 vH, 1929 95,1 vH, 1930 91,8 vH und 1931 92,8 vH der Leitungen für Normalspannungen ausgelegt worden; abnormale Spannungen sind nur bei Erweiterungsbauten bestehender Netze zulässig. — Sämtliche Neuanlagen sind für 50 Hz errichtet worden, 42 Hz-Leitungen ausschließlich als Erweiterung solcher Anlagen, bei denen der Übergang auf 50 Hz nicht möglich war. 1931 waren 90,6 vH aller Leitungen für 50 Hz bestimmt.

E. W.

**Der elektrische Sicherheitsgrad in Mittelspannungsnetzen.** Von H. Müller. Die Abstufung des elektrischen Sicherheitsgrades elektrischer Anlagen, wobei Freileitungen und Schaltanlagen verschieden hoch isoliert werden sollen, ist eine in der letzten Zeit öfter behandelte Frage. Während es sich aber zunächst nur um eine entsprechend verschiedene Festsetzung der Überschlagnspannung zu behandeln scheint, ergeben sich beim genauen Durchforschen eine Reihe von Schwierigkeiten. Zunächst ist der zeitliche Verlauf der Überspannung für die Höhe der Überschlagnspannung von wesentlicher Bedeutung. Dann ist auch die Überschlagnverzögerung davon maßgebend beeinflusst. Es ergibt sich nun die Aufgabe, für die Isolatoren der Freileitung und der Anlagen Typen zu finden, welche bei allen praktisch in Frage kommenden Überspannungsformen die gleiche Abstufung des Sicherheitsgrades zeigen. Der Verfasser hat eine große Zahl von Isolatoren der Reihen 10, 20 und 30 mit verschiedenen Spannungsarten untersucht und gibt die Versuchsergebnisse bekannt, aus welchen einige Zusammenstellungen von Freileitungsisolatoren, Stützern und Durchführungen sich finden lassen, die bei den in Frage kommenden Überspannungsarten (Normalfrequenz und Stoßspannungen mit verschiedener Zeitkonstante des Rückens) die gleichen Abstufungen aufweisen. Eine Abstufung nach der Überschlagnverzögerung ist wegen der allzu großen Streuung der Ergebnisse nicht möglich und auch die Überschlagnwerte selbst streuen so, daß empfohlen wird, solche Untersuchungen stets parallel an den zu vergleichenden Isolatoren vorzunehmen.

— i —  
(ETZ 54 (1933) S. 225.)

<sup>1)</sup> Vgl. den Bericht über das Jahr 1928, siehe E. u. M. 48 (1930) S. 575.

### Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

**Zweikraft-Kleinlokomotive der Deutschen Reichsbahngesellschaft.** F. Witte beschreibt eine bei der Reichsbahn neu eingeführte Kleinverschublokomotive, deren Triebmotoren von einem benzin elektrischen Aggregat, bestehend aus einem 23 PS-Benzinmotor und einer 13 kW-Gleichstrom-Gegenkompendynamo, und von einer Akkumulatorenbatterie in Parallelschaltung gespeist werden. Die Batterie hat dabei vornehmlich die Leistungsspitzen beim Verschubdienst zu decken, während das Benzinaggregat den mittleren Leistungsbedarf der Lokomotive befriedigt und bei unterbelasteten oder ausgeschalteten Triebmotoren die Batterie nachladet. Sowohl Benzinaggregat als auch Batterie können somit wesentlich kleiner gewählt werden als es für den Betrieb mit einer dieser beiden Kraftquellen allein notwendig wäre. Die beiden Achsen der Lokomotive, deren Rahmen elektrisch geschweißt hergestellt ist, werden von zwei Bahnmotoren mit je 24,5 kW Einstundenleistung über Ketten und Zahnräder angetrieben. Die Triebmotoren besitzen außer der Serienerregung auch Nebenschlußfeldspulen, die eine Verstärkung bzw. Schwächung der Serienerregung bewirken können und dadurch die Anzahl der widerstandlosen Fahrstellungen erhöhen. Relais und Stromzähler machen den Führer auf eine rechtzeitige Ein- und Ausschaltung des Benzinaggregates aufmerksam. Eingehende Versuche mit der Lokomotive haben unter anderem gezeigt, daß von den vom Benzinaggregat insgesamt erzeugten kWh nur zirka  $\frac{1}{3}$  an die Batterie, dagegen  $\frac{2}{3}$  direkt an die Triebmotoren abgegeben werden, so daß wegen der nur zum geringen Teil benötigten Energieumwandlung über die Batterie der Wirkungsgrad der Lokomotive hoch ist.

B. G.

(Verkehrstechnik (1933) S. 171.)

**Akkumulatorentriebwagen der französischen Südwestbahn.** L. Pahn beschreibt die auf meterspurigen Nebenstrecken an Stelle von Dampfzügen tretenden Wagen mit zwei zweiachsigen Drehgestellen und 40 Sitzplätzen. Von 341 t Gesamtgewicht entfallen 11,8 t auf eine Panzerplattenbatterie von 135 Zellen mit einer Kapazität von 800 Ah bei fünfstündiger Entladung. Jeder Motorwagen ist mit 4 Compoundmotoren von je 50 PS Einstundenleistung ausgerüstet, die Nutzbremmung bis herab zu einer Fahrgeschwindigkeit von 8 bis 10 km/h gestatten. Die Motoren werden in Serie und parallel geschaltet. Die Durchführung der Schaltung der Motorstromkreise erfolgt indirekt mittels elektromagnetischer Hüpfen. Die Motorwagen besitzen 50 bis 60 km/h Höchstgeschwindigkeit; der erste Wagen der Bestellung legt im Tag im regelmäßigen Betrieb mit bis zu drei Anhängewagen von je 12 t 108 km zurück, doch würde die Batterie noch wesentlich längere Fahrten gestatten. Bei einer Probefahrt des ersten Motorwagens mit einem Zugsgewicht von 57,6 t, die über eine Strecke von 97 km und zurück mit je 25 Aufenthalten und Steigungen bis zu 22 vT führte, wurde eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 35 km/h und eine Reisegeschwindigkeit von 30 km/h erreicht. Der gesamte Stromverbrauch betrug dabei 587 Ah. (Dieser Verbrauch, der trotz der vielen Anfahrten einem Leistungsverbrauch von nur rund 13 Wh/tkm entspricht, ist, anscheinend durch die Nutzbremseinrichtung bedingt, bemerkenswert niedrig. Anm. d. Ber.)

B. G.

(La traction électrique 3 (1932) S. 131.)

### Fernmeldetechnik.

**Sicherungs- und Fernsteuerungsanlage für Pumpenmotoren.** Zur Verbindung eines städtischen Wasserwerkes mit mehreren anspeisenden Pumpwerken empfiehlt A. Hartz ein dreiadriges Signalkabel, das alle Werke nacheinander durchzieht. Zwei Adern sind zur Abgabe der Störungs- und Wächtermeldungen von Ruhestrom (gespeist durch eine 12 V-Batterie) durchflossen (Schleifenkreis); durch einen zweiten Stromkreis (Frequenzkreis), gebildet durch die Schleifenleitung und Erde, werden Ströme verschiedener Frequenz gesendet, diese erregen Relais in einem dritten Stromkreis (Bedienungskreis), der aus der dritten Ader und Erde gebildet

wird. Die Wächterkontrollmelder in den Pumpwerken werden vom Aufsichtspersonal ausgelöst. Sie besitzen mit Federwerk betriebene Typenscheiben, Auslösen und damit Aufziehen erfolgt mittels Schlüssels. Die Typenscheiben sind mit einer Anzahl von Einschnitten versehen, wodurch beim Ablaufen Kontakte geöffnet und geschlossen werden. Durch einen Widerstand parallel zu den Kontakten wird der Ruhestrom des Schleifenkreises entsprechend den Einschnitten geschwächt. Im Wasserwerk spricht ein Relais auf diese Impulse an und bewirkt hiedurch Registrieren der Meldenummer und des Zeitpunktes der Meldung. Nach gleichem Prinzip arbeiten auch die durch ein Nullspannungsrelais des Pumpenmotors ausgelösten Störungsmelder, nur enthalten diese keinen Stromschwächungswiderstand und bewirken daher zum Unterschied gegenüber den Wächterkontrollmeldern Stromunterbrechungen im Schleifenkreis. Außer Registrierung wird auch ein Alarmsignal im Wasserwerk durch ein Fallklappenrelais bewirkt. Mit dem Störungsmelder ist ein Fernsprecher mit Ruftaste kombiniert zwecks telephonischer Verbindung der Pumpstation mit dem Wasserwerk. Zur Abgabe von Kommandos an die einzelnen Pumpenstationen werden aus einem drehzahlgeregelten Umformer im Wasserwerk Wechselströme in den Frequenzkreis gesendet, so daß das auf eine bestimmte Frequenz abgestimmte Relais des gerufenen Werkes anspricht. Durch diese werden diverse Relais des Bedienungskreises freigegeben, von denen das gewünschte durch Anlegen des + oder - Poles einer Batterie, höherer oder niedriger Spannung an die dritte Ader des Signalkabels erregt wird. Auf diese Weise kann das Pumpwerk angerufen werden, worauf der Beamte durch den Fernsprecher im Störungsmelder sich mit dem Wasserwerk in Verbindung setzt, ferner werden so Pumpenaggregate vom Wasserwerk aus in- und außer Betrieb genommen. Auf der Welle der Pumpenmotoren ist ein Kontakt angebracht, der bei jeder Umdrehung eine Stromschwächung im Bedienungskreis hervorruft, so daß mittels Telefon das Laufen des Aggregates überhört werden kann.

— h w —  
(Siemens-Z. 13 (1933) S. 48.)

**Elektrodynamischer Bandverstärker.** M. Wald entwickelte einen Verstärker nach dem elektrodynamischen Prinzip, welcher nur Ströme eines verhältnismäßig engen Frequenzbandes verstärkt, hauptsächlich zur Anwendung auf die Tonfrequenztelegraphie, wo der Bandverstärker mit Vorteil die Siebketten und Verstärkerröhren an der Empfangsseite ersetzen kann. Der Grundgedanke des elektrodynamischen Bandverstärkers ist der folgende: Im Felde  $\Phi$  einer mit Wechselstrom bestimmter Frequenz (Mitte des zu verstärkenden Frequenzbandes) gespeisten festen Spule befindet sich eine mechanisch richtkraftlose, frei bewegliche Drehspule. An den Klemmen der Drehspule sei ein Scheinwiderstand  $Z$  angeschlossen, dessen Blindkomponente induktiv ist. Die Drehspule wird sich dann so einstellen, daß in ihr keine Spannung vom Wechsel Felde  $\Phi$  induziert wird und bei mechanischer Ablenkung aus dieser induktionsfreien Mittellage werden die elektrodynamischen Kräfte die Drehspule zurückzutreiben suchen. Diese elektrodynamische Richtkraft ergibt mit dem Trägheitsmoment der Drehspule eine Eigenschwingungszahl, welche die Breite des Frequenzbandes bestimmt. Es soll nun dem Stromkreis der Drehspule eine äußere EMK aufgedrückt werden. Wir unterscheiden dann drei Fälle: a) Der von dieser EMK allein herührende Stromanteil  $i_F$  (Fernstrom) hat gleiche Frequenz und Phase wie das Wechsel Feld. Die Drehspule wird aus der Ruhelage abgelenkt und es entsteht in ihr infolge der Verkettung mit dem Wechsel Felde ein Stromanteil  $i_{ind}$ , dessen Amplitude mit dem Ablenkungswinkel  $\alpha$  proportional ist und um  $90^\circ + \varphi$  gegen  $\Phi$  phasenverschoben ist. Die Ablenkung erfolgt so weit, bis der resultierende Strom  $i_{res} = i_F + i_{ind}$  um  $90^\circ$  in der Phase gegen das Wechsel Feld  $\Phi$  verschoben wird. Dann ist das Drehmoment Null und die Drehspule ist im Gleichgewicht. Das Verhältnis  $\frac{i_{res}}{i_F}$  ergibt offenbar den Strom-

verstärkungsfaktor  $V_i$ . Bezeichnet man mit  $r$  bzw.  $x$  den Wirkwiderstand bzw. Blindwiderstand des Drehspulenstromkreises, so gilt:

$$V_i = i_{res}/i_F = \cotg \varphi = r/x.$$

Durch Wahl des Verhältnisses des Wirkwiderstandes zum induktiven Widerstand im Drehspulenstromkreis kann demnach der Stromverstärkungsfaktor beliebig eingestellt werden.

b) Der Fernstrom  $i_F$  ist mit  $\Phi$  frequenzgleich, doch gegen das letztere um  $90^\circ$  phasenverschoben. Da in diesem Falle kein Drehmoment entsteht, bleibt die Drehspule in der induktionsfreien Mittellage und es erfolgt keine Verstärkung des Fernstromes. Um eine von der Phasenlage des Fernstromes unabhängige Verstärkung zu erhalten, sind im Wechsel Felde der festen Spule zwei voneinander mechanisch unabhängige Drehspulen angeordnet, die so zusammengeschaltet werden, daß sie von um  $90^\circ$  phasenverschobenen Komponenten des Fernstromes durchflossen werden. Es wird dann die Summe der den beiden Drehspulen zu entnehmenden verstärkten elektrischen Leistungen von der Phasenlage des ankommenden Fernstromes unabhängig und diese Summenleistung wird dem Verbraucher zugeführt.

c) Die Frequenz des Fernstromes  $i_F$  ist von der des Wechsel Feldes verschieden. In diesem Falle werden die beiden Drehspulen eine schwingende Bewegung von der Differenzfrequenz  $\omega - \omega_F$  ausführen. Hierbei werden die vom Wechsel Felde in den Drehspulen induzierten Spannungen von der Frequenz  $\omega$  in ihrer Amplitude mit der mechanischen Schwingungsfrequenz  $\omega - \omega_F$  moduliert, wodurch als Kombinationsfrequenz  $\omega - [\omega - \omega_F]$  wieder die Frequenz  $\omega_F$  des Fernstromes entsteht, derart, daß eine frequenztreue Verstärkung des ankommenden Fernstromes stattfindet. Bei größer werdender Frequenzdifferenz werden wegen ihrer Trägheit die Winkelausschläge der Drehspulen und damit auch die Amplituden des verstärkten Stromes im Verbraucher immer kleiner, wodurch die Selektivität des Bandverstärkers gegeben ist.

M. W.

(ENT 9 (1932) S. 91.)

## Patentbericht.

### Elektrische Maschinen.

(Fortsetzung aus Heft 27, Seite 381.)

#### Umformer.

Bei Einankerumformern wurden zwecks Regelbarkeit der Gleichspannung neben den Hauptpolen angeordnete Zwischenpole verwendet, welche zum Teile die Feldform, zum Teile die Feldlage zu verändern hatten. Diese Zwischenpole waren bei der bisher üblichen Gleichstromabnahme am Kollektor mittels einfachen Bürstensatzes nicht nur auf die Wechselstromseite, sondern auch auf die Gleichstromseite induzierend wirksam. Nach einer Erfindung des Ing. Dr. techn. R. Meller, Amras, wird beiderseits der Zwischenpole eine Stromwendezone vorgesehen und ein doppelter Gleichstrombürstensatz verwendet, welcher zu zwei elektrisch voneinander getrennten Gleichstromnutzkreisen führt. Diese sind derart an den doppelten Bürstensatz angeschlossen, daß die Zwischenpole nur auf die Wechselstromseite induzierend einwirken können, wodurch beide Gleichstromkreise stets gleiche Spannung erhalten, auch wenn die Gleichspannung durch Feldverdrehung geregelt wird. (Ö. P. Nr. 131 522.)

Eine weitgehende Spannungsregelung von Einphasen-Einankerumformern kann nach einer Erfindung der C. Lorenz A.-G., Berlin (K. Blatt, Berlin), dadurch erreicht werden, daß der Anker eine Gleichstromwicklung und eine offene Zusatzwicklung trägt, deren eines Ende an einen mit dem Kommutator umlaufenden und auf ihm einstellbaren Kontakt angeschlossen ist, während ihr anderes Ende mit einem Schleifring verbunden ist. Der zweite Schleifring ist über einen gleichfalls verstellbaren Kontakt am Kollektor angeschlossen. (D. R. P. Nr. 557 124.)

Es ist bekannt, daß eine schnell einsetzende Überbelastung, beispielsweise ein Kurzschluß, an der Gleichstromseite eines Einankerumformers bisher gebräuchlicher Bauart Pendelungen bewirkt, die einen ungünstigen Einfluß auf die Stromwendung ausüben und zu deren Dämpfung man den Umformer gewöhnlich mit einem kurzgeschlossenen Dämpferkäfig versehen hat. Die ASEA, Västerås, hat nun gefunden, daß der direkte Einfluß eines solchen Dämpferkäfigs auf die Stromwendung unbedeutend, wenn nicht sogar ungünstig war, daß es aber möglich ist, den Dämpferkäfig so anzuordnen, daß er die Stromwendung bei derartigen Erscheinungen verbessert. Erfindungsgemäß werden zu diesem Zweck die zwischen den Hauptpolen liegenden Teile der Endverbindungen auf einer oder beiden Seiten in einer oder mehreren zusätzlichen Windungen um die Wendezone gelegt. Diese Schleifen liefern während des Ausgleichsvorganges dem Wendepol die richtige zusätzliche Erregung. (D. R. P. Nr. 564 814.)

Eine Erfindung der Siemens & Halske A.-G., Berlin und Wien (W. Graffunder), ermöglicht, bei der Umformung von Gleichstrom in Wechselstrom ohne mechanisch bewegte Teile auszukommen, zum Beispiel um den Wechselstrom zu verstärken. Es werden zwei genaue gleiche Transformatoren mit einer Gleichstromvormagnetisierung verwendet. Die von Wechselstrom konstanter Amplitude durchflossenen Primärwicklungen werden mit der Gleichstrommagnetisierungswicklung in Reihe, die Sekundärwicklungen aber gegeneinander geschaltet. Wird nun durch besondere Wicklungen der umzuformende Gleichstrom in solcher Richtung geschickt, daß er die Vormagnetisierung in einen Transformator erhöht, im anderen erniedrigt, so werden die Sekundärspannungen der beiden Transformatoren ungleich, also die in einem Transformator erhöht, in dem anderen erniedrigt, ihre Differenz ist also nicht mehr Null, sondern hat eine dem umzuformenden Gleichstrom proportionale Größe. (Ö. P. Nr. 126 482.)

(Schluß folgt.)

## Literaturberichte.

4727 **Einführung in die Metallographie.** Von Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. Paul Goerens. 6. Aufl. XV und 392 S., 4 Metallschliff-Aufnahmen in natürlichen Farben und 485 Abb. im Text. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1933. Preis geb. RM. 17.—.

Das Werk ist in drei Hauptteile gegliedert, und zwar: theoretischer Teil, praktischer Teil und Metallographie der technischen Eisensorten. — Im theoretischen Teil, dessen leicht faßliche Behandlung rühmend hervorzuheben ist, wurden die ternären Zustandsdiagramme eingehender behandelt. Die Realdiagramme der technisch wichtigen Systeme wurden dem jetzigen Stande der Wissenschaft entsprechend berichtigt und ergänzt. Der praktische Teil wurde gekürzt, dafür aber durch Beispiele moderner Apparatur ergänzt. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Metalluntersuchung und Metallforschung durch Röntgenstrahlen wurde auch ein neues Kapitel über Werkstoffuntersuchung durch Röntgenstrahlen aufgenommen; die zu metallographischen Untersuchungen notwendigen Einrichtungen werden eingehend besprochen. In der Metallographie der technischen Eisensorten ist durch Erweiterung der praktischen Beispiele die Wichtigkeit metallographischer Untersuchungen betont. Besonders erweiterte Behandlung erfuhr die Metallographie des Gußeisens.

Das Buch ist seinem ursprünglichen Zwecke, ein führendes Lehrbuch der Metallographie zu sein, auch in der neuen Auflage treu geblieben und kann jedem, der sich für das Gebiet der Metallographie interessiert, empfohlen werden. Auch die Ausstattung verdient volle Anerkennung. S p.

4721 **Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen, sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen,** berechnet und erläutert von Robert Hawelka, Assistent an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn. Im Auftrage des Elektrotechnischen Vereines E. V. in Berlin,

herausgegeben von Fritz Emde, Stuttgart, Verlag Vieweg, Braunschweig. Preis für Inländer RM. 9.—, für Ausländer RM. 10.— loko Versandstelle, wenn Bestellungen an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereines, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, II, gerichtet werden.

Diese Tafeln sind bei der numerischen Berechnung von Aufgaben aus der Wechselstrom- und Fernmeldetechnik von großem Nutzen, bei ihrer Benützung erweisen sie sich wegen der bequemen Einrichtung als einfach und zeitsparend. Man kann den Tafeln die Werte für die vier Kreisfunktionen, die vier Hyperbelfunktionen, sowie für ihre Umkehrungen unmittelbar entnehmen. Erläuterungen in deutscher, englischer und französischer Sprache geben eingehende Auskünfte über den Aufbau der Tafeln, zahlreiche Beispiele führen rasch in ihren Gebrauch ein. Ferner liegen in Form von Zeichnungen und Formeltabellen reichlich Mittel zur Rechenkontrolle bei, und zwar für sich herausnehmbar samt Hilfstafeln für die Interpolation, wodurch Zeit gespart und die Sicherheit der Manipulation erhöht wird. Literaturangaben über Tafeln der elementaren Transzendenten und Hilfsmittel für den Rechner, wie Tafelwerke, Rechenapparate, Formelsammlungen, Rechnungsformulare usw. erscheinen als willkommene Beigabe. Besondere mathematische Kenntnisse werden nicht vorausgesetzt. Bezüglich des Druckes und der Ausstattung genügt es, auf den Namen des Verlages zu verweisen. Förderung und Ansporn bei wissenschaftlichen Untersuchungen sind von diesem Tafelwerk mit Sicherheit zu erwarten; keine mathematische Büchersammlung, namentlich an den verschiedenen Lehr- und Forschungsanstalten, sollte sich die Gelegenheit entgehen lassen, das relativ billige Buch zu erwerben.

J. Ondraček.

## Vereins-Nachrichten.

### Persönliches.

Der Bundespräsident hat Ing. Friedrich Brock, Generaldirektor der Niederösterreich. Elektrizitätswirtschafts-A.-G. das Große Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich verliehen.

Hofrat Dr. Ing. h. c. Otto Titus Bláthy hat am 1. Juli d. J. das 50jährige Jubiläum seiner Tätigkeit bei der Firma Ganz & Co., Elektrizitäts-, Maschinen-, Waggon- und Schiffbau-A.-G. in Budapest begangen. Der Jubilar erhielt an seinem Festtage von der Elektrotechnischen Gesellschaft des In- und Auslandes die herzlichsten Glückwünsche und war Gegenstand besonderer Verehrung; auch der Elektrotechnische Verein in Wien hat sein Ehrenmitglied beglückwünscht.

Die Verdienste Hofrat Dr. Bláthys um die elektrotechnische Wissenschaft und Praxis sowie die Bedeutung seiner Arbeiten sollen in einem eigenen Aufsatz gewürdigt werden.

### Mitteilung an die Vereinsmitglieder.

Das Vortrags- und Exkursionskomitee unseres Vereines hat beschlossen, eine Exkursion zur Besichtigung des neuen Großsenders Bisamberg der Ravag zu veranstalten; mit Rücksicht auf die beginnende Urlaubszeit soll diese Exkursion jedoch erst nach dem 15. September d. J. stattfinden.

Der Sekretär: Ing. A. Marx e. h.

### Metallmarkt.

Berlin (Nach N. Fr. Presse) Mk. je 100 kg.

Kupfer	27. VI.	28. VI.	30. VI.	1. VII.	3. VII.
Electrolytic	60 1/2	62 1/4	60 3/4	60 1/2	61 1/2

London (Nach „Mining Journal“ v. 30. VI.) je t (1016 kg)

Kupfer:	Pf.	sh	d	Pf.	sh	d
Electrolytic	40	10	0	41	10	0
Wire bars	41	10	0	—	—	—
Blz:						
Engl. plg common	14	15	0	—	—	—