

Elektrotechnik und Maschinenbau

Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien

Schriftleitung: Ing. A. Grünhut

Nachdruck nur mit Bewilligung der Schriftleitung, auszugsweise Wiedergabe nur mit Angabe der Quelle „E. u. M. Wien“ gestattet.

Heft 31

Wien, 30. Juli 1933

51. Jahrgang

Kraftantriebe für Hochleistungsschalter.

Von W. Herzog, Wien.

Inhaltsübersicht: Es wird im Rahmen einer kritischen Betrachtung der Bemessungs- und Berechnungsweisen von Kraftantrieben gezeigt, daß der Bau dieser Art von Zusatzgeräten von Hochleistungsschaltern in gewissen Fällen mit Schwierigkeiten verbunden ist, sofern technische und wirtschaftliche Grundforderungen erfüllt werden sollen. Eine Möglichkeit der Lösung dieser Schwierigkeiten bietet das vom Verfasser vorgeschlagene Schwunggradsystem, das in seinen Grundzügen kurz erläutert wird.

Die Richtlinien, die durch die gegenwärtige Wirtschaftslage für jede technische Entwicklung gegeben sind, haben den Bau von Hochleistungsschaltgeräten besonders empfindlich beeinflußt. Denn während es noch vor etwa zehn Jahren als fraglich galt, ob eine Beherrschung der auftretenden Kurzschlußleistungen durch Schaltgeräte überhaupt möglich sei, und die Bemühungen in erster Linie dahin gerichtet sein mußten, dieses bedenkliche Hindernis in der Ausgestaltung der Energieversorgung aus dem Wege zu räumen, geht jetzt das Streben im wesentlichen nach Verbülligung der Geräte, wobei aber die Notwendigkeit der Überwindung hoher Kurzschlußleistungen keineswegs an Bedeutung verloren hat. Denn auch die Betriebssicherheit einer Anlage ist schließlich eine Kostenfrage.

In der Herstellung der Zusatzgeräte von Hochleistungsschaltern¹⁾, zu denen in erster Linie die zur Einschaltung dienenden Kraftantriebe gehören, äußert sich diese doppelte Aufgabestellung in besonders krasser Weise. Denn einerseits sind diese, wie die Praxis lehrt, für die Betriebssicherheit einer Schaltanlage von ausschlaggebender Bedeutung, andererseits sollen sie in den verbilligten Voranschlägen in einem möglichst bescheidenen Prozentsatz in Erscheinung treten. Außerdem sind die Bemühungen zur Erforschung des Einschaltvorganges bei Kurzschluß gegenüber denen zur Klärung der Ausschaltvorgänge stets in den Hintergrund getreten, so daß sich die Bemessung der Kraftantriebe nicht wie die der Schalter selbst auf umfangreiche Versuchsstatistiken gründen kann.

Zur Einschaltung von Hochleistungsschaltern werden im allgemeinen Gleichstrom-Solenoidmagnete, Preßluftantriebe und Federkraftspeicher, in Amerika aber auch Fliehkraftantriebe verwendet. Andere Antriebsarten, wie zum Beispiel Wechselstrommagnete, Drehmagnete, Motorantriebe oder hydraulische Apparate haben sich für

die Betätigung von Hochleistungsschaltern weniger bewährt, insbesondere dort, wo es sich um die Bewältigung hoher Kurzschlußströme handelt.

Die Bemessung von Kraftantrieben mit Berücksichtigung der Kraftwirkung von Kurzschlußströmen.

Bei Hochleistungsschaltern mit einer Betriebsspannung bis etwa 10 kV hängt die Betriebssicherheit beim Einschalten hoher Kurzschlußleistungen in erster Linie von der Einschaltgeschwindigkeit ab, die im wesentlichen durch das Wärmeleitvermögen der Kontaktbahnen des Schalters bestimmt ist. Zu geringe Geschwindigkeit hat auf jeden Fall Verschmoranungen der Kontaktflächen zur Folge, die auch dann die Traverse festbremsen, wenn große Kräfte zur Einschaltung zur Verfügung stehen. Es ist also weniger die Einschaltkraft, die bei der Bemessung eines Antriebsapparates zunächst berücksichtigt werden muß, als die Bereitstellung und Erhaltung einer bestimmten Einschaltgeschwindigkeit während des ganzen Einschaltvorganges oder wenigstens so lange, bis eine genügend intensive Kontaktberührung geschaffen ist. Zu praktisch brauchbaren, für die Bemessung und Beurteilung von Kraftantrieben geeigneten Resultaten gelangt man, indem man die durch den Kurzschlußstrom verursachte Abnahme der Bewegungsgröße für das gesamte bewegliche System ermittelt und die Ergebnisse dieser Rechnung in zweckentsprechender Weise mit den mechanischen Kennlinien der Schalttypen vergleicht.

Den folgenden Betrachtungen sei eine vielverwendete und eingehend untersuchte Type zugrunde gelegt, und zwar ein dreipoliger Hochleistungsschalter für 6 kV Betriebsspannung, für den folgende charakteristische Daten gelten mögen: Zwei Unterbrechungsstellen pro Pol, Tulpkontakte mit sechsteiliger Tulpe, 5,5 kg Kontaktdruck, 0,06 m Kontaktweg, 20 kg Traversengewicht, 0,18 m Traversenhub, 1,5 ms⁻¹ Auschaltgeschwindigkeit im Augenblick der Kontakttrennung.

Abb. 1 zeigt die mechanischen Kennlinien²⁾ eines solchen Schalters, die der Bemessung eines Antriebes zugrunde gelegt werden können, und zwar solche, die auf Grund einer vorliegenden Schalterkonstruktion ermittelt sind. Der Linienzug 1—2—3—4 stellt den gesamten statischen Bewe-

¹⁾ Unter „Hochleistungsschaltern“ werden hier Wechsel- und Drehstromschalter verstanden, die für Nenn-Abschaltleistungen über 200 MVA gebaut werden.

²⁾ Näheres hierüber s. Biermanns und Mayr, „Hochspannungsorschung und Hochspannungspraxis“, Springer 1931, S. 339 ff.

gungswiderstand der Traverse in Abhängigkeit vom Traversenhub dar, wie er sich aus den angegebenen Werten und aus den Erfahrungsgroen der Reibungswiderstände ergibt. Mit Rücksicht auf günstigen Verlauf der Ausschaltbewegung ist die Federspannung zwischen der Stellung „Aus“ und der Kontaktberuhung meist verhaltnismaig klein. Die aus Traversengewicht, Reibungswiderstand und Federspannung resultierende Kraft verläuft daher in diesem Bereich nahezu unveränderlich (Linie 1–2). Bei Beruhung der Kontakte nimmt sie infolge des hinzutretenden Kontaktreibungs-widerstandes plötzlich zu (Linie 2–3) und steigt dann infolge der nun betratlich wachsenden Federspannung stark an (Linie 3–4).

Diese sogenannte statische Kennlinie (1-2-3-4) reicht jedoch zur Bemessung eines Antriebes noch nicht aus, da sie noch nichts über die Beschleunigungskräfte aussagt. Diese ergeben sich aus der erforderlichen Einschaltgeschwindigkeit. In dem vorliegenden Beispiel sei auf Grund elektrischer

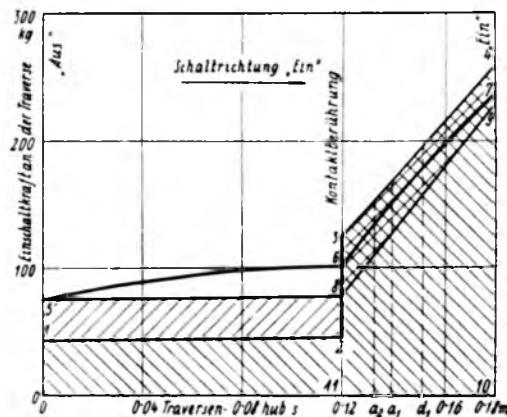


Abb. 1. Mechanische Kennlinien eines Ölschalters für die Einschaltung mit 2 ms^{-1} Berührungsgeschwindigkeit.

Kurve 1-2-3-4

Statische Kennlinie, Dynamische Kennlinie

Fläche 0-1-2-3

Statische Einschaltarbeit,

1-5-8-2

Beschleunigungsarbeit

8 - 3 - 4 - 9

Verzögerungsarbeit,

und mechanischer Bedingungen — zunächst ohne Rücksicht auf Kurzschlußwirkungen — im Augenblick der Kontaktberührung eine Traversengeschwindigkeit von 2 ms^{-1} festgesetzt, ferner eine Restgeschwindigkeit in der Endstellung „Ein“ von 1 ms^{-1} . Hieraus und aus der Masse der Traverse $m = G/g = 20/10 = 2 \text{ kg m}^{-1} \text{s}^2$ folgt nach

arbeit bis zur Kontaktberührung (Fläche 1—2—8—5—1). Ihre obere Begrenzung (Linie 5—8) ergibt sich aus der Annahme gleichförmiger Beschleunigung bis zur Kontaktberührung. Die festgesetzte Restgeschwindigkeit bedingt die Verzögerungsarbeit (Fläche 8—3—4—9—8) und somit liegt der Verlauf der resultierenden Kraft auch nach der Kontaktberührung fest (Linie 8—9). Nach Hinzufügung des Flüssigkeitswiderstandes erhält man die sogenannte dynamische Kennlinie (5—6—7), das heißt den Verlauf jener Kraft, die der Antrieb auf das

bewegliche System des Schalters ausüben muß, um eine den festgesetzten Anforderungen entsprechende Einschaltbewegung zu erzielen.

Der Hauptanteil des durch die Kurzschlußgegenkräfte verursachten Geschwindigkeitsverlustes der Traverse ergibt sich für Ölschalter aus

dem Ansatz: $m \Delta v = \int_0^t P dt = k \int_0^t t^* dt$, worin m

die Masse der beweglichen Teile des Schalters. Δv den Geschwindigkeitsverlust, k eine von der Bauart des Schalters abhängige Konstante³⁾ (in dem gewählten Beispiel gilt: $k = 5 \cdot 10^{-8}$), t die vom Augenblick der Kontaktberührung an vergangene Zeit und P die Summe der Stromschleifkräfte des dreiphasigen Kurzschlußstromes bedeutet, wobei die Verminderung von P durch die gegenseitige Beeinflussung der Phasen gegenüber der Erhöhung der Kontaktdrücke infolge des Kurzschlußstromes und etwa auftretenden Zwängungskräften in der Traversenführung in erster Näherung vernachlässigt werden kann. Der Momentanwert i des Stoßstromes läßt sich bei Voraussetzung sinusförmigen Verlaufes aus der Differentialgleichung

$$E = iw + L \frac{di}{dt}$$

in bekannter Weise als Funktion von t für jede Phase in der Form

$$i = J_{eff} \sqrt{2} \left[e^{-\frac{w}{L}t} \sin \varphi + \sin(\omega t - \varphi) \right]$$

ermitteln, worin $\frac{w}{L}$ die Dämpfungskonstante des Kurzschlußstromkreises und φ den Phasenwinkel des Kurzschlußstromes bedeutet. Im ungünstigen Fall der Nähe eines großen Generators kann man $\frac{w}{L} = 35$ annehmen⁴), woraus sich eine Phasenverschiebung von ungefähr $\pi/2$ ergibt. Erfolgt nun der Stromschluß ungünstigerweise in einem Augenblick, in dem die Spannung einer Phase durch Null geht, so ergibt sich nach der Gleichung für i ein Stromverlauf nach Abb. 2. Nach Einsetzen der Ausdrücke für i in die Gleichung $P = k i^2$ und Summation der Anteile der drei Phasen erhält man den Verlauf der ungünstigsten resultierenden Stromschleifenkraft (Abb. 3, Kurven 1 und 2). Die Abnahme der Bewegungsgröße ergibt sich nach obiger Gleichung für $m \Delta v$ als Integralkurve von P und ist in Abb. 3 als Funktion der Zeit einge tragen (Kurven 3 und 4).

Ist nun der Kraftantrieb zum Beispiel als Federkraftspeicher ohne Rücksicht auf Kurzschlußkräfte gemäß den Ausführungen zu Abb. 1 richtig bemessen, so zeigt es sich, daß der Schaltersatz zusätzliche Kraftwirkungen infolge eines Kurzschlusses, die etwa den Kurven 1 und 3 in Abb. 3 entsprechen mögen, nicht beherrschen kann. Der

³⁾ Näheres hierüber s. Biermanns und Mayer, a. a. O. S. 348 ff.

*) Biermanns, „Überströme in Hochspannungsanlagen“, Springer 1926, S. 368.

Beweis hierfür folgt in anschaulicher Weise aus den Abb. 1 und 3: Die Bewegungsgröße beträgt im Augenblick der Kontaktberührung für eine Masse $m = 2 \text{ kg m}^{-1} \text{s}^2$ bei einer Geschwindigkeit von $v = 2 \text{ ms}^{-1}$ $mv = 2 \times 2 = 4 \text{ kgs}$. Dieser Be-

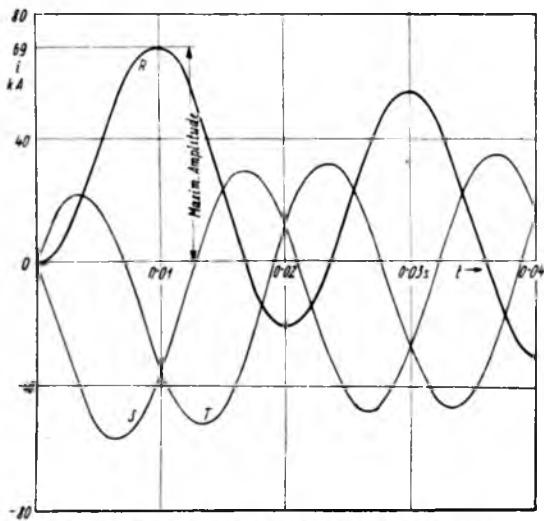


Abb. 2. Verlauf des Stoßkurzschlußstromes.

$$i = J_{eff} \sqrt{2} \left[e^{-\frac{w}{L} t} \sin \varphi + \sin(\omega t - \varphi) \right] \text{ bei } 6 \text{ kV},$$

300 MVA, 50 Hz ($J_{eff} = 28.5 \text{ kA}$, $w/L = 35$).

Einschaltung bei Spannungsnulldurchgang der Phase R.

trag ist zufolge Abb. 3, Kurve 3. Punkt a nach 0.022 s aufgezehrt, wobei die mechanischen Kräfte gegenüber den Kurzschlußkräften verschwindend klein werden (Abb. 1, Fläche 3-6-7-4-3).

Da aber $\int v dt = s$, ist in Abb. 3 die Fläche

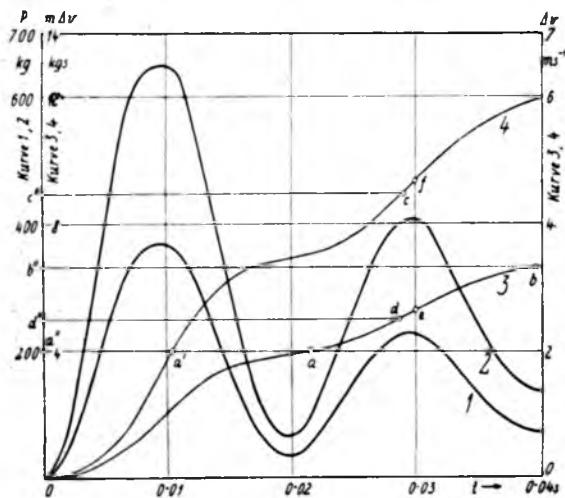


Abb. 3. Mechanische Wirkung des Stoßkurzschlußstromes, für einen dreipoligen Ölschalter bei Einschaltung im Spannungsnulldurchgang einer Phase errechnet.

- Kurve 1 Resultierende Stromschleifenkraft entsprechend einer Abschaltleistung von 300 MVA bei 6 kV, 50 Hz,
 „ 2 Resultierende Stromschleifenkraft entsprechend einer Abschaltleistung von 400 MVA bei 6 kV, 50 Hz,
 „ 3 Abnahme der Bewegungsgröße der Traverse bzw. der Einschaltgeschwindigkeit nach Kontaktberührung bei einer Kraftwirkung nach Kurve 1,
 „ 4 Dasselbe bei einer Kraftwirkung nach Kurve 2.

$O-a-a''-O$ proportional dem nach der Kontaktberührung zurückgelegten Weg, der sich daraus zu 0.02 m ergibt. Ebenso erhält man den Bremsweg der Traverse für den angenommenen ungünstigsten Kurzschlußfall bei 400 MVA zu 0.0135 m (Abb. 3, Kurve 4, Punkt a' Fläche $O-a-a''-O$). Die Traverse wird also bei Einschaltungen entsprechend einer Nennabschaltleistung von 300 bzw. 400 MVA in den in Abb. 1 durch a_1 bzw. a_2 bezeichneten Hubstellungen vorzeitig zum Stillstand kommen können. Soll nun der Federkraftspeicher der Nennabschaltleistung entsprechen, so muß die Einschaltgeschwindigkeit so weit erhöht werden, daß die Traverse auch nach Abbremsung durch den ungünstigsten Stoßstrom noch in die Endstellung „Ein“ gelangt: Dem gesamten Weg in den Kontakten (0.06 m, siehe Abb. 1) entspricht bei 300 MVA Nennabschaltleistung in Abb. 3 die Fläche $O-b-b''-O$. Das heißt, die Geschwindigkeit im Augenblick der Kontaktberührung muß auf 3.3 ms⁻¹ ($O-b''$) erhöht werden, wenn die Endstellung „Ein“ erreicht werden soll. Bei 400 MVA Nennabschaltleistung entspricht die Fläche $O-c-c''-O$ dem Kontaktweg von 0.06 m. Man muß also die Berührungs geschwindigkeit in diesem Fall auf 4.5 ms⁻¹ ($O-c''$) erhöhen, um mit dem Federkraftspeicher den Kurzschlußstoß zu beherrschen. Diese einfache Überlegung zeigt vor allem, daß es bei masselosen Antriebsmechanismen nicht ohne weiteres möglich ist, die Antriebskraft den Kurzschlußkräften anzupassen, ohne die Einschaltgeschwindigkeit der betriebsmäßigen Schaltung auf unzulässig hohe Werte zu steigern. Ähnliche Erwägungen gelten übrigens auch für Preßluftantriebe bei Flüssigkeitsschaltern, und zwar bei etwas günstigeren Verhältnissen.

Magnetantriebe haben die Eigenschaft, daß bei einer Abbremsung des beweglichen Systems, dem ja auch der Kern des Antriebsmagneten angehört, ein Anwachsen des magnetischen Feldes und somit eine Steigerung der Zugkraft eintritt. Diese Steigerung ist um so wirksamer, je geringer das Magnetsystem gesättigt ist, macht sich also nur bei mittelbelasteten Magneten in verwertbarer Weise geltend. Der Aufbau des Magnetfeldes vollzieht sich aber viel langsamer als der Anstieg der vom Stoßstrom verursachten elektrodynamischen Kräfte, so daß diese zusätzliche Kraftwirkung des Magneten bis zum Stillstand der Traverse praktisch nicht zur Wirkung gelangt. Wählt man also in dem behandelten Beispiel die Kontaktberührungs geschwindigkeit zu 2.5 ms⁻¹, so muß man bei 300 MVA Nennabschaltleistung im ungünstigsten Fall mit einer völligen Abbremsung der Traverse nach 0.029 s rechnen (Abb. 3, Punkt d). Der Fläche $O-d-d''-O$ entspricht aber ein Weg von 0.033 m, das heißt, die Traverse wird unter den angenommenen Bedingungen etwa in der Hälfte des Kontaktweges zum Stillstand kommen (Abb. 1, Punkt d_1). Aus Abb. 1, Kurve 3-4 und Abb. 3, Kurve 1, läßt sich nunmehr die statische Zugkraft bestimmen, die der Magnet im weiteren entwickeln muß, um die Schaltertraverse in die Endstellung zu bringen, womit ein brauch-

barer Anhaltspunkt für die Dimensionierung des Einschaltmagneten gegeben ist.

Die Versuchsergebnisse stimmen mit diesen Resultaten recht gut überein. So zeigt zum Beispiel Abb. 4, Kurve 2 das mit einem Trommelschreiber aufgenommene Zeit-Schaltwinkeldiagramm eines Kurzschlußversuches, der mit einem Magnetantrieb unter den der Berechnung zugrunde liegenden Bedingungen vorgenommen worden ist. Der Stillstand des beweglichen Systems und seine Wiederbeschleunigung nach Ausbildung des verstärkten Feldes im Schaltmagneten tritt deutlich in Erscheinung.

Bei Wasserschaltern spielen die Stromschleifkräfte nicht diese überragende Rolle wie bei Ölschaltern. Es hat sich aber gezeigt, daß infolge der bei Kurzschluß bedeutend erhöhten Kontaktreibungskräfte und wohl auch wegen der Gasentwicklung beim Einschalten, ähnliche Erwägungen bezüglich der Antriebe am Platze sind. Auch hier besteht die prinzipielle Schwierigkeit in der Auslegung von Kraftantrieben für Hochleistungsschalter niedriger Betriebsspannung im wesent-

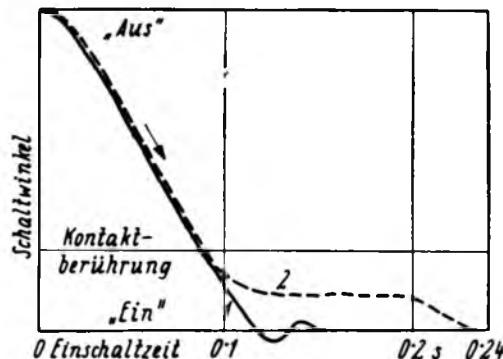


Abb. 4. Zeit-Schaltwinkeldiagramm eines Ölschalters, mit Trommelschreiber aufgenommen.

Kurve 1 Einschaltung mittels Magnet, Schalter stromlos,
„ 2 Einschaltung mittels Magnet auf Stoßkurzschlußstrom (maximale Amplitude 65 kA), Traversengeschwindigkeit bei Kontaktberührung 2 ms⁻¹.

lichen darin, daß einerseits die Einschaltgeschwindigkeit bei der normalen Schaltung nicht beliebig hoch gesteigert werden kann, andererseits aber stets eine Energiereserve zur Überwindung von Kurzschlußstromstößen vorhanden sein muß.

Zu dieser prinzipiellen Schwierigkeit treten noch betriebstechnische Anforderungen, die trotz ihrer Dringlichkeit bei den marktüblichen Antriebssystemen nicht restlos erfüllt sind. Die beiden wichtigsten mögen in dem folgenden Kapitel kurz behandelt werden.

Die Energiequelle für den Schalterantrieb und Notschaltung bei Versagen derselben.

Ein billiger Schaltersatz muß eine sparsame Betriebsführung ermöglichen und darf vor allem keine Nebenapparate erforderlich machen. Insbesondere sind zentrale Energiequellen, etwa Gleichstrombatterien oder Kompressoranlagen, die in der Schaltanlage ausschließlich zum Betriebe von Kraftantrieben vorgesehen sind, angesichts der

heutigen Forderung nach möglichst sparsamer Betriebsführung kaum noch zu rechtfertigen. Sie erfordern bei außerordentlich geringer Benutzungsdauer verhältnismäßig großen Raum, ferner ständige Wartung und Instandhaltung. Außerdem ist die Betriebssicherheit auf eine Anzahl wenig übersichtlicher Elemente gegründet: Zum Beispiel Stöpselsicherungen, Rohrleitungen, Ventile usw. Vom betriebstechnischen bzw. betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus wird es also stets zu begrüßen sein, wenn der Kraftantrieb die zu jeder Einschaltung unmittelbar erforderliche Energiereserve in sich trägt und zu deren Aufladung nur eine kleine, auch anderen Zwecken dienende Energiequelle benötigt (zum Beispiel Meßwandler).

Ein dringendes Bedürfnis besteht ferner nach der Kraft-Notschaltung von Hochleistungsschaltersätzen, wobei unter Kraft-Notschaltung das Einlegen des Schalters beim Versagen der normalen Zufuhr von Betätigungsenergie mit genau derselben Energiereserve und Geschwindigkeit wie bei normaler Schaltung zu verstehen ist. Abgesehen von der Gefahr bei bestehendem Kurzschluß gefährdet die übliche Hand-Notschaltung mittels Hebels oder Handrades auch unter normalen Verhältnissen den Betrieb, da zu langsames Schalten auch bei Nennlast zu empfindlichen Störungen führen kann. Aus diesen Gründen sind Hilfsapparate entstanden, die im Notfall an die Kraftantriebe herangefahren werden und dann, mit diesen gekuppelt, die nötige Energie zur Verfügung stellen sollen. Ob es sich nun um Reservedruckbehälter handelt, die an Preßluftantriebe oder um fahrbare Federkraftspeicher, die an Magnet- oder Motorantriebe herangefahren werden: Es ist jedenfalls klar, daß dies in beiden Fällen weder in technischer noch in wirtschaftlicher Hinsicht eine befriedigende Lösung bedeutet. Es ist vielmehr erforderlich, daß die Konstruktion des Kraftantriebes die Kraft-Notschaltung ohne zusätzliche Hilfsmittel ermöglicht.

Das Prinzip des Schwungradantriebes.

Im Sinne der eingangs dargelegten Aufgabenstellung wäre es vorteilhaft, eine Lösung zu finden, die den Bau von Antriebsapparaten überhaupt überflüssig macht. In gewissem Sinne ist dies bei einer Bauart von Druckgasschaltern erreicht, bei der die erwähnten Nachteile der zentralen Energiequelle dadurch vermieden sind, daß jeder einzelne Schalter mit einer Kompressoranlage ausgerüstet ist. Das Problem der Kraft-Notschaltung ist bei Druckgasschaltern im allgemeinen als gelöst zu betrachten: Ein Versagen der Zufuhr von Betätigungsenergie stellt die Ausschaltung in Frage: eine Not-Einschaltung wird also in diesem Fall entbehrlich.

Bei Flüssigkeitsschaltern mit mechanischem Ausschaltenergiespeicher liegt bis jetzt eine so durchgreifende Lösung des Einschaltproblems noch nicht vor. Gelingt es hier, die beweglichen Teile des Schalters mit einer so großen Masse zu verbinden, daß bei einer durch das thermische Verhalten der Kontaktbahnen gegebenen Einschalt-

geschwindigkeit keine wesentliche Abbremsung der Traverse zustande kommt, so sind die größten Schwierigkeiten, die sich bei der Betätigung von Hochleistungsschaltern niedriger Betriebsspannung ergeben, als überwunden zu betrachten.

In dem gewählten Beispiel beträgt erfahrungs-gemäß die mit Rücksicht auf das Verhalten der Kontakte notwendige Berührungs geschwindigkeit etwa 2 ms^{-1} . Ließe man nun vom Augenblick der Kontaktberührungen bis in die Endstellung „Ein“ einen Geschwindigkeitsverlust von etwa 5 vH zu, so würde der Kontaktweg von 0.06 m (Abb. 1, Strecke 11–10) in zirka 0.03 s durchlaufen werden. In diesem Zeitraum sinkt die Bewegungsgröße der bewegten Massen nach Abb. 3, Kurve 3 infolge des Stoßkurzschlußstromes entsprechend 300 MVA Nennabschaltleistung (Punkt e) um $m \Delta v = 5.3 \text{ kg s}$. Soll nun Δv nicht größer sein als 5 vH von $v = 2 \text{ ms}^{-1}$, so ergäbe sich die hiezu notwendige

Traversenmasse zu $m = \frac{5.3}{\Delta v} = \frac{5.3}{2} \cdot \frac{100}{5} = 53 \text{ kg m}^{-1} \text{s}^2$, das heißt aber, die Traverse müßte $53 \cdot 9.81 = 520 \text{ kg}$

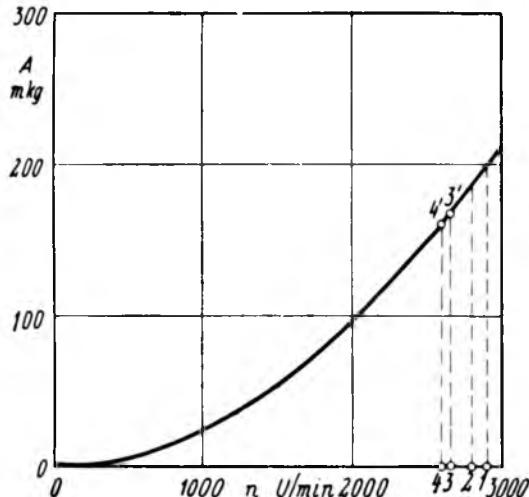


Abb. 5. Arbeitsvermögen eines Schwungrades.
Trägheitsdurchmesser 140 mm, Gewicht 10 kg.

wiegen! Die Masse darf also nur während der Einschaltung mit dem beweglichen System des Schalters verbunden sein, dann aber möglichst starr und nur so, daß die Überschußenergie stoßfrei und ohne Wirkung auf die Schaltbewegung abgeleitet und die Beschleunigungsarbeit vor Beginn des Einschaltvorganges geleistet werden kann. Mit diesen Festsetzungen ist aber das Prinzip eines Schwungradantriebes im wesentlichen gegeben, auf das im folgenden näher eingegangen werden soll.

Das Arbeitsvermögen eines Schwungrades, bestehend aus einer zylindrischen Eisenscheibe von 140 mm Trägheitsdurchmesser und 10 kg Gewicht ist durch die in Abb. 5 dargestellte Kurve in Abhängigkeit von der Drehzahl gegeben, wobei ein Wirkungsgrad der Kraftübertragung zwischen Schwungrad und Traverse von 85 vH in Rechnung gestellt ist. Aus Abb. 5 ergibt sich bei 2900 U/min (Normaldrehzahl eines Drehstrom-Kleinmotors) ein Arbeitsvermögen von $A = 200 \text{ mkg}$

(Punkt 1). Gemäß Abb. 1, Fläche 0–11–6–5–0 erhält man die bis zur Kontaktberührungen zu leistende Arbeit zu 11 mkg. Dieser Arbeitsbetrag muß dem Schwungrad zunächst entnommen werden, dessen Umdrehungszahl demnach bei Kontaktberührungen auf 2800 U/min abgenommen hat (Punkt 2). Da bei gegebener Geschwindigkeit das Arbeitsvermögen $A = \frac{mv^2}{2}$, so verkörpert im Augenblick der Kontaktberührungen das Arbeitsvermögen des Schwungrades $A' = A - 11 = 189 \text{ mkg}$ an der Traverse eine Masse von $m' = \frac{2A'}{v^2} = \frac{2 \cdot 189}{4} = 95 \text{ kg m}^{-1} \text{s}^2$. Da ferner nach Abb. 3, Punkt e $m \Delta v = 5.3 \text{ kg s}$, so wird der Geschwindigkeitsverlust infolge des Stoßstromes $\Delta v = \frac{5.3}{m'} = \frac{5.3}{95} = 0.055 \text{ ms}^{-1}$, also nur 2.75 vH von 2 ms^{-1} , was nach der Beziehung $\Delta A = \frac{m'}{2} [v^2 - (v - \Delta v)^2]$ einem Arbeitsbetrag von $A = 10 \text{ mkg}$ entspricht. Da sich demnach die Geschwindigkeit der

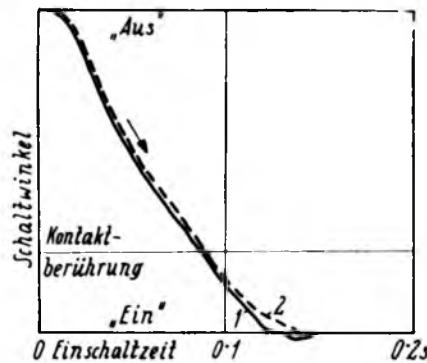


Abb. 6. Zeit-Schaltwinkeldiagramm eines Ölschalters, mit Trommelschreiber aufgenommen.

Kurve 1 Einschaltung mittels Schwungradantriebes, Schalter stromlos,
„ 2 Einschaltung mittels Schwungradantrieb auf Stoßkurzschlußstrom (maximale Amplitude 67 kA),
Traversengeschwindigkeit bei Kontaktberührungen 2 ms^{-1} .

Schaltertraverse nach der Kontaktberührungen nicht wesentlich vermindert, muß von da an dem Schwungrad nur noch die restliche dynamische Einschaltarbeit entnommen werden. Dieser Arbeitsbetrag ergibt sich wieder aus Abb. 1, Fläche 11–10–7–6–11 zu etwa 10.5 mkg. Nach der Kontaktberührungen hat also das Schwungrad bei 300 MVA Kurzschlußleistung insgesamt noch $10 + 10.5 = 20.5 \text{ mkg}$ zu liefern. Aus Abb. 5, Punkt 3, 3' erhält man die Enddrehzahl zu 2660 U/min. Die gesamte Drehzahlverminderung beträgt also bei 300 MVA zirka 9 vH. Bei 400 MVA und sonst gleichen Bedingungen wird einfach gemäß Abb. 3, Kurve 4, Punkt f $m' \Delta v = 9.4 \text{ kg s}$ eingesetzt. Daraus erhält man nach der gleichen Rechnung eine gesamte Drehzahlverminderung von 11 vH (Abb. 5, Punkt 4, 4').

Wenn auch die durchgeführte Rechnung keinen Anspruch auf hohe Genauigkeit erheben kann, so zeigt sie doch, daß die Beherrschung zusätzlicher Gegenkräfte durch das Schwungradsystem ohne

prinzipielle Schwierigkeiten möglich ist. Die Versuche bestätigen dieses Resultat in vollem Ausmaß, wie aus Abb. 6 ersichtlich. Ein Vergleich der beiden Versuchsergebnisse (Abb. 4 und Abb. 6), die unter den gleichen Bedingungen gewonnen worden sind, zeigt deutlich die erhöhte Schalt-sicherheit, die der Schwungradantrieb bietet (Abb. 6). Aus Abb. 5 ist ferner zu ersehen, daß mit demselben Schwungrad auch noch weit schwerere Schalter betätigt werden können; die Grundlage weitgehender Vereinheitlichung des Antriebsbaues, nämlich hohe spezifische Leistungsfähigkeit, ist also im Schwungradprinzip enthalten.

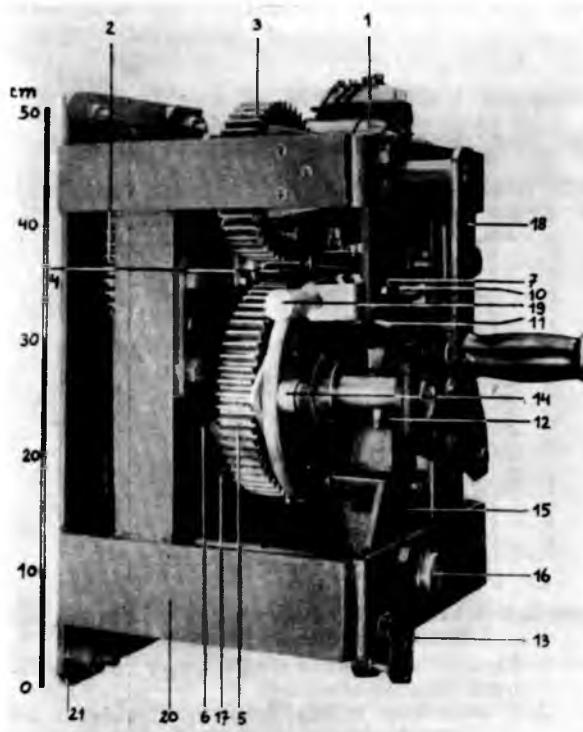


Abb. 7. Schwungradantrieb für Hochleistungsschalter. Kleinmotor, 2, 3, 4, 5 Stirnradgetriebe, 6 Schwungrad, 11 10 Sperrvorrichtungen, 11 Kopf der Pleuelstange 12 72 Pleuelstange, 13 Steuerfedern der Pleuelstange 12 14 Kupplungselemente, 15 Kurbel, 16 Antriebswelle 17 Rückzugfeder, 18 Handkurbel, 19 Handdruckknopf 20 Lagerrahmen, 21 Grundplatte.

Konstruktion und Wirkungsweise des Schwungradantriebes.

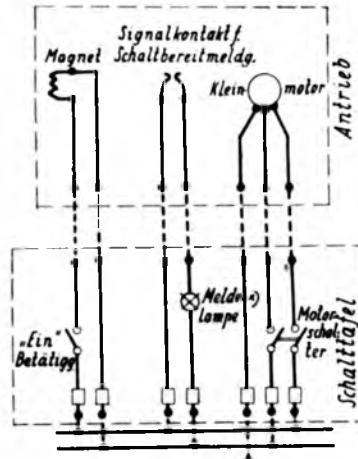
Eine konstruktiv durchgebildete Antriebsform, der ein dem Schwungradprinzip ähnlicher Gedanke zugrunde liegt, ist der vielverwendete amerikanische Fliehkraftantrieb („Motormechanism“⁵⁾). Bei diesem nach dem Prinzip des Zentrifugalregulators arbeitenden Apparat wird die Schaltbewegung direkt von der radialen Bewegung der Schwungkugeln abgeleitet, ist somit abhängig von dem Beschleunigungszustand des Systems. Der Fliehkraftantrieb ist also kein Schwungradantrieb im eigentlichen Sinn und die

⁵⁾ Gen. El. Rev. 18 (1925) S. 441, Journ. A. I. E. E. 46 (1927) S. 711.

Vorteile, die das letztere System bezüglich Kleinheit der Energiequelle und der Kraft-Notschaltung bietet, fallen weg.

Bei der konstruktiven Durchbildung des Schwungradsystems handelt es sich vor allem darum, eine sichere, die Gesamtkonstruktion des Apparates nicht wesentlich verteuernde Kupplung zwischen Schwungrad und Schalter vorzusehen. Reibungskupplungen oder elektromagnetische Kupplungen erfüllen diesen Zweck nicht, es muß schon eine starre Kupplung sein, die bei voller Drehzahl des Schwungrades durch Nah- oder Fernbetätigung willkürlich eingelegt werden kann und sich nach beendetem Einschaltvorgang, gleichfalls bei vollem Lauf des Schwungrades selbsttätig stoßfrei löst.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese Wirkung zu erzielen, eine eingehendere Behandlung derselben würde aber zu weit führen. Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, sämtliche umlaufenden Teile in ein geschlossenes, zwangsläufig



Bei Betätigung durch Gleich- oder Einphasenwechselstrom fällt die mit *) bezeichnete Leitung aus.

Abb. 8. Schwungradantrieb für Hochleistungsschalter (Normalschaltbild).

verbundenes Rädersystem so zusammenzufassen, daß das Ritzel des antreibenden Kleinmotors und das Schwungrad normalerweise mit 2900 U/min und das am langsamsten laufende Rad mit etwa 80 U/min umlaufen. Das langsam laufende Rad trägt mehrere untereinander gleiche Kupplungselemente, in deren Bahn auf der Kopf einer Pleuelstange fällt, die dann von dem Kupplungsrad über einen Winkel von etwa 140° mitgenommen wird. Hiebei erteilt die Pleuelstange über einen Kurbeltrieb der Schalterwelle die Einschaltbewegung.

An Hand der Abb. 7 sei die Wirkungsweise eines solchen Apparates kurz beschrieben⁶⁾. Bei Fernbetätigung wird vor der Einschaltung zunächst der Kleinmotor 1 an Spannung gelegt. Die volle Drehzahl des aus dem Motor 1, den Stirnräder 2, 3, 4, 5 und dem Schwungrad 6 bestehenden

⁶⁾ Die Abb. 7 stellt eine Sonderausführung von Schwungradantrieben dar, die gegenwärtig in der AEG-Transformatorenfabrik Berlin als Typen Fu 75 und Fu 125 hergestellt werden. (D. R. P. angemeldet.) Die konstruktive Ausgestaltung derselben stammt von M. Böttger

den Umlaufgetriebes ist nach 10 bis 15 sec erreicht. Dieser der Schaltbereitschaft entsprechende Zustand wird durch einen in der Abbildung nicht sichtbaren Kontakt mittels einer Lampe an die Schalttafel gemeldet. Der Kontakt wird durch ein Fliehkraftpendel betätigt, das im Zwischenrad 2 gelagert ist und außerdem mit einer Sperrvorrichtung 7 in Verbindung steht, die jedes erteilte Einschaltkommando solange unwirksam macht, bis die volle Drehzahl des Umlaufgetriebes erreicht ist. Das Einschaltkommando legt einen Magneten an Spannung, der über eine Hebelübersetzung die Sperrvorrichtung 10 löst. Der Kopf 11 der Pleuelstange 12 ist nun frei und kann sich unter Einwirkung der Federn 13 in die Bahn der an dem Rad 5 befestigten Kupplungselemente 14 bewegen. Nach erfolgter Kupplung wird die Kurbel 15 und die zum Schalterschloß führende Welle 16 in die Einschaltstellung gedreht. Nach Ende der Einschaltbewegung entkuppelt sich der Stangenkopf 11 selbsttätig von den Kupplungselementen 14 und wird durch die Wirkung der Feder 13 außerhalb deren Bahn gehalten. Das Umlaufgetriebe läuft weiter, ohne das bewegliche System des Schalters zu beeinflussen und bleibt nach Abschalten des Motors allmählich stehen. Nach der Ausschaltung des Schalters zieht die Rückzugsfeder 17 das Gestänge in die Ausgangsstellung zurück. Der Vorgang kann auch, während das Umlaufgetriebe noch in Bewegung ist, beliebig oft wiederholt werden.

Bei Kraft-Notschaltung wird das Umlaufgetriebe statt mittels des Motors 1 durch die Handkurbel 18 in Bewegung gesetzt, das Einschaltkommando wird nicht über den Magneten, sondern über den Handdruckknopf 19 auf den Mechanismus übertragen. Im übrigen ist die Wirkungsweise des Apparates genau dieselbe wie bei normaler Kraftschaltung.

Das Schwungradsystem bietet auch einige bemerkenswerte Vorteile in schaltungstechnischer Hinsicht. Zunächst können die häufig zu Störungen Anlaß gebenden Zwischenschütze und Unter-

brechungskontakte im allgemeinen wegfallen, da die geringfügige Leistung des Antriebsmotors und des Magneten ohne weiteres durch die Betätigungskontakte bewältigt werden kann und ein Verbleiben jener Organe in eingeschaltetem Zustand keine Gefahr mit sich bringt. Ferner ist die Anwendung des in vielen Fällen vorteilhaften Steuer-Quittungssystems durch die Notwendigkeit des Voranlaufes geradezu gegeben. Endlich kann noch erwähnt werden, daß sich alle Elemente, die zur Vermeidung des Pumpens (Wiederholung des Einschaltvorganges nach sofortiger Auslösung bei anhaltendem Einschaltkommando) notwendig sind, in einfachster Weise im Mechanismus unterbringen lassen, das heißt also, daß schaltungstechnische Maßnahmen in dieser Richtung erspart werden können. Abb. 8 zeigt die Einfachheit des Normalschaltbildes eines Schwungradantriebes.

Zusammenfassung.

Aus der Forderung nach weitgehender Verbilligung der Schaltgeräte ergibt sich — im Einklang mit der technischen Vervollkommenung der Flüssigkeits-Hochleistungsschalter — für die Kraftantriebe solcher Schalter eine Anzahl von Bedingungen, die durch die marktüblichen Systeme nicht restlos erfüllt werden. Es ist notwendig, prinzipielle Lösungen der Antriebsfrage zu suchen. Eine solche bietet die Anwendung des Schwungradsystems, das bei zweckmäßiger konstruktiver Durchbildung folgende Anforderungen erfüllt:

Hohe spezifische Leistungsfähigkeit, somit großer Verwendungsbereich und verbilligte Herstellung.

Einwandfreies Beherrschen von zusätzlichen Gegenkräften infolge von Stoßkurzschlußströmen, ohne daß die Einschaltgeschwindigkeit übersteigert, bzw. der Antrieb überdimensioniert werden muß.

Ersparnis besonderer Energiequellen, bzw. anderer Nebenapparate.

Sichere Kraft-Notschaltung.

Weitgehende Vereinfachung des Betätigungsstromkreises.

Die Neuordnung der Rundspruchwellen auf der Radiokonferenz zu Luzern 1933.

Von S.-R. Ing. H. Pfeuffer.

Die heutige Wellenverteilung im europäischen Rundspruch geht im wesentlichen auf den sogenannten Prager Plan¹⁾ vom Jahre 1929 zurück, der seinerseits wieder auf der allgemeinen internationalen Wellenverteilung durch die Washingtoner Radiokonferenz 1927²⁾ fußt.

Auf der letzten internationalen Radiokonferenz zu Madrid³⁾ 1932 wurde der internationale Wellenplan, der die Wellen bis herab zu 5 m Wellenlänge „band“-weise auf die verschiedenen Radiodienstarten verteilt, etwas abgeändert, und die Neuzuweisung der einzelnen Rundspruchwellen in Europa einer ausschließlich zu diesem Zweck abzuhalgenden Konferenz der europäischen Staaten vorbehalten (Madrider Zusatzprotokoll⁴⁾). Diese Konferenz wurde nun in Luzern am 15. Juni nach fünfwöchiger Tagung abgeschlossen.

Aufgabe der Konferenz war es, jedem einzelnen Land der europäischen Region durch Zuteilung entspre-

chender Wellen die Möglichkeit zu geben, einen inländischen Rundspruchdienst von ausreichend befriedigender Güte einzurichten. Die „europäische Region“ umfaßt hiebei außer Europa noch Rußland bis zum 40. Längengrad sowie die Randstaaten am Mittelmeere bis zum 30. Breitengrade mit Ausnahme der darin enthaltenen Teile von Arabien und Hedjaz.

Gleichzeitig mit der Wellenverteilung war auch die Leistung der einzelnen Sender zu regeln.

Die in Madrid für den europäischen Rundspruch reservierten Wellenbänder waren von vornherein für die europäischen Bedürfnisse nicht ausreichend, konnten aber nicht verbreitert werden. Es wurde deshalb schon in Madrid der grundsätzliche Beschuß gefaßt, einzelne weniger ausgenützte Frequenzstreifen aus den Wellenbändern der Marine, der Luftfahrt und der nicht öffentlichen Dienste dem Rundspruch in Europa zur Verfügung zu stellen. Die Feststellung dieser „Derogationswellen“ mußte selbstverständlich im Einvernehmen mit den Vertretern der betreffenden Dienste hervorgehen. Es waren deshalb in Luzern auch die internationalen

¹⁾ E. u. M. 47 (1929) S. 642.

²⁾ E. u. M. 46 (1928) Die Radiotechnik S. 45 ff.

Organisationen der Schiffahrt und Luftfahrt zugezogen. Es gelang schließlich, 20 Rundspruchstationen auf Derogationswellen außerhalb der Rundspruchbänder unterzubringen. Die Ermittlung dieser Wellen sowie der Bedingungen für die einzelnen Stationen (Sendestärke, allenfalls Richtantennen) stellte eine äußerst langwierige Arbeit dar, die auf Grund der letzten wissenschaftlichen Ergebnisse über Wellenausbreitung, Selektivität der Empfänger und Wirksamkeit der Richtantennen durchgeführt werden mußte. Ein zweites Problem von einschneidender Bedeutung war die Herbeiführung einer endgültigen Einigung mit Rußland, das zur Washingtoner Konferenz nicht zugelassen worden war und sich eine eigene unabhängige Wellenordnung geschaffen hatte. In Madrid wurde zwar eine gewisse Annäherung zwischen dem russischen und dem Weltplan erzielt. Rußland behielt sich jedoch als Partner des Madrider Vertrages vor, gewisse Wellenbänder, namentlich in dem Bereich zwischen 700 und 2000 m, abweichend von der übrigen Welt, und zwar vorwiegend für den Rundspruch zu benutzen³⁾. Es gelang in Luzern, Rußland von einem etwa 215 kHz breiten Band auf insgesamt neun einzelne Frequenzen zurückzudrängen. Diese neue endgültige Regelung stellt einen großen Fortschritt dar, weil sie die Schwierigkeiten, die die Verschiedenheiten des Weltplanes und des russischen Planes gerade in Europa besonders fühlbar werden ließen, auf ein Minimum herabsetzen.

Neben den vorgenannten Problemen schien jedoch das Hauptproblem, nämlich die Unterbringung aller bestehenden und projektierten europäischen Rundspruchstationen, deren Anzahl die Zahl der verfügbaren Wellen um annähernd 100 vH überschreitet, fast unlösbar. Nur mit ganz besonderer Zähigkeit konnte die Konferenz, die mehr als einmal vor dem Abbruch stand, weiter und zu einem brauchbaren Ende geführt werden. Der Luzerner Plan und der zugehörige Vertrag wurde schließlich von 27 Staaten, darunter Österreich, unterzeichnet. Sechs Staaten, und zwar Griechenland, Holland, Finnland, Schweden, Polen und Ungarn haben zunächst nicht unterzeichnet. Es besteht aber die berechtigte Hoffnung, daß auch diese Länder sich in irgendeiner Weise der neuen Ordnung einfügen werden, so daß der neue Wellenplan am 15. Jänner 1934, 1 Uhr Mitternacht in Kraft treten können wird.

Was die technische Seite des neuen Planes betrifft so ist kurz folgendes zu sagen:

Im Band von 200 bis 600 m wurde der bisher übliche Frequenzabstand von 9 kHz zwischen den frequenzbenachbarten Wellen aufrechterhalten. Es mußte, um die Überzahl der Sender unterzubringen, eine große Anzahl von Wellen gleichzeitig zwei oder mehreren Stationen in verschiedenen Ländern zugeteilt werden. Es wurden zahlreiche Stationen am Rande der europäischen Region, unter Bedachtnahme auf eine möglichst große gegenseitige geographische Entfernung, zu zweit aber auch zu dritt oder zu viert auf gleiche Welle gesetzt. Trotz der großen Entfernungen und der vorgeschriebenen genauen Synchronisierung von ± 10 Hz wird hierdurch zweifellos nachts der Wirkungsbereich der Stationen eingeschränkt und gleichzeitig der Empfang dieser Stationen im Auslande, namentlich im mittleren Europa beeinträchtigt werden. Aber es gibt eben derzeit praktisch keine andere und bessere Lösung. Dem Fortschritt in der Stabilisierung der Sendefrequenz Rechnung tragend, wurden im unteren Gebiet des genannten Wellenbandes zwei neue „internationale Gemeinschaftswellen (Type 1)“ geschaffen, die bei genügend guter Einhaltung der Sollfrequenz (± 10 Hz), die Verwendung einer Leistung von 2 kW je Station zulassen werden. Daneben blieb aber auch noch die alte Type der Gemeinschaftswelle (Type 2) mit der Leistungsbeschränkung auf 0,2 kW Leistung für rein lokale Zwecke bestehen. Weiters wurden als „nationale Gemeinschaftswelle“ einzelnen Ländern Wellen, ebenfalls aus dem niederen Bereich, zugeteilt, die unter der Voraussetzung einer Synchronisierung von ± 50 Hz von

einer beliebigen Anzahl von Sendern in dem betreffenden Lande und einer Leistung von je 5 kW pro Station benutzt werden können. Die Leistungen bei Verwendung von Einzelwellen sowie quasi-Einzelwellen (geteilten Wellen) wurden abgestuft und für Wellen zwischen 545 und 2727 m mit 100 kW, von 2727 m bis 240 m mit 60 kW und darunter bis 200 m mit 30 kW festgelegt. In der ersten Kategorie wurden für insgesamt sieben bereits bestehende oder in Konstruktion befindliche Sender, darunter den neuen österreichischen Sender „Bisamberg“⁴⁾, eine Leistung von 120 kW zugebilligt.

Die Verteilung in dem genannten Wellenbande dürfte aller Voraussicht nach in der Praxis gut entsprechen und kaum zu weiteren größeren Änderungen Anlaß geben. Österreich ist in diesem Bande mit drei Einzelhier einzelne weit voneinander entfernte Stationen auf den internationalen Gemeinschaftswellen (Type 1) vertreten.

Das anschließende Wellenband von 600 bis 1000 m enthält nur etwa zehn zumeist kleinere Stationen auf Derogationswellen in fremden Bändern.

Am wenigsten befriedigend liegen die Verhältnisse in dem Band zwischen 1000 und 2000 m. Da es vorläufig nicht gelungen ist, die Zahl der bestehenden Langwellensender abzubauen, vielmehr noch eine Anzahl projektiert Langwellensender neu aufgenommen werden mußte, konnten die Stationen in diesem Bande nur mit einem äußerst knappen Frequenzabstand (bis zu 7 kHz) eingesetzt werden und es mußten überdies auch hier einzelne weit voneinander entfernte Stationen auf die gleiche Welle gesetzt werden. Die ungünstige Gestaltung dieses Bandes war auch die Ursache, daß ein Teil der bereits erwähnten Staaten, die ihre Langwellenstationen beeinträchtigt sahen, zunächst nicht unterzeichneten. Trotzdem dürfte jedoch die Situation in den nächsten ein bis zwei Jahren kaum wirklich kritisch werden, da ein Teil der vorgesehenen Sender noch nicht besteht und möglicherweise überhaupt nicht so bald zur Errichtung kommt. Mittlerweile soll die Möglichkeit studiert werden, die Langwelle einiger kleinerer Länder (zum Beispiel Holland, Dänemark), die aus technischen Gründen nicht auf die Langwelle angewiesen sind, durch eine gute Welle aus dem 200–600 m-Band zu ersetzen. Wichtig ist, daß bereits in Luzern vereinbart wurde, daß jene Länder, die aus einer solchen Änderung im Langwellengebiet für ihre Langwellenstationen Nutzen ziehen werden, die notwendigen Opfer im unteren Wellenbereiche zu tragen haben werden. Die Höchstleistung der Sender oberhalb 1000 m wird 150 kW betragen können. Als einzige Ausnahme ist der Sender Moskau I mit einer Leistung von 500 kW, der stärkste Sender der Welt, vermerkt worden.

Im Verlaufe der Ausarbeitung des neuen Wellenbandes hat sich das Bedürfnis herausgestellt, eine Reihe von technischen Fragen betreffend die Ausbreitungsverhältnisse der Wellen, die Wirkung der sogenannten fadingfreien Antennen und der Richtantennen, ferner neuerdings die Frage der Einseitenbandtelephonie usw. weiter zu verfolgen. Die betreffenden Fragen werden an die im nächsten Jahre stattfindende Tagung des C. C. I. R. weitergeleitet. Selbstverständlich mußte auch die Möglichkeit einer allfälligen Revision des Luzerner Planes vorgesehen werden. Es soll längstens in zwei Jahren nach Inkrafttreten des Planes eine neue Wellenkonferenz zusammentreten, die aber auch schon früher einberufen werden kann, wenn ein Drittel der Vertragsländer dies wünscht. Im allgemeinen darf jedoch erwartet werden, daß man zunächst allseits bemüht sein wird, im Hinblick auf die Kosten, die die Anpassung der bestehenden Stationen an den Luzerner Plan erfordern werden, eine neuerliche Änderung des Planes so lange wie möglich zu vermeiden. Man wird sich auch jetzt intensiver als bisher dem Gleichwellenbetrieb⁵⁾ mehrerer Stationen in einem Lande und der lokalen Rundspruchversorgung mit Draht und Ultrakurzwellen zuwenden und trachten müssen, vor der nächsten Wellenkonferenz möglichst viel Erfahrung auf diesem Gebiete zu sammeln.

³⁾ E. u. M. 51 (1933) S. 326.

⁴⁾ E. u. M. 49 (1931) S. 562.

Rundschau.

Elektrizitätswerke, Elektrizitätsversorgung.

Das Pykara-Kraftwerk in Madras nützt in drei Freistrahlturbinen 32 700 PS bei einem Gefälle von rund 1000 m aus. Die Maschinensätze sind in einer Achsflucht aufgestellt. Jede 10 900 PS-Escher-Wyss-Turbine ist mit einem Metropolitan-Vickers-Generator von 7810 kVA, 50 Hz und 11 000 V bei 600 U/min gekuppelt. Die erzeugte Kraft wird mit derzeit 66, später 110 kV nach der 90 km entfernten Freiluftstation Coimbatore geleitet, wobei insgesamt 229 Masten zur Aufstellung kamen. Von Coimbatore wird die Energie mit 22 und 11 kV in andere Unterwerke geleitet.

(The Electrician 110 (1933) S. 516.)

Das Flutkraftwerk in der Mündung des Severnflusses sieht die Aufstellung von 72 Turbinen vor, deren Leistung bei Springflut je 17 000 PS beträgt. Die Erzeugung würde während einer Springflutperiode 4'68 Mill. kWh, während einer mittleren Flutperiode 3'19 Mill. kWh, während einer Nippflut 1'3 Mill. kWh betragen. Bei 706 jährlichen Gezeitenperioden ergibt sich daraus eine Jahreserzeugung von 2252 Mill. kWh, von denen etwa 45 Mill. kWh für die Betätigung der Schleusen und der Hilfseinrichtungen des Werkes benötigt würden, so daß eine Energiemenge von rund 2200 Mill. kWh jährlich am Schaltbrett zur Verfügung stünde. Diese Energiemenge vermindert sich infolge der Notwendigkeit, einige Pumpwerke aufzustellen, auf 1610 Mill. kWh. Die Herstellungsarbeiten würden etwa 15 Jahre beanspruchen, da ein fester Damm von 12 km Länge, ein Turbinedamm von 1'365 km Länge, sowie ein Schleusenwehr von 2 km Länge errichtet werden müßten. Die Gesamtkosten würden rund 50 Mill. Pfund betragen, so daß sich die kWh immer noch um 36 vH billiger stellen würde, als bei einem heutigen englischen Dampfkraftwerke. Durch den als Notstandssarbeit gedachten Bau würden während 15 Jahren im Mittel 12 000 Menschen beschäftigt werden.

(The Electrician 110 (1933) S. 454.)

Dampfmaschinen, Dampfturbinen.

Eine amerikanische Vorschaltturbinenanlage. Von E. Zetterquist im Burlington-Werk der Public Service Electric & Gas Co. in New Jersey ist ein von der Westinghouse El. and Mfg. Co. gebauter, mit Frischdampf von 455 atü und 455° arbeitender Vorschaltturbosatz aufgestellt worden, dessen Abdampf bei 145 atü Austrittsdruck den drei vorhandenen, für Dampf von 135 atü und 280° ausgelegten 12 500 kVA-Sätzen zugeführt wird. Die Frischdampfspannung für die Vorschaltturbine wurde verhältnismäßig niedrig gewählt, weil man später auch für die Kondensationsturbinen auf diese Spannung übergehen will. Gewöhnlich wird nur die Vorschaltturbine geregelt, so daß alle vier Turbinen zusammen eine Vierwellen-Verbund-Einheit mit einem Hochdruck- und drei parallelgeschalteten Niederdruckteilen bilden. Die mit einem 13 200 V-, 60 Hz-Drehstromerzeuger von 18 000 kW Leistung bei $\cos \varphi = 0.8$ samt zugehörigem 90 kW-, 250 V-Erreger gekuppelte Vorschalt-Überdruckturbine mit 19 Stufen ist die größte bisher für 3600 U/min gebaute Einheit. Der Läufer wird, um Schaufelbrüche zu vermeiden, beim Anlassen und Abstellen in eine von der Betriebsstellung verschiedene Lage in axialer Richtung verstellt und bleibt in dieser Lage, bis die Turbine genügend erwärmt bzw. abgekühlt ist. Die Regelung wird von einem auf der Turbinenwelle sitzenden Schaufelrad abgeleitet, das je nach der Turbinendrehzahl Drucköl von verschiedenem Drucke fördert und dadurch, entsprechend der Belastung, das Öffnen und Schließen der drei für 26 800, 40 750 und 56 200 kW Gesamtleistung der Anlage (einschließlich der Niederdruckturbinen) bestimmten Haupteinlaßventile steuert. Mittels eines Gegendruckreglers an der Vorschaltturbine kann der Eintrittsdruck an den Niederdruckturbinen gleich hoch gehalten werden. In diesem Falle und dann, wenn die Niederdruckturbinen allein arbeiten, treten natürlich die Drehzahlregler der Niederdruckturbinen wieder in Tätig-

keit. Bei nicht geregelten Niederdruckturbinen (s. o.) wirkt der Gegendruckregler der Vorschaltturbine nur als Lastbegrenzer für die Niederdruckturbinen, besonders wenn von diesen nur zwei oder nur eine mit der Vorschaltturbine zusammen arbeiten, weil sonst eine unzulässige Überlastung der Niederdruckturbinen eintreten könnte. Die Niederdruckturbinen können auch mit gedrosseltem und durch einen Heißwasserdampfkühler geleitetem 14.5 at-Dampf betrieben werden. Ein selbsttätig arbeitender Heißdampfkühler ist auch in die Verbindungsleitung zwischen der Vorschalt- und den Niederdruckturbinen eingebaut, damit in die letzteren nicht zu heißer Dampf eintritt. Schließlich ist auch durch eine Auspuffzweigleitung dafür Vorsorge getroffen, daß die Vorschaltturbine bei laufenden Niederdruckturbinen angelassen werden kann. Bei 40 750 kW Gesamtleistung der Anlage, wovon 16 690 kW auf die Vorschaltturbine und 24 060 kW zu im wesentlichen gleichen Teilen auf die anderen drei Turbinen entfallen, und bei 4075 kW Leistung der Hilfsantriebe, also 36 675 kW Nettoleistung beträgt der Dampfverbrauch der ganzen Anlage 3750 kcal/kWh gegen 6000 vor Aufstellung der Vorschaltanlage.

(Power 77 (1933) S. 74 u. 139.)

Elektrische Maschinen, Transformatoren.

Trägheitslose Schweißmaschinen mit besonders angepaßter Verbunderregung erfüllen, wie L. Roebele¹⁾ zeigt, die an Schweißstromerzeuger zu stellenden Forderungen: 1. Keine starken Stromstöße bei Zünden und Tropfenfall, 2. rasche Spannungswiederkehr beim Tropfenfall, 3. steile Spannungskennlinie zwecks konstanter Stromstärke bei verschiedenen Elektrodenabständen. Dies wird im Prinzip durch eine Verbunderregung erzielt, die aus einem magnetisierenden Zweig mit vorgeschalteter Induktivität und parallel hiezu einem entmagnetisierenden Zweig besteht. Beim Kurzschließen (Zünden und Tropfenfall) steigt daher der Strom in den magnetisierenden Windungen langsamer an als in den entmagnetisierenden, so daß die resultierenden AW zunächst rasch das Leerlauffeld zum Verschwinden bringen, um schließlich einen positiven Wert anzunehmen. Beim Abreißen des Lichtbogens erzeugt das verschwindende Feld der Induktivität einen über magnetisierende und entmagnetisierende Windungen fließenden Ausgleichstrom, der, im entmagnetisierenden Zweig entgegengesetzt verlaufend, magnetisierend wirkt, so daß das Feld nicht neu aufzubauen ist, sondern aufrecht bleibt, die Spannungswiederkehr somit sozusagen trägheitslos erfolgt. — Statt der Induktivität im magnetisierenden Zweig wird bei der praktischen Ausführung, wie K. Sachse²⁾ berichtet, die Gegenkompondwicklung (entmagnetisierender Zweig) mit magnetischen Shuntwegen versehen, so daß sie von der Kompondwicklung magnetisch entkuppelt ist und einen rascheren Stromanstieg als diese aufweist. Die Gegenkompondwicklung wird vom Schweißstrom durchflossen, die Kompondwicklung an Hilfsbürsten angeschlossen derart, daß das Luftpaltfeld unter den Wendepolen von Einfluß ist. Dieses setzt sich aus dem Feld der stark gesättigten Wendepole und dem mit dem Strom proportionalen Ankerquerfeld zusammen, so daß mit zunehmendem Strom abnehmende Spannung als die erforderliche steil abfallende Kennlinie entsteht. Durch die geschilderte Anordnung sind Umpolarisierungen bei Parallelbetrieb ausgeschlossen. Der Generator wird normaler Weise mit einem Flanschmotor in einem geschweißten Stahlgehäuse zusammengebaut und samt den erforderlichen Apparaten auf einem gefederten Karren montiert.

— h w —

Regelungsgeschwindigkeit von Gleichstrom-Regelsätzen und Stromwendung des Einankerumformers im Schlupfkreis. Von M. Zorn, Berlin. Ein Gleichstrom-Regelsatz besteht bekanntlich aus einem Asynchronmotor, einem mit diesem gekuppelten Gleichstrom-Hinter-

¹⁾ Z. V. D. I. 77 (1933) S. 153.

²⁾ BBC-Mitt. 20 (1933) S. 8.

motor und einem Einankerumformer, über den die Schlupfenergie des Asynchronmotors dem Gleichstrommotor zugeführt wird¹⁾). Beim Schwächen der Erregung nimmt der Hintermotor infolge seiner verminderten EMK einen erhöhten Strom vom Einankerumformer her auf. Der Regelsatz wird dadurch beschleunigt und stellt sich auf eine höhere Drehzahl ein. Entsprechend dem verminderten Schlupf geht die Drehzahl des Umformers zurück. Beim Verstärken der Erregung des Hintermotors tritt das Umgekehrte ein. Da plötzliche Drehzahländerungen die Stromwendung des Einankerumformers stören, ist die Regelgeschwindigkeit von Gleichstrom-Regelsätzen beschränkt. Die Zeit, die zum Übergang von einer zur anderen Drehzahl des Regelsatzes erforderlich ist, berechnet sich aus

$$t = \frac{GD_u^2}{p_u^2} (\pi f)^2 \left[\frac{s_1^2 - s_1^*}{2} (a + b) - \frac{s_1^* - s_1^*}{3} b \right];$$

$$a = \frac{0.81}{\vartheta U \cdot 10^{-3} J_g \cdot s^*}, \quad b = \frac{\zeta_b \cdot e_w' (m + 1)}{e_b s^* N^*}.$$

Dabei sind GD_u^2 Schwungmoment; p_u Polpaarzahl des Einankerumformers; f Netzfrequenz; s_1 und s_1^* Schlupf des Asynchronmotors vor und nach der Beschleunigung des Regelsatzes; U Gleichspannung des Umformers bei $s = 1$; ϑ Verhältnis von Wendepol- zu Gleichstrom-Ankerdurchflutung im Umformer; e_b zulässige Stegspannung, die beim Schlupf s^* und durch die Wendepoldurchflutung mit J_g' im leeraufenden Umformer erzeugt wird; e_w' Stromwandespannung beim Schlupf s^* und der Leistung $s^* N^*$; ζ_b berücksichtigt, daß von der Stromwandespannung e_w' der Betrag $\zeta_b \cdot e_w'$ infolge der Pulsationen der Ankerdurchflutung und anderer Ursachen unausgeglichen bleibt; $m = \frac{GD_m^2}{GD_u^2} \frac{p_u}{p_m}$; GD_m^2 Schwungmoment der beiden Motoren und des etwa vorhandenen Schwinggrades; p_m Polpaarzahl des Asynchronmotors.

Squz.
(ETZ 54 (1933) S. 471.)

Meßkunde.

Über ein neues astatisches Kompensationsmagnetometer. Von H. Gerdien und H. Neumann, Siemensstadt. Gegenüber der zu magnetischen Messungen, insbesondere ferromagnetischer Legierungen häufiger angewandten ballistischen Methode oder Wechselstrommessungen an ringförmigen Proben in der Brücke haben die magnetometrischen Messungen den Vorteil, auch langsam laufende Änderungen verfolgen zu können: zum Beispiel bei hochpermeablen Materialien, wie etwa Permalloy, wo besonders bei großen Probequerschnitten die durch Wirbelströme hervorgerufenen Nachwirkungszeiten erheblich groß werden. Aber auch für die Messung magnetisch sehr harter Materialien, wie zum Beispiel bei der Bestimmung des Temperaturkoeffizienten von Dauermagnetstahl, ist die magnetometrische Methode sehr bequem in der Anwendung. Das Hauptproblem bei den magnetometrischen Messungen ist die Beseitigung der Störungsempfindlichkeit. Das drehbare System des neuen Magnetometers besteht aus zwei von dem gleichen Strom durchflossene Spulen, die nach ihrer Windungsfläche möglichst genau entgegengesetzt gleich gebaut sind. Auf die untere Spule wirkt in der ersten Hauptschleife die in einer Feldspule liegende Probe. Das Feld der Feldspule kann, wie üblich, durch eine auf der entgegengesetzten Seite der unteren Spule liegende ebenfalls vom Feldstrom durchflossene Kompensationsspule am Ort der unteren Spule auf Null gebracht werden, so daß nur das von der Probe ausgehende Feld die untere Spule des drehbaren Systems beeinflußt. Auf die obere Spule wirkt das magnetische Feld einer stromdurchflossenen eisenfreien Toroidspule ein, in der ein messbarer Kompensationsstrom so einreguliert wird, daß er das von der Probe auf die untere Spule ausgeübte Drehmoment gerade kompensiert. Will man durch sehr große Annäherung der Probe an das Meßsystem besonders hohe Empfindlichkeit erreichen, so

kann man als Feldspule eine östlich und westlich der unteren Spule durchlaufende Magnetisierungsspule verwenden, deren Feldwirkung auf die untere Spule durch eine besondere, auf dem Toroid angebrachte Wicklung kompensiert wird, die auf die obere Spule wirkt. Letztere wird dabei immer von einem dem Feldstrom proportionalen, durch Abzweigung von diesem erhaltenen Strom durchflossen. Die Feldspule kann für diesen Zweck so aus einzelnen, in gleichem Abstande voneinanderliegenden Teilen aufgebaut werden, daß sie die Möglichkeit gibt, das Magnetometersystem in den Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Teilen einzubringen. So befindet sich die Probe auch bei sehr großer Annäherung an das System in einem wesentlich homogenen Feld. Um die erforderliche Homogenität des Feldes künstlich zu erzeugen, wurde ein System symmetrisch zur oberen Drehspule liegender magnetisch ost-westlich und nord-südlich orientierter Helmholtz-Gaugain-Spulen, angeordnet, die von Strömen derart durchflossen werden, daß nach Richtung und Größe der gewünschte Zusatzfeldvektor am Orte der oberen Spule erzeugt wird. Um die in den ost-westlich und nord-südlich orientierten Zusatzfeldspulen verlaufenden Stromkomponenten so justieren zu können, daß der gesuchte Zusatzvektor in kurzer Zeit gefunden werden kann, wurde eine Einrichtung getroffen, die den Betrag des Vektors getrennt von seiner Richtung zu verändern gestattet. Der wesentliche Vorteil des neuen Magnetometers ist die bequeme Wahl der Empfindlichkeit, die sich innerhalb weiter Grenzen durch den die Drehspulen durchfließenden Meßstrom einstellen läßt. Der Ersatz der permanenten Magnete durch stromdurchflossene Drehspulen ergibt den Vorteil, daß man bei kurzzeitigen, sehr großen magnetischen Störungen das empfindliche Meßsystem durch Ausschalten des Meßstromes vor Stößen und Aufpendelungen bewahren kann. Die Empfindlichkeit des neuen Magnetometers ist proportional dem Produkt von Windungsfläche und Meßstromstärke der Drehspulen und umgekehrt proportional der Direktionskraft der Aufhängung. Für praktische Messungen, wo man eine bestimmte Einstellzeit des Systems bei hinreichend großer Dämpfung zu erhalten wünscht, muß man ein möglichst leichtes System verwenden.

M. A. Sch.

(Wiss. Veröff. d. Siemens-Konz. 11 (1932) S. 12.)

Magnetismus und Elektrizitätslehre, Physik.

Über die Regulierung des Stromes in einer Funkenstrecke mit Hilfe eines äußeren magnetischen Feldes haben R. F. Earthart und H. A. Carrick. Untersuchungen angestellt. Geht ein elektrischer Strom an einer Funkenstrecke zwischen parallelen Plattenelektroden über, so ändert ein der Entladungsstrecke überlagertes magnetisches Feld die Intensität dieses Stromes. Auch wurde zwischen gewissen Grenzen von Plattendistanzen und Gasdrücken innerhalb der Funkenstrecke gefunden, daß ein Potential, das allein noch keine Entladung an der Funkenstrecke hervorrufen würde, eine solche bei Anwendung eines geeigneten Magnetfeldes zustandebringen, und daß die magnetische Feldstärke als Regulator für den Strom in der Funkenstrecke benutzt werden kann. Die Anordnung zum experimentellen Nachweis dieses Effektes besteht einfach aus zwei Plattenelektroden aus Kupfer, welche in einer kurzen Glaskugel eingebaut sind. Die Stromquelle ist in einigen Fällen ein Hochspannungstransformator für 60 Hz, in anderen Fällen ein Hochspannungs-Gleichstrom-Generator. Die Funkenstrecke befindet sich zur Gänze zwischen den Polshünen eines geeigneten Elektromagneten. Der Gasdruck innerhalb der Glaskugel wird bis zu einem Wert reduziert, der etwas geringer ist als der kritische Druck für die Funkenstreckenlänge, das ist dann, wenn die Röhre „hart“ zu werden beginnt. Unter diesen Bedingungen zeigt es sich, daß die Anwendung eines transversalen magnetischen Feldes eine Entladung zwischen den Elektroden schon bei Potentialen hervorruft, welche geringer sind als das normal beanspruchte Potential. Die Potentialdifferenzen betragen bei den Versuchen mehrere Hundert Volt, die

¹⁾ Vgl. W. Seiz, E. u. M. 42 (1924) S. 109, 128; 46 (1928) S. 873, 895, 909.

Magnetfeldstärken mehrere Tausend Gauß. Die Funkenstrecke hatte gewöhnlich eine Länge von 1 mm; als Gase wurden Luft bei 44 mm Hg und Wasserstoff bei 2 mm Hg. Druck benutzt.

Zur Erklärung nehmen die Autoren an, daß sich der Weg der Elektronen und Ionen bei der Entladung zwischen den Platten durch ein transversales Magnetfeld infolge der Krümmung ihrer Bahnen verlängert, um so mehr, je stärker das Magnetfeld ist. Somit wächst die effektive Funkenstreckenlänge. Ist die kritische Länge erreicht, so findet Stoßionisation statt und damit kräftige Glimmentladung. Mit wachsender Magnetfeldstärke steigt der Strom rapid an. Der Maximalstrom, welcher erhalten werden kann, hängt dann nur von der Größe der Elektroden ab. Bei Kugelektroden von 35 cm Durchmesser konnten Stromwerte zwischen 3 und 250 mA erreicht und reguliert werden, ohne die EMK oder den Ohmschen Widerstand im Funkenstreckenkreis zu ändern. Die Stromregulierung wird bloß durch Änderung der effektiven Funkenstreckenlänge mittels des äußeren Magnetfeldes bewirkt. Die neue Stromregulierung ist sehr empfindlich und zuverlässig.

M. A. Sch.

(J. Franklin-Inst. 215 (1933) S. 179.)

Verschiedenes.

Einige Bemerkungen zur Frage des Körperwiderstandes bei Hochfrequenz. Von N. N. Malow, Moskau. In früheren Arbeiten hat der Verfasser zusammen mit S. N. Rschewkin¹⁾ gezeigt, daß der innere Widerstand des Körpers groß gegenüber dem Hautwiderstand ist und daß er sich auf einen bei allen gesunden

¹⁾ Z. Hochfrequenztechn. 35 (1927) S. 177; 39 (1931) S. 93, 127.

Menschen fast gleichen Standardwert bringen läßt, während er sich bei Kranken merklich verändert. Auch die Frequenzabhängigkeit wurde untersucht und eine Abnahme des Widerstandes mit Erhöhung der Frequenz festgestellt. Diesmal wurde die Impedanz der Körper mittels Spannungs- und Strommessung bestimmt. Die Stromstärke wurde bis zur sogenannten Reizstromstärke, das ist jene Größe, die schon eine kaum merkbare Nervenreizung hervorruft, gesteigert. Bei den Versuchen der zwei vorgenommenen Meßreihen wurden einmal gut mit Kochsalzlösung befeuchtete, 250 cm² große Elektroden aus Stanniolblättern, das andere Mal 2 cm² große Messingelektroden verwendet. Als Stromquelle dient ein Röhrenregenerator, für die Strommessung Thermokreuz mit Hitzdrahtmilliamperemeter, für kleine Spannungen ein Röhrenvoltmeter. Die Abhängigkeit bei Frequenzen bis etwa 10⁴ Hz des Reizstromes J von der Frequenz f bei beiden Meßreihen ist durch die Beziehung gegeben $J = k \cdot f^n$, wobei $n = 0.7$ bei tiefen Frequenzen, $n = 1$ bzw. 1.4 bei höheren Frequenzen, und zwar bei der kleinen bzw. großen Elektrode. Die daraus und aus den Spannungsabfällen ermittelten Impedanzen, ergaben Übereinstimmung mit den früher auf andere Art gewonnenen Resultaten, d. i. die Unabhängigkeit des inneren Widerstandes von der Person und die Verschiedenheit des Hautwiderstandes von Mensch zu Mensch. In einer der früheren Arbeiten hat der Verfasser einen Weg angegeben, den inneren Körperwiderstand auf einen einheitlichen Wert zu reduzieren; der Wert dieses Widerstandes beträgt nach neueren Messungen nach dem Baden in radiumhaltigem Wasser (15 Mache-Einheiten) $550 \pm 20 \Omega$ für Männer und $690 \pm 20 \Omega$ für Frauen.

W. t.

(Z. f. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 41 (1933) S. 138.)

Vereins-Nachrichten.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.

Ein Unterausschuß des „Arbeitsausschusses für Elektrowärmegeräte“ (Obmann: Dr.-Ing. A. Velisek) des Regulativkomitees hat einen Entwurf von „Vorschriften für elektrisch beheizte Dauerwellengeräte“ ausgearbeitet, welcher hiemit zur Stellungnahme veröffentlicht wird. Abänderungsvorschläge sind dem Sekretariate des Elektrotechnischen Vereines in Wien VI., Theobaldgasse 12 bis spätestens 10. September d. J. einzusenden.

Wien, im Juli 1933.

Im Auftrage der Vereinsleitung:

Der Sekretär:

Ing. A. Marx e. h.

Vorschriften für elektrisch beheizte Dauerwellengeräte.

ENTWURF!

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.

Die Vorschriften treten am in Kraft. Geräte, welche zu diesem Zeitpunkte bereits in Verwendung stehen, dürfen dann weiter im Gebrauche bleiben, wenn sie den Bestimmungen der „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen — EVW 1“, der „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen — EVW 10“ und überdies den Bestimmungen des § 4, Pkt. 3 und § 5, Pkte. 9, 10 und 11 der nachstehenden Vorschriften entsprechen.

§ 2. Geltungsbereich.

Die Vorschriften gelten für direkt elektrisch beheizte und für indirekt elektrisch beheizte Dauerwellengeräte. Bei direkt elektrisch beheizten Geräten erfolgt

die Wärmeübertragung auf die Heizflächen unmittelbar durch elektrische Heizkörper; bei indirekt elektrisch beheizten Geräten erfolgt die Wärmeübertragung auf die Heizflächen durch einen eigenen Wärmeträger (Luft, Wasserdampf o. dgl.), der elektrisch erwärmt wird.

II. Bestimmungen.

§ 3. Geltende Vorschriften.

Für die Ausführung der Geräte gelten die „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen — EVW 1“, die „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen — EVW 10“ und die nachstehenden Bestimmungen.

§ 4. Spannungen und Anschluß an das Starkstromnetz.

1. Die Geräte sind nur für Nennspannungen bis 220 V zulässig; der Anschluß darf nur an Netze erfolgen, bei denen keine höhere Spannung als 220 V (+ 10 vH für Spannungsschwankungen) gegen Erde auftreten kann.

2. Normale Nennspannungen sind: 24, 42, 110, 220 V.

3. Bei Nennspannungen von 24 und 42 V darf der Anschluß der Geräte an das Starkstromnetz bei Gleichstrom nur durch Umformer mit elektrisch getrennten Wicklungen, bei Wechselstrom nur durch Umformer oder Transformatoren mit elektrisch getrennten Wicklungen erfolgen; die Anschlußtransformatoren müssen den „Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Schutztransformatoren mit Kleinspannungen — EVW 37“ entsprechen.

4. Jedes Gerät muß bei einer Abweichung von der Nennspannung um + 10 vH dauernd gebrauchsfähig bleiben.

§ 5. Bestimmungen für die Ausführung der Geräte.

1. Die Heizelemente direkt elektrisch beheizter Geräte können für Außenheizung, Innenheizung oder für beide Heizungen eingerichtet sein. Bei Außenheizung umschließen die Heizflächen den Haarwickel, bei Innenheizung umschließen das Haar den beheizten Wickler. Die Heizelemente müssen so gebaut sein, daß an keiner

Stelle der Heizflächen bei Betrieb mit der Nennspannung eine Temperatur von 300° vor Ablauf einer Zeit von 10 min erreicht wird.

Für indirekt elektrisch beheizte Geräte gilt bezüglich der Temperaturen an den Heizflächen sinngemäß das gleiche.

2 Bei direkt elektrisch beheizten Geräten müssen die einzelnen Heizelemente von der Anschlußleitung des Gerätes allpolig lösbar oder abschaltbar sein.

Bei elektrischer Außenheizung kann die Lösbarkeit durch eine zweipolige Steckvorrichtung (Steckdose und Stecker) erfolgen, wobei die Steckdose an der Anschlußleitung, der Stecker an der Leitung des Heizelementes anzubringen sind oder es kann die Lösbarkeit unmittelbar am Heizelement erfolgen, wobei an diesem ein Gerätestecker mit Schutzkragen gegen zufällige Berührung und an der Anschlußleitung des Heizelementes die Steckdose anzubringen sind.

Bei elektrischer Innenheizung kann die Lösbarkeit an den Heizelementen durch beiderseitige einpolige Steckvorrichtungen (Steckdose und Stecker) vorgesehen werden, wobei am Heizelement ein Gerätestecker mit Schutzkragen gegen zufällige Berührung und an der Anschlußleitung des Heizelementes die Steckdose anzubringen ist.

Bei den Steckvorrichtungen für die Lösbarkeit der Heizelemente muß der Durchmesser der Steckerstifte bzw. die Bohrung der Steckdosenhülsen mindestens 2,5 mm und der Mindestabstand der Mittel der Steckerstifte bzw. der Hülsen der Steckdose 10 mm betragen.

3 Der zulässige Mindestquerschnitt der Zuleitungen für die Heizelemente bzw. für die Einzelheizkörper beträgt $0,5 \text{ mm}^2$; die Zuleitungen dürfen nicht mittels der Hülsen oder Stifte der Steckvorrichtungen festgeklemmt werden und müssen an der Anschlußseite vom Zuge entlastet sein.

4 Als geringster Nenndurchmesser für die Widerstandsdrähte der Heizkörper ist 0,07 mm (mit einer Minustoleranz von 6 vH) zulässig.

5 Heizkörper müssen Einrichtungen haben, durch die das Eindringen von Feuchtigkeit auch an der Einführungsstelle der Leitungen, sowie eine Verletzung der Leitungen verhindert wird.

6 Alle Leitungen müssen den „Vorschriften über Bauart, Prüfung und Verwendungsbereich blander und isolierter Leitungen — EVW 9“ entsprechen; es dürfen nur gummiisiolierte Leitungen verwendet werden, welche über dem Leiter mindestens eine der gummiisiolierten Leitung „G“ entsprechende Gummihülle besitzen. Ausgenommen sind im Gerät verlegte Leitungen, für welche eine wärmebeständige Isolation notwendig ist. Für die Hauptleitung des Gerätes muß Gummischlauchleitung mindestens der Bauart Wsch verwendet werden.

7 An Einführungsstellen von Leitungen und bei Klemmvorrichtungen zur Höhenfeststellung müssen die Leitungen gegen starke Verbiegung und Verletzung geschützt sein. Wenn Leitungen über Rollen geführt werden, müssen die Rollen einen Mindestdurchmesser von 35 mm und einen Flanschdurchmesser von mindestens 45 mm haben.

8 Alle Steckvorrichtungen (Steckdose und Stecker) müssen aus isolierendem Baustoff bestehen; Stecker für 24 und 42 V dürfen nicht in Dosen für höhere Spannungen passen.

9 Steckvorrichtungen dürfen zur Ausschaltung der Geräte nur dann verwendet werden, wenn für das Gerät die Nennaufnahme 2500 W und die Stromstärke 25 A nicht überschreitet.

10 Steckvorrichtungen für Erdung müssen mit eigenem Erdungskontakt ausgerüstet sein, welcher derart anzugeordnet ist, daß beim Einsticken des Steckers in die Steckdose die Verbindung der spannungsführenden Kontakte erst erfolgen kann, wenn die Erdverbindung hergestellt ist. Weiters muß die Steckdose derart eingerichtet sein, daß gewöhnliche Stecker ohne Erdungskontakt nicht eingeführt werden können und auch beim Versuch ihrer Einführung keine leitende Verbindung herzustellen vermögen.

11 Bei Geräten mit Spannungen über 42 V muß für die Möglichkeit der Schutzerdung, das heißt Erdung, Nullung oder Schutzschaltung aller der Berührung zugänglichen Metallteile gesorgt werden. Bei Geräten mit Spannungen bis 42 V ist diese Schutzerdung nur für die der Berührung zugänglichen Metallteile des Umformers bzw. Transformators für den Anschluß an das Netz vorzusehen. Für die Ausführung der Schutzerdungen werden die „Leitsätze für Erdungen und Nullung in elektrischen Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde — EVW 12“ empfohlen.

§ 6. Prüfung der Geräte.

A. Modellprüfung.

1 Die lösbareren Heizelemente samt Wickler der direkt elektrisch beheizten Geräte sind 5-mal aus 15 m Höhe auf eine mindestens 5 mm dicke Eisenplatte fallen zu lassen; bei dieser Prüfung dürfen weder spannungsführende Teile der Berührung zugänglich, noch äußere Teile spannungsführend werden. Die Prüflinge müssen sodann der Isolationsprüfung nach Pkt. 5 im kalten Zustand (Anlieferungszustand) und auch im betriebswarmen Zustand genügen.

Auf indirekt elektrisch beheizte Geräte findet die Fallprobe keine Anwendung.

2 Die lösbareren Heizelemente samt Wickler der direkt elektrisch beheizten Geräte sowie die Heizelemente samt Wickler und zugehörigen Heizkörpern der indirekt elektrisch beheizten Geräte werden bei einer Raumtemperatur von 20° freihängend 25-mal mit der 118-fachen Nennspannung je $\frac{1}{2}$ Stunde mit je einer Abkühlungspause von mindestens $\frac{1}{4}$ Stunde belastet.

Unmittelbar nach dieser Prüfung müssen die Heizelemente bzw. Heizkörper elektrisch betriebsfähig sein und die in Pkt. 5 vorgeschriebene Isolationsprüfung aushalten.

3 Die Prüflinge sind nach 8-stündigem Lagern im Prüfraume — um die Angleichung an die Raumtemperatur zu erreichen (15° bis 25°) — einem darauffolgenden 16-stündigen Bade in einem mit Feuchtigkeit gesättigten Raum*) auszusetzen. Unmittelbar nachher müssen die Geräte der Isolationsprüfung nach Pkt. 5 genügen, jedoch braucht der Isolationswert bei der Isolationsmessung nicht höher als 0,5 Megohm sein.

4 Das gebrauchsfertig montierte Gerät ist nach Beendigung der vorgenannten Prüfungen noch einer Isolationsprüfung gemäß Pkt. 5 im kalten Zustand zu unterwerfen.

5 Bei der Isolationsprüfung ist zunächst der Isolationswert mit 500 V Gleichspannung zu messen; er darf 2 Megohm nicht unterschreiten. Sodann ist die Spannungsprobe vorzunehmen; es müssen spannungsführende Teile der Heizelemente, der Heizkörper bzw. des ganzen Gerätes gegen die Metallteile einer Wechselspannung von mindestens 1500 V und 50 Hz 1 min lang widerstehen können. Die zur Prüfung benutzte Stromquelle soll eine Leistung von wenigstens 0,5 kVA haben.

B. Stückprüfung.

Die Heizelemente bei direkter elektrischer Beheizung sowie die Heizelemente samt Heizkörper bei indirekter Beheizung sind auf Einhaltung der auf dem Schilde angegebenen Nennaufnahme zu prüfen; die zulässige Toleranz beträgt ± 10 vH. Hierauf ist die im Pkt. 5 angegebene Isolationsprüfung am gebrauchsfertig montierten Gerät vorzunehmen.

*) Ein mit Feuchtigkeit gesättigter Raum kann z. B. hergestellt werden, indem die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden. Die Feuchtigkeit entsteht also durch Verdunsten des eingeschlossenen Wassers.

Metallmarkt.

Berlin (Nach N. Fr. Preuse) Mk. je 100 kg.
Kupfer 19. VII. 20. VII. 21. VII. 22. VII. 24. VII. 25. VII.

Electrolytic 60% 60% 60 59 59 58

London (Nach „Mining Journal“ v. 21. VII.) t (1016 kg)

Kupfer: Pt. sh d Pt. sh d

Electrolytic 41 0 0 42 0 0

Wire bars 42 0 0 — — —

Bar: Engl. pig common 14 15 0 — — —