

# 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 34

Wien, 20. August 1933

51. Jahrgang

## Das Verhältnis von Primär- zu Sekundär-Blindleistung bei Hüllkurven-Umrichtern.

Von R. Feinberg, Berlin.

**Inhaltsübersicht:** Die grundsätzliche Wirkungsweise eines Hüllkurven-Umrichters wird erläutert und anschließend das Verhältnis von primärer zu sekundärer Blindleistung allgemein berechnet. Dieses ist umgekehrt proportional dem Frequenzverhältnis der Spannungen. Die primäre Blindleistung beteiligt sich nicht an der Übertragung der sekundären Blindleistung, wenn das Primärnetz ein Drehstromnetz ist.

### Einleitung.

Bekanntlich ist es bei einem Hüllkurven-Umrichter möglich, die vom Sekundärnetz angeforderte Blindleistung aus dem Primärnetz zu beziehen<sup>1)</sup>. O. Löbl weist darauf hin, daß der primäre Verschiebungsfaktor kleiner ist als der sekundäre und daß damit die primäre Blindleistung einen kleineren Wert hat als die sekundäre Blindleistung. (Löbl bezeichnet diese Erscheinung als positiven Blindleistungseffekt.) H. Meyer-Delius behandelt dieses Problem in einer Untersuchung am Beispiel des unendlich-phasigen Umrichters<sup>2)</sup>. In der vorliegenden Arbeit wird daselbe Problem nochmals aufgegriffen und in einer von der Meyer-Delius'schen abweichenden Form für den Hüllkurven-Umrichter mit endlicher Phasenzahl behandelt.

Es wird außerdem untersucht, inwieweit sich die primäre Blindleistung an der Übertragung von der durch die sekundäre Blindleistung bedingten Leistungspulsation beteiligt.

### Wirkungsweise des Umrichters.

Einen Hüllkurven-Umrichter, der beispielsweise zur Umformung von Drehstrom 50 Hz in Einphasenstrom  $16\frac{2}{3}$  Hz dient<sup>3)</sup>, zeigt Abb. 1 a. Der Umrichter ist in der Grundform dargestellt, bei der seine Wirkungsweise leicht zu übersehen ist. Das primäre Drehstromnetz  $a$  speist einen Transformator  $b$ , dessen 6phasige, in der Win-

dungszahl abgestufte Sekundärwicklung über paarweise gegensinnig parallelgeschaltete, gittergesteuerte Entladungsgefäße  $c$  an das sekundäre Einphasennetz  $d$  geführt wird. Die Entladungsgefäße wirken wie Schalter, die die Sekundärstränge 1...6 der Reihe nach für eine bestimmte Zeitdauer mit dem Netz  $d$  verbinden<sup>4)</sup>. Auf der Einphasenseite entsteht dadurch eine Spannung  $u$ , die sich stückweise aus Spannungsabschnitten

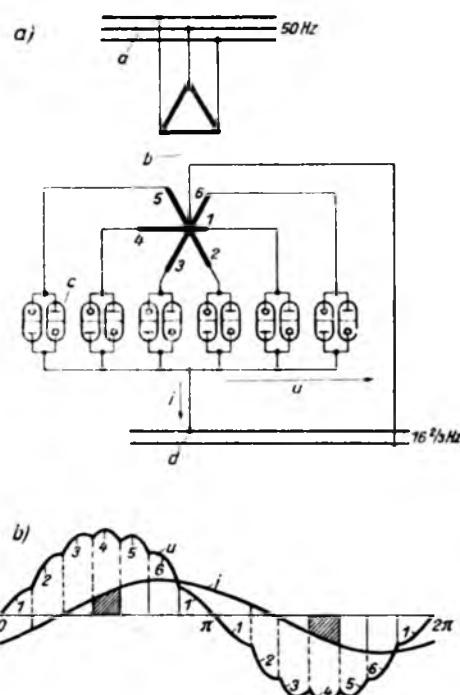


Abb. 1. Hüllkurven-Umrichter, System Löbl.

a) Grundsätzliches Schaltbild, b) Verlauf von Einphasenspannung und -strom.

der dreifachen Frequenz zusammensetzt (siehe Abb. 1 b).

Der Einfluß der in der Spannungskurve  $u$  enthaltenen Oberwellen auf die Kurvenform des gelieferten Einphasenstromes  $i$  ist, wie an anderer Stelle gezeigt wurde<sup>4)</sup>, nur geringfügig, wenn der Umrichter einen induktiven Verbraucher speist.

<sup>1)</sup> Vgl. O. Löbl, Bahnumrichter System Löbl/RWE, Elektr. Bahnen 8 (1932) S. 67; M. Schenkel, Eine unmittelbare asynchrone Umrichtung für niederfrequente Bahnen, Elektr. Bahnen 8 (1932) S. 69; H. Laub, Stromrichter, E. u. M. 50 (1932) S. 324; H. Meyer-Delius, Die Entwicklung des gittergesteuerten Quecksilberdampf-Gleichrichters zum Universalumformer, BBC Nachr. 19 (1932) S. 85.

<sup>2)</sup> H. Meyer-Delius, Die Strom- und Spannungsverhältnisse in Anlagen zur Umrichtung von Drehstrom 50 Hz in Einphasenstrom mit  $16\frac{2}{3}$  Hz, Elektr. Bahnen 8 (1932) S. 59.

<sup>3)</sup> System Löbl, vgl. H. Laub, I. c. S. 324.

<sup>4)</sup> Ausführliche Angaben s. R. Feinberg, Zur Theorie der Drehstrom-Einphasenstrom-Umformung mit Hüllkurven-Umrichtern, Arch. Elektrotechn. 27 (1933) H. 8.

Enthält das Einphasennetz eine eingeprägte, sinusförmig verlaufende Spannung, dann wird der Oberwelleneinfluß durch Zwischenschaltung einer Drosselpule unterbunden. In beiden Fällen ist somit  $i$  praktisch oberwellenfrei.

Die einander abwechselnde Anschaltung der Sekundärstränge 1...6 an das Sekundärnetz hat zur Folge, daß jeder Sekundärstrang einen entsprechenden Ausschnitt aus der Einphasenstromkurve führt. Abb. 1 b gibt diesen Vorgang wieder; die schraffierte Fläche bedeutet beispielsweise den Strom im Strang 4. Es ist dabei der Einfachheit halber angenommen, daß der Übergang der Stromführung von einem Strang zum folgenden in verschwindend kurzer Zeit vor sich geht, somit zu keinem Zeitpunkt zwei Stränge bzw. Entladungsgefäß gleichzeitig stromführend sind. Der Stromverlauf in jedem Sekundärstrang ist diskontinuierlich, ebenso auch der Stromverlauf in den Primärsträngen des Transfornators, der durch Abbildung der Sekundärströme unter entsprechender Berücksichtigung des jeweiligen Übersetzungswertes entsteht. Die dem Transfornator vom Drehstromnetz zufließenden Ströme weichen demgemäß nicht unerheblich von der Sinusform ab<sup>4)</sup>.

#### Bestimmung von Primär- und Sekundär-Blindleistung.

Der Umrichter wirkt also im Prinzip wie ein Schaltapparat, der die einzelnen Phasen des Drehstromnetzes wechselweise mit dem Einphasennetz verbindet. Die Folge davon ist einerseits die Erzeugung einer gewellten Spannungskurve auf der Sekundärseite des Umrichters und andererseits das Fließen von Strömen auf der Drehstromseite, die von der Sinusform abweichen. Zur Beantwortung der Frage nach der Blindleistung ist somit zuerst klarzustellen, was unter den vorliegenden Umständen die Blindleistung überhaupt bedeutet.

Bei einwelligen Strömen und Spannungen wird die Größe der Blindleistung wiedergegeben durch das Produkt aus den Effektivwerten von Strom und Spannung mit dem Sinus des Phasenwinkels, das heißt durch das Produkt von Spannung und Blindkomponente des Stromes. Diese Größe bedeutet physikalisch die Amplitude der Leistungspulsation, die aus den Augenblickswerten von Spannung und Blindanteil des Stromes resultiert. Ist nun, wie im vorliegenden Falle, ein Partner des Leistungsflusses mehrwellig, entweder die Spannung oder der Strom<sup>5)</sup>, dann kommt für die Bestimmung der Blindleistung nur die Harmonische von der Frequenz des anderen Partners in Betracht<sup>6)</sup>. Mit dieser Harmonischen gelten für die Blindleistung dieselben Bedingungen wie bei einwellig verlaufenden Vorgängen. Somit ergibt sich die vom Umrichter

<sup>4)</sup> Die Spannung des Drehstromnetzes sei oberwellenfrei.

<sup>5)</sup> Vgl. die Aufteilung einer Scheinleistung bei mehrwellig verlaufenden Vorgängen in Wirk-, Blind- und Verzerrungsanteil nach C. Budeanu, Referat von A. Fraenckel in ETZ 49 (1928) S. 97.

sekundärseitig abgegebene Blindleistung aus der Grundwelle der Einphasenspannungskurve  $u$  und der Blindkomponente des Einphasenstromes  $i$ . Für die Bestimmung der primärseitig zugeführten Blindleistung ist der Blindanteil jedes Primärstromes, das heißt die Blindkomponente jeder zugehörigen Grundwelle<sup>7)</sup>, zu ermitteln. Die daraus berechneten Einzelblindleistungen ergeben, algebraisch addiert, die gesamte primäre Blindleistung.

Die Berechnung der gesamten primären Blindleistung kann mit den Blindkomponenten der dem Transfornator zufließenden Ströme und den zugehörigen Spannungen oder mit den primären Transfornatorströmen und den primären Strangspannungen oder schließlich mit den sekundären Transfornatorströmen und den jeweils zugehörigen Strangspannungen vorgenommen werden<sup>8)</sup>. Das Endergebnis ist in allen Fällen das gleiche. In der folgenden Betrachtung sei der letztere Weg eingeschlagen, da dabei die Rechnung einfacher und durchsichtiger wird.

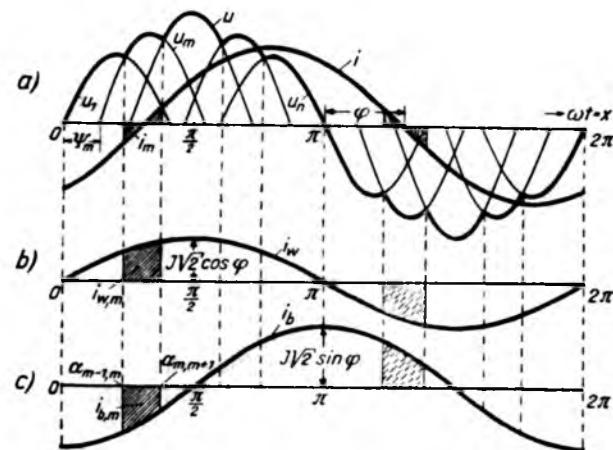


Abb. 2. Zur Bestimmung von Primär- und Sekundär-Blindleistung.

a) Sekundärspannung und -strom, b) Wirkkomponente des Sekundärstromes, c) Blindkomponente des Sekundärstromes.

Um die Untersuchung der Blindleistungsverhältnisse nicht auf einen speziellen Fall zu beschränken, ist in Abb. 2 a eine Vollwelle einer Spannungskurve  $u$  aufgezeichnet, die von einer Anordnung nach der Art der Abb. 1 erzeugt wird. Die Kurve ist symmetrisch aufgebaut, jede Halbwelle setzt sich aus  $n$  sprunglos ineinander übergehenden Teilspannungen  $u_1, \dots, u_n$  zusammen. Die Frequenz jeder Teilspannung sei  $\lambda$  mal so groß wie die Grundfrequenz von  $u$ . Über die Phasenzahl des Primärnetzes und damit die Phasenzahl der Primärwicklung des Umrichtertransfornators sei nichts ausgesagt, ebenso nichts über die Phasenzahl der Sekundärwicklung.

Der Umrichter liefere in das Einphasennetz den einwelligen Strom  $i$  mit der Wirkkomponente

<sup>7)</sup> Als Grundwelle eines Primärstromes gilt die Harmonische von der Frequenz der Primärspannung.

<sup>8)</sup> Die Magnetisierungsströme sind dabei nicht berücksichtigt, ebenso nicht der Einfluß der endlichen Kommutierungszeiten.

$i_w$  und der Blindkomponente  $i_b$  (Abb. 2b,c). Der die Teilspannung  $u_m$  erzeugende Sekundärstrang  $m$  führt aus  $i$  den aus Abb. 2a ersichtlichen Ausschnitt  $i_m$  bzw. aus  $i_w$  den Ausschnitt  $i_{w,m}$  und gleichzeitig aus  $i_b$  den Ausschnitt  $i_{b,m}$ . Nach den vorher angestellten Betrachtungen ergibt sich der Beitrag des Stranges  $m$  an der Gesamt-Primärblindleistung aus der Strangspannung  $u_m$  und der Blindkomponente von  $i_m$  bzw. aus  $u_m$  und den Blindkomponenten von  $i_{w,m}$  und  $i_{b,m}$ . Ein Blick auf Abb. 2b zeigt, daß die Blindkomponenten von  $i_{w,m}$  im Bereich 0... $\pi/2$  kapazitiv und im Bereich  $\pi/2 \dots \pi$  induktiv sind; mit Rücksicht auf die vorausgesetzte Symmetrie von  $u$  wird infolgedessen die Summe dieser Einzelblindleistungen Null, das heißt die Lieferung des Wirkstromes  $i_w$  hat keine Blindleistung im Primärnetz im Gefolge. Für die Bestimmung der primären Blindleistung kommen demnach nur die Blindkomponenten von  $i_{b,m}$  in Betracht.

Der Berechnung der Blindkomponenten ist offensichtlich das in jedem Sekundärstrang auftretende Strombild zugrunde zu legen. Je nach dem Aufbau und der Frequenzuntersetzung des Umrichters kann nun ein Sekundärstrang ein und denselben Stromausschnitt aus dem Einphasenstrom  $i$  in jeder Sekundärhalbwelle führen, wie etwa beim Umrichter in Abb. 1a; aus Abb. 1b ist zu ersehen, daß der beispielsweise vom Strang 4 in der positiven Einphasenspannungs-Halbwelle geführte Stromausschnitt sich in der negativen Halbwelle wiederholt, Strang 4 tritt somit in beiden Halbwellen an der gleichen Stelle der Spannungskurve  $u$  in Tätigkeit. In anderen Fällen hingegen, wie beispielsweise in Abb. 2, wiederholt ein Sekundärstrang einen bestimmten Stromausschnitt und damit sein Strombild erst nach einer Mehrzahl von Sekundärperioden. Das hat zur Folge, daß dasselbe Strombild auch in anderen Sekundärsträngen auftritt. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß man in diesen Fällen die gesamte primäre Blindleistung vereinfacht wie folgt bestimmen kann: man greift eine Halbwelle der Einphasenspannungskurve heraus und betrachtet die Sekundärstränge, die in dieser Halbwelle gerade tätig sind, also beispielsweise in Abb. 2a die von 0... $\pi$  wirkenden Stränge 1...n; dann nimmt man an, daß das in dieser Halbwelle in jedem Sekundärstrang entstehende Strombild sich in jeder folgenden Einphasenspannungs-Halbwelle wiederholt, und bestimmt hiefür die Blindströme. Diese Blindströme ergeben zusammen mit den Strangspannungen die Primärblindleistung. Man rechnet also so, als ob die Blindleistung in der zufällig betrachteten Weise auf die einzelnen Stränge verteilt ist. In dem Falle der Abb. 2a nimmt man demnach an, daß die in der positiven Halbwelle im Strang  $m$  auftretenden, durch Schraffur gekennzeichneten Stromausschnitte sich in der negativen Halbwelle wiederholen, was durch die gestrichelte Schraffur angedeutet sei. Die Amplitude der Blindkomponente von  $i_{b,m}$  wird dann, wenn  $\omega$  die Kreisfrequenz des Einphasenstromes  $i$  bezeichnet,  $\lambda$  das Frequenzverhältnis von Primär- zu Sekundärspannung angibt,  $\psi_m$  den aus

Abb. 2a zu entnehmenden Phasenwinkel der Teilspannung  $u_m$  bedeutet,  $\alpha_{m-1,m}$  den Beginn und  $\alpha_{m,m+1}$  das Ende der Wirksamkeit von  $u_m$  bzw. der Existenz von  $i_{b,m}$  darstellen und wenn schließlich  $\omega t = x$  gesetzt wird<sup>9)</sup>,

$$J_{b,m} \sqrt{2} = - \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} i_{b,m} \cdot \cos \lambda (x - \psi_m) dx . \quad (1)$$

mit dem aus Abb. 2 zu ersehenden Wert

$$i_{b,m} = i_b = - J \sqrt{2} \sin \varphi \cdot \cos x . \quad (2)$$

folgt daraus

$$J_{b,m} = J \sin \varphi \cdot \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} \cos \lambda (x - \psi_m) \cdot \cos x dx . \quad (3)$$

Die gesamte Primärblindleistung wird damit

$$N_{pb} = \sum_{m=1}^n U_m J_{b,m} = \\ = J \sin \varphi \cdot \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^n U_m \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} \cos \lambda (x - \psi_m) \cdot \cos x dx . \quad (4)$$

Die Sekundärblindleistung ist einfacher zu bestimmen. Die Amplitude der Grundwelle der Sekundärspannung  $u$  beträgt

$$U \sqrt{2} = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi u \cdot \sin x dx = \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^n \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} u_m \cdot \sin x dx . \quad (5)$$

wobei  $\alpha_{0,1} = 0$  und  $\alpha_{n,n+1} = \pi$  zu setzen sind. Mit

$$u_m = U_m \sqrt{2} \sin \lambda (x - \psi_m) . \quad (6)$$

folgt aus Gl. (5)

$$U = \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^n U_m \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} \sin \lambda (x - \psi_m) \cdot \sin x dx . \quad (7)$$

oder nach Vornahme einer Umformung<sup>10)</sup>

$$U = \frac{2}{\pi} \lambda \sum_{m=1}^n U_m \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} \cos \lambda (x - \psi_m) \cdot \cos x dx . \quad (8)$$

Mit der Blindkomponente  $J \sin \varphi$  des Sekundärstromes wird somit die Sekundärblindleistung

$$N_{sb} = J \sin \varphi \cdot \frac{2}{\pi} \lambda \sum_{m=1}^n U_m \int_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}} \cos \lambda (x - \psi_m) \cdot \cos x dx . \quad (9)$$

Der Vergleich mit Gl. (4) ergibt für das Verhältnis beider Blindleistungen

$$N_{pb}/N_{sb} = 1/\lambda . \quad (10)$$

das heißt, beide Blindleistungen verhalten sich umgekehrt wie die Frequenzen der Netzspannungen. Die Her-

<sup>9)</sup> Gl. (1) stellt den aus der Fourier-Entwicklung bekannten Ansatz für die Cosinus-Komponente der Grundwelle dar.

<sup>10)</sup> Die partielle Integration der rechten Seite von Gl. (7) ergibt den Ausdruck in Gl. (8) sowie den Ausdruck

$$- \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^n U_m \sin \lambda (x - \psi_m) \cdot \cos x \Big|_{\alpha_{m-1,m}}^{\alpha_{m,m+1}}$$

der identisch Null ist.

leitung dieses Satzes gilt unabhängig davon, ob induktive oder kapazitive Blindleistung vorliegt.

Da nach dem Energieprinzip Primär- und Sekundärwirkleistung gleich sind (die Verluste im Umrichter seien vernachlässigt), so folgt aus Gl. (10) für den primären Phasenwinkel  $\varphi_p$  die Beziehung

$$\operatorname{tg} \varphi_p = \frac{1}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad \dots \quad (11)$$

Ist das Primärnetz ein Einphasennetz, dann gibt  $\varphi_p$  den Phasenwinkel zwischen der Spannung und der netzfrequenten Primärstromwelle an. Ist das Primärnetz ein Drehstromnetz mit symmetrischem Spannungssystem, dann bedeutet  $\varphi_p$  den Phasenwinkel zwischen dem Spannungs- und dem gleichläufigen Stromsystem<sup>11)</sup>.

#### **Die Beteiligung der Primärblindleistung an der Übertragung der Sekundärblindleistung.**

Die von der Grundwelle der Einphasenspannung  $u$  und der Blindkomponente  $i_b$  des Einphasenstromes erzeugte Leistungspulsation wird, da der Umrichter ja nur wie ein Schalter zwischen Primär- und Sekundärnetz wirkt, in voller Größe auf das Primärnetz übertragen. Infolgedessen führt der Momentanwert der vom Primärnetz insgesamt zufließenden Leistung die gleiche Pulsation aus. Die primäre Leistungspulsation setzt sich zusammen aus einem Anteil, der von der Blindkomponente der Primärströme erzeugt wird, und einem Anteil, der von der Verzerrungskomponente<sup>12)</sup> herröhrt.

Bei einem einphasigen Primärnetz ist die Blindkomponente des Stromes beteiligt an der Erzeugung der primären Leistungspulsation und damit an der Übertragung der sekundären Blindleistung. Anders hingegen liegen die Verhältnisse in einem Drehstromnetz. Hier verschwindet — symmetrische Spannung vorausgesetzt — der

<sup>11)</sup> Für die Übertragung von Wirk- und Blindleistung kommt bei symmetrischem Spannungssystem nur das gleichläufige Stromsystem in Betracht. Vgl. A. Fraenckel, Theorie der Wechselströme, 3. Aufl., Berlin 1930, S. 109.

Momentanwert der Leistung, der von der Blindkomponente des gleichläufigen Stromsystems übertragen wird<sup>12)</sup>, das heißt, die primäre Blindleistung hat nicht Teil an der Erzeugung der primären Leistungspulsation und somit an der Übertragung der sekundären Blindleistung. Diese Aufgabe wird vielmehr allein übernommen von einem gegenläufigen Stromsystem sowie von den Verzerrungsströmen<sup>13)</sup>.

#### **Zusammenfassung.**

Als Primärseite eines Hüllkurven-Umrichters sei das Netz bezeichnet, das die Teilspannungen zur Zusammensetzung einer Kurve niederer Frequenz hergibt. Werden diese Teilspannungen sprunglos aneinander gefügt und setzt man einwellige Primärspannung und einwellige Sekundärstrom voraus, vernachlässigt weiterhin die Magnetisierungsströme sowie die endlichen Kommutierungszeiten, dann verhält sich die primäre Blindleistung zur sekundären Blindleistung umgekehrt wie das Frequenzverhältnis von Primärspannung zur Grundwelle der Sekundärspannung, unabhängig, ob induktive oder kapazitive Last vorliegt.

Die Herleitung dieses Satzes läßt den Schluß zu, daß die Frage des gegenseitigen Blindleistungsverhältnisses bei einem Hüllkurven-Umrichter nur mathematisch und nicht etwa auf Grund einer physikalischen Betrachtungsweise zu lösen ist — so wie der Begriff der Blindleistung im Grunde genommen nur mathematisch und nicht physikalisch definiert ist.

In dem Fall, wo die Spannungen des Primärnetzes ein symmetrisches Dreiphasensystem darstellen, beteiligt sich die primäre Blindleistung in keiner Weise an der Übertragung der sekundärseitig angeforderten Blindleistung, sie tritt lediglich als Begleiterscheinung des Umrichtvorganges auf.

<sup>12)</sup> Vgl. A. Fraenckel, Theorie der Wechselströme S. 92.

<sup>13)</sup> S. zum Beispiel R. Feinberg, I. c.

## **Der Lastverteiler der Wiener städtischen Elektrizitätswerke.**

**Von Ing. Anton Petrich, Wien.**

(Schluß aus Heft 33, Seite 445.)

### **3. Die Ausrüstung des Lastverteilers.**

**Leistungs- und Spannungsfernmesung.** Zur Durchführung der besprochenen Aufgaben sind dem Lastverteiler eine Reihe von Hilfsmitteln zur Verfügung gestellt worden.

Eines dieser Hilfsmittel ist die Fernmeßanlage für Leistung und Spannung, ausgeführt von der Siemens & Halske A.-G. Wien (Abb. 7). Es werden die Leistungen von Ternitz, Ebenfurth, Simmering-Hochdruckanlage, Simmering-Summe (Hoch + Mitteldruck), Engerthstraße und Nordfernübertragen und im Lastverteiler die Gesamtsumme der erzeugten kW oder MW auf elektrischem Wege gebildet und registriert. Hierbei ist

besonders hervorzuheben, daß man durch die dauernde schreibende Aufzeichnung der Gesamtsumme ein bedeutend genaueres Tagesbelastungsdiagramm und damit auch Belastungsgebirge erhält als dies bisher nach viertel- oder halbstündigen Ablesungen der einzelnen Kraftwerke möglich war. Selbstverständlich ist durch die Registrierung auch jeder Belastungsstoß nach Höhe und Zeitpunkt genau festgehalten. Auf der Leistungsmeßwand sind noch 3 Frequenzzeiger und 1 Spannungszeiger von S. & H. sowie 1 Spannungstörschreiber der AEG montiert.

Die Leistungsfernmeß- und Summierungseinrichtung wie auch die Spannungsfernmeßeinrich-

tung sind nach dem Impulsfrequenz-Verfahren ausgebildet, das in Abb. 8 schematisch dargestellt ist.

Das Verfahren besteht bekanntlich darin<sup>19)</sup>, daß die Meßgröße auf der Geberseite in eine Impulsfolge umgewandelt wird, deren Häufigkeit ihr Maß ist. Auf der Empfangsseite wird die ankommende Impulsfolge in einen ihr proportionalen Gleichstrom umgewandelt, der in Kreuzspulsystemen zur Anzeige gebracht wird. Der Vorteil der Meßmethode liegt in erster Linie darin,



Abb. 7. Ansicht der Leistungsmeßwand und des Störungsschreibers.

dass die Fernmessung unabhängig von der Art und dem Zustand des Übertragungskanals wird und somit keinerlei Verluste auf der Übertragungsleitung auftreten, die das Resultat täuschen könnten<sup>20)</sup>. Als Geber wird ein zählerähnlicher Apparat verwendet, dessen Umdrehungszahl der Meßgröße, beispielsweise der Leistung, proportional ist. Durch einen Kollektor werden die Impulse auf die Fernleitung gegeben; ihre Häufigkeit hängt von der Umlaufgeschwindigkeit des Gebers und somit von der Meßgröße direkt ab. Auf der

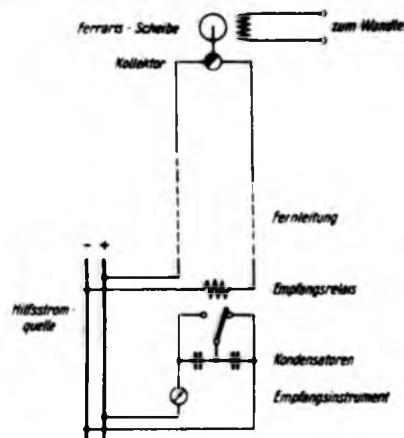


Abb. 8. Schema über das Impulsfrequenzverfahren von S. & H.

Empfangsseite ist ein Relais mit Umschaltkontakte vorgesehen, das zwei Kondensatoren abwechselnd an Spannung legt und entlädt. Wie aus der Zeichnung hervorgeht, erfolgt die Ladung über ein Gleichstromgerät, dessen Anzeige abhängig ist von der Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgten Kondensatorladungen und daher auch von den Impulsen. Je größer die Impulszahl ist, um so häufiger werden die Kondensatoren geladen und

<sup>19)</sup> M. Schleicher, Siemens-Z. 9 (1929) S. 157; E. u. M. 48 (1930) S. 773.

<sup>20)</sup> M. Schleicher, Siemens-Z. 12 (1932) S. 299;

eine um so größere Elektrizitätsmenge (Coulomb) wird in der Zeiteinheit über das Empfangsinstrument fließen. Die Größe des Ausschlages wäre in dieser einfachen Form abhängig von der Spannung der Hilfstromquelle auf der Empfangsseite. Um eine spannungsunabhängige Messung zu erhalten, werden Brückenzweigspul-Instrumente verwendet, die ohne Systemfeder ausgebildet sind. Eine zweite Systemspule, die Brückenzweigspule, wirkt mit einer Rückstellkraft, die von der Spannung in gleichem

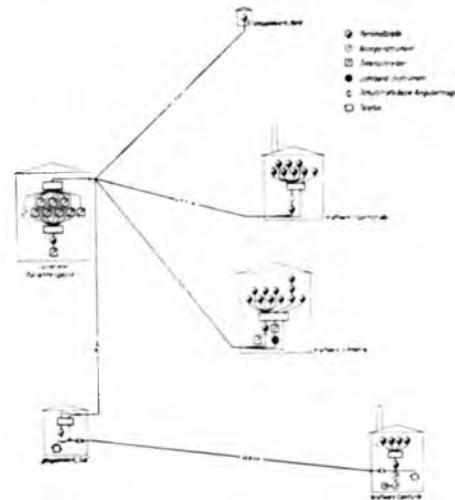


Abb. 9. Übersichtsplan der Fernübertragung für Leistungsmessung von S. & H.

Maße wie die Ladestrome abhängig ist.

Die Impulsübertragung erfolgt auf Signalkabeln mit 60 V Gleichstrom, wobei für jede übertragene Meßgröße eine Ader vorgesehen ist, während die Rückleitung für mehrere Meßgrößen gemeinsam genommen wurde (Abb. 9). In gleicher Art erfolgt auch die Leistungssumierung<sup>21)</sup> in den Kraftwerken Engerthstraße, Simmering, Ebenfurth sowie im Lastverteiler. Nur sind hier an Stelle der normalen Empfangsinstrumente spannungsunabhängige Gleichstromzähler verwendet, die selbst wieder mit Kollektor ausgebildet sind und deren Umdrehungszahl somit ein Maß für die gebildete Leistungssumme darstellt. Die Summenbildung für den Hochdruckblock in Simmering sowie für die beiden Fernleitungen im Umspannwerk Nord erfolgt jedoch durch einen Drei- bzw. Zweifachgeber.

Von der angegebenen Übertragungsmethode wird nur bei der Übertragung der Summenleistung von Eben-

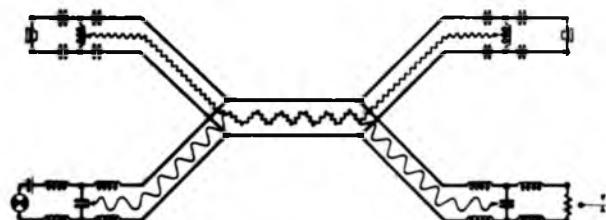


Abb. 10. Gleichzeitiges Fernsprechen und Fernmessen.

furth nach Wien-Süd eine Ausnahme gemacht. Hier steht zur Übertragung nur eine posteigene Freileitung zur Verfügung, die gleichzeitig für Fernsprechzwecke dient (Abb. 10). Es handelt sich also darum, auf der gleichen Leitung zu telefonieren und fernzumessen, ohne daß diese Dienste einander stören. Da diese Leitung in nächster Zeit verkabelt werden soll und sie übergeschlossen werden wird, konnte ein Gleichstrom-Impulsverfahren nicht angewendet werden. Die Übertragung

<sup>21)</sup> Vgl. Stäblein, E. u. M. 50 (1932) S. 69.

erfolgt vielmehr durch ein Wechselstrom-Unterlagerungsverfahren mit 100 Hz.

Die Impulse werden also nicht als Gleichstrom-Impulse, sondern als 100 Hz-Impulse durch eine eigene Frequenzverdopplungseinrichtung auf die Leitung gegeben. Auf der Empfangsseite ist ein Relais vorgesehen, das auf 100 Hz abgestimmt ist und beim Eintreffen dieser Impulse schwingt. Um zu verhindern, daß die Meßimpulse die Sprachübertragung stören, sind vor die Fernsprechstationen in Ebenfurth und Wien-Süd Sperrketten vorgesehen, welche alle Frequenzen bis auf die Meßfrequenzen (100 Hz) durchlassen. Um eine Beeinflussung der Fernmessung durch die Fernsprech- und Rufströme zu verhindern, sind vor dem 100 Hz-Geber und dem 100 Hz-Empfänger eigene Sperrketten geschaltet, die nur die Frequenz von 100 Hz durchlassen und sperrend für die Ruf Frequenz (25 bis 50 Hz) und die Sprechfrequenzen (300 bis 3000 Hz) wirken. Es erfolgt somit auf der Empfangsseite eine Auswahl der Frequenzen, und zwar einerseits der Sprech- und Ruf Frequenzen und andererseits der Fernmeßfrequenz, während auf der Freileitung selbst ein Gemisch beider Frequenzen herrscht, wie es das Prinzipbild zeigt. Als Empfangsgerät sind Tintenschreiber vorgesehen, die zur Verhinderung von Zeigerschwankungen bei den unteren Impulsfrequenzen mit eigenen Glättungseinrichtungen ausgestattet sind. Als Neuausführung ist der Schreiber für die Gesamtleistung zu bezeichnen, der für zwei Meßbereiche (120 bzw. 240 MW) ausgebildet ist. Die Umschaltung wird durch Umlegen eines Kippschalters, der unter dem Instrument angebracht ist, bewerkstelligt. Der Einbau der Relaisätze und Kondensatoren in staubdichten Gehäusen erfolgte am Gange des Lastverteilers.

Stromfernmesung. Eine weitere wichtige Messung für den Lastverteiler ist die Stromfernmesung der 28 kV-Kabelverbindungen. Die Stromfernmesung erfolgt nach dem bekannten AEG-Kompensationssystem<sup>22)</sup>. Die Funktionsweise dieser Fernmeßmethode kann der angeführten Veröffentlichung entnommen werden. Im vorliegenden Falle durchfließt der Wandlerstrom in den Kraftwerken das amperemetrische System der Fernmeßgeber. Der Kompensationsgleichstrom ist Fernmeßstrom für das Empfangsgerät. Er kompensiert jeweils das Drehmoment des Meßsystems, ist also ein unmittelbares Maß für die zu messenden Ströme.

Das ferrodynamische Meßsystem ist wie ein Amperemeter an die Stromwandler der einzelnen 28 kV-Kabel angeschlossen. Die Auslegung des Meßsystems ist so getroffen, daß der doppelte Wandler-Nennstrom (10 A sekundär) entsprechend 100prozentiger Überlastung der Kabel dauernd vertragen wird. Die Skala der Empfangsamperemeter bzw. der Fernmeßgeräte geht ebenfalls bis 100 vH Überlast. Dabei ist es erreicht worden, den Überlastbereich durch spezielle Ausbildung der Gebergeräte als gedrückte Skala mit stark verkürzter Teilung auszuführen.

Die Notwendigkeit einer kurzen 100prozentigen Überlastbarkeit der 28 kV-Kabel ergibt sich daraus, daß bei selektiver Abschaltung eines Kabels das gesunde Parallelkabel im Betrieb bleiben muß, bis vom LV eine Entlastung durchgeführt ist.

Um auch die Energierichtung der Stromlieferung anzuzeigen, sind bei den Fernmeßgebern der wichtigsten Verbindungsleitung zusätzlich Energierichtungsrelais angeordnet, die den vom Geber gelieferten Fernmeßstrom umpolen. Dadurch erfolgt am Empfangsort eine richtungsabhängige Stromanzeige. Beim Lastverteiler sind entsprechend dem Fernmeßgleichstrom Empfangsinstrumente mit Drehspulmeßwerk angeordnet. Ihre Skala entspricht der primär in den Kabeln fließenden Stromstärke.

<sup>22)</sup> Vgl. Brückel und Stäblein, E. u. M. 48 (1930) S. 191.

Die Einbaustellen der einzelnen Stromfernmeßgeber zeigt Abb. 11. Die Fernmeßströme sind über Adern bis zu 20 km Einfachlänge geführt. Es

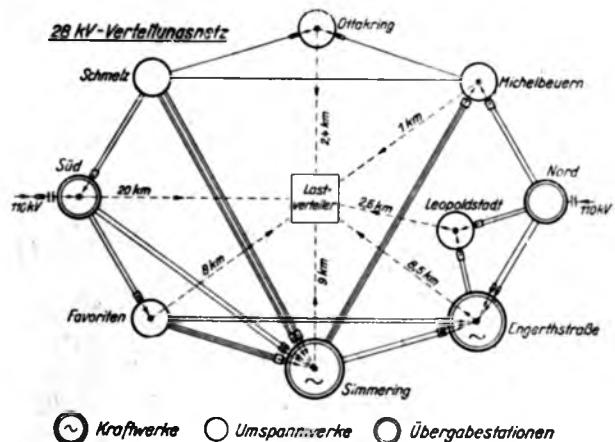


Abb. 11. Übersichtsplan der Kabel für die Stromfernmesung nach AEG.

werden alle Ströme des 28 kV-Verteilernetzes erfaßt. Bei einigen parallel laufenden Kabeln ist vorläufig eine Vereinfachung getroffen, indem

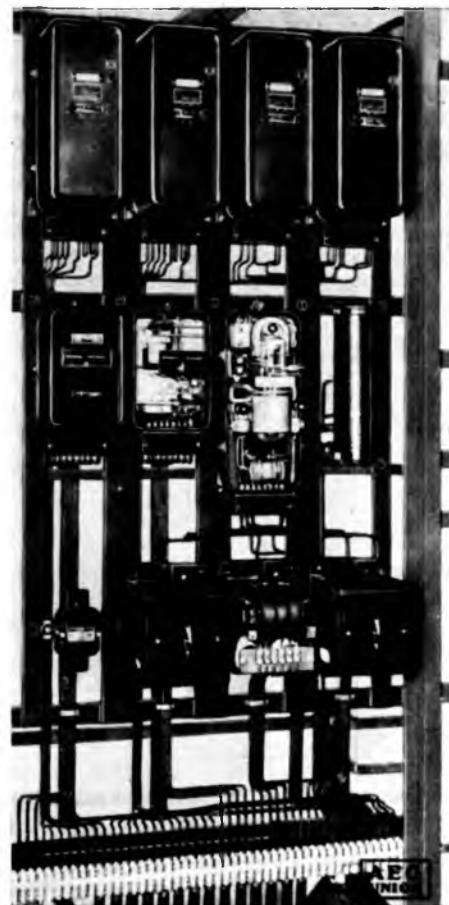


Abb. 12. Fernmeßgeberanlage im Kraftwerk Simmering für Strommessung der A. E. G.

durch Summenstromwandler eine Zusammenfassung erfolgt und nur ein gemeinsamer Fernmeßgeber angeordnet ist. Die Messung bleibt natürlich richtig, wenn von den Parallelkabeln

eines oder mehrere zu- und abgeschaltet werden. Außer der Messung im 28 kV-Netz wird auch die Zuspeisung auf der 100 kV-Seite des Umspannwerkes Süd von der Stromfernmessung erfaßt, da die Übertragung dieses Stromwertes für die Kontrolle der Blindlastlieferung wichtig ist. Für die Übertragung von mehreren Meßwerten aus einer Station in den Lastverteiler sind ebensoviel Adern und eine gemeinsame Rückleitung erforderlich.

Die Ausführung einer derartigen Anlage für die Stromfernmesung von neun Kabeln im Kraftwerk Simmering zeigt Abb. 12. Die obere Reihe zeigt vier Fernmeßgeber geschlossen, die zweite Reihe in der Mitte einen Geber geöffnet. Ferner enthält diese Reihe links zwei Energierichtungsrelais, rechts ein Potentiometer für Gewinnung der Hilfsspannung  $\pm 24$  V aus der vorhandenen Werksbatterie von 220 V. Die untere Reihe zeigt rechts drei Summenstromwandler, links den Hilfspannungswandler für das AEG-Störungsvoltmeter im Lastverteiler. Für die Fernmessung der Sammel-

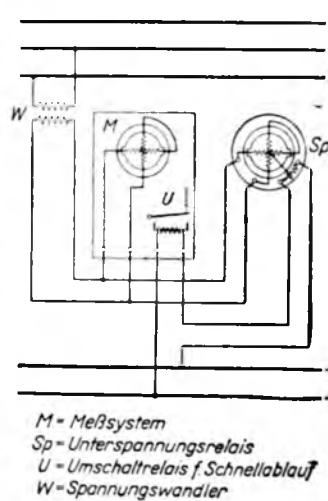
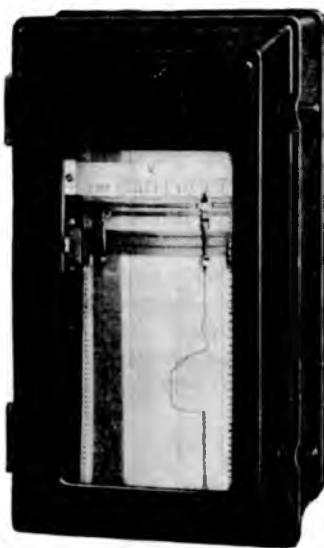


Abb. 13. Spannungsschreiber mit selbsttätig umschaltbarem Papiervorschub, sogenannter AEG-Störungsschreiber.

schiene 28 kV aus dem Kraftwerk Simmering wurde nämlich nicht ein gewöhnliches Voltmeter verwendet, sondern sie erfolgt durch ein registrierendes Störungsvoltmeter der AEG (Abb. 13) das im Kurzschlußfalle bei Spannungsabsenkung auf schnelleren Papiervorschub umgeschaltet wird.

Während der normale Papiervorschub 20 mm/h beträgt, wird im Störungsfalle auf 36 000 mm/h, das ist 10 mm/s umgeschaltet. Die Umschaltung erfolgt durch Einschalten eines anderen Übersetzungsgetriebes und wird durch ein Unterspannungsrelais bewirkt. Dieses Unterspannungsrelais ist mit ferrodynamischem Meßwerk ausgeführt, das in den Grenzen von  $\pm 15$  vH der Nennspannung einstellbar ist. Ein hochempfindliches Meßwerk ist hier notwendig, damit man wenige Prozent unter Normalspannung einstellen kann und damit die Umschaltung auch bei geringen Spannungsabsenkungen sicher erfolgt. Auf dem Bilde ist auch die Prinzipschaltung ersichtlich.

Außer dem Spannungsmesser **M** besitzt das Störungsvoltmeter noch ein eigenes Uhrwerk und eine eigene zweite Schreibfeder für die Zeitaufzeichnung. Diese erfolgt durch eine Zickzack-Linie (im Bilde links, sichtbar). Bei Eintritt der Störung geht die Zickzack-Linie in eine senkrechte Gerade über. Gleichzeitig schreibt das Voltmeter den Spannungsverlauf. Es ist dadurch möglich, den Eintritt der Störung auf die Minute

genau festzuhalten, da die Zickzack-Linie auf einem nach Minuten geteiltem Registrierpapier aufgezeichnet wird.

Durch den schnellen Vorschub im Störungsfalle ist der Verlauf der Spannung, die Absenkung und das Wiederansteigen nach Abschaltung des Fehlers zu sehen. Damit kann auch genau die Zeit festgelegt werden, die die Selektivrelais gebraucht haben, um den Fehler zu beseitigen. Das Instrument gibt also tatsächlich eine Störungskontrolle.

**Leuchtschaltbild.** Ein weiterer wichtiger Behelf im neuen Lastverteilerraum ist das Leuchtschaltbild, das von den Österr. Brown Boveri-Werken eingerichtet wurde (Abb. 4). Es dient der automatischen Rückmeldung des Spannungszustandes aller 28 kV-Sammelschienen sowie der Schalterstellungen. Zum Leuchtschaltbild gehört zur Quittierung und einer eventuell für später vorgesehenen Fernsteuerung ein Schaltpult.

Am Prinzipschaltbild (Abb. 14) ist in der linken oberen Ecke ein Stück der Sammelschiene der Unterstation, der zugehörige Spannungswandler sowie ein Ölschalterabzweig mit Trennschalter dargestellt. Darunter ist ein analoger Ausschnitt des Leuchtschaltbildes im Lastverteilerraum gezeichnet. Die rechts davon gezeichneten Relais und Schalter befinden sich ebenfalls beim Lastverteiler, und zwar sind die Relais im Relaisgerüst, die Schalter und Druckknöpfe im Bedienungspult eingebaut.

Für die Überwachung der Sammelschienenspannung dient in der Unterstation ein Relais, das an einen Spannungswandler angeschlossen ist, im Lastverteiler ein Spannungsdoppelrelais. Die linke Spule dieses Relais liegt in Serie mit dem Kontakt des Wandlerrelais in der Unterstation. Die Anspeisung dieses Serienstromkreises erfolgt von den Gleichstromsammelschienen im Lastverteiler. Bei spannungslosem Zustand der Sammelschiene in der Unterstation ist das Wandlerrelais abgefallen und der Stromkreis unterbrochen; infolgedessen ist auch die linke Spule des Spannungsdoppelrelais abgefallen. Die rechte Spule des Spannungsdoppelrelais ist angezogen und erhält von der linken Spule Selbsthaltung. In dieser Stellung werden durch die Kontakte des Spannungsdoppelrelais die weißen Lampen des Leuchtschaltbildes an die Lichtschiene angeschlossen und die Sammelschiene leuchtet in ruhigem, weißem Licht. Wird die Sammelschiene in der Unterstation

unter Spannung gesetzt, so schließt das Wandlerrelais den Stromkreis der linken Spule des Spannungsdoppelrelais und dieses zieht an. Während des Anziehens dieses Relais wird die Haltung der rechten Spule unterbrochen und dieses fällt ab. In dieser Stellung des Spannungsdoppelrelais werden die roten Lampen des Leuchtschaltbildes mit Flimmerlicht angespeist und die Sammelschiene flimmt rot. Durch Betätigen des Quittierdruckknopfes wird die rechte Spule des Spannungsdoppelrelais wieder erregt, wodurch das rote Flimmerlicht des Sammelschienensymbols in ruhiges Licht umgeschaltet wird. Bei Spannungsloswerden der Sammelschiene in der Unterstation fällt die linke Spule des Spannungsdoppelrelais ab und auch die Haltung der rechten Spule wird unterbrochen. Dadurch wird in der beschriebenen Weise die Anspeisung der weißen Lampen des Sammelschienensymbols mit Flimmerlicht veranlaßt. Durch Betätigen des Quittierdruckknopfes geht dieses Flimmerlicht wieder in ruhiges weißes Licht über. Dem Spannungsdoppelrelais ist noch ein Farbenwählrelais zugeordnet. Je nach Stellung des Spannungsdoppelrelais wird von diesem über einen Kontakt des frennerquittierschalters auch der Farbenwähler unter Spannung gesetzt.

Die Trennschalter werden nicht fernüberwacht; die den Trennschaltern zugeordneten

Quittungsschalter werden vom diensthabenden Beamten nach den telephonischen Meldungen nachgestellt. Befindet sich der Trennerquittungsschalter in der „Aus“-Stellung, so ist das Trenner-symbol des Leuchtschaltbildes grün beleuchtet. In der „Ein“-Stellung des Quittungsschalters wird entweder die weiße oder die rote Lampe des Trennersymbole angespeist, je nach dem Spannungszustand der zugehörigen Sammelschiene. Die Stellungsmeldung der Ölschalter wird durch die Zusammenarbeit der Signalkontakte auf den Ölschalterwellen im Umspannwerk mit dem Stellungsmelderelais im Lastverteiler erreicht. Der Fernmeldestromkreis ist ebenfalls von den Gleichstromsammelschienen im Lastverteiler angespeist. Bei eingeschaltetem Ölschalter und daher

eingeschaltet. Das Hupensignal kann durch einen separaten am Schreibtisch angeordneten Druckknopf abgestellt werden, während das Flimmer- oder Blinklicht solange aufrecht bleibt, bis der betreffende Steuerquittungsschalter in die richtige Stellung gebracht und die Meldung damit vom diensthabenden Beamten zur Kenntnis genommen wurde.

Im Nebenfeld des 28 kV-Leuchtschaltbildes befinden sich 24 Meldelampen über den Spannungszustand der 5 kV-Schiengruppen in den Unterwerken. Sie sind so geschaltet, daß bei vorhandener Spannung im Unterwerk die Lampe im Lastverteiler brennt, bei fehlender Spannung dunkel bleibt und — analog dem Leuchtschaltbild — bei Änderung des Zustandes bis zur Quittierung

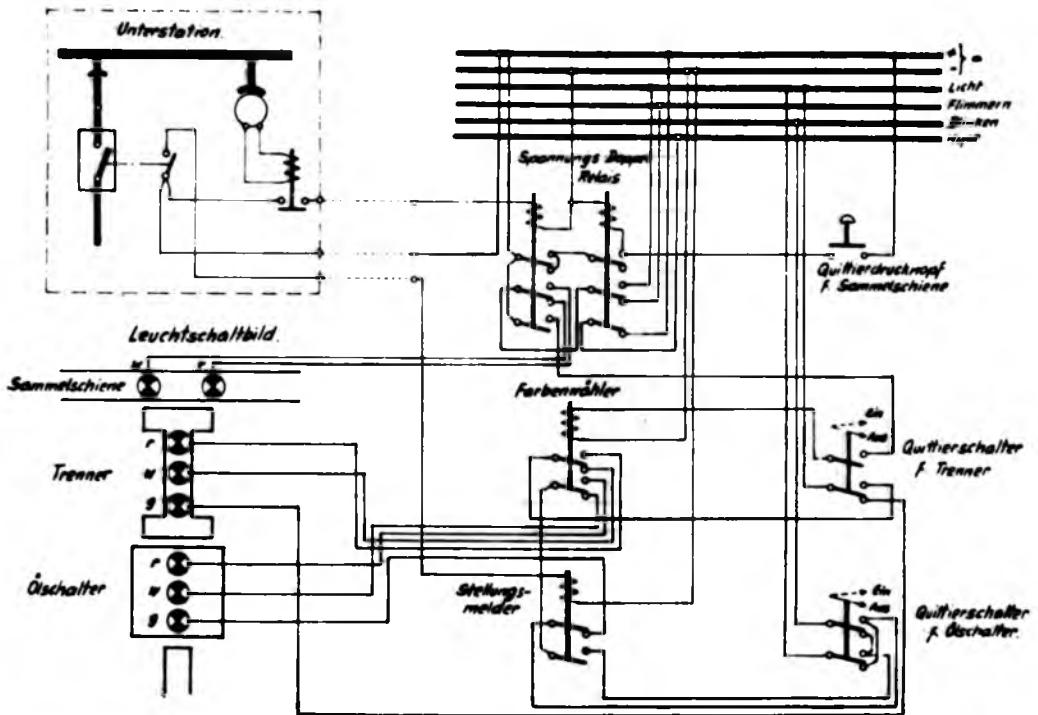


Abb. 14. Prinzipschaltbild der automatischen Spannungsrückmeldung und Schalterstellungsmeldung für das Leuchtschaltbild nach BBC.

geschlossenem Signalkontakt ist das Stellungsmelderelais erregt, bei geöffnetem Ölschalter und daher geöffnetem Signalkontakt ist das Stellungsmelderelais spannungslos. Die verschiedenen Meldefarben der Ölschaltersymbole im Lastverteiler sind folgende:

- Grünes Licht — Ölschalter ausgeschaltet.
- Weiße Licht — Ölschalter eingeschaltet, jedoch nicht unter Spannung.
- Rotes Licht — Ölschalter eingeschaltet und unter Spannung stehend.

Wenn die Stellung des Quittierungsschalters im Lastverteiler nicht mit der tatsächlichen Ölschalterstellung übereinstimmt, erscheinen die Farben als Blinklicht.

In allen Fällen, in welchen Flimmer- oder Blinklicht erscheint, wird auch die Alarmhupe

blinkt. Die obere Lampengruppe besteht aus Synchronismuslampen, welche zwischen die Umspannwerksgruppen in Hellschaltung geschaltet sind und dadurch etwaige Netztrennungen anzeigen.

Auf der Wandschaltafel sind die Ampemeter als Schattenpfeilinstrumente in die Kabelverbindungen direkt eingebaut. Jedes Instrument ist nur dann beleuchtet, wenn durch Einlegen der Ölschalter an beiden Kabelenden der Strompfad hergestellt ist. In diesem Falle bleiben die Instrumente unabhängig vom Schaltzustand des Leuchtschaltbildes. Die Energierichtung wird durch den Schattenpfeil, der von beiden Seiten in die Skalenfläche eintreten kann, bei den Hauptverbindungen sinnbildlich dargestellt<sup>23)</sup>. Die Instrumente sind

<sup>23)</sup> E. u. M. 49 (1931) S. 497, 789.

Erzeugnis der Österr. Brown Boveri-Werke, Fabrikationsstätte „Norma-Instrumenten G. m. b.

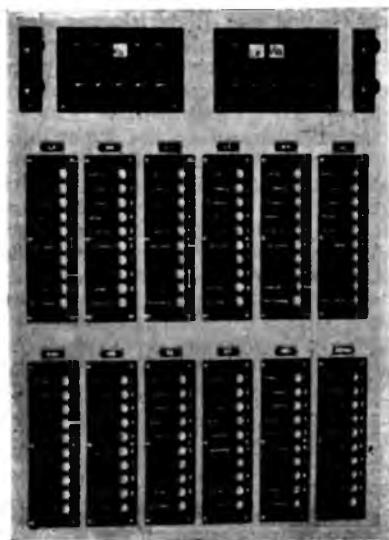


Abb. 15. Tasterapparatur der Batterie-Kommandogebung nach BBC.

H.", Wien; die Stromfernmeßgeber sind von der AEG Union El. Ges., Wien, geliefert.

Die Befehlgebung an die einzelnen Unterstationen über abnormale Batterieschaltungen erfolgt durch eine separate Einrichtung, welche es ermöglicht, zehn Befehle über zwei Verbindungsadern an jede Unterstation zu geben (Abb. 15).

An der Befehlsstelle im Lastverteilerraum ist jedem Unterwerk ein Maschinentelegraph mit zehn Tastern und einer Fallklappe zugeordnet. Im Unterwerk befindet sich ein Empfangsinstrument mit Farbskala. Durch Niederdrücken eines Druckknopfes des Maschinentelegraphen wird ein abgestimmter Widerstand in den Stromkreis des Empfangsinstrumentes eingeschaltet und dadurch ein ganz bestimmter Ausschlag desselben veranlaßt. Die Zeigerstellung gibt an, welche Schaltung der Batterie vorzunehmen ist. Gleichzeitig mit dem Einlangen des Signals wird ein Relais zum Ansprechen gebracht, welches die Alarmglocke und eine Signallampe einschaltet. Der Maschinentelegraph im Lastverteiler ist so konstruiert, daß der Taster in der niedergedrückten Stellung so lange festgehalten wird, bis der Befehl im Unterwerk zur Kenntnis genommen bzw. quittiert wird. Diese Quittierung erfolgt durch Betätigen des Quittierdruckknopfes in der Unterstation, wodurch im Lastverteiler das Quittierrelais zum Abfallen ge-

bracht wird. Durch das Quittierrelais wird über ein Zwischenrelais einerseits eine Fallklappe freigegeben, die anzeigt, welche Station quittiert hat, andererseits wird der Taster des Maschinentelegraphen wieder rückgestellt. Das Schema ist in Abb. 16 ersichtlich.

Außer den besprochenen Einrichtungen sind im Lastverteiler drei Arbeitstische aufgestellt. Diese sind mit je einem in die Tischplatte versenkten Betriebsmittelplan aller Werke sowie mit je einem Telefonapparat mit 44 Klappen ausgerüstet, wodurch jedes Werk auf dreifachem Wege telefonisch erreichbar ist. Ein Tisch ist als Arbeitsplatz des diensthabenden Beamten den anderen übergeordnet, kann jede Verbindung der andern beiden Tische unterbrechen und auf sich schalten. In unmittelbarer Nähe dieses Tisches ist ein achtfacheriger schwenkbarer Wandplan mit den wichtigsten Betriebsplänen, ferner der Übersichtsplan aller Hochspannungsnetze angebracht. Die Abstelltasten für die verschiedenen Signale (Leuchtschaltbild, 28 und 5 kV-Alarmsignal, Frequenzüberwachungssignal) sind auf zwei Tischen montiert.

Durch die Aufzeichnungen und Angaben der beschriebenen Fernmelde- und Meßeinrichtungen über Strom, Spannung, Leistung, Periodenzahl und Schaltzustand war der Lastverteiler seit seinem Ausbau fast immer in der Lage, die Rich-

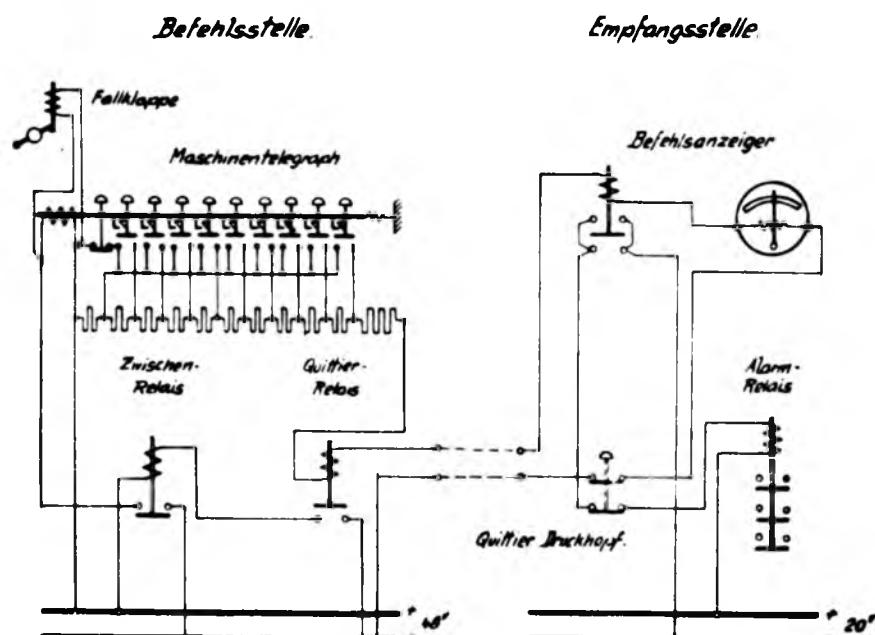


Abb. 16. Schema der Batterie-Kommandogabeung, System BBC.

tung, von der die Ursache der Störungen im Verbundbetrieb kam, sofort festzustellen, bevor noch die erste telefonische Meldung von irgendeiner auswärtigen Stelle einlangte.

## Rundschau.

### Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

**Das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt** nützt das Gefälle des Rheins<sup>1)</sup> zwischen Säckingen und dem Oberwasser des Kraftwerkes Rheinfelden aus. Stauwehr und Maschinenhaus mit zusammen etwa 200 m Länge stehen nebeneinander quer im Fluß und stauen an der Kraftwerksstelle den Rhein um 12 m über Niederwasser auf. Die größte Gesamtleistung bei 1000 m<sup>3</sup>/s und 10,8 m Gefälle beträgt 96 000 kW und geht bei Niederwasser auf etwa 37 000 kW herunter. Die Jahresleistung ist ungefähr 600 Mill. kWh. Das Werk ist mit vier Kaplan-Turbinen<sup>2)</sup> je 26 000 kW mittlerer Leistung bei 11,9 m Gefälle und einer mittleren Schluckfähigkeit von 250 m<sup>3</sup>/s, überlastbar auf 300 m<sup>3</sup>/s (anstatt Reservehaltung) und für 75 U/min ausgerüstet. Die Transformatoren<sup>3)</sup> und Schaltanlage<sup>4)</sup> mit der Kommandostelle ist auf dem rechten Ufer 200 m fluaufwärts vom Maschinenhaus angeordnet und mit den Generatoren durch je fünf Kabelstränge 3 × 300 mm<sup>2</sup> für 15 kV verbunden. Das Stauwehr ist ein Schützenwehr (waagrecht geteilte Doppelschützen) mit vier Öffnungen je 24 m l. W. bei 12 m Schützenhöhe. Vor dem Einlauf sind 13 m hohe Rechen mit fünffach unterstützten Rechenstäben angeordnet. Das Turbinenlaufrad hat 7 m Durchmesser und fünf verstellbare Flügel<sup>5)</sup>. Das Leitrad besteht aus 24 Schaufeln von 26 m Höhe. Da keine Einaufschützen vorgeschen sind, sondern nur ein transportabler eiserner Notverschluß, muß der Wasserabschluß vor den Turbinen mittels des Leitapparates durchgeführt werden. Versagt dieser, so kann man selbst beim Erreichen der Durchgangsdrehzahl den Wasserdurchfluß durch Verstellung der Laufradschaufeln auf etwa ein Sechstel der größten Schluckfähigkeit drosseln, bei welcher Wassermenge man den Notverschluß schon einsetzen kann. Die mit den Turbinen unmittelbar gekuppelten Drehstromgeneratoren sind für eine Leistung von je 32 500 kVA, dauernd überlastbar auf 35 000 kVA bei  $\cos \varphi = 0,7$ , 50 Hz, 75 U/min und für eine Nennspannung von 10 500 V gebaut. Die Statorbohrung beträgt 9,4 m, der Außendurchmesser 11 m, die größte Breite mit Blechmantel 13,5 m und die größte Höhe über Maschinensaalboden 8,8 m. Im oberen Lagerstern, der aus einem Stahlgußmittelstück und acht angeschräubten Armen besteht, ist das mit dem oberen Führungslager kombinierte Spurlager versenkt und zur Verhinderung von Lagerströmen vom Tragstern isoliert eingebaut. Das Polrad ist aus zwei vierteiligen Stahlgußrädern zusammengesetzt und mit Polschuhen aus gestanzten Stahlblechen, die durch Stahlgußendplatten zusammengepreßt werden, und einer Dämpferwicklung versehen. Die Erregerwicklung besteht aus hochkant gewickeltem Flachkupfer mit Preßspanzwischenlagen. Die Welle aus SM-Stahl ist wegen der Laufradschaufelsteuerung in ihrer ganzen Länge auf 360 mm Durchmesser durchbohrt. Am Ende sitzt ein angeschmiedeter Kupplungsflansch von 2 m Durchmesser. Die Welle allein wiegt zirka 30 t, der fertige Rotor 260 t, der komplette Generator zirka 565 t, wovon zirka 35 t auf Kupfer entfallen. Die Umfangsgeschwindigkeit bei der Schleuderprobe mit 185 U/min (2,5fach) betrug 91 m/s. Das Schwingmoment des Polrades beträgt 12 500 tm<sup>2</sup>. Eine Bremsvorrichtung erlaubt den Rotor aus der vollen Betriebsdrehzahl in ein bis zwei Minuten zum Stillstand zu bringen. Jeder Generator hat eine eigene, auf dem Spurlager aufgebaute Nebenschluß-Wendepol-Erregermaschine für 370 kW und eine Hilfserregermaschine. Die gemessenen Wirkungsgradwerte liegen 0,8 bis 1,3 vH über den garantierten (97,3 vH bei Vollast und  $\cos \varphi = 1$  bzw. 95,5 vH bei  $\cos \varphi = 0,7$ ). O. b.

(Bull. SEV 23 (1932) S. 461 ff.)

<sup>1)</sup> E. u. M. 46 (1928) S. 780.

<sup>2)</sup> E. u. M. 50 (1932) S. 207.

<sup>3)</sup> E. u. M. 50 (1932) S. 679.

<sup>4)</sup> Vgl. Thomann, E. u. M. 48 (1930) S. 892.

### Elektrische Bahnen, Fahrzeuge.

**Fortschritte bei der Elektrisierung der Deutschen Reichsbahnen.** Die Reichsbahn hat in letzter Zeit außer einer Vorortstrecke bei Berlin (Wannseebahn, 32 km)<sup>1)</sup>, die wie die übrigen Berliner Stadt- und Vorortbahnen mit Gleichstrom 800 V und dritter Schiene betrieben wird, und einer Verlängerung des Einphasennetzes der schlesischen Gebirgsbahnen<sup>2)</sup> (Hirschberg—Landshut, 40 km), insbesondere den elektrischen Betrieb von den bayrischen Strecken<sup>3)</sup> bis nach Stuttgart ausgedehnt. Es handelt sich dabei um die mit Einphasenstrom 15 kV, 16 $\frac{2}{3}$  Hz, vorgenommene Elektrisierung der Strecken Augsburg—Stuttgart, Stuttgart—Ludwigsburg und Untertürkheim—Kornwestheim (insgesamt 221 km Streckenlänge). Diese Elektrisierung, die zusammen 62,7 Mill. RM. an Kosten erforderte, erwies sich wegen des dichten Verkehrs und wegen der zum Teil bedeutenden Steigungen (Geislanger Steige 225 vT) als vorteilhaft. Der Umbau konnte dank der finanziellen Hilfe des Reiches, die mit Rücksicht auf die dadurch hervorgerufene Beliebung des Arbeitsmarktes gewährt wurde, durchgeführt werden. Die Stromversorgung der neuen Strecken erfolgt über zwei als Ganzfreiluftanlagen ausgeführte Unterwerke, Neu-Ulm und Plochingen, einerseits aus den vorhandenen bayerischen Wasserkraftwerken Walchensee und Mittlere Isar, die dadurch besser ausgenutzt werden können. Anderseits wurde im Dampfkraftwerk Münster der Stadt Stuttgart ein Einphasenturbogenerator von 8500 kVA Dauerleistung bei 16 $\frac{2}{3}$  Hz aufgestellt, der mit den Unterwerken der neuen Strecke und dem vorhandenen Bahnübertragungsnetz in Bayern über eine neue 110 kV-Leitung verbunden ist. Im Rahmen der Arbeitsbeschaffung wurde vor kurzem die Elektrisierung von weiteren 381 km Streckenlänge beschlossen, und zwar die Strecken: 1. Halle—Köthen—Magdeburg und Schönebeck—Bad Salzelmen (Mitteldeutschland). 2. Augsburg—Treuchtlingen—Nürnberg, München—Dachau (Bayern). 3. Tübingen—Plochingen (Württemberg). 4. Freiburg (Breisgau)—Neustadt, Titisee—Seebrugg (Höllental- und Dreiseenbahn in Baden). Die drei erstgenannten Strecken schließen an bereits mit Einphasenstrom 16 $\frac{2}{3}$  Hz elektrisierte Strecken an. Sie sollen unter anderem eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Triebfahrzeuge ermöglichen, wodurch an Anlagekosten gespart werden kann. Die letzterwähnten Strecken<sup>4)</sup> im badischen Schwarzwald. Nebenbahnen mit sehr starken Steigungen (bis 55 vT), sollen versuchsweise mit Hilfe von Einphasenstrom 15 kV, 50 Hz, elektrisiert werden, der dem allgemeinen Drehstromnetz des Badenwerkes<sup>5)</sup> entnommen wird. Die Lokomotiven (Achsanordnung B<sub>0</sub>—B<sub>0</sub>) werden von Einphasenstrom 50 Hz gespeist, der in den Lokomotiven aufgestellten gittergesteuerten Gleichrichtern (Stromrichtern)<sup>6)</sup> in regelbaren Gleichstrom umgewandelt und den Gleichstromtriebmotoren der Lokomotiven zugeführt wird. Die Kosten des gesamten neu beschlossenen Elektrisierungsplanes werden mit 50 Mill. RM. angegeben. B. G. (El. Bahnen 9 (1933) S. 73 ff.)

### Fernmelde-technik.

**Über die Ultrakurzwellen-Verbindung zwischen zwei festen Stationen**, mit Wellenlängen in der Größenordnung zwischen 80 und 20 cm, berichtete G. Marconi in einer Sitzung der Royal Institution. Die Schwingungen sind von der Barkhausen-Kurz-Type<sup>1)</sup>. Der Sender besitzt zwei Röhren: ihre Anoden- und Heizleitungen sind zu je einem Paralleldrahtsystem vereinigt,

<sup>1)</sup> S. a. A. Schieb, Z. V. D. I. 77 (1933) S. 533.

<sup>2)</sup> E. u. M. 48 (1930) S. 533.

<sup>3)</sup> E. u. M. 44 (1926) S. 913; 45 (1927) S. 560; 46 (1928) S. 45, 1031; 47 (1929) S. 607.

<sup>4)</sup> Siehe auch ETZ 54 (1933) S. 530.

<sup>5)</sup> E. u. M. 40 (1922) S. 123; 41 (1923) S. 642; 47 (1929) S. 834.

<sup>6)</sup> H. Laub, E. u. M. 50 (1932) S. 317 ff.

<sup>7)</sup> E. u. M. 47 (1929) S. 386.

die Länge der Systeme ist für die Wellenlänge maßgebend<sup>1)</sup>). Die Antenne, bestehend aus einem Dipol mit Metallscheiben als Endkapazitäten, wird über zwei ebenfalls parallele Leitungen an die Gitter der Röhren angeschlossen, die in Gegenphase schwingen. Besondere Schwierigkeiten bereitete die Auswahl von entsprechenden Röhren. Bei den letzten Sendertypen konnte bei einer Heizleistung von 30 W und einer Gitterverlustleistung von zirka 25 W eine ausgestrahlte Leistung von  $3\frac{1}{2}$  W im Durchschnitt erreicht werden. Wenn man nur die Gitterverluste in Betracht zieht, entspricht dies einem Wirkungsgrad von zirka 14 vH. Die Sender arbeiten, um durch Bündelung eine scharfe Richtwirkung und eine bessere Ausbeute zu erzielen, mit Parabolreflektoren. Durch die Bündelung mit Reflektoren wird eine Strahlungskompensation von über 9 Decibel erreicht. Zur Erhöhung der Leistung arbeiten mehrere, aus je zwei Röhren bestehende Sendereinheiten auf dasselbe Reflektorsystem. Durch eine entsprechende Phasenverteilung zwischen den einzelnen Sendern, im gegebenen Falle  $\frac{1}{2}$  Wellenlänge, wird es erreicht, daß die Strahlleistungen der einzelnen Einheiten sich phasenrichtig addieren. Derartige Senderanlagen sind in der Stadt des Vatikan und auf der Insel Santa Margherita und Levanto seit längerer Zeit mit dem bestem Erfolge in Betrieb. Die Empfängeranlagen sind nach denselben Gesichtspunkten aufgebaut. Auf eine Entfernung von zirka 110 km konnte zu jeder Tageszeit ein ungestörter Duplexverkehr aufrechterhalten werden. E. M.

(The Electrician 110 (1933) S. 3.)

**Eine Maschine, die ein moduliertes Frequenzband erzeugt.** Von W. Dornig. Bekanntlich wird als Rufzeichen auf Fernkabellinien eine Tonfrequenz von 500 Hz verwendet, die mit 20 Hz moduliert ist<sup>2)</sup>. Die bisher übliche Erzeugung dieser Frequenz durch eine 500 Hz-Maschine und zwanzigmalige Unterbrechung je Sekunde führt zu Unzukämmlichkeiten, da der Unterbrecher Störschwingungen verursacht und starker Abnutzung unterworfen ist. Das vermeidet eine Maschine, die gleich die modulierte Frequenz erzeugt: Eine gewöhnliche Gleichpoltype wird nur am halben Ständerumfang genutzt und am halben Läuferumfang gezahnt. Die Nutz- bzw. Zähnezahl wird so gewählt, daß ein normaler Wechselstrom von 500 Hz erzeugt würde, wenn der gesamte Umfang genutzt, bzw. gezahnt wäre. (Bei 1200 U/min 50 Ständer- und 25 Läuferzähne.) Wird davon aber nur rund die Hälfte (26 Ständer- bzw. 13 Läuferzähne) genutzt, so nehmen die Amplituden des 500 Hz-Stromes bei jeder Umdrehung einmal zu und wieder ab. Ist die ungezahnte Hälfte des Läufers der genutzten Hälfte des Ständers zugewandt, so wird keine Ständerwindung von wesentlich schwankendem Kraftfluß induziert; die Spannungsamplituden haben ihr Minimum; ist der Läufer um 180° verdreht, so daß alle Läuferzähne allen Ständernuten gegenüberstehen, so werden die Kraftflußänderungen und damit auch die Spannungsamplituden ein Maximum. Somit ist die Grundfrequenz mit 1 Per je Umdrehung, also 20 Hz moduliert. Um eine oberwellenfreie, also rein sinusförmige Modulation zu erhalten, werden die Windungszahlen der in Reihe geschalteten Ständerspulen 1...13 auf Grund einer einfachen zeichnerischen Ermittlung wie

2:4:7:9:10:12:12:12:10:9:7:4:2

abgestuft. Oszillogramme zeigen das einwandfreie Arbeiten dieser Maschine: der zugrundeliegende Gedanke kann auch zur Aussendung verwickelterer Zeichen weiter ausgebaut werden. H. S.

(ETZ 54 (1933) S. 623.)

### Energiewirtschaft.

**Die englische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1931/32.** Nach dem 12. Jahresbericht der Elektrizitätskommissäre<sup>3)</sup> ist die gesamte Stromerzeugung der an andere Verbraucher liefernden Werke in dem am 31. März 1932 endenden Jahre um 480 Mill. kWh auf 11'417 Mill. kWh gestiegen, obwohl der industrielle

<sup>1)</sup> Vgl. a. E. u. M. 50 (1932) S. 652.

<sup>2)</sup> E. u. M. 50 (1932) S. 471.

<sup>3)</sup> E. u. M. 47 (1929) S. 61, 448; 48 (1930) S. 643, 955, 1087.

Strombedarf etwas niedriger war als im Vorjahr. Die Steigerung ist daher in erster Linie auf die privaten Verbraucher zurückzuführen. Die Zahl der Verbraucher nahm auf rund 4 Mill., und der Anschlußwert auf 12'8 Mill. kW zu. Trotz der Zunahme der Stromerzeugung, die sich ungefähr gleich auf die öffentlichen und privaten Werke verteilt, sank der Verbrauch an festen Brennstoffen um rund 71 000 t, bei einem Mehrverbrauch von 1248 t Heizöl. In den letzten elf Jahren ist die Erzeugung der von der Statistik erfaßten Werke mit Leistungen über 500 kW um 76 Milliarden kWh, also jährlich im Durchschnitt um 695 Mill. kWh gestiegen, dabei gleichzeitig die Stromerzeugung je fester Brennstoff um 84 vH. Die Maschinenleistung der Werke hat im Berichtsjahre nur um 153 238 kW zugenommen gegen 892 249 kW im Vorjahr und etwa 530 000 kW als Durchschnitt der letzten elf Jahre. Bewilligt wurde die Neuerrichtung von neun Werken (das größte wird zunächst zwei 30 000 kW-Sätze umfassen) und von Erweiterungen mit zusammen 91 851 kW (gegen 892 077 kW i. Vj.). Dagegen wurden 127 Bewilligungen für neue Fernleitungen erteilt. Von diesen entfallen 103 auf das Elektrizitätsamt, und zwar rund 1500 km auf 132 kV-, 190 km auf 66 kV- und 520 km auf 33 kV- und 11 kV-Leitungen<sup>4)</sup>. 253 Unternehmungen liefern nur Drehstrom, 288 Dreh- und Gleichstrom und 121 nur Gleichstrom. Bei Drehstrom überwiegen 230 und 400 V Spannung bei den Abnehmern (314 Unternehmungen), bei Gleichstrom 230 und 460 V (110 Unternehmungen), insgesamt sind aber noch immer 45 verschiedene Spannungen zwischen 100 und 480 V im ganzen Lande vorhanden.

(World Power 19 (1933) S. 25.)

### Vereins-Nachrichten.

## Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

### Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blanker und isolierter Leitungen-EVW 9.

Abänderung des Abschnittes C 3, Pos. e) betr. Gummischlauchleitungen.

Der Arbeitsausschuß für Leitungen (Obmann: Direktor Ing. Märtz) hat einen Entwurf über die Abänderung der Bestimmungen über Gummischlauchleitungen von EVW 9 ausgearbeitet, welcher hiemit zur Stellungnahme veröffentlicht wird; Abänderungsanträge sind dem Vereinssekretariate (Wien VI, Theobaldgasse 12) bis spätestens 16. September d. J. einzusenden.

Wien, im Juli 1933.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär:

Ing. A. Marx e. h.

### ENTWURF.

Der Abschnitt C 3, Pos. e) Gummischlauchleitungen erhält folgende Fassung:

#### e) Gummischlauchleitungen.

##### a) Leichte Ausführung EJsch.

**Bauart:** Mit mehrdrähtigem Kupferleiter von 0.75 und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt, als Einfach- und Mehrfachleitungen.

Der Leiter besteht aus blanken oder verzinkten Drähten von höchstens 0.15 (0.75 mm<sup>2</sup>) bzw. 0.20 mm Durchmesser (1 mm<sup>2</sup>) und ist in beiden Fällen mit einer Textilbespinnung, zum Beispiel Baumwolle, zu versehen.

Über dem besponnenen Leiter ist eine denselben vollständig umschließende Gummihülle von mindestens 0.6 mm Wandstärke aufzubringen.

<sup>1)</sup> E. u. M. 48 (1930) S. 151.

Einfachleitungen erhalten über der Ader, Mehrfachleitungen über den verselten Adern einen Gummimantel, dessen Wandstärke bei  $0.75 \text{ mm}^2$  mindestens  $0.8 \text{ mm}$  und bei  $1 \text{ mm}^2$  mindestens  $0.9 \text{ mm}$  beträgt. Bei Mehrfachleitungen sind die Leerräume zwischen den Adern mit Textilien, zum Beispiel Baumwolle, oder mit Gummi auszufüllen. Aderisolation und Gummimantel sind mit einer Gummimischung, deren Rohgummigehalt mindestens  $33\frac{1}{3} \text{ vH}$  beträgt, herzustellen. Die Adern müssen innerhalb des Gummimantels bewegbar sein.

**Prüfung:** Die Adern müssen der gleichen Prüfung wie Leitung E J standhalten (Abschnitt C 2, Pos. b). Einfachleitungen müssen unter Wasser und Mehrfachleitungen Leiter gegen Leiter in trockenem Zustand einer Spannung von  $1.5 \text{ kV}$  eine halbe Stunde lang standhalten.

**Verwendungsbereich:** Zulässig für Spannungen bis  $250 \text{ V}$  für den Anschluß von ortsveränderlichen Stromverbrauchern in Wohnräumen.

### b) Mittlere Ausführung Wsch.

**Bauart:** Mit mehrdrähtigem Kupferleiter von  $0.75 \dots 2.5 \text{ mm}^2$  Querschnitt, als Einfach- und Mehrfachleitungen.

Der Leiter besteht aus blanken oder verzinkten Drähten (Höchstdurchmesser siehe nachstehende Tafel) und ist in beiden Fällen mit einer Textilbespinnung, zum Beispiel Baumwolle, zu versehen.

Über dem besponnenen Leiter ist eine denselben vollständig umschließende Gummihülle (Stärke siehe nachstehende Tafel), die aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung bestehen muß, aufzubringen.

Einfachleitungen erhalten über der Ader, Mehrfachleitungen über den verselten Adern einen Gummimantel (Wandstärke siehe nachstehende Tafel). Bei Mehrfachleitungen sind die Leerräume zwischen den Adern mit Textilien, zum Beispiel Baumwolle, oder mit Gummi auszufüllen. Die Adern müssen innerhalb des Gummimantels bewegbar sein.

Leiterquerschnitt $\text{mm}^2$	Höchstdurchmesser des Einzeldrahtes mm	Mindest-Stärke der Gummihülle über dem besponnenen Leiter mm	Mindest-Stärke des Gummimantels Einfach-   Mehrfach- Leitungen mm
0.75	0.15	0.8	0.8   1.2
1.0	0.20	0.8	1.0   1.2
1.5	0.25	0.8	1.2   1.4
2.5	0.25	0.9	1.2   1.6

Aderisolation und Gummimantel sind mit einer Gummimischung, deren Rohgummigehalt mindestens  $33\frac{1}{3} \text{ vH}$  beträgt, herzustellen.

Wsch-Leitungen sind auch mit Erdungsleitern zulässig. Der Erdungsleiter ist so auszuführen wie die Ader, sodaß eine Zweifachleitung mit Erdungsleiter einer Dreifachleitung und eine Dreifachleitung mit Erdungsleiter einer Vierfachleitung gleich ist. Der Querschnitt des Erdungsleiters für Leitungen ab  $25 \text{ mm}^2$  muß nachstehender Tafel entsprechen. Der Erdungsleiter ist so auszuführen wie eine Ader gleichen Leiterquerschnittes, jedoch ist die Gummisolation so zu bemessen, daß der Außendurchmesser des isolierten Erdungsleiters gleich dem der zugehörigen Adern ist.

hülle muß aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung bestehen, einen Rohgummigehalt von mindestens  $33\frac{1}{3} \text{ vH}$  aufweisen und bezüglich der Wandstärke nachstehender Tafel entsprechen.

Bei Einfachleitungen ist die Gummihäder in allen Fällen, bei Mehrfachleitungen in den Leiterquerschnitten von  $4 \text{ mm}^2$  und darüber mit gummiertem Baumwollband zu bändern. Die Bänderung kann bei Einfachleitungen bis einschließlich  $2.5 \text{ mm}^2$  Leiterquerschnitt durch eine gleichwertige Hülle ersetzt werden.

Einfachleitungen erhalten über der gebänderten oder gleichwertig umhüllten Ader einen einfachen bzw. doppelten Gummimantel mit mindestens  $50 \text{ vH}$  Rohgummigehalt, Stärke laut nachstehender Tafel. Bei doppeltem Gummimantel ist über dem ersten Mantel ein gummiertes Baumwollband oder eine gleichwertige Zwischenlage anzuordnen. Mehrfachleitungen bis einschließlich  $1.5 \text{ mm}^2$  Leiterquerschnitt sind über den verselten Adern mit gummiertem Baumwollband zu bändern oder mit einer gleichwertigen Hülle zu versehen. Über der gebänderten oder gleichwertig umhüllten Seele ist ein einfacher Gummimantel aufzubringen. Mehrfachleitungen mit Leiterquerschnitt  $2.5 \text{ mm}^2$  und mehr erhalten über den verselten Adern einen doppelten Gummimantel mit mindestens  $50 \text{ vH}$  Rohgummigehalt, Stärke laut nachstehender Tafel. Bei doppeltem Gummimantel ist über dem ersten Mantel ein gummiertes Baumwollband oder eine gleichwertige Zwischenlage anzuordnen. Die Adern müssen innerhalb des Gummimantels bewegbar sein.

I Wsch-Leitungen sind auch mit Erdungsleitern zulässig. Bei Leitungen bis einschließlich  $16 \text{ mm}^2$  Leiterquerschnitt ist der Erdungsleiter so auszuführen wie die Ader, sodaß eine Zweifachleitung mit Erdungsleiter einer Dreifachleitung und eine Dreifachleitung mit Erdungsleiter einer Vierfachleitung gleich ist. Der Querschnitt des Erdungsleiters für Leitungen ab  $25 \text{ mm}^2$  muß nachstehender Tafel entsprechen. Der Erdungsleiter ist so auszuführen wie eine Ader gleichen Leiterquerschnittes, jedoch ist die Gummisolation so zu bemessen, daß der Außendurchmesser des isolierten Erdungsleiters gleich dem der zugehörigen Adern ist.

Leiterquerschnitt $\text{mm}^2$	Höchstdurchmesser des Einzeldrahtes mm	Mindest-Stärke der Gummihülle der Ader mm	Mindest- querschnitt des Erdungs- leiters $\text{mm}^2$	Mindest-Stärke des inn.   äuß.    inn.   äuß. Gummimantels Einfach-    Mehrfach- Leitungen mm
1	0.20	0.8	1	—   1.6   —   2.0
1.5	0.25	0.8	1.5	—   1.8   —   2.3
2.5	0.25	0.9	2.5	—   2.0   1.2   1.6
4	0.30	1.0	4	—   2.2   1.2   1.8
6	0.30	1.0	6	1.0   1.4   1.2   2.0
10	0.30	1.2	10	1.2   1.5   1.4   2.2
16	0.30	1.2	16	1.2   1.5   1.5   2.5
25	0.35	1.4	16	1.4   1.8   1.6   2.8
35	0.35	1.4	16	1.4   1.8   1.8   2.8
50	0.40	1.6	16	1.6   2.0   2.0   3.2
70	0.50	1.6	25	1.6   2.0   2.0   3.2
95	0.50	1.8	25	1.8   2.4   2.2   3.6

**Prüfung:** Die Adern müssen der gleichen Prüfung wie Leitung G standhalten (Abschnitt C 2, Pos. d). Einfachleitungen müssen unter Wasser und Mehrfachleitungen Leiter gegen Leiter in trockenem Zustand einer Spannung von  $3 \text{ kV}$  eine halbe Stunde lang standhalten.

**Verwendungsbereich:** Zulässig für Spannungen bis  $750 \text{ V}$  für den Anschluß von ortsveränderlichen Stromverbrauchern in rauen Betrieben (zum Beispiel in Bergwerken, landwirtschaftlichen Betrieben und dgl.).

### Metallmarkt.

Berlin (Nach N. Fr. Presse) Mk. je 100 kg.	
Kupfer	9. VIII. 10. VIII. 11. VIII. 12. VIII. 14. VIII. 15. VIII.
Electrolytic	57 $\frac{1}{2}$ 57 $\frac{1}{4}$ 57 $\frac{1}{4}$ 57 $\frac{1}{4}$ 57 $\frac{1}{4}$ 57 $\frac{1}{4}$ 56 $\frac{1}{2}$
London (Nach „Mining Journal“ v. 11. VIII.) je t (1016 kg)	
Kupfer:	Pf. sh d Pf. sh d
Electrolytic	41 10 0 42 0 0
Wire bars	42 0 0 — — —
Bleie:	
Engl. pig common	13 15 0 — — —

### y) Schwere Ausführung I Wsch.

**Bauart:** Mit mehrdrähtigen Kupferleitern von  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt aufwärts, als Einfach- und Mehrfachleitungen.

Der Leiter besteht aus blanken oder verzinkten Drähten (Höchstdurchmesser siehe nachstehende Tafel) und ist bei der Ausführung mit blanken Drähten bei allen Querschnitten, bei Ausführung mit verzinkten Drähten bis einschließlich  $16 \text{ mm}^2$  Leiterquerschnitt mit einer Textilbespinnung, zum Beispiel Baumwolle, zu versehen.

Über dem Leiter ist eine denselben vollständig umschließende Gummihülle aufzubringen. Die Gummihülle