Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 24 (1933)
Heft: 1

Artikel: Das Spannungsdiagramm des Kaskadenumformers
Autor: Meyer, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057215

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

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

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

Download PDF: 22.08.2025

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

als Ausgleichsteile Energie aufspeichernde Organe wie Induktivität und Kondensator [5]). Weicht die einphasige Belastung von dem Wert, für welchen die Ausgleichsteile dimensioniert sind, ab, so wird die Belastung unsymmetrisch.

In Fig. 11 ist eine besonders einfache Schaltung abgebildet, angewendet auf die Lichtbogenschweissung. Der eigentliche Schweisstransformator T ist an den Phasen RT des Drehstromnetzes angeschlossen. Die Regulierdrosselspule D_1 und der Widerstand R sind primär- oder sekundärseitig in Serie zum Transformator geschaltet. Eine Ausgleichsdrossespule D_2 ist an die Phasen ST angeschlossen.

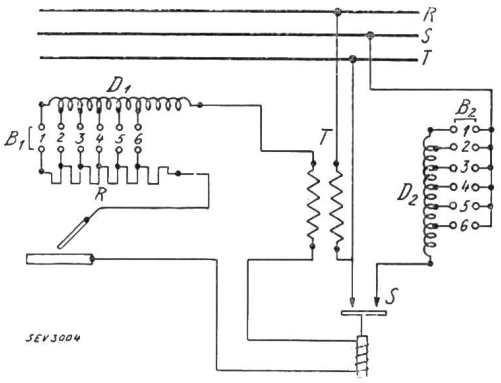

Fig. 11.
Schweisstransformatorschaltung mit Ausgleichsdrosselspule D_2, die das Netz symmetrisch belastet. Regulierung mit Regulierdrosselspule D_1 und Widerstand R.

Durch Stecken der Kontaktbügel B_1 und B_2 in eines der Kontakthülsenpaare 1, 2, 3 etc., wird ein bestimmter Schweißstrom eingestellt. Die Regulierdrosselspule und der Regulierwiderstand sind so abgestimmt, dass für alle Anzapfstellungen die Phasenverschiebung zwischen der Primärspannung des Transformators und dem Primärstrom des Transformators 30° wird. Sobald geschweisst wird, schaltet der vom Schweißstrom betätigte Schalter S die Ausgleichsdrosselspule D_2 ein. Die Belastung des Drehstromnetzes ist symmetrisch, sofern die Ausgleichsdrosselspule der Grösse nach denselben Strom aufnimmt wie der Transformator. Der Leistungsfaktor auf der Drehstromseite ist 0,5. Gegenüber dem Vorteil der symmetrischen Belastung des Netzes besitzt diese Anordnung den Nachteil, Energie verbrauchende Ohmsche Widerstände zu enthalten; doch ist ihr Wirkungsgrad nicht schlechter als derjenige einer Schweissumformergruppe. Als automatischer Schalter ist eine automatisch betätigte Quecksilberwippe besonders geeignet. Die ganze Schaltung verbraucht eine Scheinleistung von

$$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U_0$$

wo I der Schweißstrom und U_0 die sekundäre Leerlaufspannung bedeuten.

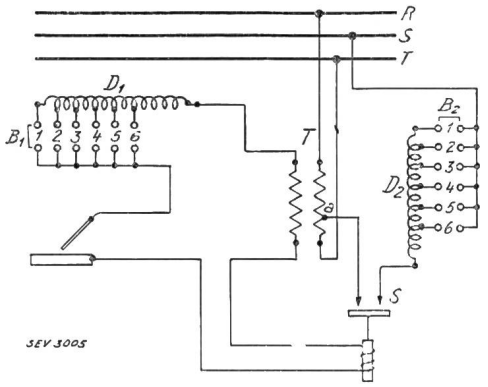

Fig. 12.
Schweisstransformatorschaltung mit Ausgleichsdrosselspule D_2, die das Netz symmetrisch belastet; Regulierung nur mit Regulierdrosselspule D_1.

Fig. 12 zeigt eine neue Schaltung mit hohem Wirkungsgrad, bei welcher die Ohmschen Widerstände vermieden sind. Die Ausgleichsdrosselspule D_2 ist an der Phase S und an einem Punkt a der Primärwicklung des Transformators angeschlossen. Der Scheinleistungsverbrauch des ganzen Apparates ist $P = 1{,}12\ I \cdot U_0 \cdot \sqrt{3}$. Für eine sekundäre Leerlaufspannung von 60 V ist der Leistungsfaktor auf der Drehstromseite ca. 0,26.

Ein Nachteil der Anordnungen, welche eine Ausgleichsdrosselspule enthalten, ist der hohe durch den Blindleistungsverbrauch der Ausgleichsdrosselspule bedingte Drehstromanschlusswert. Ihre Anwendung rechtfertigt sich da, wo der einphasige Anschluss kategorisch verboten wird und die Kosten eines Umformers gescheut werden.

[5]) Steinmetz, Theory and Calculation of Electric Circuits, Kap. 16, Bd. 5, Mc Graw Hill 1917; Genkin, Recepteur dyssymétrique et procédé d'équilibrage des circuits triphasés inégalement chargés, RGE, du 24 juillet 1926.

Das Spannungsdiagramm des Kaskadenumformers.

Von *H. Meyer*, dipl. Ing., Zürich.

621.313.334

In der Literatur ist der Kaskadenumformer meist im Anschluss an den Einankerumformer nur kurz behandelt und es werden dann die Spannungsverhältnisse des letzteren auf den Kaskadenumformer analog übertragen. Im folgenden Artikel wird das Spannungsdiagramm systematisch entwickelt.

Dans la littérature, le convertisseur en cascade n'est généralement traité que brièvement après les commutatrices, la plupart des données étant déduites par analogie. Dans l'article qui suit, l'auteur développe systématiquement le diagramme de tension.

1. Aufbau.

Der erste Teil des Diagrammes ist selbstverständlich das Diagramm des Asynchronmotors und ist auch schon von *Arnold* und *La Cour* in der für den Kaskadenumformer grundlegenden Arbeit [1]) angegeben worden. Wir reduzieren alles auf den Rotor-

[1]) Arnold-La Cour: «Der Kaskadenumformer» in Voit, Sammlung El. techn. Vorträge.

kreis und erhalten aus der Klemmenspannung U_K (Phasenspannung) durch vektorielle Subtraktion der primären und sekundären Spannungsabfälle die auf die Hintermaschine wirkende Klemmenspannung U_{KU}; wobei wie beim Asynchronmotor für die Addition der Ströme Rücksicht auf den Eisenverlustwinkel ψ zu nehmen ist.

Von da ab gilt nun das Diagramm des Synchronmotors, allerdings in modifizierter Form, und wir erhalten durch Anfügen der Spannungsabfälle in der Hintermaschine die Leerlaufspannung U_0. Bei einem reinen Synchronmotor wäre jetzt die bekannte Hilfskonstruktion zur Bestimmung der absoluten Leerlaufspannung U_{00} anzuwenden, und es wäre U_{00} gegenüber U_0 nacheilend.

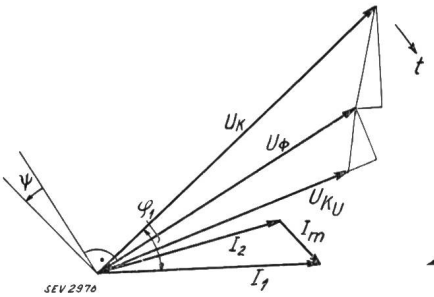

Fig. 1.

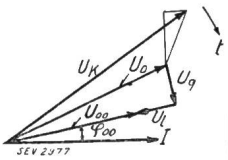

Fig. 2.

In der Hintermaschine des Kaskadenumformers wirken nun aber den Querampèrewindungen $AW_{q\sim}$ des Wechselstromes diejenigen des Gleichstromes entgegen; beim Einanker kompensieren sie sich beinahe, so dass U_{00} mit U_0 zusammenfällt. Beim Kaskadenumformer überwiegt jedoch das Gleichstromquerfeld stark, da die Maschine nur zum $\frac{p_g}{p_a+p_g}$ten Teil als Einanker arbeitet. Demzufolge wird U_{00} entgegen den $AW_{q\sim}$ des Wechselstromes stark vorgedreht gegenüber U_0. Zur Bestimmung der Richtung von U_{00} kann man jedoch die bekannte Hilfskonstruktion nicht mehr anwenden, welche darauf beruht, dass man eine Strecke $\frac{U_q}{\cos\varphi_{00}}$ aus der Magnetisierungskurve entsprechend $k_q \frac{AW_q}{\cos\varphi_{00}} = k_q \cdot AW_a$ abträgt; da man wohl $k_{q\sim} \frac{AW_{q\sim}}{\cos\varphi_{00}} = k_{q\sim} \cdot AW_{a\sim}$, nicht aber $k_{q_} \frac{AW_}{\cos\varphi_{00}}$, sondern nur

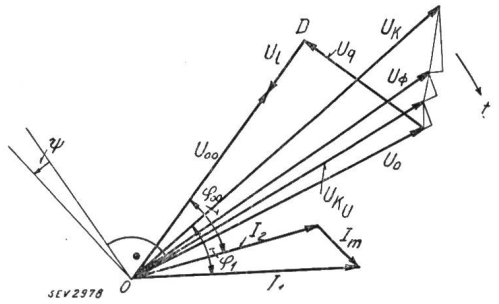

Fig. 3.

direkt $k_{q_} \cdot AW_$ kennt. Man hat daher zuerst den Winkel φ_{00} anzunehmen, die $AW_{a\sim}$ zu zerlegen, U_{00} zu bestimmen und zu kontrollieren, bis das Diagramm stimmt, was meist schon in 1 bis 2 Malen der Fall ist.

Das Spannungsdiagramm hat nun also die in Fig. 3 gezeichnete Form.

2. Das Ankerquerfeld und die Faktoren $k_{q_}$ und $k_{q\sim}$.

Für die bei der einfachen Synchronmaschine bekannte Feldkurve ist der Faktor k_q, welcher die 1. Harmonische dieser Feldkurve berücksichtigt, in Arnold, «Wechselstromtechnik», berechnet. Demgegenüber haben wir nun folgende Aenderungen.

a) Einfluss der Wendepole. Der Wendepol würde, unerregt, das Feld in der Pollücke sich stark ausbilden lassen; durch seine Erregung wird nun dieses Feld unter dem Wendepol (und nur

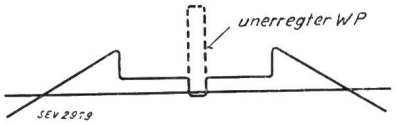

Fig. 4.

dort!) auf Null, wegen der Kommutation noch etwas ins Negative kompensiert.

b) Der Faktor $k_{q_}$. Das Gleichstromfeld hat bei homogenem Luftspalt Dreieckform. Aus der wirklichen Feldkurve wird $k_{q_}$ durch harmonische Analyse ermittelt. Unter den Annahmen, wie sie bei Synchronmaschinen üblich sind, d. h. Polbreite zu Polteilung $= 2/3$, Amplitude des Feldes in der Lücke $= 1/6$ Amplitude bei homogenem Luftspalt, ferner bei der Annahme Wendepolbreite zu Polteilung $= 1/10$, Feld unter Wendepol $= 0$, berechnet sich $k_{q_} = 0{,}31$.

c) Der Faktor $k_{q\sim}$. Unter den gleichen Annahmen wie oben ergibt sich für die sinusförmige Wechselstromdurchflutung der Feldfaktor $k_{q\sim} = 0{,}42$.

3. Inhalt des Diagramms.

Die *Erregung* des Kaskadenumformers ist durch die Grösse von U_{00} bestimmt und aus der Magnetisierungskurve zu entnehmen.

Die auf dem *Wendepol* aufzubringenden *Kompensations-AW* sind durch die Strecke U_q bestimmt.

Die *Gleichspannung* ist durch die Strecke OD bestimmt; denn die Bürsten stehen in der Axe des Erregerfeldes U_{00} und greifen diejenige Spannungskomponente von U_0 ab, welche sich in der Bürstenaxe befindet. Die Umrechnung geschieht wie beim Einankerumformer.

Für die Verluste im Anker des Umformers ist der Winkel φ_{00} massgebend, d. h. der Winkel zwischen dem Wechselstrom und der Bürstenaxe, welche die Lage des Gleichstrombelages bestimmt.

Durch eine *verteilte Kompensationswicklung*

könnte das Querfeld aufgehoben und dadurch die Gleichspannung erhöht, ferner je nach dem Betriebs-cos φ die Verluste im Anker vermindert oder erhöht werden.

Wie man sieht, lassen sich die wichtigen Grössen des Kaskadenumformers aus dem Diagramm entnehmen. Insbesondere liefert es klare Vorstellung über die gegenseitige Lage von Bürstenaxe und Wechselfeldaxe, und wir sehen daraus z. B., dass wir diesen Winkel nicht wie beim Einanker, und nach Arnold auch beim Kaskadenumformer, vernachlässigen dürfen.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Kehrichtabfuhr mit Elektromobilen in Birmingham [1]).

629.113.65

Die Stadtgemeinde Birmingham hat, wie J. Jackson in El. Rev. 1932, S. 246, berichtet, in den letzten Jahren 124 Elektromobile für die Kehrichtabfuhr in Dienst gestellt, und zwar 24 Fahrzeuge von 2 t, 31 von 2,5 t, 34 von 3,5 t, 3 von 4 t und 32 von 5 t Nutzlast. Sie bewähren sich im Betrieb ausserordentlich gut; die Ausnutzung ist, bezogen auf die Arbeitszeit, 91,4 %. Die Stillstandszeiten von nur 8,06 % verteilen sich wie folgt: laufende Instandsetzungen 3,59 %, Stillstand mangels Bedarf 2,08 %, Anstrich 0,97 %, Bereifung 0,65 %, Batterie 0,54 %, Unfälle 0,22 %, Verschiedenes 0,01 %. Die tägliche Fahrleistung beträgt durchschnittlich 22 km pro Fahrzeug mit Stehenbleiben und Anfahren vor jedem Haus; die Batteriekapazität ist für die Fahrzeuge von 2, 2,5, 3,5 und 5 t Nutzlast 225 bis 256, 280 bis 370, 355 bis 384 und 387 bis 464 Ah; diese reichliche Bemessung hat geringe Instandhaltungskosten und lange Lebensdauer zur Folge. Der Strom für die Akkumulatorenladung, Beleuchtung, Werkstätte und Mannschaftsküche wird in kehrichtbeheizten Dampfkraftwerken erzeugt; die Stromkosten sind (einschliesslich Kapitaldienst usw.) im Mittel 5 Rp./kWh (Fremdstrombezug hätte rund 70 000 Fr. pro Jahr mehr gekostet). Die Generatorspannung beträgt 440 V und wird über Ausgleichsmaschinen in das 110-V-Ladenetz gespeist. — Als Fahrmannschaft konnte durchwegs das Personal des früheren Pferdebetriebes nach kurzem Umlernen verwendet werden. Für den Stromerzeugungs- und Ladedienst wurden einige ehemalige Seeleute mit etwas Maschinenraumerfahrung angestellt. Als besondere Vorzüge des elektrischen Betriebes werden hervorgehoben: lange Lebensdauer, bequeme Bedienung, geringe Versicherungskosten (halb so hoch wie bei Benzinkraftwagen), besonders günstige Anfahreigenschaften im Haus zu Haus-Dienst; Reinlichkeit, Geräuschlosigkeit, keine Entwicklung schädlicher Gase, kein Leerlauf-Energieverbrauch, Unabhängigkeit von fremdem Brennstoff.

Unterirdische Hochspannungs-Schaltkästen.

621.316.36

In der «Elektrizitätswirtschaft» vom 31. Oktober 1932 berichtet das Elektrizitätswerk Bremen über neue unterirdische Hochspannungs-Schaltkästen, bei denen 20jährige Erfahrung des Werkes und die VDE-Betriebsvorschriften eine

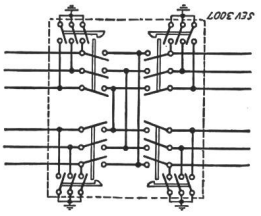

Fig. 1.
Schaltbild des Kabelölschaltkastens.

von der alten Form stark abweichende Neukonstruktion erstehen liessen, wie folgt: Der Hochspannungskasten in neuer Normalausführung [2]) vereinigt in einem viereckigen Gussgehäuse nach Fig. 1 vier dreipolige Oelschalter, die gleiche Anzahl dreipoliger Erdungsschalter und ein Drehstrom-Sammelschienen-System zu einer betriebssicheren Schaltanlage gemäss Fig. 2. Die Kästen werden für Betriebsspannungen von 10 000 und 20 000 V entsprechend Reihe 10 bzw. 20 und für einen Nennstrom von 350 A ausgeführt. Von den vier dreipoligen Schaltern sind je zwei nebeneinander- und hintereinanderliegend angeordnet. Sie sind durch starke Pertinaxplatten räumlich voneinander getrennt, zwischen denen die Sammelschienen liegen.

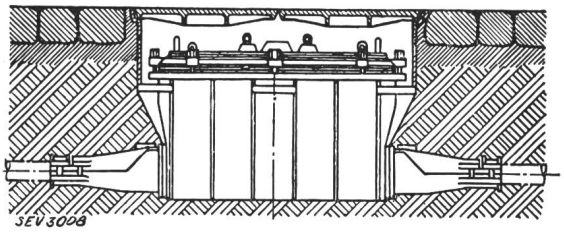

Fig. 2.
Montage eines Kabelölschaltkastens unter dem Gehweg.

Die feststehenden Kontakte der dreipoligen Oelschalter sind, wie Fig. 3 zeigt, auf der einen Seite unmittelbar an die Sammelschienen abgeschlossen und auf der anderen Seite mittels öldichter Pertinaxdurchführungen durch das Gusseisengehäuse in je einen Drehstromkabelendverschluss geführt. Jeder der vier Oelschalter mit dazugehörigem Erdungsschalter ist nach Lösen von vier Befestigungsschrauben zwecks Kontrolle bequem einzeln herausnehmbar.

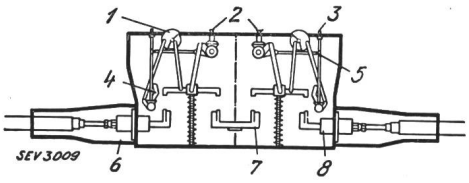

Fig. 3.
Schema eines Kabelölschaltkastens.
1 Anzeigevorrichtung.
2 Oelschalterbetätigungen.
3 Erdungsbetätigung.
4 Erdungsschalter.
5 Verriegelung.
6 Kabelendverschluss.
7 Sammelschiene.
8 Kabeldurchführung.

Die Antriebsorgane für die Oelschalter und für die Erdungsschalter, die aus Flusseisen bestehen, sind durch den gusseisernen Gehäusedeckel hindurchgeführt und nach Entfernung leicht lösbarer Dichtungsflanschen mit Hilfe eines Steckschlüssels ohne Gefahr bedienbar. Die Oelschalter haben Schnellunterbrechung. Die Kontakte werden unter Oel geöffnet, so dass die Abschaltung unter Vollast vorgenommen werden kann. Jedes einzelne Schaltmesser sowohl bei dem Oelschalter als auch bei dem Erdungsschalter hat eine Anzeigevorrichtung, so dass die Schaltstellung durch starke Schaugläser im Deckel einwandfrei erkennbar ist. Die Betätigungsorgane und der Erdungsschalter sind voneinander getrennt bedienbar. Auf diese Weise wird jedes unbeabsich-

[1]) Aus E. u. M. vom 18. XII., 1932.
[2]) Hersteller: E. Neumann, Hochspannungsapparate G.m.b.H., Berlin-Charlottenburg 5.

tigte Durchschalten von der Einschaltstellung über die Ausschaltstellung in die Erdung und umgekehrt verhindert. Die einzelnen Schaltstellungen sind ausserdem derart verriegelt, dass das Erden eines Kabels nur möglich ist, wenn dieses von der Sammelschiene abgetrennt ist und das Wiedereinschalten nur erfolgen kann, wenn die Erdung aufgehoben ist. Zur Ueberwachung des Oelstandes und zur Entnahme von Oelproben sind Vorrichtungen vorgesehen. Im Gehäusedeckel ist ein Ueberdruckventil eingebaut. Zur Entfeuchtung der unter dem Deckel befindlichen Luft dient ein Chlorkalziumbehälter.

Die Montage dieser Hochspannungs-Schaltkästen ist einfach. Sie werden wie normale Kabelkästen in entsprechender Tiefe auf ein leichtes Steinfundament gesetzt und nach dem Gehweg zu durch zwei gusseiserne Deckel abgeschlossen, die in einem auf den Schaltkasten gesetzten Rahmen liegen. Der Anschluss der Kabel wird wie bei jedem normalen Kabelendverschluss ausgeführt.

Die in rund zwei Jahren gesammelten Betriebserfahrungen mit etwa 50 Schaltkästen dieser Konstruktion sind gut. Durch Verwertung der mit etwa 200 alten Schaltern gesammelten Erfahrungen konnten Kinderkrankheiten völlig vermieden werden. Betriebsstörungen sind bisher nicht zu verzeichnen. Durch die Möglichkeit, die Schalter an jeder beliebigen Stelle auf der Strasse einzubauen, konnten oft die Kabelwege so wesentlich verkürzt werden, dass hierbei schon ein grosser Teil der Schalterkosten gespart werden konnte.

Leistungsverhältnisse bei Großsendern.

621.396.61

In der ETZ vom 22. September 1932 erörtert *H. Streudel* die Leistungsverhältnisse bei Großsendern und gibt dabei ein interessantes Diagramm, das wir hier reproduzieren (Fig. 1). Sämtliche Leistungen, mit Ausnahme der von der Antenne ausgestrahlten Hochfrequenzleistung, werden in Wärme umgesetzt. Dieses Diagramm kann natürlich nur über die Grössenordnung der Verluste Auskunft geben; die Verhältnisse ändern stark je nach Schaltung und im besonderen mit der Frequenz.

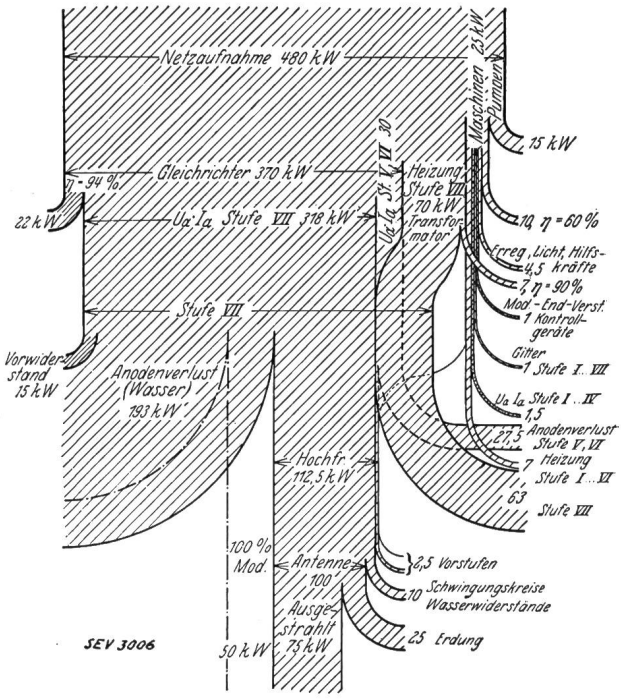

Fig. 1.
Leistungsdiagramm eines Rundfunksenderbetriebes.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Prix de l'énergie électrique en France.

621.317.8(44)

L'uniformisation dans toute la Suisse des prix pour l'énergie électrique est le rêve de quelques exploitants. Nous sommes loin de sa réalisation, tout le monde le sait, et ne nous portons pas plus mal pour cela.

Une enquête faite en France par le ministère des Travaux publics montre que la diversité des prix n'y est pas moindre que chez nous.

Le prix du kWh pour la petite force motrice y varie entre 0,37 et 2,29 fr. fr. et le prix du kWh pour l'éclairage entre 0,90 et 3,29 fr. fr. *O. Gt.*

Miscellanea.

Persönliches.

(Mitteilungen aus Mitgliederkreisen sind stets erwünscht.)

Schweizerischer Bundesrat im Jahre 1933. Die Vereinigte Bundesversammlung wählte am 15. Dezember 1932 zum Bundespräsidenten für das Jahr 1933 Bundesrat *E. Schulthess*, zum Vizepräsidenten Bundesrat *M. Pilet-Golaz*.

Die Departementsverteilung ist, wie bisher, die folgende:

Politisches Departement: Vorsteher: Bundesrat *G. Motta;* Vertreter: Bundespräsident Schulthess.

Departement des Innern: Vorsteher: Bundesrat *A. Meyer;* Vertreter: Bundesrat M. Pilet-Golaz.

Justiz- und Polizeidepartement: Vorsteher: Bundesrat *H. Häberlin;* Vertreter: Bundesrat Motta.

Militärdepartement: Vorsteher: Bundesrat *R. Minger;* Vertreter: Bundesrat Häberlin.

Finanz- und Zolldepartement: Vorsteher: Bundesrat *J. Musy;* Vertreter: Bundesrat Meyer.

Volkswirtschaftsdepartement: Vorsteher: Bundespräsident *E. Schulthess;* Vertreter: Bundesrat Minger.

Post- und Eisenbahndepartement: Vorsteher: Bundesrat *M. Pilet-Golaz;* Vertreter: Bundesrat Musy.

Eidg. Amt für Mass und Gewicht. Der Bundesrat wählte am 23. Dezember 1932 zum wissenschaftlichen Experten 1. Klasse beim Eidgenössischen Amt für Mass und Gewicht Herrn Dr. *Hans König*, Privatdozent an der Universität Bern.

Dr. E. Blattner. Die Eidg. Technische Hochschule verlieh am 20. Dezember 1932 Herrn Dr. *E. Blattner*, Lehrer am Bernischen Kantonalen Technikum Burgdorf, den Titel eines Doktors der technischen Wissenschaften ehrenhalber, in Würdigung seiner Verdienste um die Förderung der schweizerischen Elektrizitätserzeugung und -verwertung und um die Entwicklung der elektrischen Traktion.

Association Suisse pour l'Essai des Matériaux (ASEM).

En 1895 fut fondée à Zurich l'Association Internationale pour l'Essai des Matériaux. En cette même année se constituait un groupe suisse de la dite association. Il comprenait alors 75 membres et s'est réuni pour la dernière fois en 1916. Le 24 avril 1926, lors d'une séance de discussion de la Station d'Essai de Matériaux à l'Ecole Polytechnique Fédérale (EMPA) on décida la reprise des travaux du groupe