

E UND M

ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU

INHALT:

Glasfäden als Isolierstoff für elektrische Maschinen. Von W. Büsing. S. 377.

Vibrationsregler mit Stromtoren an Stelle von Zwischenrelais zur Erzielung großer Regelbereiche und großer Regelgeschwindigkeit. Von A. Leonhard und A. Lang. S. 380.

Die Ersatzschaltungen des Transformators. Von H. Pitsch. S. 384.
Zur kurzen Unterrichtung. (Überwellenerscheinungen bei Induktionsmotoren.) Von H. Sequenz. S. 390.

PATENTBERICHT. S. 392.

RUNDSCHAU:

Über das vollständige Fluß- und Stromdiagramm des mehrphasigen Asynchronmotors. S. 393.

Über den Schwingankermotor. S. 393.

Der Stromstoßtransformator als neuzeitliches Hilfsmittel bei der Magnetherstellung. S. 393.

Ferngesteuerte und selbsttätige Stromrichteranlagen. S. 395.

Die 4400 PS-Diesel-elektrische Lokomotive der Rumänischen Staatsbahnen. S. 395.

Experimentelle Grundlagen des Dipol-Induktionsverfahrens. S. 396.

Regeneration von gebrauchten Ölen mit Aluminiumoxyd. S. 396.

Vergleichende Untersuchungen von Metall- und Kunstharzprobstoff-Lagern. S. 397.

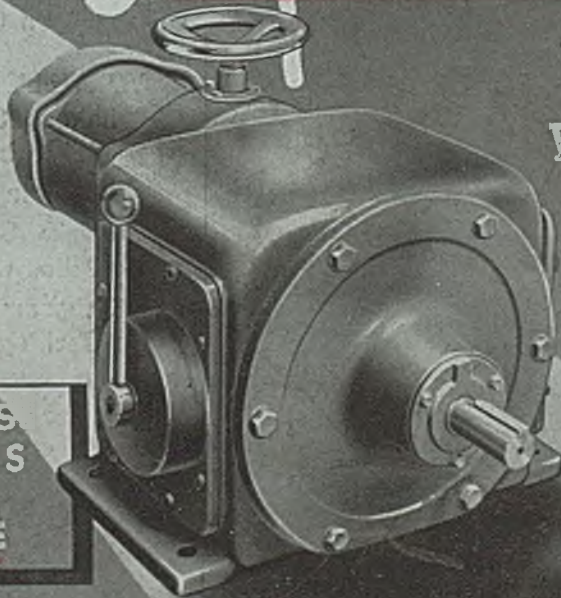
CHRONIK. S. 398.

BUCHBESPRECHUNGEN. S. 399.



Stufenlos regeln

HEISST
WIRTSCHAFTLICH
ARBEITEN

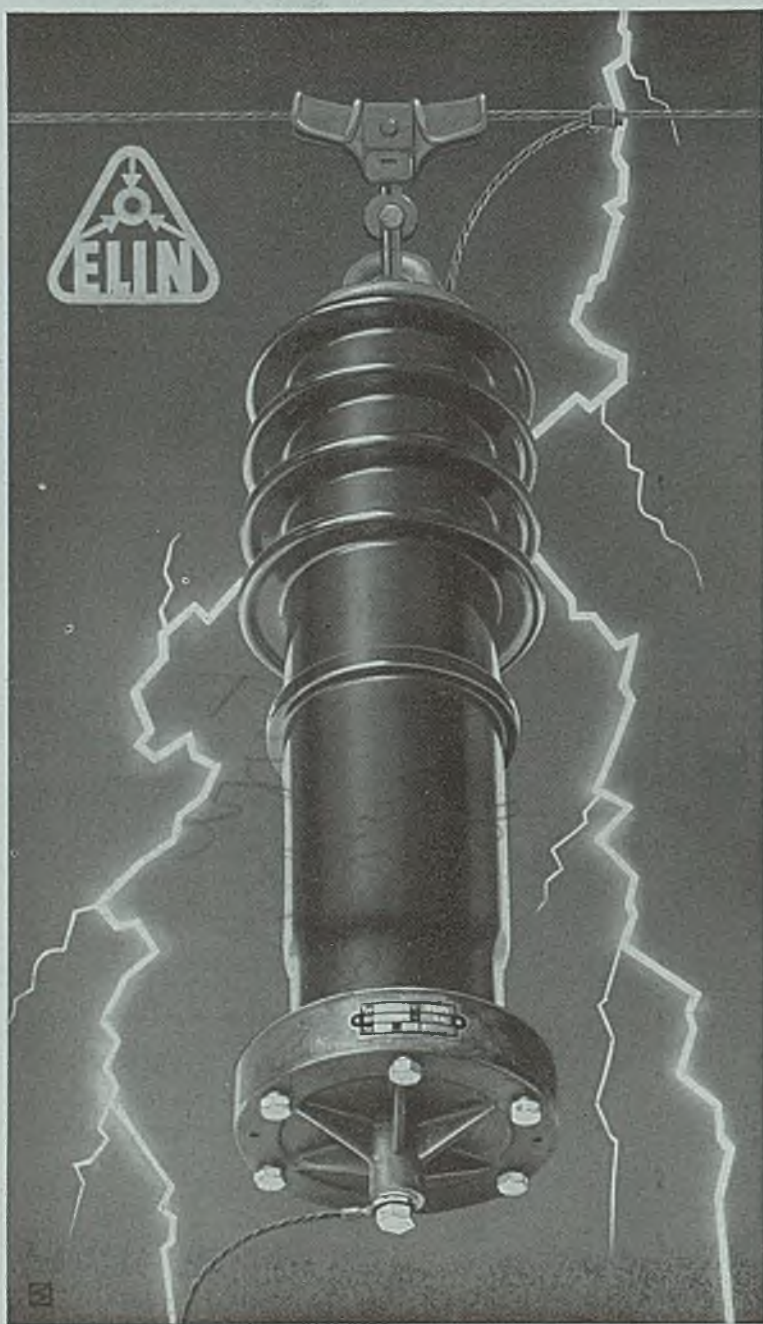


STUFENLOS
REGELBARES
HIMMEL-
GETRIEBE

HIMMELWERK A.G. TÜBINGEN

ABTEILUNG: GETRIEBEBAU

"ELIN" ÜBERSPANNUNGSABLEITER MIT DEM NEUEN WIDERSTANDSKÖRPER "ELINIT"



AUFBAU: Der ELIN-Überspannungsableiter besteht aus:
der Vielfach-Löschfunkenstrecke,
dem aus Elinitzscheiben zusammengesetzten Widerstandskörper,
dem Gehäuse.

AUSFÜHRUNG: Für Innenraum mit Hartpapiergehäuse.

Eine ausreichende Durchlüftung verhindert Schweißwasserbildung.
Für Freiluft mit Porzellanüberwurf.

Der Ableiter ist vollkommen abgedichtet und mit einem trockenen, trägen Gas gefüllt.

VORTEILE: Hohes Löschvermögen;
hohes Stromaufnahmevermögen,
daher betriebssicher!

geringer Ansprachverzug;
starke Spannungsabhängigkeit,
daher wirksam!

Sorgsame Stückprüfung mittels Oszillographen!

Die Ableiter entsprechen den Leitsätzen für Überspannungsschutzgeräte und Starkstromanlagen nach VDE 0675/1/38.

"ELIN" AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTR. INDUSTRIE
WIEN, I., VOLKSGARTENSTRASSE 1—5



Felten & Guilleaume

Fabrik elektrischer Kabel, Stahl- und Kupferwerke AG
Wien 75 • Würdunstraße 11

Eigene elektrotechnische Erzeugnisse:

Starkstromkabel bis 35 kV und die dazugehörigen Garnituren
Schwachstromkabel und Schwachstromkabel-Garnituren
Gummiisolierte Stark- und Schwachstromleitungen
Isolierte Drähte • Blanke Drähte • Stahl-Aluminium-Seile

Vertretung für die Ostmark der

Felten & Guilleaume Carlswerk AG
Köln-Mülheim

Starkstromkabel von 35 kV an aufwärts
bis zu den höchsten Spannungen und die dazugehörigen Garnituren
Selbsttragende Luftkabel • Verbindungsmaterial für Freileitungen
Niederspannungs-Schaltanlagen • Kabelverteilerschranke
Hausanschlusskasten aus Isolierprefestoff • Schutz- und Trennschalter
Elektrische Meßinstrumente



QUADRANT-INSTRUMENTE



Raumsparend, übersichtlich, sinnfällig, formschön

H&B
HARTMANN & BRAUN AG FRANKFURT/M
Geschäftsstelle Wien I, Tegetthoffstraße 7, Ruf 28-4-64

Zeiger waagrecht:
Ausgeschaltet

Zeiger senkrecht:
Voller Betrieb

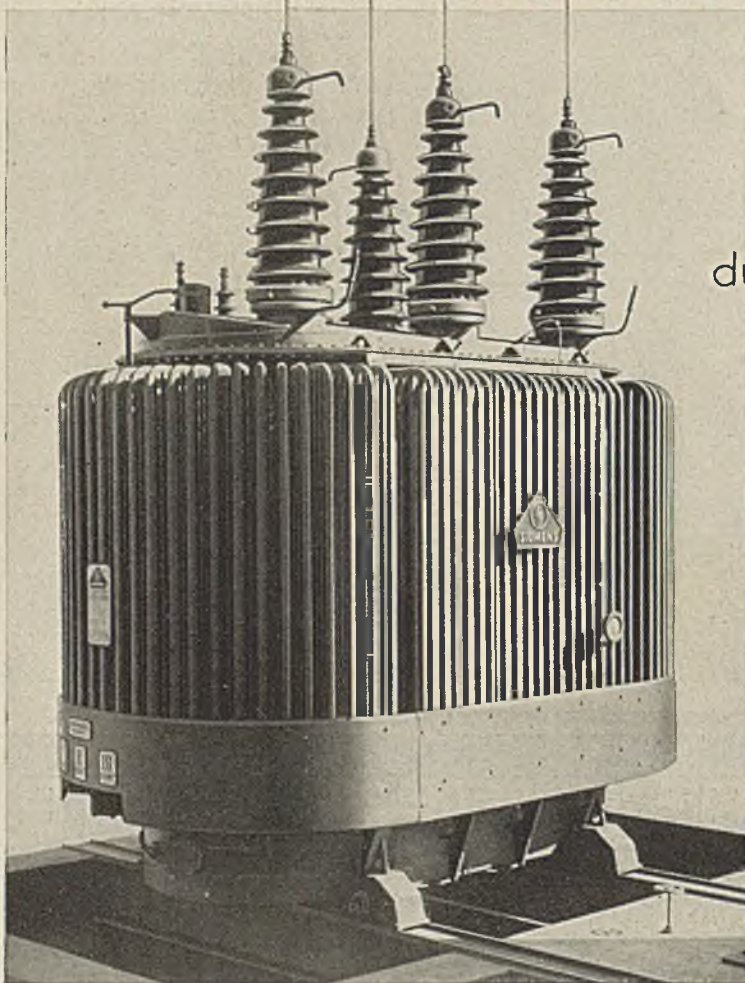
Zeiger in Zwischen-
stellung:
Grad der Steilheit=
Grad der Belastung



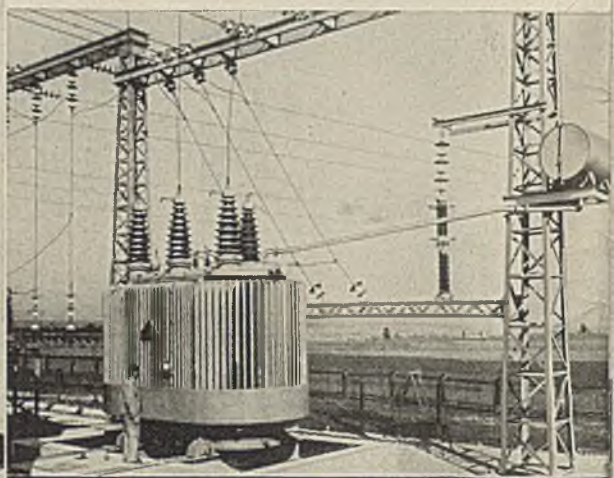


SIEMENS

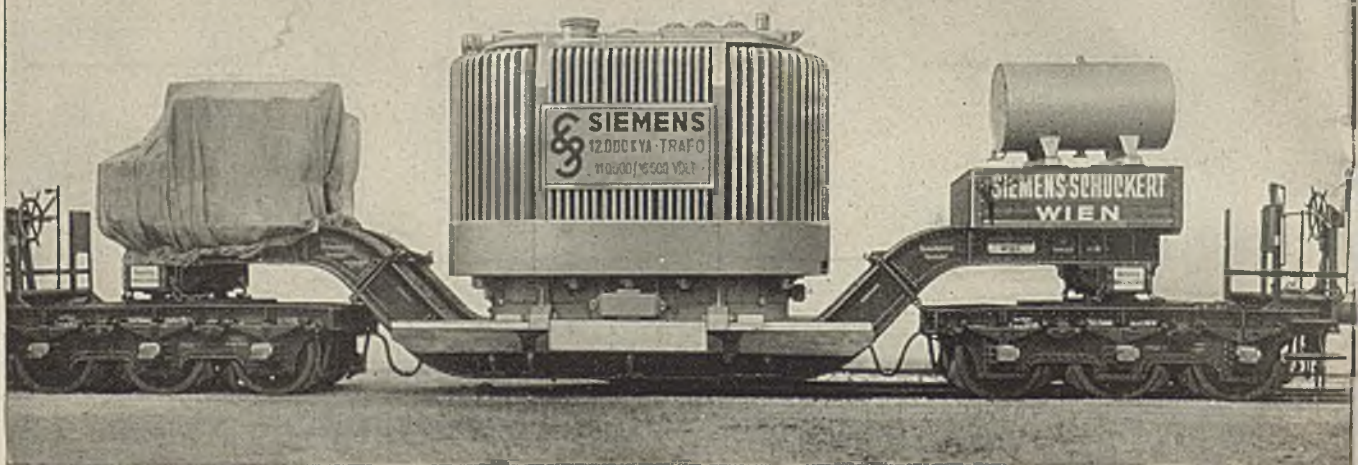
FREILUFT-TRANSFORMATOREN



*mit zusätzlicher
Luftkühlung*
durch Betz-Schraubenlüfter



UMSPANNWERK TERNITZ DER "STEWAG"



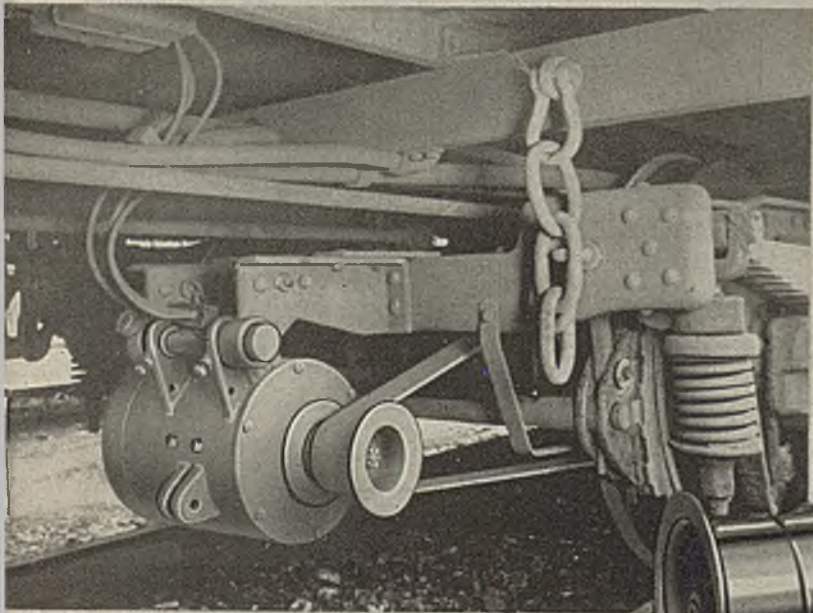
12 MVA-Freilufttransformator, 110/165 kV, 50 Per/sek.

ÖSTERREICHISCHE SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE
WIEN - GRAZ - INNSBRUCK - LINZ - SALZBURG

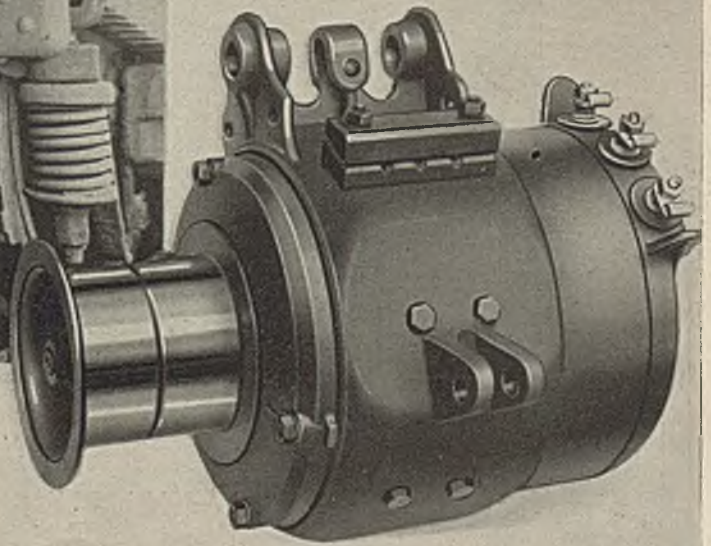


SIEMENS

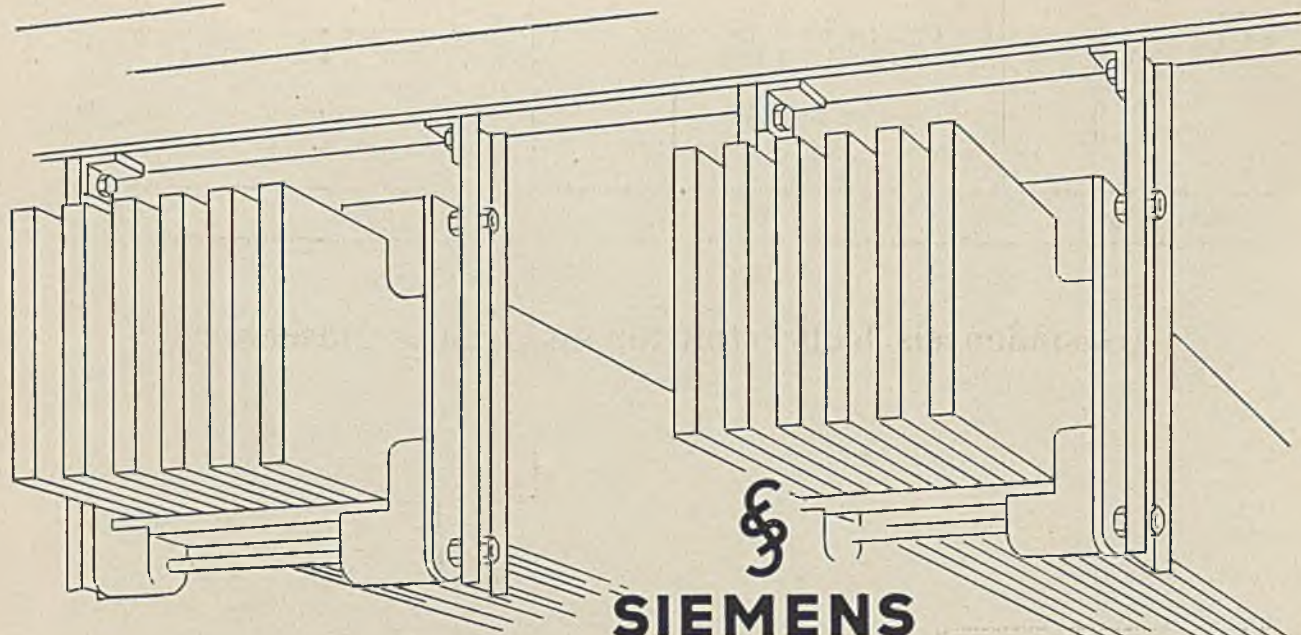
ZUGLICHTMASCHINEN



*zur Stromerzeugung
für Eisenbahnwagen*



ÖSTERREICHISCHE SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE
WIEN-GRAZ-INNSBRUCK-KLAGENFURT-LEOBEN-LINZ-SALZBURG

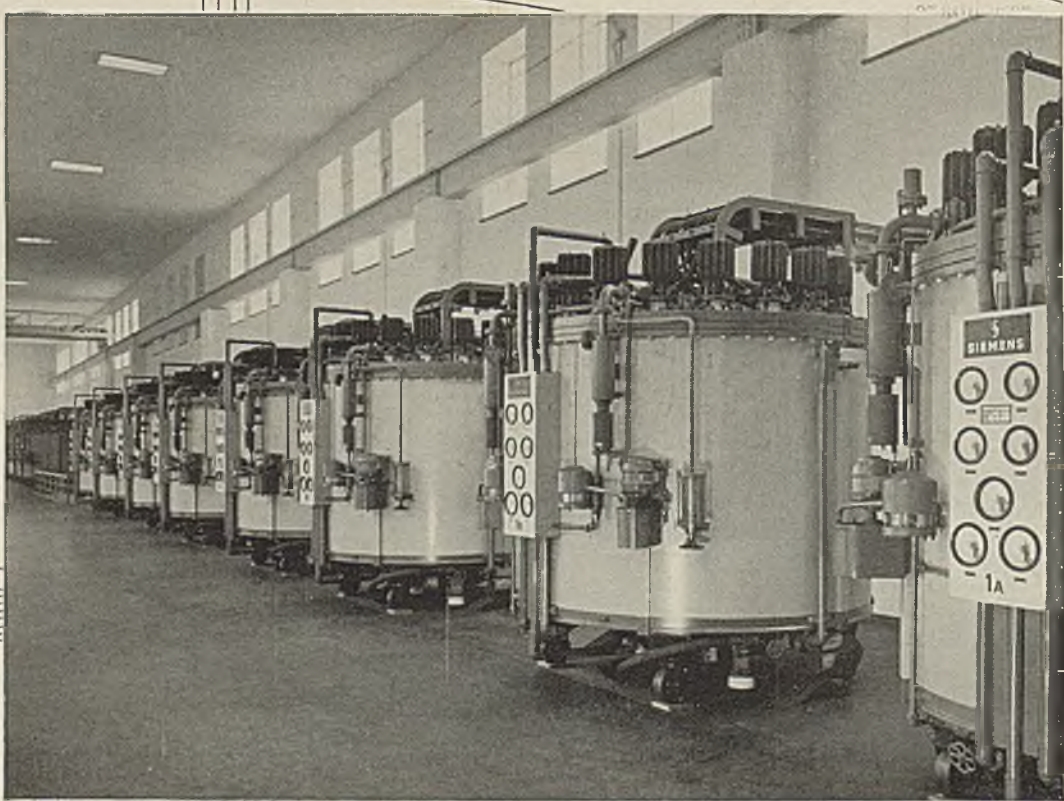


SIEMENS

STROMRICHTER

für Aluminium-Erzeugung

Stromrichter-
Anlage
für 80 000 A
850 V
68 000 kW



DE 17

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG · BERLIN-SIEMENSSTADT

Elektrotechnik und Maschinenbau

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker
Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien von 1883 bis 1938

57. Jahrgang

Wien, 21. Juli 1939

Heft 29/30

Glasfäden als Isolierstoff für elektrische Maschinen.*)

Von W. Büssing, Stuttgart.

DK 621.315.612.6 : 621.313

Übersicht. Aus amerikanischen Mitteilungen scheint die Brauchbarkeit von Glasfäden als Isolierstoff für elektrische Maschinen nebst besseren Eigenschaften verglichen mit Baumwolle oder Asbest hervorzugehen. Da diese Veröffentlichungen in Deutschland noch wenig bekannt sind, werden die Eigenschaften mit Rücksicht auf den Elektromaschinenbau beschrieben. Zum Schluß wird der Einfluß der Überlastung einer Maschine auf ihren Wirkungsgrad überschlägig untersucht.

Die Grenzen der Ausnutzung elektrischer Maschinen sind sowohl durch die Wärmeempfindlichkeit als auch durch die Wärmeleitfähigkeit der üblichen Isolierstoffe gegeben. Die zulässigen Temperaturen, denen sie dauernd ausgesetzt werden dürfen, sind in den Bestimmungen VDE 0530, § 38 festgelegt. Es wäre ein Fortschritt, wenn ein brauchbarer und nicht zu teurer Isolierstoff gefunden würde, der höheren Temperaturen dauernd standhalten kann; damit würde zunächst einmal eine bessere Ausnutzung und demzufolge eine Gewichtsverminderung der Maschine erreicht. Weiter könnte die Lebensdauer der Maschine erhöht werden; denn es erscheint vorteilhaft, auch für die Wärmebeanspruchung der Isolation mit einem gewissen Sicherheitsfaktor zu rechnen, da die wirklich auftretende Temperatur und ihre Verteilung über die Wicklung, insbesondere bei auftretenden Laststößen, doch reichlich unbestimmt sind.

Nachdem es gelang, Asbest zu verspinnen, hatte man einen Isolierstoff, dessen höchstzulässige Temperatur nur durch den notwendigen Tränklack begrenzt ist. Doch hat Asbest neben seiner Eigenschaft, Feuchtigkeit leicht aufzunehmen, den Nachteil starken Isolationsauftrages; aber vor allem ist es ein devisenbelasteter Rohstoff.

Es wäre im Rahmen des Vierjahresplanes sehr erwünscht, könnte man einen heimischen Rohstoff mit ähnlichen oder besseren Eigenschaften finden; es scheint aber nach Berichten ausländischer, insbesondere amerikanischer Zeitschriften, daß Glasgespinnst diese Rolle zu übernehmen in der Lage ist.

Die Herstellung (s. Schrifttumsverzeichnis S 380 [1]) von Glasfäden kann nach drei Methoden erfolgen. Bei dem Zugverfahren wird geschmolzenes Glas in eine Wanne gebracht, die auf der Unterseite eine Platte mit etwa 40 feinen Düsen

hat, durch die das Glas in dünnen Fäden durchläuft und auf eine schnell rotierende Trommel aufgewickelt wird. Man erhält hierbei endlose Fäden bis herab zu 3 bis 5 μ Durchmesser. Je dünner der Faden, um so geringer ist aber die stündlich hergestellte Menge Gespinnst, so daß dann dieses Verfahren unwirtschaftlich wird. Die Stundenleistung beträgt etwa 1 kg.

Eine wirtschaftlich günstigere Herstellungsart, die etwa 20 bis 60 kg Glaswolle je Stunde liefert, ist das sogenannte Schleuderverfahren. Statt einer ziehenden Trommel wird hier die Zentrifugalkraft zur Fadenbildung herangezogen. Bei Fadenstärken von 4 bis 10 μ erhält man etwa 10 kg/h.

Das dritte Verfahren, das eine noch größere Stundenleistung ergibt, benützt einen Dampfstrom, der das geschmolzene Glas durch seine Geschwindigkeit aus Düsen zu feinen Fäden zieht. Man bekommt Fadenstärken bis herab zu 5 μ .

Die beiden letzten Verfahren gestatten sowohl endlose Fäden wie die sogenannte Stapelfaser in Längen von 5 bis 40 cm herzustellen. Als Rohstoff hat sich besonders alkalifreies Glas bewährt.

Die mechanischen Eigenschaften [2] der Glasfäden hängen wesentlich von ihrer Dicke ab. Je dünner der Faden ist, desto günstiger werden die Verarbeitungseigenschaften. Um die Fäden verspinnen zu können,

ist neben einer ausreichenden Zugfestigkeit eine gewisse Dehnung nötig; denn von ihr hängt die Knotbarkeit des Fadens wesentlich ab. Bild 1 zeigt die Zerreißfestigkeit und Dehnung eines Glasfadens in Abhängigkeit vom Fadendurchmesser. Die Dehnung ist im wesentlichen der Zerreißfestigkeit proportional. In Bild 2 ist ein Maß für die Knotbarkeit gegeben. Es bedeuten D den kleinstmöglichen Durchmesser einer Schlinge, d den Fadendurchmesser in μ . Daraus folgt, daß zum Beispiel für einen Fadendurchmesser von 22 μ der kleinstmögliche Schlingendurchmesser 800 μ ist. Wie man aus dieser Zahlenangabe ersieht, wäre es vorteilhaft, die Fäden noch dünner als 5 μ herzustellen, da dann die Dehnung stark zunehmen würde.

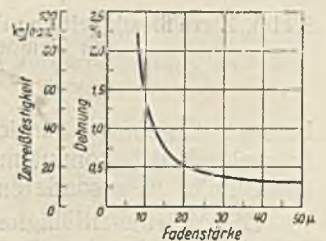


Bild 1. Zerreißfestigkeit und Dehnung in Abhängigkeit vom Fadendurchmesser [2].

*) Diese Zusammenstellung ergab sich im Rahmen einer größeren Untersuchung über die Anwendung heimischer Baustoffe für elektrische Maschinen, die zur Zeit am Lehrstuhl für Elektromaschinenbau der Technischen Hochschule Stuttgart durchgeführt wird.

Der Faden wird zu Garnen, Bändern und Schläuchen verarbeitet. Die unangenehme Eigenschaft der stärkeren Fäden, die bei der Verarbeitung in die Haut eindringen und dort Juckreiz und Entzündungen hervorrufen, tritt bei den hier in Frage kommenden Fäden der Stärke 5 bis 8 μ nicht mehr auf.

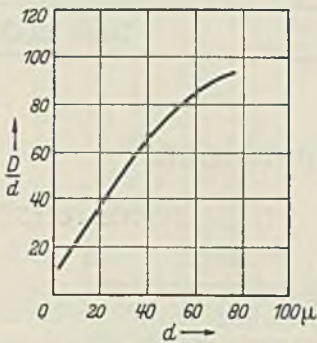


Bild 2. Knotbarkeit in Abhängigkeit vom Fadedurchmesser [2].

Die Festigkeit von Bändern und ihre Abnahme in Abhängigkeit von der Temperatur veranschaulicht Bild 3. Als Vergleich ist die Festigkeit eines Baumwoll- und Asbestbandes angegeben. Aus diesem Bilde folgt klar die große Überlegenheit der Glasbänder. Ein Nachteil der Glasgewebe ist die nicht sehr hohe Scheuerfestigkeit. Das liegt wohl an der geringen Dehnung der Fäden. Mit dünneren Fäden könnte man in dieser Hinsicht

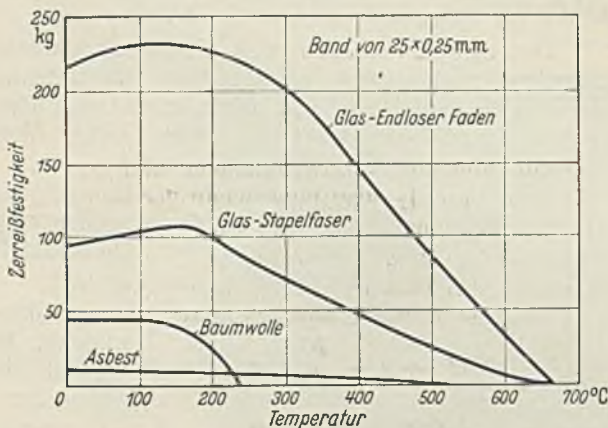


Bild 3. Zerreiβfestigkeit von Bändern in Abhängigkeit von der Temperatur [6].

bessere Ergebnisse erzielen. Eine größere Geschwindigkeit bekommt man auch durch Tränkung der Bänder in besonderen Lacken.

Die Wärmeleitfähigkeit der Glasisolation ist, wie sich aus den Angaben über einen ausgeführten Motor schätzen läßt, etwa das Vierfache der von Baumwolle. Diese Tatsache stellt nicht in Widerspruch damit, daß Glaswolle zur Wärmeisolation benutzt wird, da es hierbei im wesentlichen auf die Dichte des Materials ankommt; diese beträgt für Glaswolle, die zur Wärmeisolation verwendet wird, 50 bis 170 kg/m^3 , für Gewebe rund 2000 kg/m^3 .

Glasgewebe ist nicht hygroskopisch, unempfindlich gegen Basen und Säuren mit Ausnahme der Flußsäure, kann also als Isolation auch dort verwendet werden, wo schwierige Arbeitsbedingungen vorliegen, wie in chemischen Fabriken.

Die Durchschlagfeldstärke ungetränkter und

getränkter Bänder ist in Bild 4 und 5 gezeigt; der Isolationswiderstand von Bändern der Abmessung $25 \times 0,38 \text{ mm}$ ist in Bild 6 angegeben; dazu sei noch bemerkt, daß die Bänder vor der Messung 72 Stunden den verschiedenen Luftfeuchtigkeiten ausgesetzt waren.

Über den Isolationsauftrag sind einheitliche Angaben nicht vorhanden. Eine amerikanische Firma gibt für die Stärke einer einlagigen Glasisolation dieselbe Zunahme an wie bei zweimaliger kV/mm

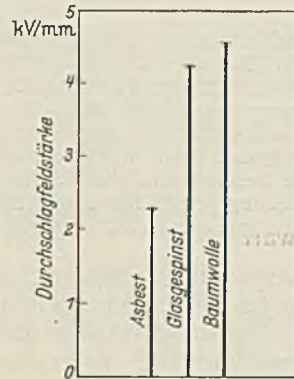


Bild 4. Mittlere Durchschlagfeldstärken ungetränkter Bänder.

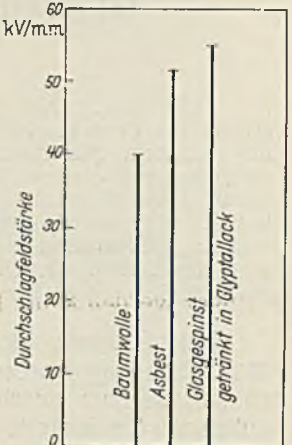


Bild 5. Mittlere Durchschlagfeldstärke getränkter Bänder.

Seideisolation. Deutsche Firmen geben Zunahmen wie bei Baumwolle und Asbest an. Das wären bei 1 mm Drahtdurchmesser Gesamtzunahmen von 0,08 bis 0,22 mm. Die Verschiedenheit der Angaben rührt wohl daher, daß die Entwicklung der Glasisolation noch in den Anfängen steht.

Schwierigkeiten bereitet es noch, die Isolation hafter auf den Leiter zu bringen, da die Glasfäden sehr glatt sind und sich insbesondere an Biegestellen des Drahtes verschieben. Es gibt zwei Möglichkeiten, diese Schwierigkeiten zu überwinden:

1. Man überzieht den Draht mit einem Isolierschlauch oder unklöppelt ihn,
2. man klebt die Isolation mit einem Lack, der gleichzeitig als Tränkmittel dient, auf den Draht fest.

Bei der ersten Art erhält man einen starken Isolationsauftrag, bei der zweiten Art erhebt sich die Frage nach einem geeigneten Lack, denn der Lack sollte, um die hohe Wärmebeständigkeit des Glases nicht wieder rückgängig zu machen, selbst hoch wärmebeständig sein und dabei gut kleben.

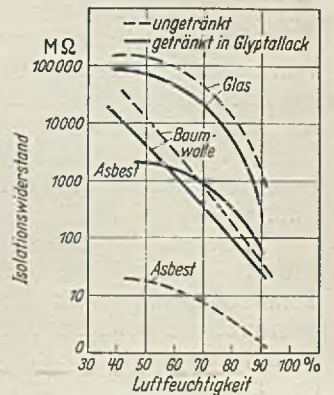


Bild 6. Isolationswiderstand von Bändern $25 \times 0,38 \text{ mm}$ in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit, nach 72 Stunden.

In Amerika benutzt man dazu Glyptalharz-Holzöl-Lack (Glyptalharz ist ein Kunstharz auf der Basis Glycerin-Phthalsäure). Man erreicht damit Wärmebeständigkeiten bis etwa 250°. Einer amerikanischen Firma soll es gelungen sein, Lack mit einer Temperaturbeständigkeit von 450° herzustellen; sie hat einen Motor mit Glasisolation gebaut, der schon ein Jahr ohne Anstände bei 400° in Betrieb sein soll.

Glasfäden mit der für die Verspinnung nötigen Feinheit und entsprechende Gewebe sind im Handel bereits zu beziehen, jedoch kann über den Preis noch nichts Endgültiges gesagt werden. Schätzungen ergeben, daß der Preis der glasisierten Drähte voraussichtlich geringer sein wird als der für asbestisolierte Drähte.

Bei diesen Betrachtungen liegt die Befürchtung nahe, daß durch die starke Heraufsetzung der zulässigen Temperatur, also auch der Verluste, der Wirkungsgrad der Maschine beträchtlich geringer werden kann. Es wäre denkbar, daß unter Umständen der Gewinn, der durch die höhere Ausnutzung bezüglich der Baustoffe zu erzielen ist, wirtschaftlich gesehen durch die hohen Verluste wieder aufgehoben wird.

Mit vereinfachenden Annahmen erhält man folgende Verhältnisse: Die Übertemperatur der Wicklung sei in zwei Temperatursprünge aufgeteilt und diese an Isolation und Außenoberfläche verlegt; die entsprechenden Wärmewiderstände seien R_i und R_a ; die erzeugte Wärmemenge, die dem Quadrat des Stromes proportional angenommen wird, sei Q und die gesamte Übertemperatur ϑ ; die entsprechenden Größen bei höheren Temperaturen und veränderter Wärmeleitfähigkeit werden mit einem Strich gekennzeichnet. Dann gilt:

$$\frac{\vartheta'}{\vartheta} = \frac{R'Q'}{RQ}$$

$$R = R_i + R_a, \quad R' = R'_i + R'_a$$

Da bei der Betrachtung die Abmessungen der Maschine nicht geändert werden sollen, ist

$$R'_a = R_a$$

Die bessere Wärmeleitfähigkeit der Isolation sei durch einen Faktor $m < 1$ gekennzeichnet

$$R'_i = m R_i$$

und das Verhältnis der Wärmewiderstände sei

$$\frac{R_a}{R_i} = n;$$

dann gilt

$$R = R_i + R_a = R_i(1 + n),$$

$$R' = R'_i + R'_a = R_i(m + n),$$

$$\frac{\vartheta'}{\vartheta} = \frac{R_i(m + n) Q'}{R_i(1 + n) Q}$$

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{V'_i}{V_i} = \frac{1 + n}{m + n} \cdot \frac{\vartheta'}{\vartheta} = p \dots (1),$$

wo V_i die stromabhängigen Verluste sind. Bei konstanter Spannung ist

$$\frac{J'}{J} = \frac{N'}{N} = \sqrt{\frac{V'_i}{V_i}} = \sqrt{p} \dots (2),$$

wo N die Leistung darstellt. Es gilt

$$\frac{V'}{V} = \frac{V'_k + V'_i}{V_k + V_i};$$

hierbei sind V_k die stromunabhängigen Verluste. Es sei ferner

$$\frac{V_k}{V_i} = q \quad \text{und} \quad V'_k = V_k \dots (3);$$

dann gilt

$$\frac{V'}{V} = \frac{q V_i + V'_i}{q V_i + V_i} = \frac{q}{q + 1} + \frac{V'_i}{V_i} \cdot \frac{1}{q + 1} = \frac{q + p}{q + 1}$$

Ist η der Wirkungsgrad, so wird

$$\frac{\eta' - \eta}{1 - \eta} = \frac{1 - \frac{V'}{N'} - 1 + \frac{V}{N}}{1 - 1 + \frac{V}{N}} =$$

$$= \frac{\frac{V}{N} \left(1 - \frac{p + q}{\sqrt{p}(1 + q)} \right)}{\frac{V}{N}} = 1 - \frac{p + q}{\sqrt{p}(1 + q)},$$

$$\eta' = \eta + \left(1 - \frac{p + q}{\sqrt{p}(1 + q)} \right) (1 - \eta) \dots (4).$$

Für $\eta' \geq \eta$ muß gelten $1 \geq \frac{p + q}{\sqrt{p}(1 + q)}$,

$$\sqrt{p}(q + 1) \geq p + q, \quad q\sqrt{p} \geq p + q - \sqrt{p},$$

$$q\sqrt{p} - q \geq p - \sqrt{p}, \quad q(\sqrt{p} - 1) \geq \sqrt{p}(\sqrt{p} - 1),$$

also

$$q \geq \sqrt{p} \dots (5)$$

Dem Sinn der Aufgabenstellung nach ist $p > 1$ also auch $\sqrt{p} > 1$, also muß, wenn der Wirkungsgrad der Maschine erhalten bleiben soll, nach (5) $q > 1$, das heißt, die stromunabhängigen Verluste müssen größer sein als die stromabhängigen.

Für eine größere Maschine sei ein Beispiel gerechnet. Für sie gilt $\frac{R_a}{R_i} = n = \frac{3}{2}$; nimmt man

$\frac{R'_i}{R_i} = m = \frac{1}{4}$, einen Wert, der den Verhältnissen bei Glasgespinnst gegenüber Baumwolle entsprechen wird, so ist bei einer Temperaturerhöhung auf das Doppelte nach (1)

$$p = 2 \cdot \frac{1 + \frac{3}{2}}{\frac{1}{4} + \frac{3}{2}} = \frac{20}{7} = 2,86,$$

$$\sqrt{p} = 1,69.$$

Für $\frac{V_k}{V_i} = q = 1$, ein Verhältnis, wie es bei üblichen Maschinen vorkommt, wird der Wirkungsgrad der Maschine nach (5) kleiner werden. Man erhält bei $\eta = 90$ vH nach (4)

$$\eta' = 0,9 + \left(1 - \frac{3,86}{1,69 \cdot 2} \right) \cdot 0,1 = 0,886,$$

$$\eta' = 88,6 \text{ vH.}$$

Das ist eine Verminderung des Wirkungsgrades um 1,5 vH. Will man keine Abnahme des Wirkungsgrades bekommen, muß man das Verhältnis der stromabhängigen zu den stromunabhängigen Verlusten ändern, das heißt die Maschine

anders auslegen, wie aus Bild 7 hervorgeht. Dabei bezieht sich q auf die Ausgangsbelastung. Man sieht aber auch, daß der Wirkungsgrad die zulässigen Toleranzen kaum überschreitet.

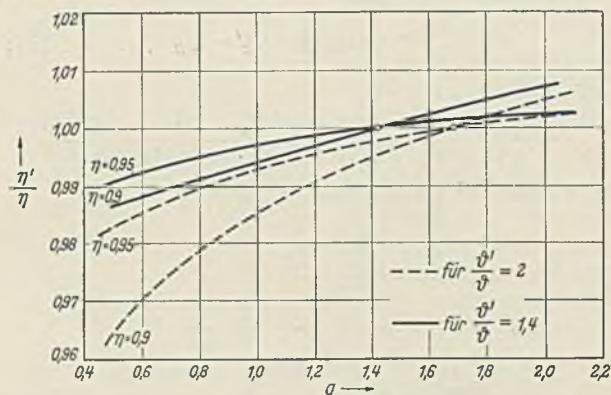


Bild 7. Abhängigkeit des Wirkungsgrades η' bei verschiedenen Überlastungen ϕ' und Ausgangswirkungsgraden η in Abhängigkeit von $q = \frac{\text{stromunabhängige Verluste}}{\text{stromabhängige Verluste}}$.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß dem Glasgespinnst als Isolierstoff im Elektromaschinenbau für die Zukunft hohe Bedeutung

zukommen dürfte. Nach den bisher vorliegenden Veröffentlichungen scheint es, daß Amerika in der Anwendung, besonders in der Herstellung eines hitzebeständigen Kleblackes, den übrigen Ländern voraus ist, und es wäre zu wünschen, daß in Deutschland die Versuchsarbeiten in dieser Hinsicht gefördert würden.

Schrifttum:

1. L. v. Reis, Herstellung und Verwendung von Glasgespinnst, Glastechn. Ber. 15 (1937) S. 219 bis 228.
2. Eitel und Oberlies, Einige Eigenschaften des Glasfadens, Glastechn. Ber. 15 (1937) S. 228 bis 231.
3. P. Krüger, Textiltechnische Erfahrungen mit Erzeugnissen aus Glasfasern, Glastechn. Ber. 15 (1937) S. 461 bis 463.
4. R. Hagner, Glass as Electrical Insulation, Electr. J. May 1938, S. 177.
5. K. N. Mathes, Fiberglass — a new Insulation for electric apparatus, Gen. Electr. Rev. (1938) S. 218.
6. R. E. Ferris und G. L. Moses, Fibrous Glass für Electrical Insulation, Electr. Engng. (1938) S. 480 bis 483.
7. Glasfaser als elektrische Isolation, Rev. gén. Electr. (1939) S. 83.

Vibrationsregler mit Stromtoren an Stelle von Zwischenrelais zur Erzielung großer Regelbereiche und großer Regelgeschwindigkeit.

(Mitteilung aus dem Institut für elektrische Anlagen an der Technischen Hochschule Stuttgart.)

Von A. Leonhard und A. Lang, Stuttgart.

DK 621.316.722.1.077.65

Übersicht. Es wird die Wirkungsweise des Vibrationsreglers erläutert und auf die Vor- und Nachteile der bisher üblichen Schaltung hingewiesen. Dann wird eine neue Schaltung beschrieben, bei der die Zwischenrelais durch Stromtore ersetzt werden, wodurch eine Verbesserung der Regeleigenschaften des Reglers erzielt wird.

A. Allgemeines über den Vibrationsregler in der bisher üblichen Schaltung.

Der Vibrationsregler gehört mit zu den ältesten Reglern für die Konstanthaltung der Spannung von Generatoren und wird dank seiner verschiedenen guten Eigenschaften, wie einfacher Aufbau, wirksame Überwindung der Feldzeitkonstante der Erregermaschine usw. auch heute noch in sehr großem Umfang verwendet. Trotzdem kann er in seiner ursprünglichen Bauweise mit direkter Bremse des Meßwerkernes nicht als „Schnellregler“ im Sinne der neuzeitlichen Regeltechnik bezeichnet werden, da die Dämpfungszeitkonstante des Regelvorganges beim Arbeiten mit einem solchen Regler unabhängig von den Reglerkonstanten nur durch die Feldzeitkonstante des geregelten Generators gegeben ist. Wie an anderer Stelle gezeigt wurde¹⁾, kann aber durch verhältnismäßig einfache Mittel, nämlich durch Einbau eines elastischen Zwischengliedes zwischen Meßwerkern und Dämpfungspumpe, der Regler, der

damit eine vorübergehende Statik erhält, zum Schnellregler gemacht werden. Leider tritt aber bei dieser Ausführung leicht eine Rückwirkung des nun schwingungsfähigen Systems, bestehend aus Meßwerkskernmasse und Feder, auf das Zitterschutzsystem ein, so daß dadurch bei schwach eingestellter Feder das gute gleichmäßige Arbeiten des Zitterkontaktes unter Umständen gestört wird (mit Rücksicht auf die Schnelligkeit der Regelung macht man die Federkonstante möglichst klein).

Als Nachteil des Vibrationsreglers ganz allgemein kann auch der Umstand bezeichnet werden, daß der Erregerstrom durch Relais, also durch mechanische Kontakte gesteuert wird, bei denen selbstverständlich mit einem gewissen Abbrand, also Verschleiß, gerechnet werden muß, der bei nicht sehr sorgfältiger Wartung der Kontakte sehr häufig zu Betriebsstörungen Anlaß gibt. Bei größeren Maschinen ist man gezwungen mehrere Relais parallel zu schalten, und bei ganz großen muß man schließlich noch eine besondere Hilfs-erregermaschine für die Haupterregermaschine vorsehen und den Vibrationsregler dann auf diese Hilfsmaschine arbeiten lassen. Die Regelverhältnisse werden selbstverständlich durch Zwischenschaltung einer besonderen Maschine mit einer im Regelvorgang zur Wirkung kommenden Zeitkonstante wesentlich verschlechtert.

¹⁾ A. Lang, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 675.

Ohne besondere Zusatzeinrichtungen läßt sich beim normalen Vibrationsregler mit Rücksicht auf brauchbare Zitterfrequenz ein Regelbereich der Erregermaschinenspannung von etwa 1:2,5 bis höchstens 1:3 erreichen²⁾. Der für den Betrieb erforderliche Regelbereich liegt aber sehr oft wesentlich höher, so daß man mit der einfachen Schaltung des Vibrationsreglers nicht auskommt. Man kennt zwar verschiedene Mittel, durch die eine Vergrößerung des Regelbereiches erreicht wird und wendet sie auch an³⁾. Der Regler verliert aber damit seine sonst doch sehr bestechende Einfachheit.

Schaltung für den einfachsten Fall, wenn entweder Regelung von Hand (Regelwiderstand R) zum Hochfahren — Umschalter auf Stellung I —, oder Schnellregelung mit Vibrationsregler und Stromtoren — Umschalter auf Stellung II — verlangt wird. Der Zitterkontakt, der in der normalen Vibrationschaltung die Zwischenrelais steuert und dabei Ströme bis etwa 1 A schaltet, steuert hier lediglich die Gitter, führt also auch bei schon recht großen Stromtoren nur Ströme in der Größenordnung von etwa 20 mA. Als Gitterspannung der Stromtore wird die Erregermaschinenspannung E verwendet, was ohne weiteres möglich ist, solange diese nicht

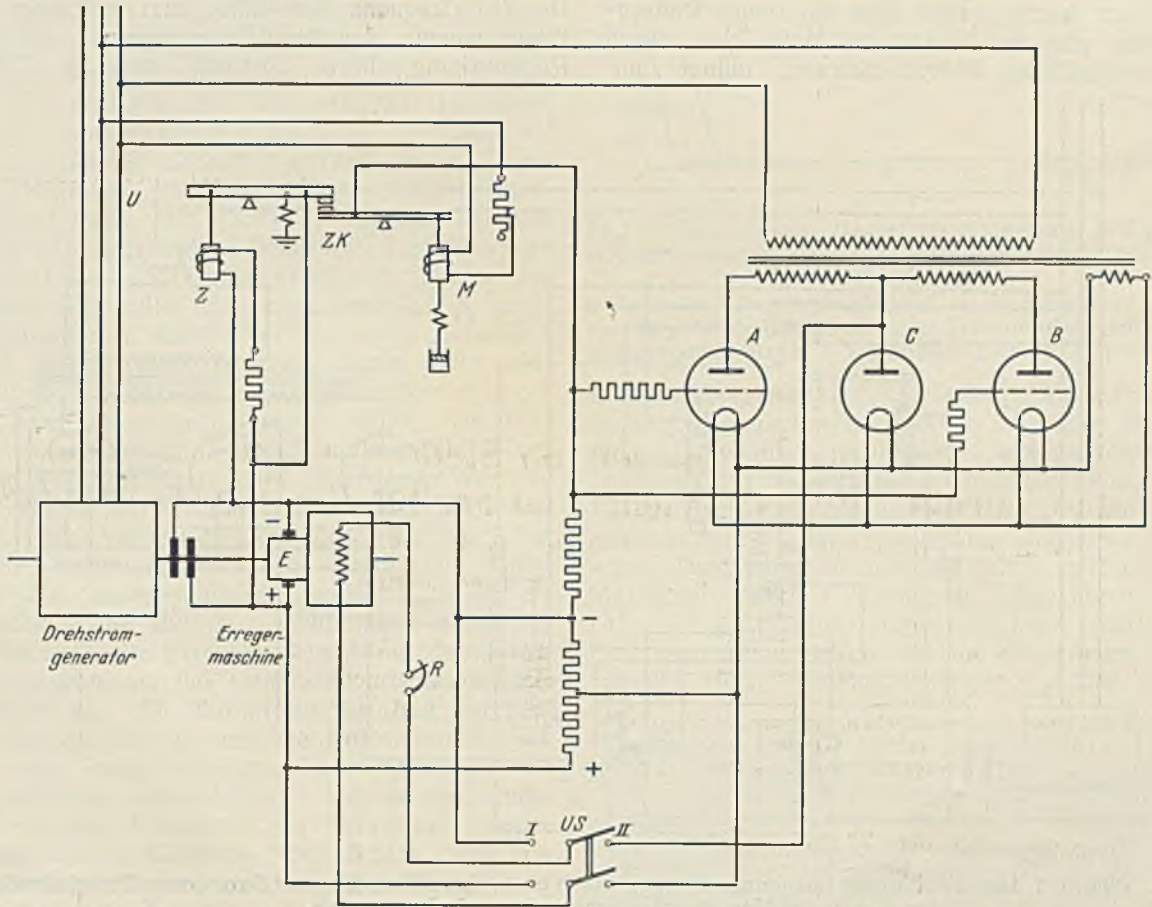


Bild 1. Schaltbild der selbsttätigen Spannungsregelung eines über eine Erregermaschine erregten Drehstromgenerators durch einen Vibrationsregler mit Stromtoren an Stelle von Zwischenrelais.

A, B, C Stromtore, M Meßwerk des Reglers, Z Zittermagnet, ZK Zitterkontakte, R Regelwiderstand, US Umschalter.

B. Ersatz der mechanischen Kontakte der Zwischenrelais durch Stromtore.

All diese verschiedenen Nachteile lassen sich nun in einfacher Weise vermeiden, wenn man zwar das Meßwerk und Zitterschutzsystem des Vibrationsreglers beibehält, aber den Erregerstrom nicht durch mechanische Kontakte, sondern durch Stromtore schaltet. Bild 1 zeigt die entsprechende

²⁾ Die Größe des Erreger Spannungsbereiches ist durch die Arbeitsweise der Zwischenrelais, die an der Erregermaschinenspannung liegen, beschränkt.

³⁾ Sie zielen alle darauf hin, bei höherer Erregermaschinenspannung entweder einen zusätzlichen Widerstand in den Zwischenrelais-Kreis einzuschalten, oder einen Widerstand im Erregerkreis der Erregermaschine zu überbrücken.

unter der für die Steuerung erforderlichen Mindestspannung von etwa 30 V liegt.

Die Wirkungsweise der Schaltung sei kurz an Bild 1 erläutert. Ist der Zitterkontakt ZK geöffnet, so liegt am Gitter der Rohre A und B, die in Vollweggleichrichterschaltung von einem Transformator gespeist werden, negatives Potential gegenüber der Kathode. Die Rohre sind also gesperrt. Der Erregerstrom kann aber über Rohr C noch fließen, verschwindet jedoch infolge Fehlens einer treibenden Spannung entsprechend der Zeitkonstante T_e des Erregerkreises. Mit abnehmendem Erregerstrom nimmt die Spannung der Erregermaschine und damit die Zugkraft des Zitterschützes Z ab, so lange, bis die der Zitterspule

entgegenwirkende Feder den Zitterkontakt schließt. Damit werden jetzt die Gitter positiv beaufschlagt, die Röhre *A* und *B* zünden, der Erregerstrom, damit die Erregermaschinenspannung und die Zugkraft des Zitterschützes steigen, der Zitterkontakt wird geöffnet und das Spiel beginnt von neuem. Je nach der Stellung des Meßwerkernes und damit des unteren Zitterkontaktes wird eine verschiedene mittlere Erregermaschinenpannung eingestellt, genau wie beim normalen Vibrationsregler.

C. Vorteile der neuen Schaltung.

Wird das Meßwerkssystem astatisch ausgeführt, so erhält man rein astatische Regelung. Im Gegensatz hierzu erhält man bei reiner Röhrenregelung, also bei Ersatz des Meßwerkes durch eine empfindliche Röhrenschaltung, immer nur

Vorteil gegenüber der Röhrenregelung sind praktisch alle Nachteile des normalen Vibrationsreglers beseitigt. Die mechanischen Kontakte der Zwischenrelais fallen weg. Der Zitterkontakt ist wesentlich weniger beansprucht, ein Abbrand ist nicht zu erwarten, somit kann am mechanischen Teil ein Verschleiß praktisch nicht auftreten. Infolge der geringeren Schaltleistung des Zitterkontaktes tritt kein Kontaktfeuer auf, so daß zum Schalten nur ein sehr geringer Schaltweg erforderlich ist. Da der Schaltweg die Zitterfrequenz maßgeblich beeinflusst und kleiner Weg hohe Zitterfrequenz bedingt, ist die Zitterfrequenz wesentlich höher als beim normalen Vibrationsregler. Die Zitterfrequenz liegt daher jetzt weit über der Eigenfrequenz des Kern-Federsystems und eine Rückwirkung dieses Systems auf die Zitter-

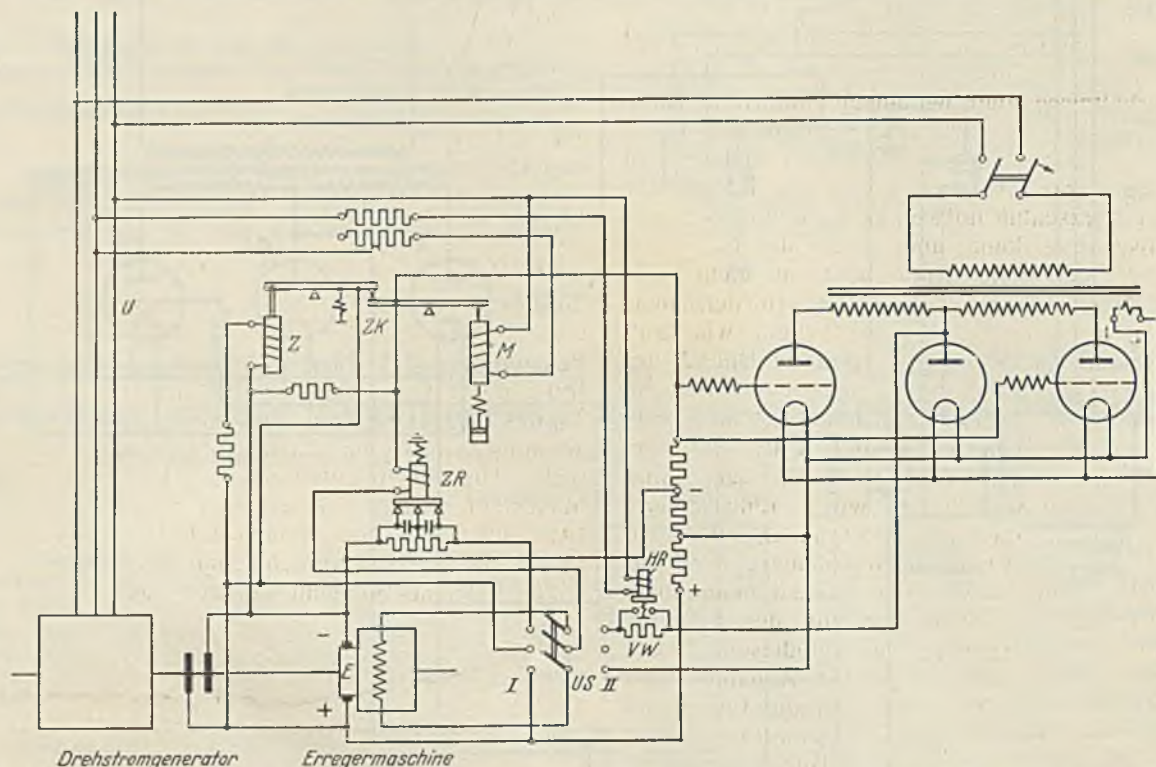


Bild 2. Schaltbild der selbsttätigen Spannungsregelung durch einen Vibrationsregler mit Stromtoren. Umschaltmöglichkeit auf Vibrationsreglerbetrieb mit Zwischenrelais.

ZR Zwischenrelais, HR Hilfsrelais, VW Vorwiderstand.

statische Regelung, das heißt man muß immer eine Abhängigkeit der Spannung von der Belastung in Kauf nehmen. Grundsätzlich könnte diese Statik zwar bei entsprechender Bemessung des Röhrenverstärkers beliebig klein gemacht werden, mit Rücksicht auf stabile Regelung ist man hier aber doch an gewisse Grenzen gebunden. Außerdem erfordert eine solche Röhrenregelung einen ziemlichen Schaltungsaufwand, da die Wechselspannung des Generators erst gleichgerichtet und dann mit einer Normalgleichspannung verglichen werden muß. Bei der vorliegenden Schaltung wird nun im Gegensatz zur reinen Röhrenregelung trotz astatischer Regelung die Stabilität durch die vorgesehene vorübergehende Statik — Feder zwischen Kern und Bremse am Meßwerk *M* — sicher erreicht. Neben diesem

frequenz, wie sie eingangs erwähnt wurde, tritt nicht mehr auf. Schließlich fällt die Zwischenrelaisverzögerung weg, die gerade bei höherer Erregermaschinenpannung ein Absinken der Zitterfrequenz mit verursacht. Außerdem wird der ohne Zusatzeinrichtung erreichbare Regelbereich beträchtlich erhöht, eine Erregermaschinenpannungsregelung im Verhältnis 1 : 5 läßt sich mühelos erreichen.

D. Nachteile bzw. Besonderheiten der neuen Schaltung.

Da Stromtore eine zwar hohe, aber immerhin beschränkte Lebensdauer haben, muß mit einem gelegentlichen Ausfall eines Tores gerechnet werden. Bei der Schaltung nach Bild 1 geht bei Ausfall von Rohr *A* oder *B* der maximal erreichbare

Erregerstrom der Erregermaschine etwa auf den halben Wert, bei Ausfall von Rohr C überhaupt nicht zurück. Aus Sicherheitsgründen wird man also entweder den Regelbereich von vornherein entsprechend hoch wählen oder Rohr A und B doppelt bestücken.

Der Gleichrichtertransformator wird von den Klemmen des Generators gespeist. Da der Generator — von kleinen Leistungen abgesehen — immer Hochspannung liefert, muß entweder ein besonderer Hochspannungstransformator vorgesehen werden, oder der Gleichrichtertransformator wird an einem meist ohnedies vorhandenen Stationstransformator angeschlossen. Im Fall des Klemmenkurzschlusses verschwindet die Generatorspannung U , damit die Erregung, also schließlich auch der Kurzschlußstrom. Die Maschine verhält sich also wie ein selbsterregter Generator. Bei Klemmenkurzschluß kann dieses Verhalten als durchaus günstig bezeichnet werden. Anders liegen die Verhältnisse aber bei einem entfernten Kurzschluß im Netz. Mit Rücksicht auf die Stabilität von parallel arbeitenden Generatoren ist hier eine möglichst starke Erregung erwünscht. Infolge der mit dem Kurzschluß notwendig verknüpften Spannungsabsenkung kann aber nach der Schaltung Bild 1 die maximale Erregung nicht mehr auftreten. Man kann sich jedoch hier erforderlichenfalls durch Zusatzeinrichtungen helfen, wie zum Beispiel eine solche in der Schaltung Bild 2, auf die noch eingegangen wird, angedeutet ist. Im Erregerkreis der Erregermaschine liegt normalerweise ein Vorschaltwiderstand VW , der bei starker Spannungsabsenkung durch das Hilfsrelais HR kurzgeschlossen wird. Eine andere Möglichkeit, die aber hier nicht näher untersucht werden soll, die Erregung unabhängig von der Klemmenspannung des Generators zu bekommen, ist auch die, die Stromtore von der Erregermaschine her zu speisen, die zu diesem Zweck nur noch zwei Schleifringe zur Abnahme von Wechselstrom erhalten muß. Auf die Emissionsfähigkeit der Kathoden der Stromtore, deren Heizung in der Schaltung nach Bild 1 auch von der Klemmenspannung des Generators her gespeist wird, hat, wie Versuche zeigen, eine vorübergehende, auch mehrere Sekunden währende Spannungsabsenkung oder auch ein kurzzeitiges vollkommenes Verschwinden der Spannung keinen Einfluß. Infolge der Wärmekapazität der Kathode brennt das Rohr ungestört weiter.

E. Ergänzung von vorhandenen Vibrationsregler-Anlagen durch die Stromtorschaltung.

Bild 2 zeigt, wie ein vorhandener Vibrationsregler zur Erhöhung des Regelbereiches oder auch der Betriebssicherheit in einfacher Weise durch die Stromtorschaltung ergänzt werden kann. Die Erhöhung des Erregerspannungsbereiches hat außerdem in Verbindung mit der vorübergehenden Statik auch eine wesentliche Verkleinerung der Regelzeit zur Folge. Steht der Umschalter US auf I, so haben wir normalen Vibrationsbetrieb, steht US auf II, so arbeiten die Stromtore. Das Hochfahren erfolgt in der Stellung I.

F. Versuche.

Versuche, die mit der Stromtorschaltung gemacht wurden, bestätigen durchaus die geschilderten Vorteile gegenüber normalem Vibrationsbetrieb. Die Versuche wurden an einer Ersatzschaltung

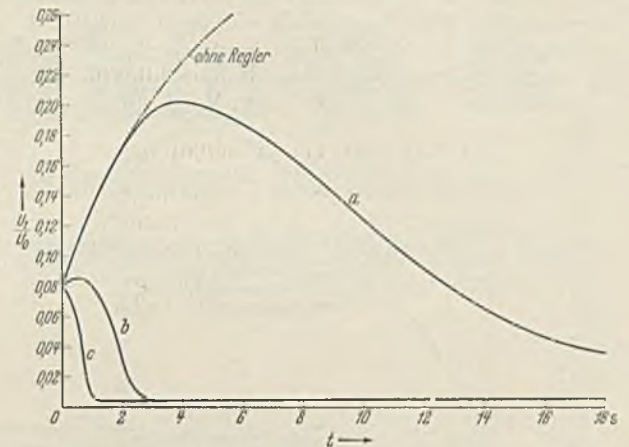


Bild 3. Regelkurven: Hauptfeldzeitkonstante des Drehstromgenerators $T_m = 4$ s, Feldzeitkonstante der Erregermaschine, $T_e = 0,4$ s.

a Normaler Vibrationsregler mit reiner Dämpfung, ohne vorübergehende Statik, b normaler Vibrationsregler mit vorübergehender Statik, c Vibrationsregler mit Stromtoren.

durchgeführt, mittels der Generatoren beliebiger Größe, also auch Generatoren mit sehr großen Feldzeitkonstanten, nachgebildet werden können!). (Fußnote auf S. 380.) Als Hauptfeldzeitkonstante T_m des Drehstromgenerators wurden 4 s, als Feldzeitkonstante T_e der Erregermaschine 0,4 s gewählt. Die Werte entsprechen schon sehr großen Maschinen. Bild 3 zeigt den Spannungsverlauf (Abweichung U_1 vom Sollwert U_0) bei plötzlicher Entlastung für drei verschiedene Reglerarten. Der augenblickliche Spannungsanstieg, der durch die

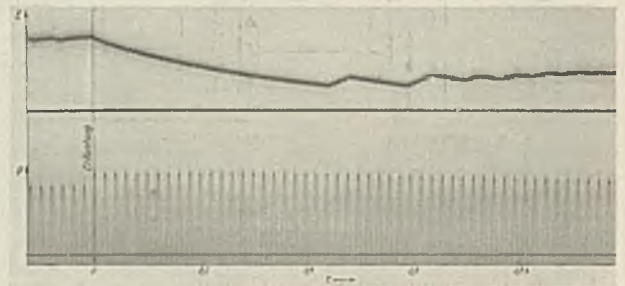


Bild 4. Regelung mit einem Vibrationsregler mit Stromtoren. Verlauf der Generatorspannung U und der Erregerspannung E bei Entlastung des Generators.

Streuspannung 20 vH, Ankerrückwirkung 50 vH.

$T_m = 4$ s, $T_e = 0,4$ s.

Streuspannung bedingt ist und unabhängig von der Regelung immer gleich groß sein muß, wurde mit 8 vH der Normalspannung, der Spannungsanstieg durch die Ankerrückwirkung mit 24 vH gewählt, der gesamte Spannungsanstieg würde somit ohne Regelung 32 vH betragen. Kurve a stellt den Spannungsverlauf ohne vorübergehende Statik des Meßwerkes dar, also ohne Feder zwischen Meßwerkern und Bremse, und zwar mit einer Bremseneinstellung, die aperiodischen Regelverlauf ergibt. Die maximale Spannungsabweichung be-

trägt hier etwa 20 vH, die Gesamtregelzeit ist größer als 16 s, also größer als der vierfachen Hauptzeitkonstante entspricht. Die Regelkurven bei vorübergehender Statik — *b* und *c* — verlaufen im Gegensatz hierzu wesentlich günstiger. Schon nach 1 bzw. 2 s ist der Regelvorgang praktisch beendet. Die Regelung nach Kurve *c* mit Stromtorschaltung ist noch etwas besser, als die nach Kurve *b* bei normalem Vibrationsbetrieb. Dies rührt

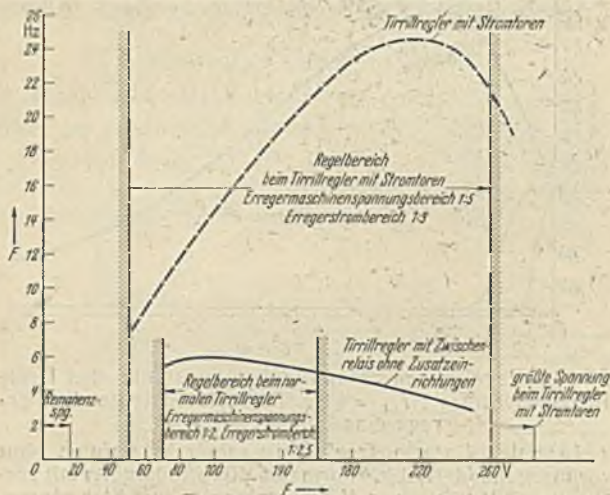


Bild 5. Zitterfrequenz F in Abhängigkeit von der mittleren Erregermaschinenspannung E beim Vibrationsregler mit Zwischenrelais bzw. mit Stromtoren.

daher, daß bei der Stromtorschaltung infolge der höheren Zitterfrequenz die Feder schwächer eingestellt werden konnte, als bei der normalen Vibrationschaltung. Durch Erhöhung der Wechselspannung an den Stromtoren kann der Bereich der Erregermaschinenspannung der Erregermaschine leicht vergrößert werden, womit eine weitere wesentliche Verkleinerung der Regelzeit möglich ist.

Für den Fall der Regelung mit Stromtoren zeigt Bild 4 den Verlauf der Spannung des Drehstromgenerators U und der Spannung der Erregermaschine E bei den gleichen Werten der Zeitkonstanten T_e und T_m wie in Bild 3 für den Fall der Entlastung. Die momentane Spannungsabweichung betrug 20 vH und der Spannungsanstieg infolge Ankerrückwirkung 50 vH. Der gesamte Spannungsanstieg ohne Regelung war somit 70 vH. Man ersieht aus dem Oszillogramm, daß die größte Abweichung der Generatorspannung U nicht

größer als die Streuspannung ist. Die Regelzeit beträgt wieder etwas über eine Sekunde.

Bild 5 zeigt noch die Zitterfrequenz in Abhängigkeit von der mittleren Erregermaschinenspannung E für die zwei untersuchten Schaltungen. Man sieht auch hier den großen Vorteil der Stromtorschaltung gegenüber der normalen Vibrationschaltung hinsichtlich Zitterfrequenz und Regel-

$E = 250V$

$E = 200V$

$E = 150V$

$E = 100V$

$E = 50V$

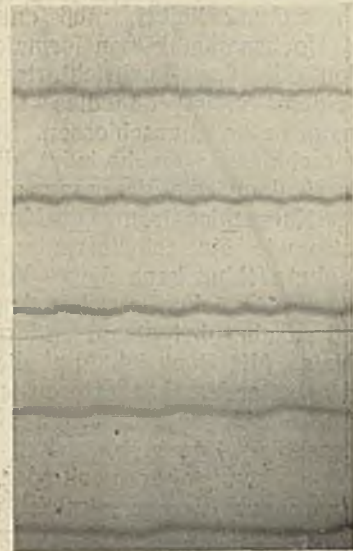


Bild 6. Verlauf der pulsierenden Erregermaschinenspannung E beim Vibrationsregler mit Stromtoren bei verschiedenen mittleren Erregermaschinenspannungswerten.

bereich. Aus Bild 6 ist das sehr gleichmäßige Arbeiten des Zitterkontaktes bei verschiedener Erregermaschinenspannung, also verschiedener Frequenz ersichtlich.

Zusammenfassung:

Es wird gezeigt, wie verschiedene Nachteile des normalen Vibrationsreglers, wie verhältnismäßig kleiner Regelbereich, Kontaktverschleiß von Zwischenrelais, Rückwirkung des Meßwerksystems auf die Zitterfrequenz beim Meßwerk mit vorübergehender Statik, beseitigt werden können, wenn der Erregerstrom der Erregermaschine nicht von mechanischen Kontakten, sondern von Stromtoren geschaltet wird. Die Stromtorschaltung kann ohne Schwierigkeiten auch bei vorhandenen Vibrationsreglern eingebaut werden.

Die Ersatzschaltungen des Transformators.

Von H. Pitsch, Berlin.

DK 621.314.21.012.8

Übersicht. Der Aufsatz bringt eine Zusammenstellung der verschiedenen möglichen Ersatzschaltungen des Transformators mit Größenangaben für die Schaltelemente der Ersatzschaltungen und zeigt, daß die Ersatzschaltungen vollkommen gleichwertig und allgemein anwendbar sind.

Von Barkhausen wurde darauf hingewiesen¹⁾, daß das Ersatzschaltbild des Transformators viel mehr als bisher angewendet werden sollte. Die genaue Kenntnis der verschiedenen Ersatzschaltungen des Transformators ist jedoch

auch heute noch nicht so allgemein, wie man bei der großen Bedeutung des Transformators in der Elektrotechnik annehmen müßte. Man findet in Lehrbüchern und Zeitschriften häufig nur das symmetrische *T*-Ersatzschaltbild und dieses sogar in der neueren Literatur zuweilen noch mit falschen Größenangaben.

Einteilung der Ersatzschaltbilder.

Theoretisch sind unendlich viele Ersatzschaltungen des Transformators möglich, jedoch kommen für den praktischen Gebrauch nur einige grundsätzliche, insbesondere vier genaue Ersatz-

¹⁾ H. Barkhausen, Zur Theorie des Transformators, ETZ 52 (1931) S. 1463.

Danubia A. G.

für Gaswerks-, Beleuchtungs- und Meßapparate
Wien, 19., Krottenbachstraße 82-88



Danubia A. G.

FOR GASWORKS - BELEUCHTUNGS-UND MESSAPPARATE
WIEN • XIX. KROTTENBACHSTRASSE 82-88.

Größte Sonder-Werkstätte für Elektrizitätszähler
Haus-Gasmesser u. Wassermesser in der Dflmark

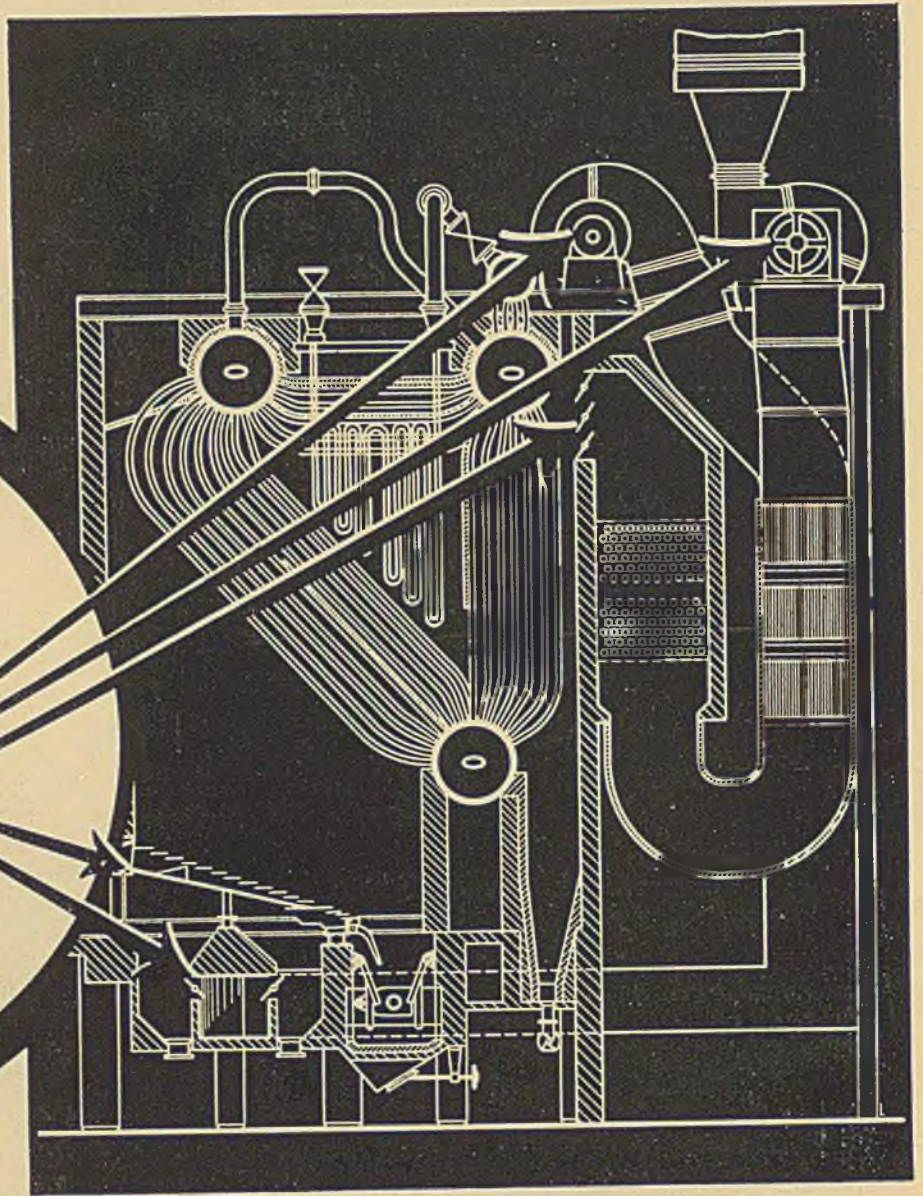
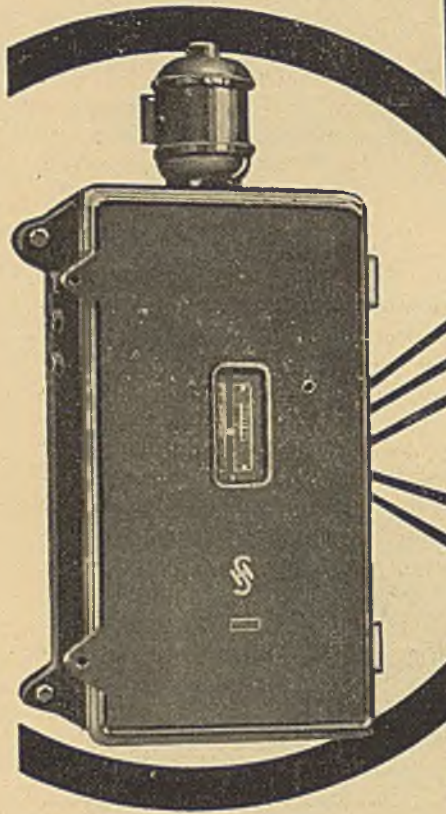
Begründet 1900

Gefolgschaftszahl 300 bis 500

Bedeutende Exporte nach allen Ländern, welche die genannten Geräte nicht erzeugen



SIEMENS



Selbsttätige Kesselreglung

auf elektrischem Wege

SIEMENS & HALSKE AG.
Wienerwerk, Wien III. Apostelgasse 12.

schaltungen in Betracht, nämlich das symmetrische T - und π -Ersatzschaltbild (Bild 1 und 2) und zwei L -Ersatzschaltbilder (Bild 3 und 4), sowie zwei vereinfachte Ersatzschaltbilder (Bild 5 und 6). Von diesen ist das symmetrische T -Ersatzschaltbild am bekanntesten, da es das älteste ist²⁾. Die beiden L -Ersatzschaltbilder³⁾ haben jedoch den Vorteil der besseren Übersichtlichkeit und sind immer dann angebracht, wenn man nicht im Falle der Übertragung eines größeren Frequenzbereiches die vereinfachten Ersatzschaltbilder (Bild 5 und 6) heranzieht⁴⁾.

Alle überhaupt möglichen Ersatzschaltbilder des Transformators kann man in zwei Gruppen einteilen, nämlich die Gruppe der T -Ersatzschaltbilder und die Gruppe der π -Ersatzschaltbilder⁵⁾. Die einzelnen T -Ersatzschaltbilder unterscheiden sich voneinander durch die verschiedene Aufteilung der Längsinduktivitäten (Streuinduktivitäten) und die dementsprechende Bemessung der Querinduktivität, und die einzelnen π -Ersatzschaltbilder unterscheiden sich durch die verschiedenen Größen der Querinduktivitäten und die dementsprechende Bemessung der Längsinduktivität. Als Grenzen für beide Gruppen ergeben sich die beiden L -Ersatzschaltbilder, bei denen die eine Längsinduktivität im T -Ersatzschaltbild gleich Null geworden ist, bzw. bei denen die eine Querinduktivität im π -Ersatzschaltbild gleich unendlich ist. Jedem Ersatzschaltbild der einen Gruppe entspricht ein Ersatzschaltbild der anderen Gruppe nach dem bekannten Satz, daß sich eine Sternschaltung (T -Ersatzschaltbild) in eine gleichwertige Dreieckschaltung (π -Ersatzschaltung) umwandeln läßt. Außerhalb der beiden Grenzen für

²⁾ C. Heinke, Über Auffassung und Darstellung der Vorgänge im Wechselstromtransformator, ETZ 20 (1899) S. 205. — A. E. Kennelly, On the Predetermination of the Regulation in Alternating-Current Transformers, Electrical World and Engineer (1899) S. 343. — Ch. Pr. Steinmetz, Theorie und Berechnung der Wechselstromerscheinungen, Berlin 1900, S. 203.

³⁾ Das L -Ersatzschaltbild nach Bild 3 wurde von Hemmeter in seinem Aufsatz „Zur Klärung des Streuungsbegriffes“ im Arch. Elektrotechn. 18 (1927) S. 32 und 167 angegeben. S. ferner W. Kautter, Die Anpassung der Rundfunkgeräte an die Antenne, Elektr. Nachr.-Techn. 6 (1931) S. 245. — W. Kautter, Der elektrische Schwingkreis in der Schaltung, Funktechn. Mh. 10 (1936) S. 403. — H. Barkhausen, Lehrbuch der Elektronenröhren, 1. Bd. (1931) S. 155 und 2. Bd. (1933) S. 177, 180, 202. — H. Barkhausen, Zur Theorie des Transformators, ETZ 52 (1931) S. 1463. — D. R. P. Nr. 662 826 Telefunken (Zepler).

⁴⁾ S. zum Beispiel H. Barkhausen, Lehrbuch der Elektronenröhren, 2. Bd. (1933) S. 168. — K. Küpfmüller, Schwachstromtechnik (1931) S. 340 ff.

⁵⁾ Angegeben von K. Küpfmüller in dem Aufsatz: Über einen Umwandlungssatz zur Theorie der linearen Netze. Wiss. Veröff. Siemens-Werken, III. Bd. (1923), H. 1, S. 130 bis 138, insbesondere S. 138. Die dort angegebenen Größen des π -Ersatzschaltbildes sind allerdings nur dann gültig, wenn man als Belastungswiderstand nicht den umgerechneten, sondern den tatsächlichen Belastungswiderstand R einsetzt, also das „Übersetzungsverhältnis“ (Umrechnungsfaktor) zu $\bar{u} = 1$ definiert. Das π -Ersatzschaltbild ist in diesem Falle nur dann symmetrisch, wenn $L_1 = L_2$ ist.

die Ersatzschaltbilder wird eine Längs- bzw. Querinduktivität negativ, so daß diese Ersatzschaltbilder wegen ihrer Unübersichtlichkeit nicht in Betracht kommen.

Die verschiedenen Ersatzschaltbilder innerhalb einer der beiden Gruppen kommen durch eine verschiedene Definition des Begriffes „Übersetzungsverhältnis“ zustande. Zu jedem Ersatzschaltbild gehört eine bestimmte Definition des „Übersetzungsverhältnisses“, wie nachstehend noch gezeigt wird. Das „Übersetzungsverhältnis“ ist nämlich nicht, wie häufig angenommen wird, eine eindeutig definierte Größe eines Transformators. Dies trifft nur für den streuungslosen Transformator zu, bei dem das Übersetzungsverhältnis gleich dem Verhältnis der Windungszahlen ist, welches dann auch gleich dem Verhältnis der Wurzeln aus den Induktivitäten L_1 und L_2 der Primär- und Sekundärwicklung ist. Alle Ersatzschaltbilder schmelzen dann zu einem einzigen zusammen, welches lediglich aus einer Querinduktivität besteht und gleich der Primärinduktivität L_1 ist, wenn man das Ersatzschaltbild auf die Primärseite bezieht. Das Übersetzungsverhältnis gibt beim streuungslosen Transformator die Spannungs- und Stromübersetzung von der Primärseite auf die Sekundärseite oder umgekehrt an. Sobald jedoch eine Streuung auftritt, ist dies nicht mehr der Fall, denn die Streuinduktivitäten (Längsinduktivitäten in den T -Ersatzschaltbildern) wirken als Vorschaltwiderstand und verursachen deshalb einen Spannungs- und Stromverlust (also einen Blindleistungsverlust), der von der Größe des Belastungswiderstandes R (zum Beispiel ein Ohmscher Widerstand) abhängig ist. Die Bezeichnung „Übersetzungsverhältnis“ hat dann also eigentlich ihren Sinn verloren. Man sollte deshalb vielmehr von einem „Umrechnungsfaktor“ sprechen, was im folgenden geschehen soll, denn das „Übersetzungsverhältnis“ ist im Ersatzschaltbild tatsächlich nur ein Umrechnungsfaktor für den Belastungsstrom und die Belastungsspannung und deshalb im Quadrat ein Umrechnungsfaktor für den Belastungswiderstand selbst. Je nachdem, wie man nun den Umrechnungsfaktor wählt, entsteht ein anderes Ersatzschaltbild innerhalb einer der beiden erwähnten Gruppen. Diese freie Wählbarkeit des Umrechnungsfaktors hat seine Ursache darin, daß ein verlustloser Transformator durch drei Bestimmungsstücke gegeben ist, nämlich durch die Primärinduktivität L_1 , die Sekundärinduktivität L_2 und den Kopplungsfaktor k (oder die Gegeninduktivität M oder den Streufaktor σ), während in einem Ersatzschaltbild vier Bestimmungsstücke vorkommen, nämlich drei Induktivitäten und der Umrechnungsfaktor. Deshalb ist eines dieser vier Bestimmungsstücke frei wählbar. Hierzu gehören dann drei entsprechend festliegende Größen für die drei anderen Bestimmungsstücke.

In allen T -Ersatzschaltbildern ist die Querinduktivität Q , die linke Streuinduktivität S_l und die rechte Streuinduktivität S_r , wenn \bar{u}^2 der Umrechnungsfaktor für den Belastungswider-

stand ist, gleich:

$$Q = M \ddot{u} = k \ddot{u} \sqrt{L_1 L_2},$$

$$S_l = L_1 - M \ddot{u} = L_1 - k \ddot{u} \sqrt{L_1 L_2},$$

$$S_r = L_2 \ddot{u}^2 - M \ddot{u} = L_2 \ddot{u}^2 - k \ddot{u} \sqrt{L_1 L_2}.$$

In allen π -Ersatzschaltbildern ist die linke Querinduktivität l_1 , die rechte Querinduktivität l_2 und die Längsinduktivität l_3 gleich:

$$l_1 = L_1 \frac{1 - k^2}{1 - \frac{k}{\ddot{u}} \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}},$$

$$l_2 = L_2 \ddot{u}^2 \frac{1 - k^2}{1 - k \ddot{u} \sqrt{L_2/L_1}},$$

$$l_3 = \sqrt{L_1 L_2} \ddot{u} \frac{1 - k^2}{k}.$$

Die in den Bildern 1 bis 4 eingetragenen Werte ergeben sich, wenn man die für die betreffenden Bildern gültigen Umrechnungsfaktoren \ddot{u}_1 , \ddot{u}_2 oder \ddot{u}_3 einsetzt.

Der Umrechnungsfaktor \ddot{u} dient in allen dargestellten Ersatzschaltbildern zur Umrechnung der Sekundärseite auf die Primärseite, jedoch kann man ebensogut die Primärseite auf die Sekundärseite umrechnen. Diese Ersatzschaltbilder wurden nicht besonders aufgezeichnet, da sie sich von selbst ergeben, wenn man in den Bildern die rechte Seite als Primärseite mit der Primärinduktivität L_2 und dem inneren Widerstand R der Stromquelle und die linke Seite als Sekundärseite mit der Sekundärinduktivität L_1 betrachtet.

Das T- und π -Ersatzschaltbild.

Das T- und π -Ersatzschaltbild⁵⁾ (Bild 1 und 2) sind nur dann symmetrisch, das heißt die beiden Längsinduktivitäten im T-Ersatzschaltbild

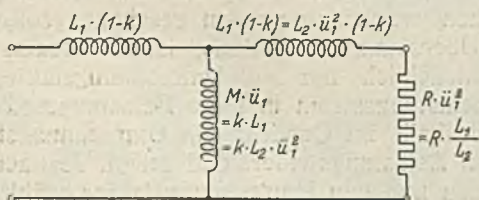


Bild 1. Symmetrisches T-Ersatzschaltbild (Stern-Ersatzschaltung), gültig für ein „Übersetzungsverhältnis“ $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1/L_2}$.

bzw. die beiden Querinduktivitäten im π -Ersatzschaltbild einander gleich, wenn als Umrechnungsfaktor \ddot{u}

$$\ddot{u}_1 = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

gewählt ist. Hierauf hat der Aufbau des Transformators, also die Gestalt und die gegenseitige Lage der Spulen, keinen Einfluß.

Man erhält unter Zugrundelegung des Verhältnisses der Windungszahlen als Umrechnungsfaktor die symmetrischen Ersatzschaltbilder nur dann, wenn sich die Wurzeln der Induktivitäten wie die Windungszahlen der beiden

Wicklungen verhalten. Diese Bedingung ist bei einem Transformator mit Eisenkern im allgemeinen näherungsweise erfüllt, da der magnetische Widerstand des magnetischen Kreises, der bekanntlich außer der Windungszahl für die Induktivität maßgebend ist, für beide Wicklungen im wesentlichen durch den gemeinsamen Eisenkern gegeben ist. Wenn das Verhältnis der Windungszahlen eines Eisentransformators bekannt

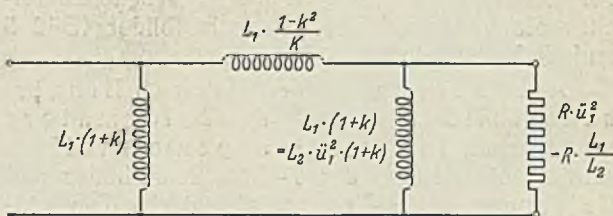


Bild 2. Symmetrisches π -Ersatzschaltbild (Dreieck-Ersatzschaltung), gültig für ein „Übersetzungsverhältnis“ $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1/L_2}$.

ist, erscheint es also am einfachsten, dieses als Umrechnungsfaktor zugrunde zu legen und deshalb die symmetrischen Ersatzschaltbilder zu verwenden. Hieraus erklärt sich, daß das symmetrische T-Ersatzschaltbild am bekanntesten ist.

Bei Luft- und Massekerntransformatoren, wie sie in der Hochfrequenztechnik vorkommen, erhält man unter Zugrundelegung des Verhältnisses der Windungszahlen W_1 und W_2 als Umrechnungsfaktor dagegen nicht immer symmetrische Ersatzschaltbilder, sondern bei Nichterfüllung der Bedingung $W_1 : W_2 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ sind die beiden Längsinduktivitäten (Streuinduktivitäten) in Bild 1 bzw. die beiden Querinduktivitäten in Bild 2 verschieden groß (und unter Umständen sogar eine dieser Induktivitäten negativ). Dies ist leicht zu verstehen, wenn man folgendes anschauliches Beispiel⁶⁾ betrachtet. Ein Lufttransformator möge aus zwei ineinander gesteckten Zylinderspulen verschiedenen Durchmessers, jedoch gleicher Windungszahl bestehen. Wenn man als Umrechnungsfaktor das Verhältnis der Windungszahlen verwendet, so ist dieser in diesem Beispiel gleich 1, also $\ddot{u}_w = 1$. Damit wird im T-Ersatzschaltbild die Querinduktivität gleich der Gegeninduktivität M . Da nun offensichtlich die Primärinduktivität L_1 wegen der verschiedenen Durchmesser verschieden von der Sekundärinduktivität L_2 ist, muß also in Bild 1 die linke Streuinduktivität $L_1 - M$ größer oder kleiner sein als die rechte Streuinduktivität $L_2 - M$, je nachdem ob als Primärinduktivität die Spule größeren oder kleineren Durchmessers dient. Legt man dagegen als Umrechnungsfaktor $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ zugrunde, so werden die beiden Streuinduktivitäten gleich groß, da dann die Primärinduktivität L_1 gleich der umgerechneten Sekundärinduktivität $\ddot{u}_1^2 \cdot L_2$ ist und von beiden dieselbe Querinduktivität abzuziehen ist.

⁵⁾ F. Bergtold, Grundbegriffe der Elektrotechnik. Verlag F. Enke, Stuttgart, 2. Bd., 1931, S. 122, 127 bis 129.

Bei Verwendung genau gleicher Spulen, zum Beispiel in einem aus gekoppelten Schwingungskreisen bestehenden Bandfilter, ist die Möglichkeit der Unsymmetrie des Ersatzschaltbildes bei Verwendung des Verhältnisses der Windungszahlen als Umrechnungsfaktor natürlich nicht vorhanden. Daher findet man in der Literatur in diesem Zusammenhang zuweilen das symmetrische π -Ersatzschaltbild nach Bild 2. Bei sehr loser Kopplung sind die Querinduktivitäten annähernd gleich L_1 und die Längsinduktivitäten annähernd gleich $\frac{L_1}{k}$.

Die Ersatzschaltbilder mit nicht umgerechnetem Belastungswiderstand.

Man kann den Umrechnungsfaktor \ddot{u} auch so wählen (also das Übersetzungsverhältnis so definieren), daß $\ddot{u} = 1$ ist. Dann ist die Querinduktivität im T -Ersatzschaltbild gleich M und die beiden Längsinduktivitäten gleich $L_1 - M$ und $L_2 - M$. In diesem Falle sind die beiden Längsinduktivitäten nur dann einander gleich, also das T -Ersatzschaltbild symmetrisch, wenn $L_1 = L_2$ ist. Zu beachten ist, daß als Belastungswiderstand nicht der umgerechnete, sondern der tatsächliche Belastungswiderstand R eingesetzt werden muß. Aus diesem Grunde ist dieses Ersatzschaltbild bemerkenswert⁷⁾. Nachteilig für die Übersicht ist jedoch, daß eine Längsinduktivität im T -Ersatzschaltbild (bzw. eine Querinduktivität im π -Ersatzschaltbild) negativ werden kann¹⁾, wenn der Kopplungsfaktor k und der Unterschied der Induktivitäten L_1 und L_2 groß ist. Im π -Ersatzschaltbild⁶⁾ ergeben sich folgende Größen für die linke (primärseitige) Querinduktivität l_1 , die rechte Querinduktivität l_2 und die Längsinduktivität l_3 , wenn man den nicht umgerechneten Belastungswiderstand R einsetzt:

$$l_1 = L_1 \frac{1 - k^2}{1 - k\sqrt{L_1/L_2}},$$

$$l_2 = L_2 \frac{1 - k^2}{1 - k\sqrt{L_2/L_1}},$$

$$l_3 = \sqrt{L_1 L_2} \frac{1 - k^2}{k}.$$

Die L-Ersatzschaltbilder.

In vielen Fällen sind die beiden unsymmetrischen Ersatzschaltbilder nach Bild 3 und 4 übersichtlicher als das T - und π -Ersatzschaltbild, da sie nur zwei Induktivitäten enthalten, und sind in allen, auch den oben geschilderten Fällen

⁷⁾ K. K ü p f m ü l l e r, Einführung in die theoretische Elektrotechnik, Verlag J. Springer, Berlin 1932, S. 180. Dieses Ersatzschaltbild wird dort das „Ersatzbild erster Art“ genannt, während die Ersatzschaltbilder mit auf die Primärseite umgerechnetem Belastungswiderstand als „Ersatzbilder zweiter Art“ bezeichnet werden. Auf S. 181 ist ferner ein Ersatzschaltbild für den Fall angegeben, daß der Anfang der einen Wicklung mit dem Ende der anderen Wicklung gleichen Wicklungssinnes verbunden ist. Man braucht im T -Ersatzschaltbild nur die Ausgangsklemmen gegeneinander zu vertauschen, also über Kreuz zu zeichnen, und statt M an allen Stellen der Wert $-M$ zu setzen.

anwendbar. Man braucht nur als Umrechnungsfaktor \ddot{u} für das Ersatzschaltbild des Bildes 3 den Wert $\ddot{u}_2 = L_1 : M$ und für das Ersatzschaltbild nach Bild 4 den Wert $\ddot{u}_3 = M : L_2$ einzusetzen. Diese beiden Umrechnungsfaktoren unterscheiden sich von dem Umrechnungsfaktor $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ für die symmetrischen Ersatzschaltbilder durch den Faktor $\frac{1}{k}$ für Bild 3 und durch den Faktor k für Bild 4. Der Umrechnungsfaktor ist also in

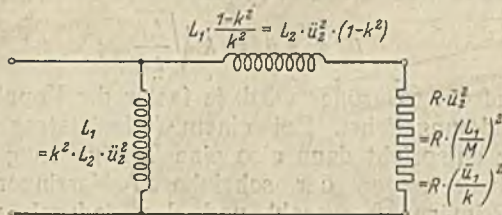


Bild 3. L-Ersatzschaltbild mit rechter (sekundärseitiger) Streuinduktivität, gültig für ein „Übersetzungsverhältnis“

$$\ddot{u}_2 = \frac{L_1}{M} = \frac{\ddot{u}_1}{k} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \frac{\ddot{u}_3}{k^2} = \frac{1}{k^2} \cdot \frac{M}{L_2}$$

Bild 3 (Streuinduktivität rechts) etwas größer und in Bild 4 (Streuinduktivität links) etwas kleiner als bei den symmetrischen Ersatzschaltungen nach Bild 1 und 2. Diese drei Umrechnungsfaktoren unterscheiden sich voneinander offensichtlich um so weniger, je größer der Kopplungsfaktor ist, das heißt je mehr er sich dem Wert 1 nähert. Die Ursache dafür, daß hier der Kopp-

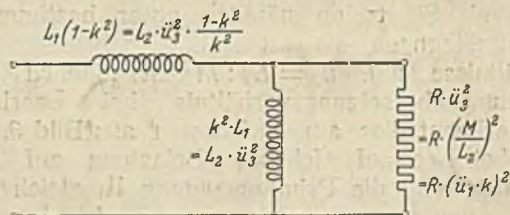


Bild 4. L-Ersatzschaltbild mit linker (primärseitiger) Streuinduktivität, gültig für ein „Übersetzungsverhältnis“

$$\ddot{u}_3 = \frac{M}{L_2} = k \cdot \ddot{u}_1 = k \cdot \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = k^2 \cdot \ddot{u}_2 = k^2 \cdot \frac{L_1}{M}$$

lungsfaktor k in Erscheinung tritt, läßt sich bei Bild 3 leicht übersehen. Aus der Definition des Kopplungsfaktors

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

ergibt sich nämlich, daß beim Einsetzen des Wertes $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ in den Ausdruck $M \cdot \ddot{u}$ die Querinduktivität in Bild 1 gleich $k \cdot L_1$ ist. Die auf die Primärseite umgerechnete Sekundärspannung ist dann also bei Leerlauf gleich dem k -ten Teil der Primärspannung. Da nun in Bild 3 die umgerechnete Sekundärspannung bei Leerlauf gleich der Primärspannung ist, muß der Umrechnungsfaktor dementsprechend $1/k$ -mal größer sein.

Man wählt von den beiden Ersatzschaltbildern nach Bild 3 und 4 jeweils dasjenige aus, welches die Übersicht am stärksten erleichtert. So ist zum Beispiel das Ersatzschaltbild nach Bild 3 dann angebracht, wenn der Belastungswiderstand aus mehreren in Reihe liegenden Widerständen be-

steht, während sich das Ersatzschaltbild nach Bild 4 für mehrere parallel liegende Belastungswiderstände eignet. Das letztere Ersatzschaltbild ist auch dann zweckmäßig, wenn der Innenwiderstand des Primärstromkreises groß gegen den induktiven Widerstand der Streuinduktivität ist, denn dann kann man die Streuinduktivität vernachlässigen. Dies hat zur Folge, daß der Umrechnungsfaktor als tatsächliches Übersetzungsverhältnis für den Belastungswiderstand in Erscheinung tritt, welches gleich

$$\ddot{u}_3 = k \ddot{u}_1 = k \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

ist und um so größer wird, je fester die Kopplung ist und umgekehrt. Bei einem Aufwärtstransformator entspricht dann also eine Verringerung der Kopplung wegen der scheinbaren Verringerung der Primärwindungszahl und des dadurch verursachten scheinbar größeren Unterschiedes der Windungszahlen einer Vergrößerung der Herauftransformation. Von dieser Tatsache macht man zum Beispiel bei der induktiven Ankopplung eines Schwingungskreises an den Anodenkreis der vorhergehenden Röhre eines Empfängers Gebrauch⁸⁾. Je loser die Kopplung ist, um so größer ist die Heruntertransformation des Resonanzwiderstandes in den Anodenkreis der vorhergehenden Röhre.

Die meßbaren Übersetzungsverhältnisse.

Bemerkenswert ist, daß die beiden Umrechnungsfaktoren $\ddot{u}_2 = L_1 : M$ und $\ddot{u}_3 = M : L_2$ meßbar sind. Sie treten nämlich unter bestimmten Voraussetzungen als tatsächliche Übersetzungsverhältnisse auf. $\ddot{u}_2 = L_1 : M$ ist nämlich das Spannungsübersetzungsverhältnis bei Leerlauf. Man erkennt dies am einfachsten aus Bild 3, in der bei Leerlauf (fehlende Belastung auf der Sekundärseite) die Primärspannung U_1 gleich der umgerechneten Sekundärspannung $U_2 \cdot \frac{L_1}{M}$ ist. Hieraus ergibt sich für den Leerlauf:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{L_1}{M}$$

Dies läßt sich auch aus den anderen Ersatzschaltbildern ableiten. Die Messung erfolgt in der Weise, daß man auf der Primärseite eine Spannung U_1 anlegt und die Sekundärspannung U_2 mit einem hochohmigen Voltmeter mißt.

$\ddot{u}_3 = M : L_2$ läßt sich messen, wenn man eine Spannung U_2 auf der Sekundärseite anlegt und die Spannung U_1 auf der Primärseite mit einem hochohmigen Voltmeter mißt und das Verhältnis $U_1 : U_2$ bildet. Man erkennt dies am leichtesten aus Bild 4.

\ddot{u}_2 und \ddot{u}_3 lassen sich aber auch durch Strommessungen mit einem niederohmigen Ampere-meter feststellen. $\ddot{u}_2 = L_1 : M$ ist nämlich beim Zuführen eines Stromes \mathfrak{I}_2 auf der Sekundärseite und Kurzschließen der Primärseite gleich dem Verhältnis des zugeführten Stromes \mathfrak{I}_2 auf der Sekundärseite zum Strom \mathfrak{I}_1 auf der Primärseite.

Dies ist am einfachsten aus Bild 3 ersichtlich, in welcher unter dieser Bedingung der Strom $\mathfrak{I}_2 : \ddot{u}_2$ gleich dem Strom \mathfrak{I}_1 ist. $\ddot{u}_3 = M : L_2$ stellt das Verhältnis des Stromes \mathfrak{I}_2 zum Strom \mathfrak{I}_1 dar, wenn primärseitig ein Strom \mathfrak{I}_1 zugeführt und der Sekundärstrom \mathfrak{I}_2 beim Kurzschließen der Sekundärseite gemessen wird.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich die beachtliche Tatsache, daß das Leerlaufspannungs-Übersetzungsverhältnis durchaus verschieden ist, wenn man in Richtung von der Primärseite zur Sekundärseite oder umgekehrt mißt. Das Leerlaufspannungs-Übersetzungsverhältnis \ddot{u}_3 ist nämlich k^2 -mal kleiner als das Leerlaufspannungs-Übersetzungsverhältnis \ddot{u}_2 , denn es ist:

$$\ddot{u}_2 = k^2 \ddot{u}_3 \text{ oder } \frac{L_1}{M} = k^2 \frac{M}{L_2}$$

Durch die beiden Leerlaufspannungsmessungen in verschiedenen Richtungen kann man also den Kopplungsfaktor k ermitteln ($k = \sqrt{\ddot{u}_2 \cdot \ddot{u}_3}$).

Bemerkenswert ist, daß man das „Übersetzungsverhältnis“ \ddot{u}_1 des symmetrischen Ersatzschaltbildes nicht unmittelbar messen kann. Es läßt sich jedoch aus den anderen beiden „Übersetzungsverhältnissen“ \ddot{u}_2 und \ddot{u}_3 berechnen. Man erhält nämlich \ddot{u}_1^2 durch Multiplikation von $\ddot{u}_2 = \frac{\ddot{u}_1}{k}$ mit $\ddot{u}_3 = \ddot{u}_1 \cdot k$.

Es sei noch erwähnt, daß der Umrechnungsfaktor $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ in der geometrischen Mitte zwischen den anderen beiden Umrechnungsfaktoren $\ddot{u}_2 = L_1 : M$ und $\ddot{u}_3 = M : L_2$ liegt, denn es ist:

$$\sqrt{\frac{L_1}{M} \cdot \frac{M}{L_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

Der Streufaktor.

Der Streufaktor wurde zur Kennzeichnung der Größen in den dargestellten Ersatzschaltbildern absichtlich nicht verwendet, da seine Definition nicht ganz einheitlich ist und man bereits mit dem Kopplungsfaktor k auskommt. Der Streufaktor gibt an, in welchem Verhältnis die gesamte Streuinduktivität zur Primärinduktivität steht. Da die Streuinduktivität in den verschiedenen Ersatzschaltbildern verschieden groß ist, ergeben sich mehrere Möglichkeiten für die Definition des Streufaktors. Die gebräuchlichste Definition $\sigma = 1 - k^2$ richtet sich nun aber nicht etwa nach dem gebräuchlichsten symmetrischen T -Ersatzschaltbild, sondern nach dem L -Ersatzschaltbild mit linker Streuinduktivität gemäß Bild 4. Die Ursache liegt darin, daß der durch Messung feststellbare Kurzschlußwiderstand gleich

$$\sigma L_1 = (1 - k^2) L_1$$

ist,

Man findet in der Literatur⁹⁾ auch die beiden anderen Definitionen für den Streufaktor, nämlich $2(1 - k)$ gemäß Bild 1 und $\frac{1 - k^2}{k^2}$ gemäß Bild 3.

Der letztere Streufaktor ist der größte, während $1 - k^2$ der kleinste ist und $2(1 - k)$ zwischen diesen Werten liegt. In der geometrischen Mitte

⁸⁾ H. Barkhausen, Lehrbuch der Elektronenröhren, 2. Bd. (1933) S. 202.

zwischen $\frac{1-k^2}{k^2}$ und $1-k^2$ liegt der Streufaktor $\frac{1-k^2}{k}$ des π -Ersatzschaltbildes nach Bild 2.

Berechnung der einzelnen Größen der Ersatzschaltbilder.

Die einzelnen Induktivitäten der Ersatzschaltbilder ergeben sich aus der Leerlauf- und Kurzschlußbedingung. Bei Leerlauf, also unbelasteter Sekundärseite, herrscht zwischen den Primärklemmen des tatsächlichen Transformators, von Verlusten abgesehen, die Primärinduktivität, die sich natürlich auch bei den Ersatzschaltbildern ergeben muß. Man kann sich leicht überzeugen, daß in allen Ersatzschaltbildern nach Bild 1 bis 4 diese Bedingung erfüllt ist. Der Wechselstromwiderstand, der bei Kurzschluß der Sekundärwicklung zwischen den Primärklemmen herrscht, ist beim tatsächlichen Transformator, von Verlusten abgesehen, gleich $j \cdot \omega \cdot L_1 \cdot (1-k^2)$. Diesen Wert erhält man aus den bekannten Transformatorgleichungen:

$$\begin{aligned} U_1 &= j \omega L_1 \mathfrak{I}_1 - j \omega M \mathfrak{I}_2, \\ U_2 &= j \omega M \mathfrak{I}_1 - j \omega L_2 \mathfrak{I}_2, \end{aligned}$$

indem man in der zweiten Gleichung für $U_2 = 0$ (Kurzschluß der Sekundärspannung U_2) den Sekundärstrom \mathfrak{I}_2 berechnet und in die erste Gleichung einsetzt. Der Wert $U_1 : \mathfrak{I}_1$ ist dann der gesuchte, oben angegebene Kurzschlußwiderstand. Dieser ist auch bei den dargestellten Ersatzschaltbildern erfüllt. Daß die Ersatzschaltbilder auch zwischen dem Leerlauf und Kurzschluß, also bei normalen Betriebsbedingungen, unter Verwendung der angegebenen Umrechnungsfaktoren $\ddot{u}_1, \ddot{u}_2, \ddot{u}_3$ einander genau gleichwertig und richtig sind, beweist man am einfachsten, indem man den Wechselstromwiderstand zwischen den Primärklemmen berechnet. Er ist sowohl beim tatsächlichen Transformator gemäß den genannten Transformatorgleichungen als auch bei allen vier Ersatzschaltbildern gleich:

$$\Re = \frac{(j \omega L_1)^2 (1-k^2) + j \omega L_1 R L_1 / L_2}{j \omega L_1 + R L_1 / L_2}$$

Man braucht sich nicht alle Werte der Ersatzschaltbilder zu merken, sondern für das T- und die L-Ersatzschaltbilder nur die einzelnen Umrechnungsfaktoren \ddot{u} und die Größe der Querinduktivität $M \cdot \ddot{u}$. Die Streuinduktivitäten ergeben sich dann von selbst zu $L_1 - M \cdot \ddot{u}$ und $L_2 \cdot \ddot{u}^2 - M \cdot \ddot{u}$. Nach Einsetzen der verschiedenen Werte von \ddot{u} erhält man dann die in den Bildern 1, 3 und 4 eingetragenen Werte (unter Berücksichtigung der oben genannten Definition für den Kopplungsfaktor k). Der Wert der Streuinduktivität in Bild 3 läßt sich in folgender verschiedener Weise ausdrücken:

$$\begin{aligned} S_T &= L_2 \cdot \ddot{u}_2^2 - M \cdot \ddot{u}_2 = L_2 \left(\frac{L_1}{M} \right)^2 - L_1 = \\ &= L_1 \cdot \frac{1-k^2}{k^2} = L_2 \cdot (1-k^2) \cdot \left(\frac{L_1}{M} \right)^2 \end{aligned}$$

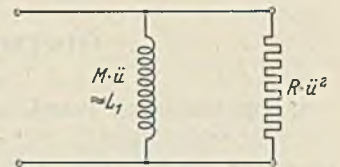
Die Werte für die Streuinduktivität in Bild 4 sind:

$$\begin{aligned} S_L &= L_1 - M \cdot \ddot{u}_3 = L_1 - \frac{M^2}{L_2} = L_1 (1-k^2) = \\ &= L_2 \frac{1-k^2}{k^2} \left(\frac{M}{L_2} \right)^2 \end{aligned}$$

Die vereinfachten Ersatzschaltbilder.

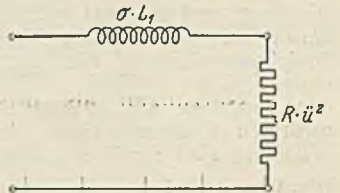
Bei Transformatoren, die nicht für eine einzige Frequenz, sondern für einen Frequenzbereich bestimmt sind und eine kleine Streuung besitzen, zum Beispiel Niederfrequenztransformatoren, lassen sich für die untere und obere Grenze des Frequenzbereiches die vereinfachten Ersatzschaltbilder nach Bild 5 bzw. Bild 6 anwenden¹⁾. Sie ermöglichen eine leichtere Berechnung der Bedingungen, welche erfüllt sein müssen, damit der Transformator den gewünschten Frequenzbereich ohne Spannungsverlust überträgt.

Bild 5. Vereinfachtes Ersatzschaltbild für die tiefen Frequenzen eines Frequenzbereiches.



An der unteren Grenze des übertragenen Frequenzbereiches sind die induktiven Widerstände der Induktivitäten in den Ersatzschaltbildern am kleinsten. Die gesamte Streuinduktivität (zum Beispiel in Bild 1), die als Vorschaltwiderstand wirkt, ist deshalb zu vernachlässigen,

Bild 6. Vereinfachtes Ersatzschaltbild für die hohen Frequenzen eines Frequenzbereiches.



während die als Nebenschlußwiderstand wirkende Querinduktivität wegen ihres kleinen induktiven Widerstandes zu berücksichtigen ist (Bild 5). Da die Querinduktivität bei kleinem Streufaktor annähernd gleich der leicht zu ermittelnden Primärinduktivität ist, setzt man diese Größe bei der Berechnung ein. Bei der oberen Frequenzgrenze kann dagegen die Querinduktivität vernachlässigt werden, so daß das vereinfachte Ersatzschaltbild des Bildes 6 entsteht. Als Streufaktor verwendet man den der Messung am leichtesten zugänglichen Wert $1-k^2$.

Wegen des kleinen vorausgesetzten Streufaktors sind die drei in Betracht kommenden Umrechnungsfaktoren \ddot{u} praktisch gleich groß, wie oben erklärt wurde. Man kann deshalb einen beliebigen der drei verwenden.

Transformator mit Verlusten.

Man berücksichtigt die Wicklungsverluste in folgender Weise. Da der Ohmsche Widerstand der Primärwicklung nur vom Primärstrom durchflossen wird, kann man sich diesen als Längswiderstand vor eine der Eingangsklemmen eingeschaltet denken. Der Ohmsche Widerstand der Sekundärwicklung erscheint dagegen mit dem Quadrat des Umrechnungsfaktors \ddot{u} multipliziert in Reihe mit dem Belastungswiderstand.

Die Eisenverluste werden durch einen parallel zu der bzw. den Querinduktivitäten geschalteten Ohmschen Widerstand versinnbildlicht, da sie im wesentlichen spannungsabhängig sind.

Zusammenfassung.

Es wird gezeigt, daß es zwei Gruppen von Ersatzschaltbildern des Transformators gibt, nämlich die T - und π -Ersatzschaltbilder (Stern- und Dreieckschaltung), welche beide an ihren Grenzen in die beiden L -Ersatzschaltbilder übergehen, die am einfachsten sind, da sie nur zwei Induktivi-

täten enthalten. Sie sind mathematisch genau gleichwertig mit den anderen Ersatzschaltbildern. Zu jedem Ersatzschaltbild gehört eine andere Definition des Übersetzungsverhältnisses, welches in den Ersatzschaltbildern als Umrechnungsfaktor für die Sekundärspannung, den Sekundärstrom und im Quadrat für den Belastungswiderstand erscheint. Es wird dargelegt, wie die einzelnen Größen der Ersatzschaltbilder zustande kommen und miteinander zusammenhängen und wie sie durch Messungen ermittelt werden können. Anwendungsbeispiele sind in der angezogenen Literatur enthalten.

Zur kurzen Unterrichtung.^{*)}

Oberwellenerscheinungen bei Induktionsmotoren.

DK 621.313.333.013.3(07)

1. Die Wellen der Feldkurve der Ständerwicklung.

Die Felderregerkurve und damit bei Vernachlässigung des magnetischen Spannungsverlustes im Eisen auch die Feldkurve einer Ständerwicklung enthält außer der Hauptwelle, deren Wellenlänge gleich der Polpaarteilung der Ständerwicklung ist, noch Wellen anderer Wellenlänge. Ihre Ordnungszahl findet man aus der Formel

$$\nu = k_1 m_1 + 1.$$

ν ist die Ordnungszahl, m_1 die Strangzahl der Ständerwicklung, und k_1 eine beliebige positive oder negative ganze Zahl einschließlich Null. Für eine symmetrische Dreiphasenwicklung, die nur Wellen ungerader Ordnungszahl hervorbringt, umfaßt k_1 nur gerade positive oder negative ganze Zahlen einschließlich Null. Die niedrigen Ordnungszahlen der Wellen einer solchen Wicklung sind somit die folgenden:

$k_1 = 0$	-2	$+2$	-4	$+4$	-6	$+6$	-8	$+8$ usw.
$\nu = 1$	-5	7	-11	13	-17	19	-23	25 usw.

Die Einzelwellen mit negativer Ordnungszahl laufen im entgegengesetzten Sinne um wie die Hauptwelle, die mit positiver Ordnungszahl im Sinne der Hauptwelle. Die Ordnungszahl der Hauptwelle ist $\nu = 1$.

Die Drehzahl n_ν einer Einzelwelle ν -ter Ordnung ist

$$n_\nu = \pm \frac{1}{\nu} n_1,$$

wenn die Umlaufzahl der Hauptwelle mit n_1 bezeichnet wird. Das Pluszeichen ist für Wellen einzusetzen, die im Sinne der Hauptwelle umlaufen, das Minuszeichen für entgegengesetzt umlaufende Einzelwellen.

2. Läuferströme.

Für den von einer Einzelwelle ν -ter Ordnung der Feldkurve der Ständerwicklung im Läufer induzierten Strom kann geschrieben werden

$$i_{2\nu} = J_{2\nu} \sqrt{2} \sin s_\nu \omega t.$$

^{*)} Die Zeitschrift wird von nun an unter diesem Titel Zusammenfassungen bringen, die es dem Leser ermöglichen, sich einen Überblick über bestimmte Fragen aus dem Elektromaschinen- und Transformatorenbau, oder aus dem Gebiete der Stromrichter oder der elektromotorischen Antriebe zu verschaffen, ohne Aufsätze in verschiedenen Zeitschriften zusammensuchen oder lange Abschnitte in Büchern studieren zu müssen. Es wird getrachtet werden, in diesen Berichten zu einem Fragenkreis stets jenen Fachgenossen sprechen zu lassen, der an diesen Fragen mitgearbeitet hat. Ein umfassendes Verzeichnis des Schrifttums soll tieferes Eindringen in das behandelte Gebiet erleichtern.

Dabei ist s_ν die Schlüpfung des Läufers gegenüber der Welle ν -ter Ordnung, für die gesetzt werden kann

$$s_\nu = \frac{n_\nu - n}{n_\nu} = 1 - \nu(1 - s).$$

Die Frequenz des von einer Welle ν -ter Ordnung der Feldkurve der Ständerwicklung im Läufer induzierten Stromes ist nämlich vom Unterschied der Umlaufzahlen der Welle ν -ter Ordnung und des Läufers abhängig, also von $(n_\nu - n)$ und außerdem von der Polpaarzahl p der Welle ν -ter Ordnung, und somit gleich

$$f_{2\nu} = \frac{(n_\nu - n) p \nu}{60} = s_\nu \cdot f_1.$$

Für $i_{2\nu} = J_{2\nu} \sqrt{2} \sin 2\pi f_{2\nu} \cdot t$ ergibt sich dann

$$i_{2\nu} = J_{2\nu} \sqrt{2} \sin s_\nu \omega t.$$

3. Die Wellen der Feldkurve der Läuferwicklung.

Um die Ordnungszahl μ jener Einzelwellen der Läuferwicklung zu bestimmen, die von dem vorhin besprochenen Läuferstrom $i_{2\nu}$ erregt werden, den die ν -te Einzelwelle der Ständerwicklung induziert, sollen zwei Fälle unterschieden werden.

a) Strang- und Polpaarzahlen der Ständer- und Läuferwicklung sind gleich.

In diesem Falle erregt die Läuferwicklung alle jene Einzelwellen, die auch die Ständerwicklung erzeugt.

b) Bei gleichen Polpaarzahlen der Ständer- und Läuferwicklung sind ihre Strangzahlen verschieden.

Hier lassen sich die Ordnungszahlen der Einzelwellen aus Formel

$$\mu = \nu + k_2 m_2$$

finden, wenn mit ν die Ordnungszahl jener Einzelwelle des Ständers bezeichnet wird, die den Strom $i_{2\nu}$ in der Läuferwicklung induziert, der das Feld des Läufers erregt, und wenn weiters m_2 die Strangzahl der Läuferwicklung bedeutet, und für k_2 alle positiven und negativen ganzen Zahlen einschließlich Null gesetzt werden.

Zum Beispiel erregt der von der fünften, im negativen Sinne umlaufenden Einzelwelle ($\nu = -5$) einer vierpoligen Ständerwicklung in einer Käfigwicklung mit $N_2 = 46$ Nuten induzierte Läuferstrom folgende Wellen

$k_2 = 0$	$+1$	-1	$+2$	-2	$+3$	-3 usw.
$\mu = -5$	$+18$	-28	$+41$	-51	$+64$	-74 usw.

Dabei ist zu beachten daß die Strangzahl m_2 der Käfigwicklung gleich $\frac{N_2}{p}$ ist.

c) Drehzahlen der Wellen der Feldkurve des Läufers.

Gegenüber dem Läuferläuft die μ -te Einzelwelle der Läuferwicklung, die von der ν -ten Welle der Ständerwicklung hervorgerufen wird, mit der Drehzahl

$$n_{\mu} = \frac{1}{\mu} \cdot s_{\nu} \cdot n_1 = \frac{1}{\mu} [1 - \nu(1 - s)] \cdot n_1$$

um; gegenüber dem Ständer aber mit der Drehzahl

$$n_{\mu} + n = n_{\mu} + n_1(1 - s) = \frac{1}{\mu} [1 - (\nu - \mu)(1 - s)] \cdot n_1$$

4. Zusammenwirken der Oberwellen der Ständer- und Läuferwicklung.

Die Oberwellen der Ständer- und Läuferwicklung bilden zusammen zusätzliche (parasitäre) Drehmomente und Kräfte aus, die sich besonders bei Käfigläufermotoren im Anlauf störend bemerkbar machen. Diese Erscheinungen sollen in drei Gruppen geteilt und getrennt besprochen werden.

a) Asynchrone Oberwellendrehmomente.

Unter den Oberwellen der Ständer- und Läuferwicklung gibt es auch solche, deren Polzahl gleich ist und die relativ zum Ständer bei jeder Läuferdrehzahl mit der gleichen Geschwindigkeit umlaufen. Wie sich leicht zeigen läßt, kann nur jene Läuferwelle dieselbe Polzahl und dieselbe Geschwindigkeit (unabhängig von der Drehzahl des Läufers) wie eine Ständerwelle haben, die eben von dieser Ständerwelle erzeugt wird. Bezeichnen wir nämlich die Ordnungszahl einer beliebigen Ständerwelle mit ν' und die Ordnungszahl der mit gleicher Geschwindigkeit umlaufenden Läuferwelle mit μ' , so muß nach Punkt 1 und 3c gelten

$$\frac{1}{\nu'} = \frac{1}{\mu'} [1 - (\nu'' - \mu')(1 - s)],$$

wenn ν'' die Ordnungszahl jener Ständerwelle bedeutet, die die Läuferwelle μ' -ter Ordnung hervorbringt. Für jede Läuferdrehzahl n oder für jeden Wert der Schlüpfung s kann diese Gleichung nur bestehen, wenn $(\nu'' - \mu') = 0$ ist, oder wenn $\nu'' = \mu'$ und damit $\nu' = \nu''$ ist, d. h., wenn die Ständerwelle mit der Ordnungszahl ν' die Läuferwelle mit der Ordnungszahl μ' verursacht, die wegen $\nu' = \mu'$ auch die gleiche Polzahl wie die Ständerwelle hat.

Nun liegen aber die Verhältnisse bei der Entstehung dieser Drehmomente ebenso wie bei einer Induktions- oder Asynchronmaschine. Auch dort ruft das Ständerdrehfeld ein Drehfeld im Läufer hervor, das einerseits mit der gleichen Geschwindigkeit relativ zum Ständer umläuft wie das Ständerdrehfeld, gleichgültig welche Drehzahl auch der Läufer hat, und das andererseits dieselbe Polzahl wie das Ständerdrehfeld besitzt. Aus diesem Grunde nennt man diese besprochenen Drehmomente der Oberwellen „asynchrone Oberwellendrehmomente“.

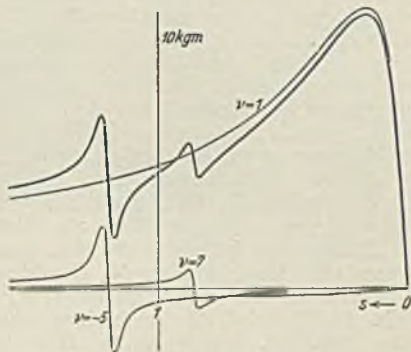


Bild 1.

Diese asynchronen Oberwellendrehmomente addieren sich zum Drehmomente der Induktionsmaschine. In Bild 1 ist das resultierende Drehmoment gezeichnet, das aus dem

Hauptdrehmomente (für $\nu = 1$) und aus dem Drehmomente der Einzelwellen $\nu = 5$ und $\nu = 7$ sich zusammensetzt. Man erkennt aus dem Bild, daß die Drehmomente der Oberwellen Einsattelungen der resultierenden Drehmomentkurve hervorrufen, die beim Hochlaufen des Motors ein Hängenbleiben bei einer bestimmten, unterhalb der Betriebsdrehzahl liegenden Drehzahl, ein sogenanntes Schleichen des Motors bewirken können. Dies wird dann der Fall sein, wenn bei dieser Schleichdrehzahl das resultierende Drehmoment nicht mehr größer ist als das Lastmoment.

b) Synchrone Oberwellendrehmomente.

Stimmt aber die Polzahl einer Oberwelle der Läuferwicklung mit jener einer Oberwelle der Ständerwicklung überein, die nicht diese Läuferwelle hervorgerufen hat, so bewirken diese beiden Wellen abermals ein Drehmoment. Nur kann die Entstehung dieses Drehmomentes nicht mehr mit einer Asynchronmaschine, sondern mit einer Synchronmaschine verglichen werden, in der ja ebenfalls ein Ständerdrehfeld mit einem von ihm nicht erzeugten, sondern fremd erregten Läuferdrehfeld zusammenwirkt. Das synchrone Oberwellendrehmoment ist bei gleicher Geschwindigkeit der beiden es erzeugenden Ständer- und Läuferwellen (Synchronismus) konstant. Dieser Synchronismus kann entweder bei Stillstand (also im Augenblick des Anlaufes) oder bei Lauf auftreten. Im allgemeinen sind die bei Stillstand wirkenden synchronen Momente gefährlicher, da sie das Anlaufen des Motors verhindern können (Kleben des Läufers am Ständer). Bild 2 zeigt ein Beispiel M für ein synchrones Moment. Die Maschine kann infolge synchronen Momentes im Lauf nur dann bei dieser Drehzahl hängen bleiben, wenn das durch das synchrone Drehmoment verkleinerte resultierende Drehmoment der Maschine gleich oder kleiner als das Lastmoment wird.

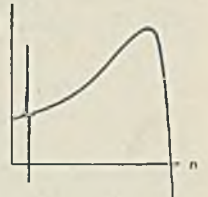


Bild 2.

Bei allen anderen Drehzahlen außer der Drehzahl, bei der Synchronismus der beiden bildenden Oberwellen auftritt, ändert sich dieses Moment sinusförmig mit der Zeit. Man nennt es in diesem Falle ein Pendelmoment. Auch diese Erscheinung entspricht den Verhältnissen bei einer Synchronmaschine. Durch solche Pendelmomente wird die Maschine beschleunigt oder verzögert. Ist die Frequenz dieser Momente bei einer bestimmten Drehzahl gleich der Eigenfrequenz eines schwingungsfähigen Maschinenteiles, so treten infolge der Resonanz Geräusche auf.

Eine Asynchronmaschine ist nach den bis jetzt besprochenen Wirkungen aufzufassen als eine asynchrone Hauptmaschine, deren Drehmoment von den Hauptwellen der Ständer- und Läuferwicklung gebildet wird, und als eine Reihe von asynchronen und synchronen Nebenmaschinen, die alle mit der Hauptmaschine gekuppelt sind, und deren Drehmomente von den Oberwellen der Ständer- und Läuferwicklung entwickelt werden. Diese Nebenmaschinen befinden sich bei den verschiedenen Drehzahlen in verschiedenen Betriebszuständen: die asynchronen Nebenmaschinen im Motor-, Brems- und Generatorzustand, die synchronen Nebenmaschinen in und außer Tritt.

c) Rüttelkräfte.

Mit diesen besprochenen Erscheinungen sind jedoch die Wirkungen der Oberwellen noch nicht erschöpft. Die Oberwellen bilden auch sogenannte Rüttelkräfte aus, das sind einseitige Zugkräfte zwischen Läufer und Ständer, die umlaufen. Zu solchen einseitigen umlaufenden Zugkräften kommt es bei Interferenz zweier Oberfelder im Ständer oder einem Ständer- und einem Läuferoberfeld, wenn sich die Ordnungszahl dieser interferierenden Oberfelder um 1 voneinander unterscheiden, und wenn die interferierenden Oberfelder in entgegengesetztem Sinne

umlaufen. Diese Oberfelder setzen sich nämlich zu einer umlaufenden Schwebungswelle zusammen, die bewirkt, daß eine Stelle großer Induktion einer Stelle kleiner Induktion im Durchmesser einander gegenüber liegen, was einseitige Zugkräfte hervorruft, die, da die Schwebungswelle umläuft, ebenfalls umlaufen, und zwischen Läufer und Ständer rütteln. Da dadurch Maschinenteile zu Schwingungen angeregt werden, entsteht Geräusch, besonders dann, wenn die Frequenz der Rüttelkräfte, mit der Eigenfrequenz eines schwingenden Maschinenteiles übereinstimmt. Auch die Rüttelkräfte ändern den Verlauf der Drehmomentkurve, wie Bild 3 zeigt. Dies erklärt sich dadurch, das die Schwingungen Energie verbrauchen.

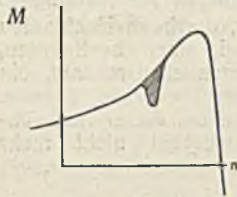


Bild 3.

5. Vermeidung der Oberwellenerscheinungen.

Mittel zur Vermeidung der Störungserscheinungen sind: Wahl einer entsprechenden Ständer- und Läufer-

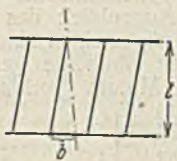


Bild 4.

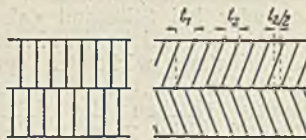


Bild 5.

nutzenzahl; Wahl einer passenden Ständerwicklung (mit Spulen, deren Weite kleiner als die Polteilung ist); Schrägstellung der Nutschlitze des Läufers gegenüber den Nutschlitzen des Ständers, wie Bild 4 oder Bild 6 links zeigen; Unterteilung des Läufers in axialer Richtung in zwei oder mehrere Teile, die gegeneinander versetzt sind und dazwischen weitere Kurzschlußbringe tragen (Staffelläufer), nach Bild 5 oder Bild 6 rechts; Vergrößerung des Luftspaltes.

Man kann auch den Läufer nutenlos ausführen. Zu diesem Zwecke baut man ihn aus verschiedenen Schichten aus geeigneten Baustoffen auf. In Bild 7 zum Beispiel bedeutet 1 einen Kern aus massivem Eisen;

2 und 2' sind Stirnverbindungen aus Kupfer; 3 ist eine Schichte aus Kupfer oder Kupfer-Eisen; 4 eine Schichte

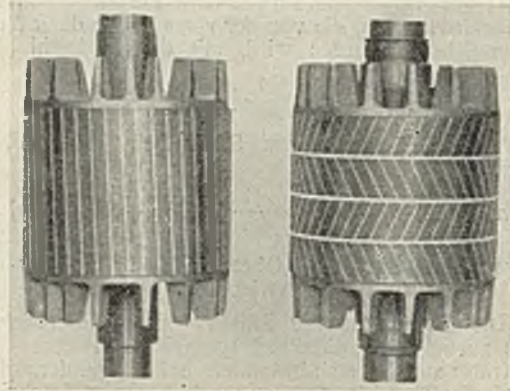


Bild 6.

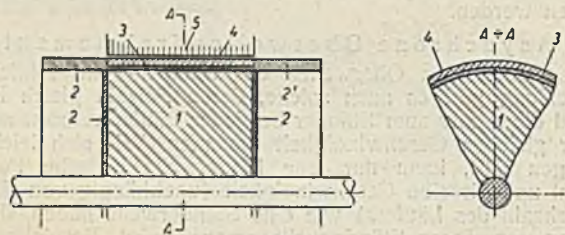


Bild 7.

aus Nickeleisen oder aus gespritztem Eisen; und 5 deutet den Ständer an. H. Sequenz.

Verzeichnis des Schrifttums.

R. Richter, Elektrische Maschinen. 4. Bd.: Die Induktionsmaschinen. Verlag J. Springer, Berlin 1936. S. 176 bis 218. (Mit einem umfassenden Schrifttumsverzeichnis.)
 H. Sequenz, Die Wahl der Nutenzahlen bei Käfigankermotoren, E und M 50 (1932) S. 428 bis 434. (Mit einem bis 1932 vollständigen Schrifttumsverzeichnis.)
 — Drei Regeln für die Wahl der Nutenzahlen bei Käfigankermotoren, ETZ 55 (1934) S. 269 bis 271.
 H. Moser, Geräuschfreie elektrische Maschinen, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 26 (1935) S. 553 bis 565. — Untersuchung und Berechnung von nutenlosen, geschichteten Rotoren in Asynchronmotoren, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 107 bis 115 und S. 129 bis 144.

Patentbericht.

Aus der Entwicklung der Umrichtertechnik.

DK 621.314.27 : 608.3(082)

Von Umrichtern zur unmittelbaren Frequenzwandlung, die aus taktmäßig gesteuerten Entladungsstrecken bestehen, wird verlangt, daß sie elastisch arbeiten, das heißt nicht an ein starres Frequenzverhältnis gebunden sind, weil sich sonst Laststöße von einem Netz auf das andere in voller Höhe übertragen. Dieser Forderung entspricht der Steuerumrichter (DRP 671 450, Kl. 21 d², Gr. 14.02) der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin, dessen niederfrequente Spannungskurve ausschließlich mit Hilfe der Gittersteuerung gebildet wird. Zur Erzeugung einer sägezahnartigen Spannungskurve, deren Mittelwert einer niederfrequenten Sinuskurve angenähert entspricht, wird der Zündensatz der in der Stromführung sich ablösenden Anoden im Takt der Niederfrequenz vor- und zurückverlegt. Zur Ermöglichung einer natürlichen Kommutierung erfolgt die Zündung in der Hauptsache auf den absteigenden Ästen der Anodenspannungen. Die niederfrequente Spannungskurve des Steuerumrichters ist um so mehr der Sinusform angenähert, je mehr Anoden vorhanden sind.

Die Steuerspannungen werden aus zwei Wechselspannungskomponenten zusammengesetzt, die den verschiedenen Netzen entnommen werden. Zur Oberwellenbeseitigung dienen in üblicher Weise Glättungsmittel (Reihendrosseln oder Schwingungskreise). Die Anoden des Steuerumrichters können in einem oder zwei Gefäßen untergebracht werden.

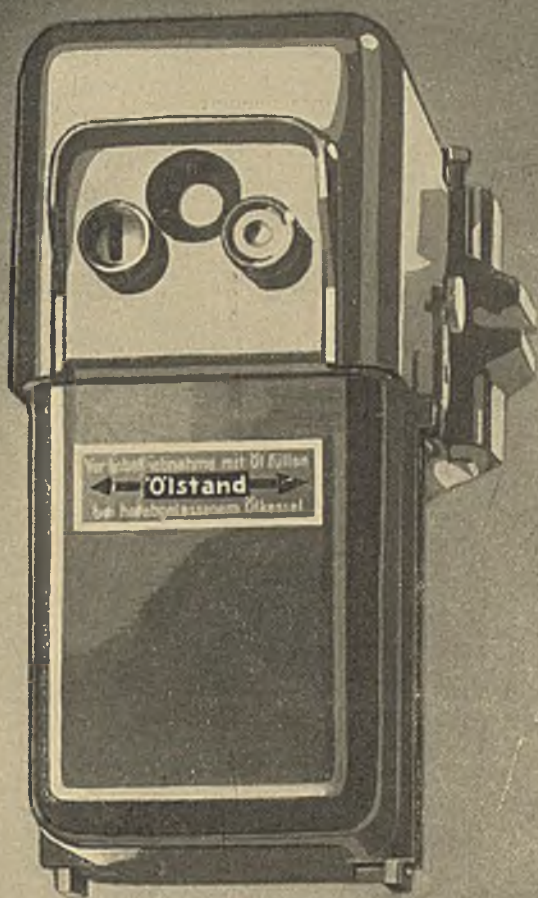
Müssen Umrichter Blindlast wechselnder Größe und Phasenlage übertragen, so ist dies nur möglich, wenn gleichzeitig mehrere Entladungsstrecken offen gehalten werden. Hierbei besteht die Gefahr eines inneren Kurzschlusses von Phase zu Phase. Die als Gleichrichter arbeitenden Entladungsstrecken lassen sich erst wieder sperren, wenn der Kurzschlußstrom abgeklungen ist. Nach dem Vorschlag der AEG, Berlin (DRP 671 171, Kl. 21 d², Gr. 14.02) wird die Ausbildung eines Kurzschlußstromes beseitigt, indem durch eine besondere Steueranordnung alle Gitter der von Gleich- auf Wechselrichterbetrieb übergehenden Gruppe kurz vor der Kommutierung gesperrt, und nach der Kommutierung wieder freigegeben werden.

Eine andere vorteilhafte Anordnung zur Beseitigung des inneren Kurzschlußstromes schlägt die AEG, Berlin,

AEG

MOTORSCHUTZSCHALTER

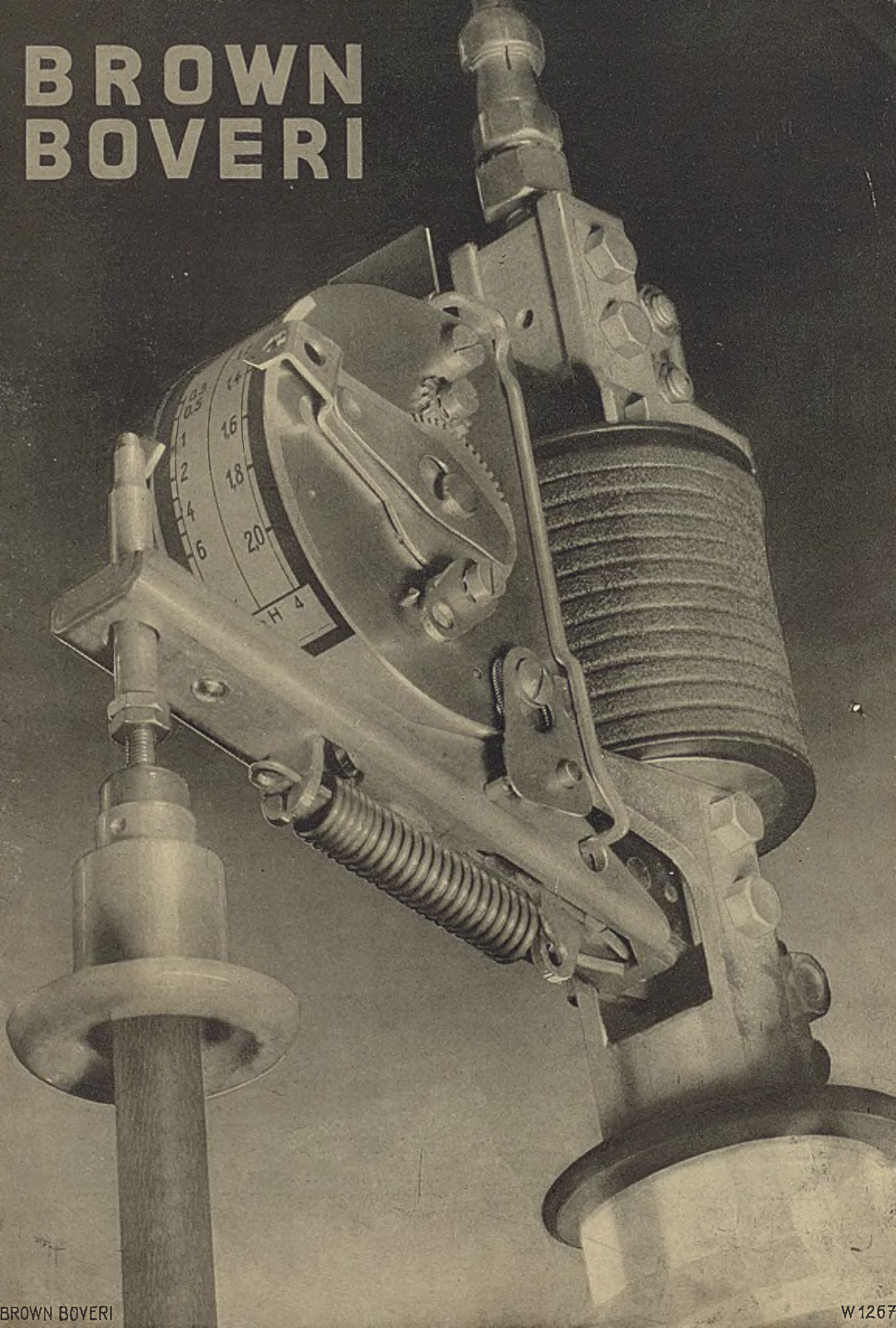
*Zu jedem Motor ein
AEG-Schutzschalter*



**HAND- UND FERN-
BETÄTIGTE LUFT- UND ÖL-
SCHALTER IN ISOLIER-UND
GUSSGEHÄUSE MIT ALL-
POLIGER ABSCHALTUNG**

A. E. G.-UNION ELEKTRIZITÄTS-GESELLSCHAFT

BROWN BOVERI



im DRP 671 186, Kl. 21 d², Gr. 14.02, vor. Den Steuergeräten wird außer den beiden im Takt der verschiedenen Frequenzen verlaufenden Gitterwechselspannungen eine dritte Spannungskomponente zugeführt, die eine Zündung der einen Gefäßgruppe solange verhindert, bis der Strom in der anderen Gruppe abgeklungen ist. Hierzu können Stromtransformatoren verwendet werden, die das Nullpunktpotential der Gittertransformatoren unter das Zündpotential absenken.

Werden zur Steuerung der Gitter Wechselspannungen spitzer Wellenform verwendet, wie dies zur Erzeugung exakter Schnittpunkte zwischen Gitterspannung und Zündkennlinie erwünscht ist, so läßt sich der Betrieb eines Umrichters verbessern, wenn gemäß DRP 672 378 von BBC, Baden (Schweiz), Kl. 21 d², Gr. 14.02 die Steuerung des ablösenden Gefäßes bereits freigegeben wird, ehe der Strom in dem arbeitenden Gefäß ganz abgeklungen ist. Die Überlappung der Steuerungen verbessert die Leistungsübertragung besonders wenn ein Energieaustausch in beiden Richtungen stattfindet.

Steht, wie dies meist bei Umrichtern der Fall ist, für den Übergang des Stromes von einer Anode auf die Folgeanode nur ein geringer Spannungsunterschied zur Verfügung, so läßt sich die Kommutierung verbessern, indem der Strom nicht unmittelbar auf die Folgeanode übergeht, sondern auf eine Übergangsanode, der vorübergehend eine höhere Spannung aufgedrückt wird. Letztere gibt nach Sperren der abgelösten und Freigabe der Folgeanode den Strom an die Folgeanode weiter, und zwar nach erfolgtem Abklingen der Zusatzspannung der Übergangsanode. (DRP 671 651, Kl. 21 d², Gr. 12.03, Stalturbine G. m. b. H., Berlin.)

Zur Verbesserung der Kurvenform bei der unmittelbaren, elastischen Frequenzwandlung wird zur trapezförmigen Grundwelle mittels eines Drehtransformatoren eine Zusatzspannung zugefügt. Der Drehtransformator wird vom höherfrequenten Netz erregt und sein Läufer

von einem Differentialgetriebe angetrieben, das mit zwei verschiedenen Frequenzen Netzen zugeordneten Elektromotoren so gekuppelt ist, daß der Läufer mit der Differenz der Frequenz umläuft. (DRP 670 206, Kl. 21 d², Gr. 14.02, AEG, Berlin.)

Bei allen Umrichtern, die aus Gleich- und Wechselrichtergruppen zusammengesetzt sind bereitet die Wechselrichtergruppe betrieblich besondere Schwierigkeiten, weil die Zündung einer neuen Entladungsbahn gleichzeitig die Löschung der bisher stromführenden Entladungsstrecke bedingt. Löscht letztere nicht, so läßt sich gleichwohl der Betrieb aufrechterhalten und ein Wiederfangen des Wechselrichters erreichen, wenn alle Folgeanoden solange gesperrt werden, bis die Kommutierungsspannung wieder das richtige Vorzeichen erhält. Dies geschieht, wenn die nicht gelöschte Anode planmäßig wieder abgelöst wird. Am einfachsten erfolgt die Sperrung durch Einwirkung auf die Gitter der Gleichrichterseite, bei Vorhandensein eines Gleichstromzwischenkreises durch Impulsübertragung. Ist der Strom inzwischen stärker angestiegen, so muß die Zündung auf der Wechselrichterseite ausreichend vorverlegt werden, um ein Kippen des Wechselrichters zu vermeiden. (DRP 672 248, Kl. 21 d², Gr. 12.03 der AEG, Berlin.)

Zu erwähnen ist ferner eine für den Betrieb von Stromrichtern wichtige Maßnahme, insbesondere bei selbsttätiger Regelung, nämlich die Aufteilung der Regelimpulse nach zeitlichen Gesichtspunkten. Lastschwankungen werden durch Stoßregelorgane, die auf die Gitter einwirken, ausgeglichen. Langsam verlaufende Laständerungen, wie sie zum Beispiel von einer Fahrplansteuerung ausgehen, werden von einem träge arbeitenden Drehregler berücksichtigt. Die Aufteilung der Regelleinflüsse in der genannten Weise ergibt eine einfache Steuerung mit großer Regelgenauigkeit. (DRP 671 241, Kl. 21 d², Gr. 12.03 der AEG, Berlin.)

W. Massmann.

Rundschau.

Elektromaschinenbau.

DK 621.313.333.025.3.012

Über das vollständige Fluß- und Stromdiagramm des mehrphasigen Asynchronmotors. Von A. Blondel. Man kann das Flußdiagramm der Asynchronmaschine entweder nach Hopkinson unter Annahme eines gemeinsamen Luftspaltflusses und Ständer- und Läuferstreulüssen zeichnen oder nach Kapp, wenn man sich den Ständer- und Läuferwicklungen Streublindwiderstände vorgeschaltet denkt.

Der Verfasser kritisiert die sich aus beiden Anschauungen ergebenden Diagramme und zeigt, daß sie weder physikalisch richtig sind, noch ein klares Bild von den tatsächlichen, magnetischen Beanspruchungen in den einzelnen Teilen der Maschine liefern. Bekanntlich treten in der Asynchronmaschine außer den einfach verketteten Streulüssen auch doppelverkettete Streukraftlinien auf. Es wird ein neues Ersatzschaltbild für den Motor entwickelt in welchem der Magnetisierungsstrompfad des üblichen Ersatzschemas aufgetrennt wird und durch zwei magnetisch gekoppelte Induktivitäten ersetzt wird. Man erhält auf diese Weise ein neues Flußdiagramm, welches eine Kombination der beiden oben erwähnten darstellt, und das den wahren Verhältnissen in der Maschine gerecht wird. Aus diesem Flußdiagramm wird dann das Stromdiagramm abgeleitet. P. t.

(Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 143 bis 150.)

DK 621.318.38 : 621.34

Über den Schwingankermotor. Von Th. Buchhold. Unter einem Schwingankermotor sei im folgenden ein Wechselstrommagnet verstanden, dessen Anker durch eine Feder in Resonanz mit dem pulsierenden Wechsel-

feld gebracht wird. Ein solcher Anker, der mit der Frequenz 100 schwingt, vermag Arbeit zu leisten. Schwingankermotoren, welche üblicherweise nur für kleine Leistungen in Frage kommen, werden als Antrieb für Kaffeemahlmaschinen, Laubsägen und Kleinkompressoren gebraucht. In dem vorliegenden Aufsatz werden die Rückwirkungen der mechanischen Schwingungen auf den elektrischen Strom und die notwendige Blindleistung solcher Motoren untersucht. Um allzu große mathematische Schwierigkeiten zu vermeiden und um übersichtliche Ergebnisse zu bekommen, wird bei einer Reihe von Untersuchungen von der Annahme sehr kleiner Schwingungen ausgegangen, eine Annahme, die ja auch der elementaren Theorie des schwingenden Pendels zugrunde gelegt wird. Aus den theoretischen Untersuchungen folgt, daß ein solcher Schwingankermotor eine dritte Stromharmonische aufnehmen muß, welche von derselben Größenordnung wie die erste Wirkharmonische ist. Weiter folgt, daß der Blindstrombedarf eines Schwingankermotors ein erheblicher ist und von der abzugebenen Wirkleistung und von dem mittleren Luftspalt, mit dem man arbeitet, abhängt. B.

(Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 269 bis 274.)

Elektrische Geräte.

DK 538.33 : 621.314.2

Der Stromstoßtransformator als neuzeitliches Hilfsmittel bei der Magnetherstellung. Von W. Redepening. Es ist eine einleuchtende Tatsache, daß bei der fabrikatorischen Massenherstellung von Dauermagneten neben der eigentlichen Stahlerzeugung, der Formgebung und Härtung die Magnetisierung der fertigen Stücke mit die wichtigste Rolle spielt. Die außerordentlich große

Mannigfaltigkeit der Magnetformen bringt es mit sich, daß es unmöglich ist, auch nur dem Prinzip nach, eine Magnetisiermethode anzugeben, die allen Bedürfnissen gerecht wird. Vielmehr ist es erforderlich, jeder Magnetform unter Berücksichtigung der verwendeten Stahlsorte, ein geeignetes Magnetisiergerät anzupassen, wobei sehr starke Ströme zur Verwendung gelangen können, wenn die Windungszahl aus irgendeinem Grunde begrenzt ist. Diese Ströme müssen dann Hochstromgeneratoren entnommen werden, deren Höchststromstärken im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit meist bei 800 bis 1000 A liegen. Wenn nun wie zum Beispiel bei Zählerbremsmagnetischen Formen vorliegen, deren Pole sehr nahe beieinander liegen, so ist es einerseits sehr schwierig, wegen der geringen Maulweite im Innern eine hohe Windungszahl unterzubringen, andererseits reichen bei Verwendung nur eines Leiters die Maschinenströme bei weitem nicht aus. Schließlich bringt die Magnetisierung durch Aufsetzen auf die Pole eines Elektromagneten bei so geringem Abstand nicht mehr die gewünschte Wirkung, da in diesem Falle die meisten Feldlinien direkt übergehen. Aus der Fülle der bestehenden Beispiele ist nur dieses eine herausgegriffen, um die Bedeutung der nun zu beschreibenden Einrichtung zu beleuchten. Die Aufgabe besteht darin, einen um Größenordnungen höheren Strom zu erzeugen, als es die Hochstrommaschinen im allgemeinen tun und dessen Verlauf kurzzeitig, stoßartig ist¹⁾.

Ein geschlossener Eisenkern wird durch eine darauf befindliche Primärwicklung mit Gleichstrom bis zur Sättigung magnetisiert. Der so entstandene magnetische Fluß Φ wird außerdem durch eine einzige Windung Kupfer von sehr hohem Querschnitt umfaßt. Wird nun der den Fluß Φ erhaltende Gleichstrom plötzlich durch Abschalten zum Verschwinden gebracht, so tritt in der geschlossenen Sekundärwindung eine Spannung auf, die einen sehr hohen Stromstoß zur Folge hat, der dann nach Maßgabe der Geräteabmessungen im Bruchteil einer Sekunde zusammenbricht. Der Spitzenwert und die Anklingszeit dieses Stromstoßes hängt neben den verschiedensten Verlusterscheinungen und sonstigen untergeordneten Faktoren in erster Linie von der primären Amperewindungszahl ab. Durch geeignete Dimensionierung des Gerätes ist es zu erreichen, für die Stromspitze einen Nutzeffekt bis zu 75 vH zu erzielen. Das soll heißen, daß bei einer primären AW-Zahl von 100 000 die sekundäre Stromspitze 75 000 A erreichen würde. Dieser nach der Abschaltung in etwa einer tausendstel Sekunde erreichte Spitzenwert des Stromes klingt dann in ungefähr drei bis vier tausendstel Sekunden auf den Wert 0 zu ab. Damit ist aber die Aufgabe gelöst und es kommt nun nur noch darauf an, dem Gerät eine für die Praxis zugeschnittene Form zu geben, die eine möglichst vielseitige Anwendung gestattet. Um dieses zu erreichen wird die Sekundärwicklung nicht von vornherein festgeschlossen, sondern an zwei Polschuhe herausgeführt, an die dann die eigentlichen Magnetisierungsschienen angeschlossen werden. Bild 1 zeigt eine bewährte Anordnung des Kernes und der Spulen. Eine andere Ausführungsmöglichkeit sehen wir in Bild 2. Der Primärstrom wird über Schütze mit magnetischer Blasung geschaltet. Die Schütze können durch Fußkontakt betätigt werden, so daß beide Hände für die übrige Bedienung frei bleiben. Das Ganze wird in einem Kasten eingebaut, aus dem nur noch die Sekundärpole und der Trethebel für den Fußschalter heraussehen. Zur bequemen Beförderung wird das Gerät mit kräftigen Rollen versehen.

Zur Steigerung der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit können in der Schaltung noch einige Zusatzgeräte vorgesehen werden. Das Gleichstromnetz könnte zum Beispiel Spannungsschwankungen aufweisen, die sich insofern auf die Magnetisierung ungünstig auswirken können, als bei Unterspannung unter eine gewisse Grenze die zur Sättigung des Kernes notwendige Amperewindungszahl nicht mehr erreicht wird. Die Folge würde trotz guter Stähle ein Ausschub sein, der

¹⁾ E. Schulze, E und M 47 (1928) S. 969 bis 974 und S. 993. — W. Redepennig, AEG-Mitt. (1938) S. 553 bis 557.

in Wahrheit nur durch mangelhafte Magnetisierung vorgetäuscht wird. Ein in den Primärstromkreis geschalteter Strommesser wäre nur ein mangelhafter Schutz gegen diese Gefahr, da es von der Aufmerksamkeit des Bedienungenden abhinge, ob die Unterspannung bemerkt wird

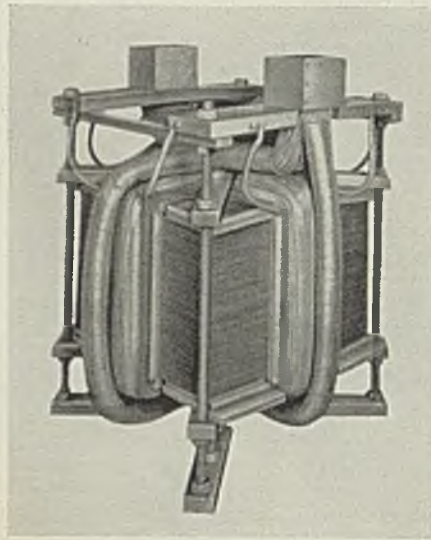


Bild 1. Innerer Aufbau des Stoßstromtransformators.

oder nicht. Ein sicheres Mittel bietet aber die Verwendung eines zeitunabhängigen Überstromrelais mit Ruhekontakt, das bei Erreichung des notwendigen Stromes die Schütze selbsttätig abschaltet und auf der anderen Seite den Abschaltvorgang verhindert, wenn dieser Stromwert noch nicht fließt.

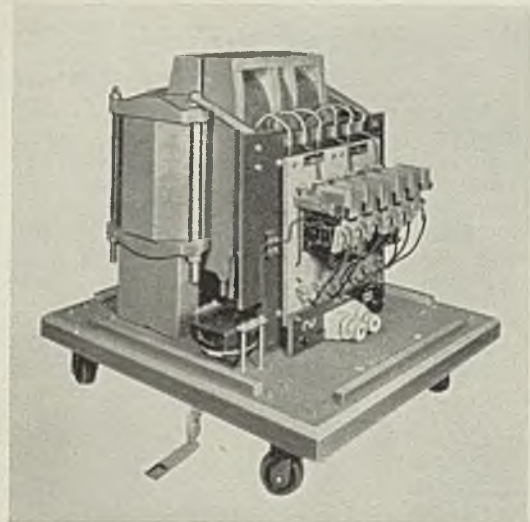


Bild 2. Vollständiger Aufbau des Stoßstromtransformators.

Wenn mit starken Netzspannungsschwankungen nicht zu rechnen ist, kann auch ein Zeitrelais verwendet werden, das nach einstellbarer Zeit (1 bis 2 s) den Strom abschaltet. In beiden Fällen genügt dann ein kurzes Niedertreten des Fußschalters, um das Gerät einzuschalten. Das Abschalten und damit der eigentliche Magnetisierungsvorgang geht dann selbsttätig vor sich.

Wie erwähnt, arbeiten diese Relais nicht nur wirtschaftlich, sondern dienen vor allem der Be-

triebsicherheit. Ein dritter und für den Betriebsmann vielleicht ausschlaggebender Grund ist, daß durch das selbsttätige Arbeiten die Magnetisierungszeit unveränderlich und vor allen Dingen den kleinstmöglichen Wert hat. Die Zeit, die zum Magnetisieren benötigt wird, liegt — abgesehen von dem Einspannen und Entfernen der mit den Magneten bestückten Schienen — ein für allemal fest und kann durch den allmählich ermüdenden Menschen nicht nachteilig in der einen oder anderen Richtung beeinflusst werden. R.

(AEG-Mitt. (1938) S. 553 bis 557.)

Stromrichter.

DK 621.314.5-52

Ferngesteuerte und selbsttätige Stromrichteranlagen.

Von E. S c h r ö d e r. Der Stromrichter eignet sich wegen seines einfachen Anlaßvorganges (Fortfall des Synchronisierens, Polarisierens und vorheriger Spannungsvergleiches) vorzüglich für den ferngesteuerten oder selbsttätigen Betrieb. Die für diese Betriebsarten erforderlichen zusätzlichen Einrichtungen werden größtenteils aus normalen, reihenmäßig hergestellten Apparaten ge-

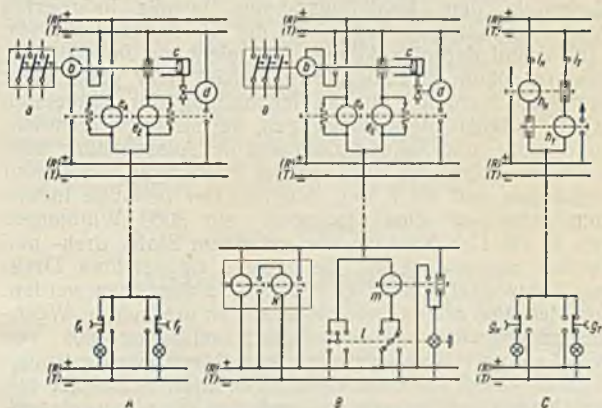


Bild 3. Leitungsparende Schaltungen für ferngesteuerte Stromrichteranlagen.

a = ferngesteuerter Schalter, b = Auslösespule, c = Druckluftantrieb, d = Druckluftventil, eA, eE = Aus- und Ein-Relais, fA, fE = Aus- und Ein-Druckknöpfe, gH, gT = Höher- und Tiefer-Druckknöpfe, hH, hT = Höher- und Tiefer-Relais, hH, hT = Endkontakte für höchste und niedrigste Stellung des Regelgliedes, k = Blinkrelais (gemeinsam für Gesamtanlage), l = Steuer-Quittungsschalter, m = Signal-Hilfsrelais.

bildet. Nur selten werden für bestimmte Aufgaben, die häufig in gleicher Form wiederkehren, eigens für diesen Zweck entwickelte Einrichtungen benutzt, so daß selbst umfangreiche Anlagen sich vielfach aus kleinsten Bausteinen zusammensetzen, die in sinnvoller Weise zusammengeschaltet, alle erforderlichen Schaltvorgänge und Verriegelungen möglich machen.

Ferngesteuerte Anlagen wird man zunächst bestrebt sein, sie sowohl in der Bedienung als auch in der Überwachung den handbedienten Anlagen weitgehend anzupassen. Dagegen spricht aber der Kostenaufwand für das Verbindungskabel und die Fernsteuergeräte; man wird also nur diejenigen Aufgaben von der Fernsteuerung erfassen, die für den ordnungsgemäßen Betrieb notwendig sind, während solche Handlungen, die einem bestimmten Schaltvorgang immer folgen müssen, selbsttätig ausgelöst werden. Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Fernsteuerungen, und zwar diejenige durch Vielfachkabel und diejenige durch Übertrager, bei welchen nur zwei bis vier Adern notwendig sind. Welche von beiden für einen bestimmten Fall die zweckmäßigste ist, wird durch den Kostenaufwand, der nach Entfernung und Umfang verschieden sein wird, entschieden. Die Entwicklung einer Reihe von leitungsparenden Schaltungen hat den Anwendungsbereich für die Steuerung mittels

Vielfachkabel besonders bei städtischen Gleichstromnetzen vergrößert (Bild 3).

Bei selbsttätigen Stromrichteranlagen haben sich grundsätzlich zwei Arten ergeben, und zwar eine für Bahnbetrieb, dessen Betätigung in Abhängigkeit von der Zeit erfolgt, und eine für Netzbetrieb, dessen Betätigung von dem Bedarf des Netzes abhängig gemacht wird. Für selbsttätige Anlagen ist die Verwendung einer Wiedereinschaltvorrichtung kennzeichnend; ihre Aufgabe besteht darin, im Störfalle die sonst durch den Maschinenwärter ausgeführte Tätigkeit nachzunehmen. In

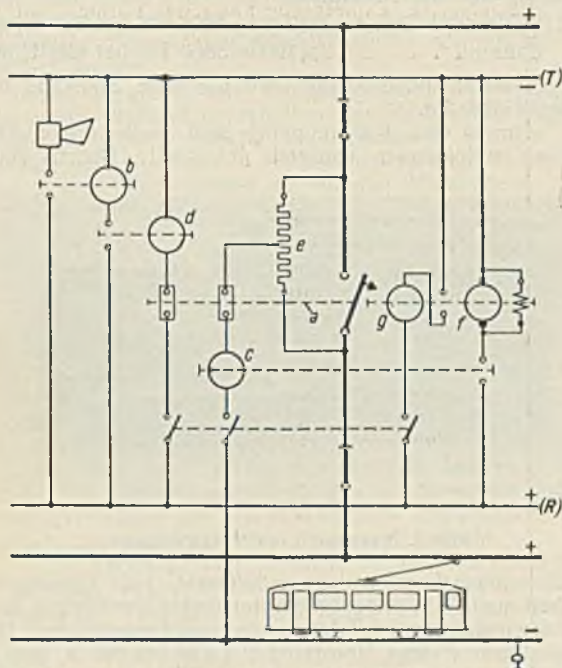


Bild 4. Selbsttätiger Streckenschalter für Dauerprüfung.

a = Streckenschalter, b = Melderelais, c = Tastrelais, d = Zeitrelais, e = Tastwiderstand, f = Antrieb für Einschalten, g = Auslösespule.

gewissen einstellbaren Zeitabständen wird dreimal ein Einschaltimpuls gegeben. Bei einer Dauerstörung wird der betreffende Anlageteil gesperrt, eine etwa zur Verfügung stehende Reserve eingeschaltet und die Störung gemeldet. Kennzeichnend für eine Bahnanlage ist die Verwendung selbststeuernder Streckenschalter, die nach dem Auslösen durch Überstrom die Strecke abtasten und sich erst dann einschalten, wenn der von ihnen gespeiste Streckenabschnitt kurzschlußfrei ist (Bild 4). Für eine Netzanlage kann als normaler Bestandteil die selbsttätige Spannungsregelung und Strombegrenzung angesehen werden. E. S.

(Siemens-Z. 19 (1939) S. 78 bis 87.)

Elektrische Bahnen.

DK 621.335.2 : 621.436

Die 4400 PS-Diesel-elektrische Lokomotive der Rumänischen Staatsbahnen. Für die 170 km lange Strecke Bukarest-Brasov, die über 110 km den Charakter einer Gebirgsbahn besitzt — die maximale Steigung von 25 ‰ erstreckt sich über 10 km — ergaben eingehende Studien die wirtschaftliche Überlegenheit des Diesel-elektrischen Antriebes über andere Zugförderungsarten. Die von der Rumänischen Staatsbahn in Auftrag gegebene Diesel-elektrische Lokomotive war für eine Anhängelast von 600 t, bestehend aus vierachsigen Schnellzugswagen, für einen höchsten Triebachdruck von 20 t und die Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h zu bauen. Die gelieferte Lokomotive, die den Erwartungen voll

entspricht, wurde in der Bauart 2 D₀1 + 1 D₀2, bestehend aus zwei vollständig symmetrischen Einheiten ausgeführt. Die Hauptdaten sind folgende:

Länge über die Puffer	29 300 mm
Totaler Radstand	26 900 "
Triebbraddurchmesser	1 350 "
Laufbraddurchmesser	1 000 "
Dienstgewicht	230 t
Maximaler Triebachdruck	19 t
Maximaler Laufachdruck	13 t

Leistung der Dieselmotoren:

während 1 Stunde $2 \times 2200 = 4400$ PS bei 700 U/min
dauernd $2 \times 1900 = 3800$ PS bei 620 U/min

Die maximale Anzugskraft aus dem Stillstand beträgt 37 000 kg.

Durch eine Kurzkupplung sind beide Lokomotivhälften miteinander dauernd gekuppelt; Dienst einer

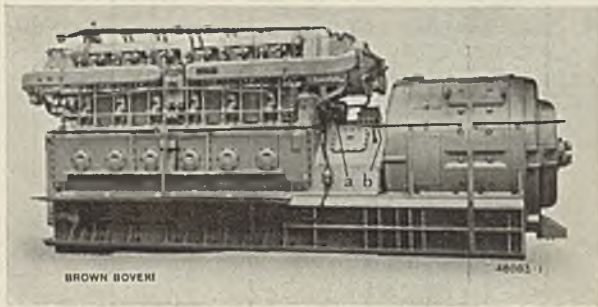


Bild 5. Dieselmotor mit Hauptgenerator.

Einheit allein kommt nicht in Betracht. Jede Lokomotiveinheit umfaßt 1 Hauptgenerator mit Eigenlüftung und Anlaßwicklung und 4 Triebmotoren mit Fremdlüftung. Die Dauerleistung eines Motors ist 295 kW bei 615 V, 510 A, 1050 U/min, entsprechend 46,5 km/h Fahrgeschwindigkeit.

An Hilfsbetrieben sind vorhanden: 1 Hilfsgenerator, Dauerleistung 70 kW; 1 Akkumulatoren-Batterie, bestehend aus 128 alkalischen Nickel-Kadmium-Zellen, Bauart Jungner, für 150 Ah und eine normale Entladespannung von 154 V; 1 Antriebsmotor für die Triebmotoren-Ventilatoren, Dauerleistung 18,4 kW; 1 Antriebsmotor für den Kühlventilator, Dauerleistung 12,9 kW; 2 Antriebsmotoren für die Kühlwasserpumpen, Dauerleistung je 3 kW; 1 Antriebsmotor für den Schmierölseparator, Dauerleistung 1,1 kW. 1 Antriebsmotor für den Brennluft-Kompressor, Leistung 11 kW.

Die Leistungsregulierung des Dieselmotors, bzw. die Zugkraft-Geschwindigkeitsregulierung der Lokomotive erfolgt in Verbindung mit dem Brown-Boveri-Servofeldregler, der die Fahrgeschwindigkeit den wechselnden Streckenverhältnissen anpaßt, wobei der Lokomotivführer nur die Dieselmotorleistung einstellt. Die durchschnittliche Leistungsabgabe an die Hilfsbetriebe beträgt etwa 108 PS. Jede Lokomotiveinheit besitzt einen Sulzer-Viertakt-12-Zylinder-Dieselmotor mit direkter Einspritzung des Brennstoffes und Aufladung nach System Büchi mittels Abgasturbogebläsen.

(Brown, Boveri & Cie, Baden, Die 4400 PS-Dieselelektrische Lokomotive der Rumänischen Staatsbahnen, 1938.)

Elektrizitätslehre, Physik.

DK 621.396 : 553

Experimentelle Grundlagen des Dipol-Induktionsverfahrens. Von M. Rössiger. Während manche geophysikalische, elektrische Meßmethoden zur Ermittlung der Bodenverhältnisse theoretisch und experimentell bereits so durchgearbeitet sind, daß man sie zu den klassischen Aufschlußverfahren zählen kann (z. B. die Bestimmung des scheinbaren Widerstandes nach dem Wenner-Verfahren), fehlte bisher ein solcher Abschluß bei anderen

Methoden, beispielsweise für die „Induktionsverfahren“, bei denen in dem zu untersuchenden Erdreich ein magnetisches Wechselfeld (Primärfeld) durch eine gegen Erde völlig isolierte wechselstromdurchfllossene Leiterschleife erzeugt und das magnetische Wechselfeld der im Untergrunde induzierten Ströme (Sekundärfeld) mit einer Meßspule (sogenannter Induktionsrahmen) ausgemessen wird. Durch die theoretischen Arbeiten von A. Graf¹⁾ und S. S. Stefanescu²⁾ sind die Grundlagen der Anwendbarkeit der Induktionsverfahren, insbesondere des meist als „Ringsendemethode“ bezeichneten Verfahrens hinreichend geklärt worden.

M. Rössiger berichtet über eine neue, von ihm mit der Firma Siemens & Halske zusammengestellte Apparatur zur praktischen Durchführung der Ringsendemethode, die sich theoretisch und meßtechnisch am einfachsten gestaltet, wenn man die Messungen mit dem Induktionsrahmen nur in größeren Abständen von der Sendeschleife vornimmt, so daß das magnetische Feld dieser Schleife in seinen Wirkungen demjenigen eines Dipols gleichgesetzt werden kann („Dipol-Induktionsverfahren“). Mit einer ringförmigen Sendeschleife mit zehn Windungen von 20 m Durchmesser (Gewicht 120 kg) und einem von einem 5,5 PS-Benzinmotor angetriebenen 2,5 kW-Generator für 55 Hz (Gewicht 150 kg) kann bei 2 bis 2,5 kW Maschinenleistung ein magnetisches Moment von $6 \cdot 10^7$ cgs erzielt werden. Die hierbei in dem Induktionsrahmen jeweils induzierten Wechselspannungen liegen in der Größenordnung von

101 V und darunter, können also nicht nur im Gelände, sondern schon im Laboratorium nicht mehr ganz leicht gemessen werden. Nur bei Innehaltung der saubersten experimentellen Meßbedingungen, bei strenger Trennung von Primär- und Sekundärfeld und bei Ausschaltung aller sonstigen Störungen sind solche Messungen überhaupt ausführbar und ein Erfolg möglich. Der benutzte Induktionsrahmen ist eine Flachspule mit 3000 Windungen von 40 cm Durchmesser, die auf einem Stativ dreh- und kippbar angeordnet ist, die jeweils eingestellten Dreh- und Kippwinkel können an Kreisskalen abgelesen werden. Zur Messung der im Induktionsrahmen induzierten Wechselspannungen wird eine Sonderausführung des von W. Geyger³⁾ angegebenen komplexen Kompensators benutzt, wobei ein über einen Dreiröhren-Verstärker mit dem Kompensationskreis verbundenes Vibrationsgalvanometer, das auf die Maschinenfrequenz abgestimmt wird und daher grundwellenselektiv arbeitet, als Nullinstrument dient. Die Verwendung des Vibrationsgalvanometers als Nullinstrument bei geophysikalischen Untersuchungen bringt gegenüber der bei 500 Hz im allgemeinen üblichen Benutzung eines Telefons den Vorteil der optischen Ablesung und außerdem noch den Vorteil der Grundwellenselektivität, die im Hinblick auf Störspannungen von anderer Frequenz und aperiodische Störerscheinungen von besonderer Bedeutung ist.

W. G.

(Z. Geophysik 15 (1939) S. 83 bis 87.)

Werkstoffkunde, Technologie.

DK 621-715 : 546.621-3

Regeneration von gebrauchten Ölen mit Aluminiumoxyd. J. E. Housley berichtet über die zufriedenstellenden Erfahrungen, die in Amerika mit diesem Verfahren gemacht wurden. Die Versuche gehen bis ins Jahr 1932 zurück. Stark poröse Körner, die hauptsächlich aus Aluminiumoxyd bestehen, entziehen dem Öl das Wasser und die Säure. Allerdings beansprucht dieser Reinigungsvorgang eine ziemlich lange Zeit (6 bis 8 Wochen).

¹⁾ A. Graf, Theoretische Grundlagen der Ringsendemethode, Beitr. angew. Geophys. 4 (1933) S. 1.

²⁾ S. S. Stefanescu, Sur la mesure des résistivités apparentes par la méthode de la spire circulaire, Beitr. angew. Geophys. 5 (1935) S. 182, und Sur les fondements théorétiques de la prospection électromagnétique par courant alternatif à très basse fréquence, Beitr. angew. Geophys. 6 (1936) S. 168.

³⁾ W. Geyger, Die Anwendung des komplexen Wechselstromkompensators bei geoelektrischen Untersuchungen, Arch. Elektrotechn. 23 (1929) S. 109.

Diese Körnchen sind mechanisch ziemlich fest, zerbröseln fast gar nicht und können nach einem einfachen Verfahren immer wieder reaktiviert werden. Dadurch kann dieses Verfahren auch wirtschaftlich mit dem Bleicherde-Verfahren¹⁾ in Wettbewerb treten.

Die praktische Durchführung dieser Ölerneuerung geht so vor sich, daß zuerst das gebrauchte Öl in der üblichen Weise mit Zentrifuge und Filterpresse mechanisch gereinigt wird. Dann wird es entweder durch eine genügend hohe Schicht von diesem Aluminiumoxyd durchfiltriert oder bei kleineren Ölmengen durch Einhängen von Leinwandsäckchen, in denen sich das Aluminiumoxyd befindet, gereinigt. Die notwendige Menge Aluminiumoxyd pro Gewichtseinheit Öl ist abhängig von der Säurezahl des gebrauchten Öles und der gewünschten Erniedrigung der Säurezahl und beträgt ungefähr 2 bis 10 vH. Das verwendete Aluminiumoxyd muß alle 10 bis 14 Tage erneuert, bzw. reaktiviert werden. Diese Reaktivierung geschieht durch Erhitzung des ölig gewordenen Aluminiumoxydes mit Heißluft von 205° C. Eine andere Anwendungsart dieses Verfahrens besteht darin, daß das frisch regenerierte oder das neue Öl gleich von Beginn der Benützung an ständig unter Einwirkung von Aluminiumoxyd steht. Bei kleinen Behältern geschieht dies wieder durch Einhängen von Säckchen. Bei größeren Gefäßen, zum Beispiel bei Trafos, werden seitlich Umlaufgefäße angebracht, in welchen sich die wirksame Filterschicht befindet. Oben und unten ist das Gefäß durch verschließbare Rohrleitungen mit dem Trafogehäuse verbunden, und durch die Thermosyphonwirkung wird ständig Öl durchgedrückt. Als Maßstab für die Gütebewertung von gebrauchten Ölen verwendet der Verfasser nur die Säurezahl. Eine Anzahl von Schaubildern und Lichtbildern von ausgeführten Apparaten sind beigegeben.

— P t g r —

(Electr. Engng. 58 (1939) S. 172 bis 178.)

Allgemeiner Maschinenbau.

DK 621.822 : 620.1

Vergleichende Untersuchungen von Metall- und Kunstharzpreßstoff-Lagern. Von R. Strohauser VDI. In der Staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Darmstadt wurden auf einer neu entwickelten statischen Lagerprüfmaschine Laufversuche mit Metall- und Preßstofflagern durchgeführt. Während bei Metalllagern — es wurden Weißmetall-, Bronze-, Zink-, Aluminium- und Magnesiumlager untersucht — die Belastung in Stufen von je 5 oder 10 kg/cm² nach jeweils eingetretener Temperatur- und Reibungsbeharrung bis zur Zerstörung der Lager gesteigert werden konnte, war bei Kunstharzpreßstoff-Lagern nur eine Laststeigerung von jeweils 2 bis 3 kg/cm² möglich. Die Reibung und die Temperatur stiegen bei Metallagern mit zunehmender Flächenpressung langsam und gleichmäßig an. Bei Preßstofflagern traten jedoch meist bei Laststeigerung, aber auch bei gleichbleibender Beanspruchung aus dem Beharrungszustand plötzliche Reibungs- und Temperatursprünge auf, die mit wachsender Belastung immer größere Werte erreichten. Zurückgeführt wird diese Erscheinung auf zeitweises, örtliches Austreten von nicht völlig ausgehärtetem Kunstharz, durch das der Zapfen auf den bloßgelegten Harzträger aufläuft. Durch längeren Einlauf unter Last, oftmaliges Entlasten und langsames Wiederbelasten wurden die Kunststofflager schließlich gegen Laststeigerung unempfindlicher.

Die bei Metallagern bei einer Drehzahl ermittelten Beharrungstemperaturen, in Abhängigkeit von der Flächenpressung aufgetragen, verliefen im Gebiet der flüssigen und in einem Teil der halbflüssigen Reibung nahezu geradlinig, ohne sich in ihrer Höhe merklich zu unterscheiden. Größere Unterschiede ergaben sich erst in der Nähe der Grenzbelastung, bei welcher die Temperaturkurven der einzelnen Metalle verschieden stark anstiegen. So war bei hochzinnhaltigem Weißmetall der Temperaturanstieg besonders stark ausgeprägt. Aluminium- und Magnesiumlegierungen wurden dagegen meist ohne vorherige Anzeichen zerstört.

¹⁾ Vgl. E und M 46 (1928) S. 86 bis 88.

Auch bei Preßstofflagern stiegen mit zunehmender Belastung die Temperaturbeharrungswerte geradlinig an. Durch die mit „Blocken“ bezeichneten, plötzlichen Temperatur- und Reibungsspitzen wurden sie aber meist parallel in das Gebiet tieferer Temperaturen verschoben. Die Lager wurden stets dann zerstört, wenn die Temperaturspitzen über 130° bis 150° Übertemperatur hinausgingen. Eingeleitet wurde die Zerstörung durch starkes Verkohlen der Lauffläche. Diese schritt schnell fort und führte schließlich zu einem Verklemmen mit der Welle, wenn sich in erheblichem Maße verkohlter Abrieb auf diese geschmiert hatte. Ein derart ausgebranntes Lager war nicht mehr zu verwenden, wohl aber die bereits vorher gehärtete Welle, die man durch Abschmirgeln des verkohlten Kunstharzes schnell wieder gebrauchsfähig machen konnte.

Im Vergleich mit den untersuchten Metallagern waren die Notlaufeigenschaften der Kunstharzpreßstoff-Lager als äußerst günstig zu bezeichnen. Die bei der Zerstörung aufgetretenen Höchsttemperaturen waren dagegen wesentlich größer als die bei Metallagern.

Die Belastbarkeit wurde bei einer Weißmetalllegierung (WM 80) mit 350 kg/cm² und bei einer Zinklegierung (8 vH Sn, 2 vH Pb, 4 vH Cu, 1 vH Al, Rest Zn) mit 335 kg/cm² ermittelt. Eine Kupfer-Blei-Bronze mit 75 vH Cu und 25 vH Pb und eine neu entwickelte Aluminium-Magnesiumlegierung ertrugen sogar, ohne zerstört zu werden, eine Flächenpressung von 460 kg/cm². Unter den gleichen Versuchsbedingungen (Drehzahl $n = 1000$ U/min, Wellendurchmesser $d = 40$ mm, Lagerlänge $l = 20$ mm, Wandstärke $s = 6$ mm, Ölmenge $Q = 0,43$ l/h) wurden senkrecht zur Lagerachse geschichtete Kresolharzlager mit Baumwollgewebe als Harzträger schon bei einer Beanspruchung von 25 kg/cm² völlig zerdrückt, längs der Gewebefasern aufgespalten und seitlich aus dem Lagerkörper herausgequetscht.

Die nachfolgenden Versuche bezweckten durch Abändern der Betriebsbedingungen und gestaltende Maßnahmen die Tragfähigkeit der Preßstofflager zu erhöhen. Dies wurde erreicht durch größere Schmierölmengen und durch die Verwendung von Lagern größerer Länge und geringerer Wandstärke.

Lediglich durch Erhöhung der Ölmenge von 0,43 l/h auf 13,5 l/h, also durch bessere Lagerkühlung, wurde die Belastbarkeit von Lagern mit geschichtetem Grob- und Feingewebe auf 50 kg/cm² und solchen mit Feingewebe auf 85 kg/cm² gesteigert.

Laufversuche mit 35 mm langen Preßstoffbuchsen mit Feingewebe als Harzträger brachten bei einer Schmierölmenge von 13,5 l/h eine Grenzbelastung von 130 kg/cm² gegenüber 85 kg/cm² bei einem nur 20 mm breiten Lager; das bedeutet eine weitere Steigerung der Belastbarkeit um 53 vH. Selbst bei Tropfölschmierung mit 0,43 l/h konnten noch 40 kg/cm² Flächenpressung erzielt werden. Zurückgeführt wird die erhöhte Tragfähigkeit auf den mit größerer Lagerlänge in Achsrichtung erhöhten Formänderungswiderstand des Preßstoffes; denn den größten Teil der aufgetragenen Last hatte der in seiner Formänderung behinderte Werkstoff in Lagermitte aufgenommen. Die ausgebauten Preßstoffbuchsen wiesen nämlich nur an den Enden geringe plastische Verformung und Ribbildung auf, während der mittlere Teil, bis auf die Verkohlungen der Lauffläche, gänzlich unbeschädigt geblieben war.

Die im Rahmen der Untersuchungen mit geschichteten Kresolharzlagern erreichte größte Flächenpressung von 150 kg/cm² wurde schließlich durch eine Verringerung der Wandstärke von 6 auf 3 mm mit 35 mm langen Buchsen bei 13,5 l/h Schmieröl bewirkt. Auch die Belastbarkeit eines mit 0,43 l/h Öl geschmierten Lagers konnte durch die gleiche Maßnahme auf 70 kg/cm² erhöht werden. Die Ursache der Steigerung der Tragfähigkeit wird in einem durch die Verringerung der Buchsenwandstärke vermehrten „Mittragen“ des stählernen Lagerkörpers und einer zusätzlichen Stützwirkung durch den bei dünnen Buchsen in der Nähe der Außenwandung weniger hoch erhitzten Preßstoff gesehen.

Durch die Verwendung verschiedener Ölmengebrachten die Versuche fernerhin die bemerkenswerten Erkenntnis, daß sich mit besserer Kühlung die Belast-

barkeit von Preßstofflagern zunächst beträchtlich erhöht, dann aber einem Grenzwert zustrebt, der sich auch durch weitere Kühlung des Lagers nicht mehr nennenswert ändert. Für Kunststofflager, die mit Preßöl geschmiert werden, ergibt sich danach eine bestimmte, von den vorliegenden Betriebsbedingungen abhängige „günstigste Schmierölmenge“. Darunter ist die stündlich geförderte Ölmenge zu verstehen, die gerade noch ausreicht, das Lager mit äußerster Grenzbelastung zu fahren.

Insgesamt kann man den Versuchen folgendes entnehmen: Die untersuchten mit Drucköl geschmierten Kunstharzpreßstoff-Lager sind nach sorgfältig vorgenommenen Einlauf den Metallagern in bezug auf Gleiteigenschaften ebenbürtig. Ihre Notlaufeigenschaften sind als vorzüglich zu bezeichnen. Die Belastbarkeit ist dagegen wegen der geringeren Festigkeit des Kunstharzpreßstoffes wesentlich kleiner, läßt sich aber durch geeignete den Werkstoffeigenschaften des Preßstoffes entsprechende bauliche Maßnahmen steigern. Str.

(Z. VDI 82 (1938) S. 1441 bis 1444.)

Chronik.

DK 621.436(047)

Sechzig Jahre Dieselmotor. Rudolf Christian Diesel, der große Erfinder des deutschen Dieselmotors erhielt vor 60 Jahren von dem ebenso berühmten deutschen Meister und Schöpfer der Kälte-Industrie, Prof. Linde am Polytechnikum in München, die Anregung zur Schaffung des ersten rationellen Wärmemotors mit hohem wirtschaftlichen Wirkungsgrad.

Mühsam und dornenreich war der Weg, den dieser rein deutsche Motor gehen mußte. Ungefähr 13 Jahre hat der Erfinder gebraucht, bis er im Februar 1892 das deutsche Hauptpatent Nr. 67 207 auf „Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungsmaschinen“ erhielt. Am 18. August 1893 lief sein Motor zum erstenmal. Wenn er auch nur ruckweise lief, so rettete er doch das damals stark angezweifelnde Dieselsche Prinzip. Diesels Leben war Kampf, Kampf nicht nur gegen die Materie, die sich nur unwillig händigen lassen wollte, sondern mehr noch gegen Krämergeist, Mißtrauen und Feindschaft. Seine unablässige Tatkraft verhalf ihm schließlich doch zu dem großen Erfolg. Allen Nationen, allen Volksschichten ist der Name Diesel heute ein Begriff geworden.

Im Jahre 1893 trat Diesel mit seiner Schrift: „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren“ an die Öffentlichkeit. Wieder rasselte eine Flut von Anfechtungen auf ihn nieder. Diese hatten aber auch ihre gute Seite, da durch sie die Aufmerksamkeit der beiden Firmen Krupp in Essen und der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg auf die um ihre Anerkennung und Existenzberechtigung schwer kämpfende Erfindung gelenkt wurde. Beide erkannten als erste und einzige die zukünftige Bedeutung dieser Maschine, unterstützten mit Rat und Geld Diesels Pläne und hielten ihm unentwegt die Treue, auch in Zeiten, wo Diesel manchmal selbst an seinem Werk zweifeln wollte.

Im Jahre 1894 war Diesel soweit, daß sein Motor eine volle Minute laufen konnte und dabei 88 Umdrehungen machte. Aber erst am 23. Januar 1897 war der erste Viertaktmotor als Ergebnis der Gemeinschaftsarbeit Krupp-Diesel einführungsreif für die Praxis. In langer Laboratoriumsarbeit hatte er nicht weniger als 600 000 RM verschlungen. Auf der 2. Kraft- und Maschinen-Ausstellung in München wurde er im Jahre 1898 erstmalig gezeigt. Er leistete 35 PS bei 170 U/min. Die Güte, mit der die Konstrukteure in echt deutscher Gründlichkeit zu Werke gegangen waren, bewies dieser erste Diesel dadurch, daß er bis zum Jahre 1905 auf der Germania-werft in Kiel, dann im Hotel Bristol daselbst in Betrieb war. Seit dem Jahre 1916 verrichtet er in einer

schlesischen Mühle, die ihn von Kiel erwarb, ununterbrochen heute noch, nach 40 Jahren, seine Arbeit. Bedeutende Verdienste um die Einführung des Diesels als Antriebsmaschine hat sich die deutsche Kriegsmarine erworben. Nicht nur, daß sie in einer Denkschrift die Vorzüge hervorhob, sie stellte auch den ersten Dieselmotor bereits im Jahre 1903 ein und half der Firma Krupp und MAN tatkräftig dabei, den Bau doppeltwirkender Sechszylinder Zweitakt-Großdiesel von 12 000 PS durchzuführen. Durch den Krieg kamen diese fortschrittlichen Arbeiten völlig ins Stocken. Erst im Jahre 1920 konnte die Motorleistung auf 15 000 PS gesteigert werden. An Stelle des anspornenden Einflusses der Kriegsmarine, der durch das Kriegsende jäh zerbrochen worden war, trat nunmehr, nachdem erkannt worden war, daß sich mittels Dieselmotor der Aktionsradius auf das Vierfache gegenüber dem Dampfschiff erweitern ließ, die Handels-Schiffahrt. Außerdem ließ sich der Diesel mit fast allen, selbst minderen Kraftstoffen wie verschiedenen Rohölen, Masut, Braunkohlenteeröl und Steinkohlenteeröl, die man um jene Zeit so gut wie nicht zu verwenden wußte, aber im Überfluß hatte, betreiben. In der Schiffahrt hat der Diesel zuerst größere Verbreitung gewonnen. Die ersten größeren Diesel waren Schiffsdiesel mit 7000 PS.

Bald darauf löste eine Verbesserung die andere ab. An Stelle der ursprünglichen Einspritzung des Brennstoffes in den Verdichtungsraum mittels Druckluft wurde die luftlose Einspritzung entwickelt, dann folgte die Vorkammer- und Luftspeichereinspritzung. Nachdem erkannt worden war, daß eine völlige Verbrennung im Diesel etwa die 1,7fache Luftmenge derjenigen erheischt, die theoretisch errechnet worden war, baute man zur Abhilfe Gebläse und dgl. ein. Auch im Ausland hat die sprunghafte Entwicklung der Dieselmotoren eine Anzahl neuartiger Konstruktionen hervorgebracht. Von dem Italiener Boghetto stammt der Niederdruck-Einspritzmotor, von Sulzer ein liegender Zweitaktgegenkolbenmotor. Alfa Romeo hat 6- und 12-Zylinder-V-Motoren und solche mit hydraulisch arbeitenden Reglern herausgebracht, die die Einspritzzeit, Einspritzmenge und Spüldruck selbstständig überwachen. Ohne auf technische Einzelheiten näher einzugehen, seien noch die amerikanische „Ventillose Einkolbenpumpe mit einem rotierenden Verteiler“ sowie die englische „Blackstone-pumpe“ und die „Bristolpumpe“ nebenbei erwähnt.

Die Kriegsschiffe wie „Deutschland“ und andere Panzerschiffe haben Neunzylinder-Schiffsmotoren, doppeltwirkende Zweitaktmotoren mit Druckeinspritzung. Einzeln leistet jeder Motor 7000 PS bei 450 U/min. Dadurch, daß je vier dieser Motoren auf jede der beiden Schraubenschiffen arbeiten, ist eine Effektivleistung von 56 000 PS geschaffen. Die dieselektrische Anlage der „Patria“, des schnellsten Motorschiffes der Welt, gibt diesem eine Geschwindigkeit von 17 Seemeilen. Die Flotte der Hamburg-Amerika-Linie besteht zu über 50 vH aus Motorschiffen. Von 111 kürzlich gebauten Tankschiffen erhielten 93 Dieselantrieb. In diesem Jahre wurde das erste Tankschiff für Binnenschiffahrt mit einem MAN-Diesel in Dienst gestellt. Das neue KDF-Schiff „Robert Ley“ ist das größte dieselektrische Schiff der Welt mit sechs Diesel-Stromerzeugern von je 1500 kVA. Es hat eine Geschwindigkeit von 16 Seemeilen (rund 29 km).

Große Zukunft haben die kleineren Dieselmotoren für kleine Leistungen etwa bis 4 PS herab. Wir finden sie als Straßenzugmaschinen sowie vornehmlich in der Landwirtschaft. Bis zum Jahre 1931, als Daimler seinen 2-t-Diesel herausbrachte und damit den Anstoß zu der imposanten Entwicklung des Fahrdiesels gab, waren nur etwa 500 Dieselwagen gebaut worden. Im Jahre 1936 gab es allein in Deutschland bereits 40 000 und jetzt über 80 000 Nutzfahrzeuge mit Diesel. Der deutsche Bedarf an Dieselmotoren stieg von rund 500 000 t im Jahre 1933 auf rund 1,5 Mill. t im Jahre 1937. Der „Fliegende Kölner“ erreicht 160 km/h und der „Fliegende Schlesier“ sogar 170 km/h, während eine neue Triebwagenkonstruktion mit 5 Diesel von je 600 PS der Linke-Hoffmann-Werke die hohe Geschwindigkeit von 180 km/h erreicht. Die stärkste deutsche Diesel-Lokomotive leistet 7000 PS und die der Amerikaner

5400 PS. Deutschland hat ungefähr 700 Diesel-Lokomotiven und über 400 Triebwagen. Durch die Fortschritte der Dieselbau-Technik konnte das schnellste Luftschiff der Welt Reisegeschwindigkeiten von 125/140 km/h erreichen, ebenso sein stärkerer Bruder, LZ 130 (Graf Zeppelin), mit 245 m Länge. Beide erhielten 4 Daimler-Benz 16 Zylinder-Diesel von je 1100 PS insgesamt 4400 PS. Amerikanische Flieger erklärten kürzlich, im Transozeanverkehr sei der Dieselmotor dem Benzinmotor sowohl im Anflug wie Aktionsradius überlegen. Die Amerikaner entwickeln zurzeit einen 4000 PS-Diesel-Schwerölmotor, der als Luftmotor Verwendung finden soll. In der Fachwelt wird angenommen, daß für künftige Groß-Höhenflugzeuge, die 100 bis 150 t schwer werden, nur Zweitakt-Dieselmotoren besonderer Konstruktion und mit veränderbarem Brennraum in Betracht kommen. Außerdem müssen diese Motore wegen des Eigenstarts (Katapulte kommen hierfür nicht in Betracht) reichlich überlastbar sein, bis zu 100 vH.

Deutsche Dieselmotoren haben sich die ganze Welt erobert. In nicht weniger als 105 Länder werden die deutschen Fabrikate verkauft. Im Jahre 1938 wurden für rund 38 Mill. RM ins Ausland ausgeführt, ohne Ersatzteile. Die Ausfuhr von Schiff-Dieselmotoren stieg seit dem Jahre 1937 von 10 Mill. RM auf rund 14 Mill. RM im Jahre 1938.

Der Name des großen deutschen Schöpfers lebt in seinem Werke fort. Im Deutschen Museum zu München ist eine Tafel zu seinen wie zu Ehren seiner Mitarbeiter und Freunde Krupp und MAN angebracht.

Fr. W. L a n d g r a e b e r, Berlin.

Buchbesprechungen.

DK 51(075.2)

Grundlagen der Mathematik. Das Hilfswissen für den Techniker. Von W. Mischke. 176 S. mit zahlr. Abb., vielen Aufgaben aus der Praxis des Technikers mit Angabe der Lösungen. Otto Elsner, Verlagsgesellschaft, Berlin, Wien, Leipzig 1939. Preis brosch. RM 3,90.

Das Buch ist für Techniker in den Betrieben, die sich durch Schul- oder Selbstunterricht fortbilden wollen, geschrieben. Es bringt daher nach den Grundoperationen die notwendigen geometrischen Grundbegriffe und -lehren, ferner in leicht faßlicher Weise die Buchstabenrechnung, rechnerische und zeichnerische Lösungsverfahren von Gleichungen und die Winkelfunktionen; auch der Gebrauch eines einfachen Rechenschiebers wird erklärt. Erläuterungen zur erschöpfenden Benützung einiger der anhangsweise beigebrachten mathematischen Tafeln erscheinen wünschenswert. Die Lehrsätze sind durch seitliche Striche hervorgehoben, der übrige Text ist knapp gehalten und auf die übersichtliche Anordnung von Rechnungen mit Recht besonderer Wert gelegt. Die Sauberkeit und vollständige Beschriftung der Abbildungen verdient anerkennende Erwähnung. Druck und Ausstattung sind vorzüglich. Der Preis ist so mäßig, daß man ihn zu den Vorzügen, die das Buch den in Betracht kommenden technischen Kreisen auf das wärmste empfehlen, zählen muß.

J. O n d r a c e k.

DK 621.3(024)

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begründet von Wietz und Erfurth, neubearbeitet von H. Krieger und H. Bornemann VDE. II. Bd.: Starkstrom. 31., vermehrte und verbesserte Aufl. 344 S. mit 239 Abb. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1938. Preis in Leinen geb. RM 4,—.

Für den Elektromonteur und Installateur, das heißt für den händisch tätigen Elektrofachmann gibt es leider nur wenige Hilfsbücher, die ihn beraten oder zur Weiterbildung aneifern. Die meisten Fachbücher sind ihm wegen der mathematischen Behandlung des Stoffes schwer oder gar nicht verständlich.

Das vorliegende Hilfsbuch war schon in der Vorkriegszeit bei den „Praktikern“ beliebt, da es auf theoretische Abhandlungen verzichtete und sich dem Bildungsgrade und den Bedürfnissen seines Leserkreises anpaßte.

Die vorliegende Neuauflage ist trotz der Neugliederung des Inhaltes diesem alten Grundsätze treu geblieben.

Wohl sind im Einführungsabschnitt über die Grundgesetze des elektrischen Stromes einfache Berechnungen eingegliedert, doch sind diese heute auch für den Praktiker unerlässlich und für das Verständnis seines Arbeitsgebietes unbedingt erforderlich.

Das Hilfsbuch enthält folgende Hauptabschnitte: Einführung in die Starkstromtechnik, elektrische Maschinen, Umformer und Umspanner (Transformatoren), Erzeugungs- und Verteilungsanlagen, elektrische Beleuchtung, Elektrowärme, Elektrochemie, elektrische Kraftanlagen, Installationsanlagen, Meßgeräte und Messungen, Vorschriften, Schaltbilder und Schaltzeichen.

Aus naheliegenden Gründen sind die Abschnitte über die Kraftanlagen und die Installationsanlagen besonders erweitert worden. Neuaufgenommen, bzw. eingebaut wurden im Abschnitte über Umformer und Umspanner die Stromrichter, im Abschnitte elektrische Beleuchtung die lichtelektrischen Begriffe und die Gasentladungslampen, im Abschnitte Elektrochemie die Elektrolyse und im Abschnitte elektrische Kraftanlagen die Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen.

Bei einer Neuauflage des Werkes wird eine genaue Überprüfung der Zeichnungen empfohlen.

Ing. W. C e r n y.

DK 662.6/8 : 621.43 + 665.7/8

Die Verbrennungskraftmaschine. Herausgegeben von H. List. Die Betriebsstoffe für Verbrennungskraftmaschinen. Von A. v. Philippovich. Die Gaserzeuger. Von K. Schmidt. XII und 106 S. mit 37 Abb. Verlag J. Springer, Wien 1939. Preis geh. RM 9,60.

Die Herausgabe dieses umfassenden Werkes über Verbrennungsmotoren in 13 Heften, von denen bisher drei erschienen sind, bedeutet für den Fachmann die Erfüllung eines langgehegten Wunsches; die Aufteilung in Einzelhefte ermöglicht unabhängiges Erscheinen der einzelnen Teile und erleichtert die Anschaffung. Die glückliche Wahl der Mitarbeiter und die ausgezeichnete Ausstattung wird dem Werk einen breiten Leserkreis gewinnen.

Das vorliegende erste Heft bringt nach einer Einführung des Herausgebers eine Zusammenfassung unserer Kenntnisse über die Betriebsstoffe, wobei nach einer kurzen Erörterung der Verbrennungsvorgänge die Kraftstoffe für Otto- und Diesel-Motoren, Schmierstoffe und Zusätze zu Kraftstoffen und Schmierölen, welche die Klopffestigkeit, die Lagerbeständigkeit, die Kältebeständigkeit, die Zähigkeit und die Löslichkeit verbessern, und die Kühlmittel kurz, aber klar und umfassend mit den üblichen Prüfverfahren beschrieben werden. Die langjährige Erfahrung des Verfassers und die ausgiebige Auswertung des Schrifttums, dessen wesentlichste und neuere Erscheinungen angeführt sind, ermöglichen eine gründliche und verlässliche Belehrung.

Der zweite Hauptteil, Die Gaserzeuger, behandelt die Grundlage der Vergasung, die Vergasungsstoffe, die Gaserzeuger und die Anlagen zur Kühlung und Reinigung des Gases. Auch hier vermitteln langjährige Erfahrung und eingehende Kenntnis und Anführung des Schrifttums dem Leser einen guten Überblick.

L. R i c h t e r.

DK 92(43)

Georg Simon Ohm als Lehrer und Forscher in Köln 1817 bis 1826. Festschrift zur 150. Wiederkehr seines Geburtstages. Herausgegeben vom Kölnischen Geschichtsverein in Verbindung mit der Universität und dem Staatlichen Dreikönigs-Gymnasium in Köln. VIII und 328 S. mit 8 Bildtafeln und 9 Bildern im Text. Kommissionsverlag J. P. Bachem, Köln 1939. Preis geb. RM 6,—; brosch. RM 4,50.

Im Jahre 1826 entdeckte Ohm in Köln das nach ihm benannte Gesetz. 1939 weihet die Hansestadt Köln dem großen Physiker, anlässlich der 150. Wiederkehr seines Geburtstages eine an dem Hause der Arbeitsstätte angebrachte Gedenktafel; gleichzeitig gibt der Kölnische Geschichtsverein ein Buch heraus, das dem Lehrer und Forscher Ohm in Köln der Jahre 1817 bis 1826 gewidmet ist. Es kann gewiß nicht eine unbedeutende Tat sein, die nach mehr als 100 Jahren Dank und Würdigung der engeren Heimat findet und erst im Rückblick ihre wahre große Bedeutung zeigt. Das vorliegende Buch ist mit liebevoller Sorgfalt geschrieben und läßt in seinen zwölf

Kapiteln, an denen mehrere Verfasser beteiligt sind (darunter ein Großneffe Georg Simon Ohms), die Persönlichkeit Ohms, die Geschichte seiner Entdeckung, aber auch das damalige Köln, den Geist der Zeit, Schwierigkeiten und Kämpfe des Entdeckers erstehen; es beleuchtet ebenso die Stellung der Entdeckung im Gebäude der Wissenschaft. Wer sich in das Werden eines Geschehnisses vertiefen will, das ein Ehrenmal deutscher Wissenschaft wurde, wird das Buch mit Genuß und Nutzen lesen. L. Kneissler-Maixdorf.

Bei der wissenschaftlichen Leitung eingelangt: Bücher.

Du und der Motor. Eine moderne Motorenkunde für Jedermann. Von Edwin P. A. Heinze. 432 S. mit 170 Zeichnungen im Text und 32 Tafeln. Deutscher Verlag, Berlin 1939. Preis geb. RM 8,75; brosch. RM 6,75.

Schweißkonstruktionen. Grundlagen der Herstellung, der Berechnung und Gestaltung. Ausgeführte Konstruktionen. Von R. Hänchen. 123 S. mit 491 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis brosch. RM 18,60.

Hydraulische Schmiedepressen und Kraftwasseranlagen. Von E. Müller. 159 S. mit 140 Abb. und 20 Tab. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis geb. RM 20,40; brosch. RM 18,60.

Lieferbedingungen für Maschinenputztücher Nr. 390 A 3 der Liste des Reichsausschuß für Lieferbedingungen (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW). Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin 1939. Preis RM —,40 zuzüglich Versandkosten.

Vereinfachte theoretische Grundlagen der angewandten Elektrotechnik. Von F. J. Rutgers. 46 S. Verlag Ernst Wurzel, Zürich 1939. Preis Frs. 2,80.

Die Dampfkessel und Feuerungen einschließlich Hilfseinrichtungen in Theorie, Konstruktion und Berechnung. Von W. Marcard. I. Die theoretischen Grundlagen. Wärme, Verbrennung, Wärmeübertragung. (Sammlung Götschen, Bd. 9.) 136 S. mit 36 Abb. und 14 Tab. II. Dampfkessel. (Sammlung Götschen, Bd. 521.) 138 S. mit 53 Abb. und mehreren Tab. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1939. Preis in Leinen geb. pro Band RM 1,62.

Uratome und Elektriden als letzte Grundlage der Naturerkenntnis. Von Chr. Mezger. 104 S. Verlag Ernst Reinhardt, München 1939. Preis brosch. RM 3,60.

Modelltischlerei. Von R. Löwer. II. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen. 2. Aufl. (Werkstattbücher, Heft 17.) 50 S. mit 179 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis brosch. RM 2,—.

Karteigestaltung — Karteiverwaltung. Von J. P. Jaeckle. 122 S. mit 98 Abb. Verlag für Wirtschaft und Verkehr, Forkel & Co., Stuttgart 1939. Preis kart. RM 3,50.

Schule des Funktechnikerns. Von H. Günther und H. Richter. III. Bd.: Aufgaben aus der Praxis. 256 S. mit 412 Bildern im Text. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1939. Preis geb. RM 16,—.

Kühlschränke und Kleinkälteanlagen. Von P. Scholl. 3. Aufl. 92 S. mit 70 Abb. im Text. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis brosch. RM 3,50.

Elektrische Höchstspannungen. Von A. Bouwers. (Technische Physik in Einzeldarstellungen, Heft 1.) 333 S. mit 239 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis geb. RM 31,20; brosch. RM 29,40.

Mechanische Hafenausrüstungen insbesondere für den Umschlag. Von O. Wunderam. 172 S. mit 153 Abb.

Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis geb. RM 19,80; brosch. RM 18,—.

Rundfunk-Technik für Alle. Von W. Schröter. 3. Aufl. 200 S. mit 144 Abb. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, Roth & Co., Berlin, 1939. Preis kart. RM 4,90.

Der Vorrichtungsbau. Von F. Grünhagen. I. Teil, 3. Aufl. (Werkstattbücher, Heft 33.) 64 S. mit 288 Abb. im Text und 3 Normtafeln. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis brosch. RM 2,—.

Taschenbuch für Energiewirtschaft 1939. Herausgeber C. Körfer. 520 S. Franckh'sche Verlagshandlung, Abt. Berlin 1939. Preis geb. RM 8,—.

Kräfte in den Triebwerken schnellauflaufender Kolbenkraftmaschinen, ihr Gleichgang und Massenausgleich. Von G. H. Neugebauer. (Konstruktionsbücher, Heft 2.) 120 S. mit 110 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis steif geh. RM 4,80.

Überspannungen und Überspannungsschutz. Von G. Fröhaufer. (Sammlung Götschen, Band 1132.) 122 S. mit 98 Abb. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1939. Preis geb. RM 1,62.

Gestaltung von Wälzlagerungen. Von W. Jürgensmeyer. (Konstruktionsbücher, Heft 4.) 92 S. mit 134 Abb. Verlag J. Springer, Berlin 1939. Preis brosch. RM 4,80.

Geschäftsberichte.

Brown, Boveri & Cie., Aktiengesellschaft, Mannheim. 39. Geschäftsbericht 1938. 17 S.

Österreichische Siemens-Schuckert-Werke, Wien. Rechenschaftsbericht für das Betriebsjahr vom 1. Jänner bis 31. Dezember 1938. 27 S.

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden. 39. Geschäftsbericht 1938/1939. 28 S.

A. E. G.-Union Elektrizitäts-Gesellschaft. Abschlußbilanz zum 31. Dezember 1938 und Reichsmark-Eröffnungsbilanz zum 1. Jänner 1939. 23 S.

Felten & Guilleaume, Fabrik elektrischer Kabel-Stahl- und Kupferwerke Aktien-Gesellschaft, Wien. Bericht für das Geschäftsjahr 1938 und für die Reichsmark-Eröffnungsbilanz. 23 S.

Hartmann & Braun Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M. Bericht über das 38. Geschäftsjahr 1938. 15 S.

St. Pöltner Straßenbahn Aktiengesellschaft. Geschäftsbericht für das Jahr 1938.

Sonderdrucke.

Neue Erfahrungen mit der Luftschutzbeleuchtung nach dem Lumineszenzverfahren. Von N. Riehl und E. A. Fick. Sonderdruck aus der Zeitschrift „Das Licht“, Heft 4/1939.

Lumineszenzstoffe — eine neue Werkstoffart der Licht- und Strahlentechnik. Von N. Riehl. Sonderdruck aus „Chemische Apparatur“, Heft 9/1939.

Über einen neuen Effekt an lumineszierendem Zinksulfid. Von N. Riehl. Sonderdruck aus „Zeitschrift für technische Physik“, Heft 5/1939.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. W. Büssing, Stuttgart, Augustenstraße 50.

Prof. Dr.-Ing. A. Leonhard, Technische Hochschule, Stuttgart N, Keplerstraße 10.

Dipl.-Ing. A. Lang, Eßlingen a. N., Mettingerstraße 75.

Dipl.-Ing. H. Pitsch, Berlin-Lichterfelde-Süd, Berlinerstraße 119 b.

Prof., Dipl.-Ing., Dr. techn., Dr.-Ing., Dr. phil. H. Sequenz, Wien 56, Linke Wienzeile 118.

Senatsrat W. Massmann, Potsdam-Babelsberg 2, Fürstenweg 43.

Druckgasschalter in Wandbauform für Innenraumanlagen.

Geschäftliche Mitteilung der AEG.

Zum Unterbrechen des Lichtbogens wird bei allen neuzeitlichen Leistungsschaltern ein schnellströmendes Löschmittel verwendet. Für die von der AEG entwickelten Druckgasschalter wird die fremderregte Löschmittelströmung angewendet; dabei wird das hohe Löschvermögen unbrennbarer, verdichteter Gase ausgenutzt, die infolge richtig gesteuerter Strömung den bei Kontakttrennung entstehenden Lichtbogen kühlen und löschen. Bei den Druckgasschaltern mit getrennter Druckgaserzeugung, die für den gesamten Spannungsbereich von 10...220 kV gebaut werden, haben sich während der Entwicklungszeit zwei äußerlich scharf unterschiedene Bauformen gebildet.

Für das Spannungsgebiet von 10...30 kV hat sich die seit Jahren erprobte Wandbauform erhalten, die jetzt für Schaltleistungen bis 600 MVA verwendet wird. Für den Bereich von 30...220 kV haben sich Schalter der Freistrahbauart sehr gut eingeführt. Im folgenden soll der Druckgasschalter in Wandbauform erläutert werden.

mit den Betätigungsventilen (7) hat Druckknöpfe für „Ein“- und „Aus“-Schaltung von Hand und Magnetspulen für Fernbetätigung; durch einen kleinen Haltekolben (8) ist dafür gesorgt, daß der Schalter selbst bei nur ganz kurzer stoßweiser Betätigung einwandfrei schaltet.

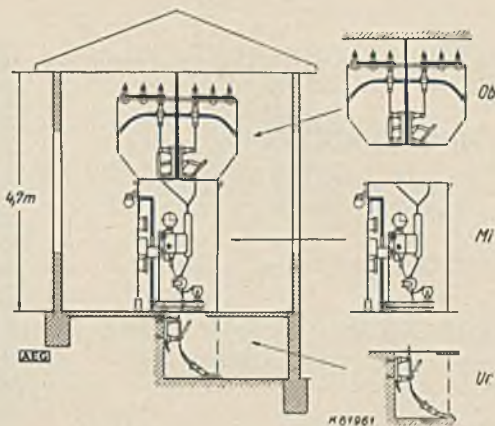


Bild 2. Unterteilung einer einstückigen Schaltanlage in Oberteil Ob, Mittelteil Mi und Unterteil Un.

Der einfache äußere Aufbau der Druckgasschalter hat es der AEG ermöglicht für Hochspannungsschaltanlagen bis 30 kV eine Regelbauweise zu entwickeln, durch welche die Auswahl der bestgeeigneten Ausführung erleichtert und die Aufstellung an Ort und Stelle wesentlich vereinfacht wird.

Eine einstückige Schaltanlage nach der Regelbauweise kann nach Bild 2 zerlegt werden. Es entsteht ein Aufbau-

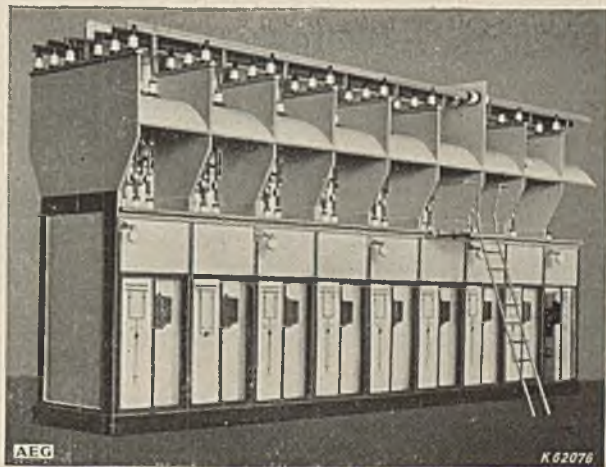
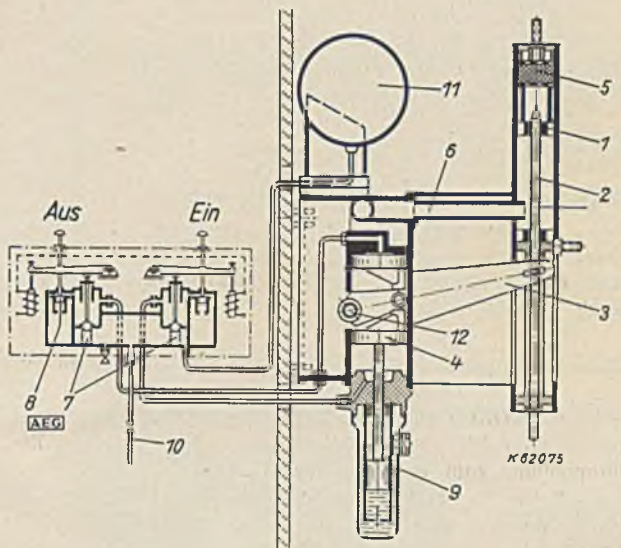


Bild 3. 10-kV-Schaltanlage nach der AEG-Regelbauweise.

teil Ob, das den Oberteil der Hochspannungszelle mit den Sammelschienen-Trennschaltern bildet. Für diesen Teil gibt es sehr viele verschiedene Aufbauformen. Darunter ist der Mittelteil Mi angeordnet, der im wesentlichen den Leistungsschalter mit Strom- und Spannungswandlern enthält und infolge der verschiedenen Reihenspannungen der Leistungsschalter und Ausführungsformen der Meßwandler ebenfalls sehr verschieden aufgebaut ist. Weiterhin ist ein Unterteil Un vorgesehen, in dem die Endverschüsse und die Trennschalter der abgehenden Kabel untergebracht sind. Die Aufbauteile Ob, Mi und Un sind bei der Regelbauweise so durchgebildet, daß sie trotz verschiedenartiger innerer Ausgestaltung untereinander ausgetauscht werden können. Bild 3 zeigt eine 10-kV-Schaltanlage nach der AEG-Regelbauweise.



- | | | |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| 1. Kontaktdüse, | 5. Schalldämpfer. | 9. Geschwindigkeits- |
| 2. Kontaktstift. | 6. Blasluftrohr. | regler, |
| 3. Isolierhebel | 7. Betätigungsventile, | 10. Druckluftanschluß, |
| 4. Antriebskolben, | 8. Haltekolben, | 11. Luftbehälter. |

Bild 1. Aufbau und Wirkungsweise des Druckgasschalters in Wandbauform.

Der grundsätzliche Aufbau und die Wirkungsweise des Druckgasschalter der Wandbauart sind in Bild 1 dargestellt. Der Schalter besteht im wesentlichen aus dem in der Schaltzelle angeordneten Hochspannungsteil mit aufgebaumtem Druckluftbehälter, (11), dessen Inhalt bei 10 atü Betriebsdruck für eine „Ein“- und „Aus“-Schaltung ausreicht, während die Luft für weitere Schaltungen zentral gespeichert wird.

Außerhalb des Hochspannungsbereiches ist das Steuergerät angebracht. Beim Ausschalten strömt die Druckluft in den Antriebszylinder, so daß der Kolben (4) des Antriebs nach unten bewegt und die Schaltwelle (12) gedreht wird. Die mit der Schaltwelle verbundenen Isolierhebel (3) ziehen die Kontaktstifte (2) aus den Düsenkontakten in die Ausschaltstellung. Gleichzeitig mit Einleiten der Drehbewegung wird das Blasventil geöffnet, so daß Druckluft aus dem Behälter den Düsenkontakten zuströmen kann. Die Einstellung ist dabei so getroffen, daß bei Kontakttrennung der volle Löschdruck erreicht wird. Der entstandene Lichtbogen wird unter Einwirkung der strömenden Druckluft durch die Düsenkontakte geblasen, und bereits nach wenigen cm Kontakttrennung ist der Lichtbogen gelöscht, und unter Einwirkung der Ventilfedern das Blasventil schnell geschlossen.

Zum Betätigen der Druckgasschalter dient ein an der Schaltwand angeordnetes Steuergerät. Dieses Gerät

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-Aktiengesellschaft

Wien XII/3, Oswaldgasse 33

Kabelwerke, Gummiwerke, Walzwerke, Drahtzugwerke, Isolierrohrfabrik

Höchstspannungskabel

Ölgefüllte Kabel bis 220.000 Volt

Hochspannungskabel

„H“ 9/11mm- u. strahlungsfrei (Pat. Nr. 74.883)
„SO“ mit erhöhter Strombelastbarkeit und erhöhter Flexibilität (Patent Nr. 109.327)

Bleikabel für Stark- und Schwachstrom

Telephonkabel, Telegraphenkabel, Blocksignalkabel

Kabel-Garnituren

Verlegung von Kabelnetzen

Hochspannungs-Leuchtröhrenkabel mit und ohne Bleimantel

Isolierte Leitungsdrähte, Kabel und Schnüre

Drähte und Seile für Freileitungen aus Kupfer und Bronze

Hohlseile

**Isolierrohre samt Zubehör
Stahlpanzerrohre samt Zubehör**

**Dynamo- und Apparatedrähte
Lackierte Schaltdrähte** in allen Farben

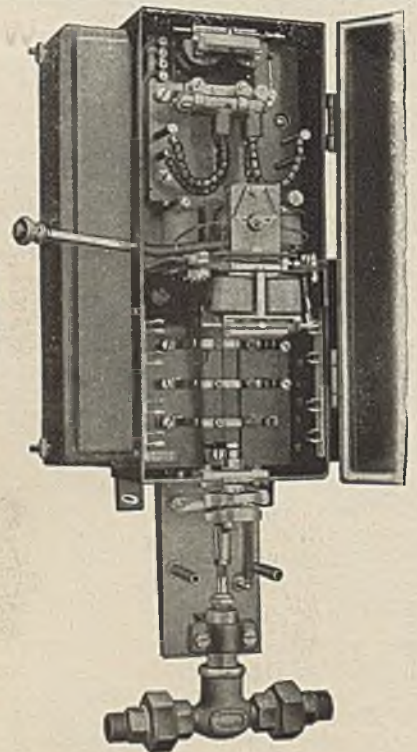
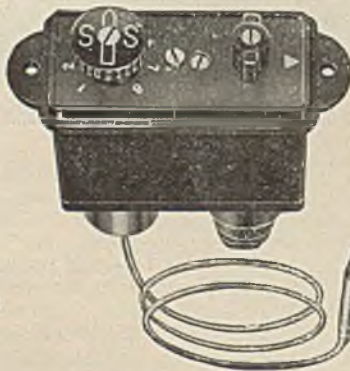
Patentierete

Flexo-Anschluß-Schnüre

für elektrische Bügeleisen, Heiz- und Kochapparate, elektro-medizinische Apparate, Staubsauger, Lautsprecher-, Batterie- und Lichtantennenzuleitung usw.

AUTOM. STEUER- UND REGELAPPARATE

FÜR ELEKTRISCHE ANLAGEN
FÜR WÄRMETECHN. REGELPROBLEME
FÜR EIS- U. KÄLTEANLAGEN
MESSGERÄTE



WIEN
JOHANNESG. 14
RUF R 20-3-25

ING. KARL BITZ
ELEKTROTECHN. SPEZIALAPPARATE

BREGENZ
RÖMERSTR. 8
RUF 17

Holzimprägnierung

Fäulnissicher getränkte
Schwellen, Maste, Bauhölzer, Holzpfeilerungen
aus der deutschen Ostmark

Guido Rütgers K. G. Wien 66

9. Liechtensteinstraße 20. Fernsprecher R-50-5-70

Gegründet 1867

Betriebsstellen: Amstetten (N. D.), Enns (O. D.) u. Marein-St. Lorenzen (Stmk.)

WALTHER - WERKE
FERDINAND WALTHER
GRIMMA BEI LEIPZIG



Gegr. 1897



Schaltkasten
mit Sicherungen

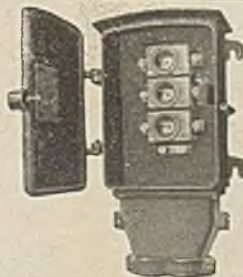


Sterndreieck-
schalter
mit Steckdose

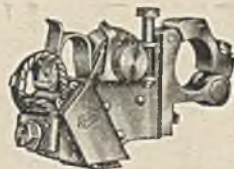
Neue
Auszugsliste
1939
erschienen!



Ölschütze 15-250 Amp.



Abzweig-, Sicherungs-
und Verteilungskasten
für Wand- und Fuß-
bodenmontage



Kontakte
aus Metall und Kohle

Kohledichtungsringe

Kohlestromabnehmer

Selbstschmierende Lager

Kohlebürsten, Bürstenhalter

von der Spezialfabrik

Schunk & Ebe

Gießen, Postfach 119

 **45 Jahre
Erfahrung**

**IM BAU ELEKTRISCHER NIEDER-
U. HOCHSPANNUNGS-
APPARATE**



SPEZIALGEBIETE:
SELBSTSCHALTER, MOTOR-
SCHUTZSCHALTER, SCHÜTZE,
RELAIS ALLER ART.

GEKAPSELTES
SCHALTMATERIAL,
VERTEILANLAGEN,
WIDERSTÄNDE ALLER ART.
1893 — 1939

Scheibee & Krawaysee
Gesellschaft m. b. H.
Wien B/A Singerstraße 13, Fernruf 131-593



Elektr. Bohrer - Händetrockner
erstklassig-preiswert
Verlangen Sie sofort Drucksachen
ROBERT SCHÖTTLE Komm. Ges.
Reichenbach/Fils 90, Württemberg

Die Veröffentlichungen des
**VERBANDES DEUTSCHER
ELEKTROTECHNIKER**

VDE-Vorschriftenbuch

Sonderdrucke von
VDE-Arbeiten

Fremdsprachige Ausgaben von
VDE-Arbeiten

VDE-Fachberichte

erscheinen nur bei der

ETZ-VERLAG G M B H.
Berlin-Charlottenburg 4 / VDE-Haus

Bitte fordern Sie Prospekte und Verzeichnisse!



**Preßspan
Edelpreßspan
Rollenpreßspan**

Transformatorenpreßspan
in hochwertiger Ausführung

Schwarzenberger Preßspanfabrik
Aktiengesellschaft Schwarzenberg/Erzgeb.

ELEKTROMOTOREN
LIEFERUNGEN,
REPARATUREN,
VERMIETUNG,
REVISION,

PROKSCH & CO.
WERK FÜR ELEKTROTECHNIK

WIEN XVI, WATTGASSE 11
TELEPHON A 24-5-10 SERIE

RECTRON

Gleichrichteranlagen
für alle Anwendungsgebiete

für
Hoch- und
Niederspannungsanlagen



Speisung von
Gleichstrom-
Ein- und Drei-
leiternetzen

Ladegleich-
richteranlagen
insbesondere für
Elektrowagen-
Batterien
Notbeleuch-
tungs-Batte-
rien etc.

Rectron GmbH. Berlin O 112 D

UNÜBERTROFFENE QUALITÄT
VORTEILHAFTHE PREISE

KOHLEBÜRSTEN
BÜRSTENHALTER

SCHÖNTHAL BEI
NEUSTADT (WEINSTR.)
RHEINPFALZ - GAU SAARPFALZ

HEID & CO.
ELEKTROTECHNISCHE- und DYNAMOBÜRSTENFABRIK

Seit 1902

Einige lohnende Vertretungen sind noch zu vergeben.

NSU-Aufgabe ist:
Das Volk gesund und stark zu machen,
damit es seine Lebensaufgabe erfüllen
kann, das ist auch Deine eigene Sache!
Werde NSU-Mitglied!

HUS im Brausebad Typ 3716

HINKEL & SOHN
G. M. B. H.
FRANKFURT a. M.
liefert
elektrische Warm-
und Heißwasser-
Apparate
(Durchlaufprinzip)
für alle Zwecke in Fabriken,
Laboratorien, Büros und Haus
nach eigenem System

**Signal-
Glimm-
Röhren**
in verschiedenfarbigen Aus-
führungen m. Einbaufassungen
für
Schalttafeln
und Geräte.

DEUTSCHE GLIMMLAMPEN-GES. M. B. H.
LEIPZIG C 1 / GLOCKENSTRASSE 11

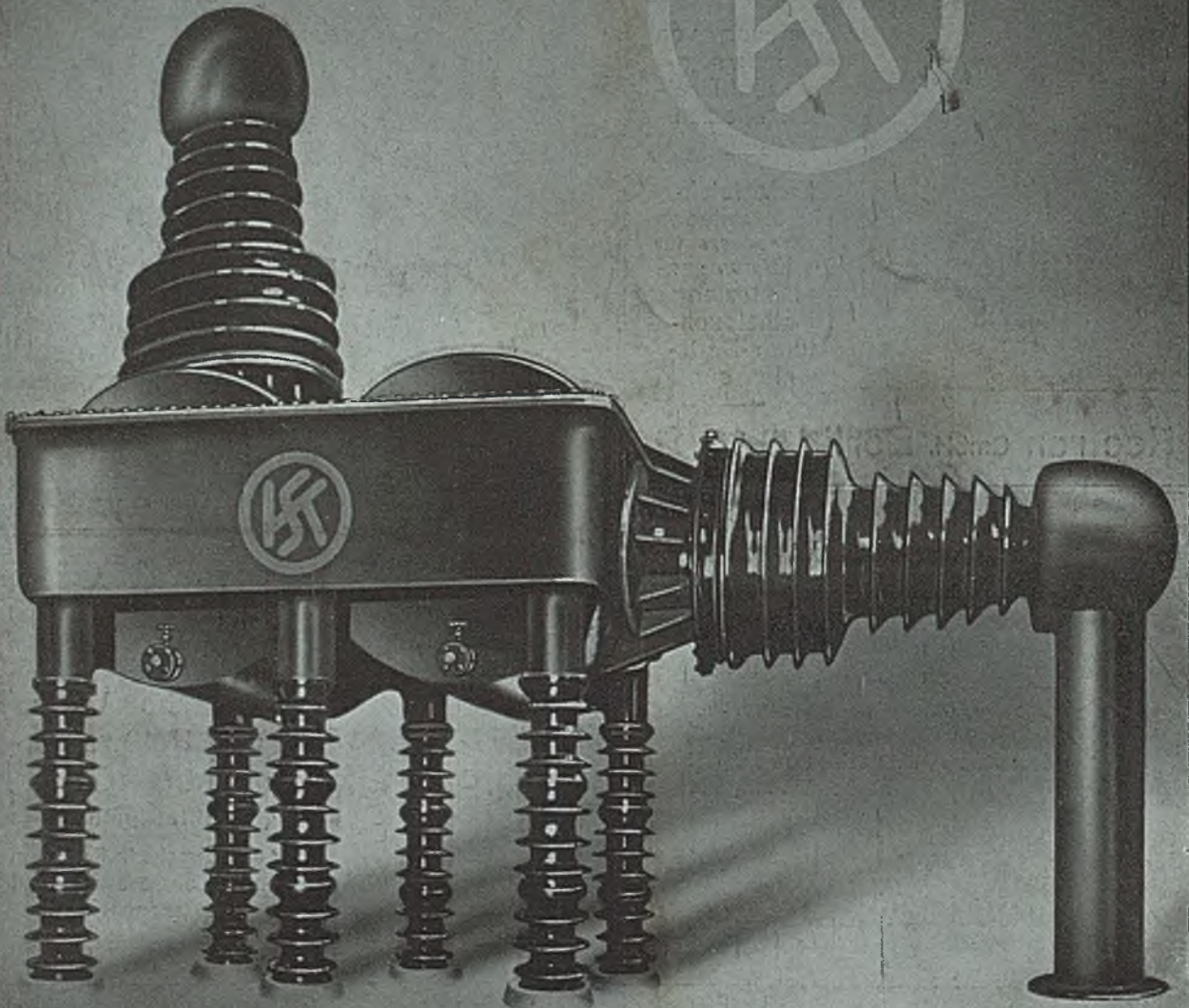
**Hellogen-
RELAIS**

Betriebssicher •
Vorschriftsmäßige
Anschlüsse •
Geringer Eigen-
verbrauch •
Für alle Zwecke:
Industrie • Gewerbe •
Notlichtanlagen usw.

HELOGEN ELEKTROTECHN. FABRIK
BAD BLANKENBURG THUR.

Fordern Sie unverbindlich den neuen Relais-Katalog Z R. 28f

Hochspannungs- Prüftransformatoren



A2-597

KOCH & STERZEL AKTIENGESELLSCHAFT **DRESDEN**