

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 54 (1963)  
**Heft:** 20  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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:** 17.02.2026

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

Das CE 7 trat unter dem Vorsitz seines neuen Präsidenten, G. E. A. Bramley (Grossbritannien), zu einer anderthalbtägigen Sitzung zusammen, um seine eigene Organisation sowie verschiedene von einer Arbeitsgruppe ausgearbeitete Dokumentenentwürfe zu behandeln.

Auf Grund eines vom Comité d'Action in Bukarest am 7. Juli 1962 gefassten Beschlusses hätte das CE 7 seinen Tätigkeitsbereich entsprechend der neu vorgeschlagenen Benennung «Nackte Leiter aus Aluminium und deren Legierungen» erweitern sollen. Nach eingehender Prüfung der sich daraus ergebenden Sachlage und der eingegangenen Bemerkungen wurden schlussendlich einstimmig folgende Beschlüsse gefasst:

1. Die alte Organisation, d. h. das CE 7 mit der neuen Benennung «Nackte Leiter aus Aluminium» (Sekretariat: Kanada, Vorsitz: Dr. Bramley) und sein SC 7A mit der neuen Benennung «Nackte Leiter aus Aluminiumlegierungen» (Sekretariat: Schweiz, Vorsitz: Ing. Dassetto) bleibt unverändert.

2. Das Comité d'Action wird eingeladen, ein neues CE mit der Benennung «Nackte Leiter aus Kupfer» zu gründen. Dieses Komitee soll ein Unterkomitee für das Studium der «Methoden für elektrische Messungen» bilden, zu dessen Arbeiten auch Interessenten des CE 7 einzuladen sind. Für das Sekretariat des neuen CE wurde Frankreich vorgeschlagen.

3. Der Tätigkeitsbereich des CE 7 und des SC 7A ist der folgende:

«Aufstellung internationaler Empfehlungen betreffend:

- International vereinbarte Grundwerte des elektrischen Widerstandes von Aluminium und Aluminiumlegierungen.
- Normen über elektrische und mechanische Eigenschaften elektrischer Leiter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen.
- Normen über physikalische Eigenschaften verzinkter Stahldrähte, die für die mechanische Verstärkung von Bimetalleitern und für Erdleiter verwendet werden.
- Normen über nackte Leiter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, massiv oder verseilt, mit oder ohne Stahlseele.
- Normen über Stromschienen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen.»

Mit einigen, hauptsächlich redaktionellen Berichtigungen wurden die Dokumente 7(Sekretariat)315/316/317 betreffend Empfehlungen für Leiter aus Stahlaluminium, Aluminium und AlMgSi-Legierungen verabschiedet. Der Text der Empfehlungen für Leiter aus Stahl-AlMgSi-Legierungen, der noch nicht unter den Nationalkomitees verteilt wurde, wird in ähnlicher Weise vom Sekretariat revidiert. Diese vier Dokumente, womöglich vereinigt, sollen im Laufe des kommenden Monats November 1963 den Nationalkomitees unter der 6-Monate-Regel verteilt werden. Sie sollten dann anlässlich der CEI-Plenarsitzung in Aix-les-Bains (Juni 1964) endgültig angenommen werden.

Es wurde ferner beschlossen, das Dokument 7(Suisse)224 betreffend verschiedene Aluminiumsorten (1/4-, 1/2-, 3/4- und 4/4-Hart) ebenfalls anlässlich der nächsten Sitzung zu behandeln.

G. Dassetto

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Leistungstransformatoren für Spannungen von 700 kV

621.314.21.027.87

Noch vor wenigen Jahren benötigte man Spannungen von mehr als 250 kV höchstens für Prüfzwecke. Prüftransformatoren, welche für Spannungen von etwa 600...1200 kV gebaut worden sind (und heute gebaut werden), gelten als interessante technische Leistungen. Heute müssen sich aber auch die Hersteller von Leistungstransformatoren schon mit so hohen Spannungen befassen. Der Grund dazu liegt in dem enorm starken Wachstum der Bevölkerung und der damit zunehmenden Technisierung des modernen Lebens, das in den letzten 2...3 Jahrzehnten zu einer sehr grossen Steigerung des Elektrizitätsverbrauches führte. Dies hat zur Folge, dass für die wirtschaftliche Übertragung der dauernd grösseren Energiemengen in sehr rascher Folge zu immer höheren Übertragungsspannungen gegriffen werden muss.

Noch ist in der Schweiz die erste Hochspannungsleitung für 400 kV vom Bündnerland bis zum Unterwerk «Breite» [bei Basersdorf (ZH)] nicht im Betrieb; trotzdem hört man schon aus verschiedenen anderen Ländern von Versuchen mit Übertragungsspannungen von 500, 650, 730 kV, wobei diese Versuchsleitungen natürlich nicht mehr nur mit Prüf-, sondern mit eigentlichen Leistungstransformatoren unter Spannung gesetzt werden müssen.

In den Vereinigten Staaten sind beispielsweise seit 1960 bzw. 1961 solche Versuchsanlagen im Betrieb, wie das Höchstspannungsprojekt der General Electric mit 500...700 kV und die Apple Grove Leitung mit 775 kV. An der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) von 1962 in Paris wurde sehr ausgiebig über diese Höchstspannungsübertragungen diskutiert. Für die Anwendung solcher Spannungen über 400 kV interessieren sich vor allem die USA, Kanada, Schweden und Russland. Anfangs 1963 hat Kanada bereits die ersten grossen Aufträge für 730-kV-Material vergeben, mit der Absicht, im Jahre 1965 Fernleitungen für diese Spannung in Betrieb zu setzen.

Zu den wichtigsten Teilen einer solchen Energie-Übertragung gehören natürlich die *Transformatoren*. Für die Versuchsstrecken

in Amerika sind solche bereits ausgeführt worden. Der Transformator der General Electric weist bei einer Frequenz von 60 Hz eine dreiphasige Leistung von 40 MVA auf. Er transformiert in Autoschaltung von 134 auf 650 kV (bei Übererregung bis 750 kV) und wurde für Prüf-Stoßspannungen von 550 bzw.

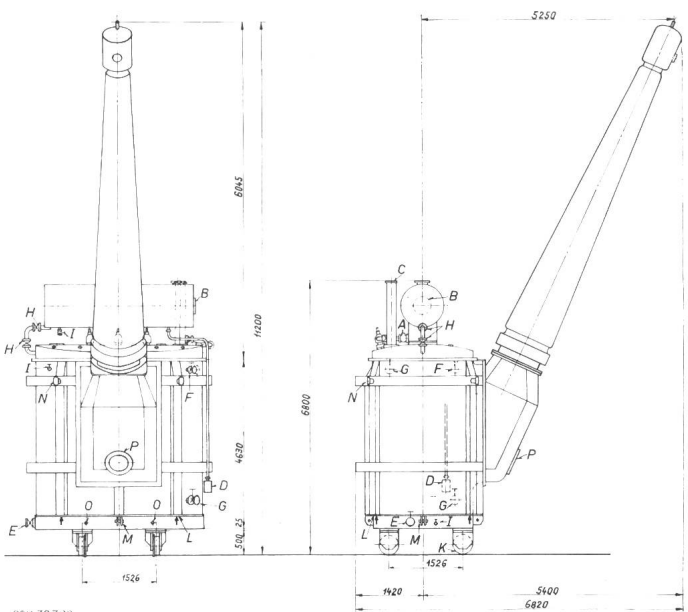


Fig. 1

Prototyp eines Einphasen-Transformators, 16,3/700 kV, 33,3 MVA

A Buchholzschutz; B Ölstandzeiger; C Sicherheitsventil; D Luftentfeuchter; E Ölabblasshahn; F Filteranschluss; G Ölkühlerschieber; H Schieber für Ölkonservator; I Ölprobehahn; K Rollen; L Anhebstellen für Hebeböcke; M Zugösen; N Anhängelösen; O Erdungsschrauben; P Schauglas

1925 kV ausgelegt. Das Gesamtgewicht dieses Transformators beträgt 275 t. Für Apple Grove baute Westinghouse einen dreiphasigen Autotransformator mit 125 MVA Durchgangsleistung, bei einer Übersetzung von 138/750 kV.

In Europa wurden bisher noch keine 700-kV-Leistungstransformatoren hergestellt. Die rasche Entwicklung auf diesem Gebiet liess es jedoch auch für die schweizerische Exportindustrie als ratsam erscheinen, die nötigen Entwicklungsarbeiten rechtzeitig an die Hand zu nehmen, um auf dem internationalen Markt mit Material für Spannungen bis etwa 750 kV konkurrenzfähig zu bleiben. Die *Maschinenfabrik Oerlikon* hat deshalb schon im Herbst 1962 mit dem Bau eines entsprechenden Transformator-Prototyps begonnen. Diese einphasige Einheit besitzt eine Leistung von 33,3 MVA bei einer Übersetzung von 16,3/700 kV. Sie soll hochspannungsseitig mit 2000 kV Stoss- und 900 kV induzierter Wechselspannung geprüft werden. Dieser Transformator wird an der Expo 1964 in Lausanne zu sehen sein, wobei entsprechende Öffnungen am Kessel auch einen Blick auf Wicklungen und Eisenkern gestatten werden. Sein Gewicht beträgt ohne Öl 62 t und seine Höhe vom Boden bis zum Ende der Hochspannungsdurchführung wird 11,2 m betragen.

Besondere technische Probleme bot naturgemäss die Hochspannungsisolierung bzw. die zweckmässige Anordnung von Wicklungen und Verbindungen. Zur Abklärung dieser Fragen musste eine grosse Zahl von Detailversuchen teils im elektrolytischen Trog, teils an Isolationsmodellen durchgeführt werden, wobei die praktischen Erfahrungen aus dem erfolgreichen Bau von 400-kV-Transformatoren sehr zustatten kamen. Eine wichtige Einzelheit bilden die Hochspannungsdurchführungen, welche ebenfalls erstmals für solche Spannungen fabriziert werden. Um den Transformator-Prototyp sicher mit den erwähnten Spannungen prüfen zu können, wurde eine Durchführung der Micafil AG mit 850 kV Nennspannung und einer Stoss-Haltespannung von 2750 kV gewählt.

Dieser Transformator wird nach Ausstellung an der Expo weiteren Entwicklungsversuchen im Werk des Herstellers dienen. Später kann er z. B. einem Elektrizitäts-Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, um Versuche mit einer 700-kV-Übertragungsleitung zu ermöglichen.

H. Lutz

### Considération sur l'éclairage des salles d'écoles équipées de récepteurs de télévision

628.977.2 : 727.992 : 621.397.62

[D'après Leigh A. Roehr: Lighting Consideration for classroom television viewing. Ill. Engineering 58(1963)4, p. 323...327]

L'extension prise par la télévision dans l'enseignement pose le problème de l'éclairage des salles d'écoles lors des séances de TV.

Le but à atteindre consiste à établir des contrastes, entre tâche visuelle, fond et entourage, assurant le confort visuel si recherché.

Un certain nombre d'expériences ont été faites récemment en Amérique sur ce sujet. Une salle d'école, longueur 8,1 m, largeur 6,3 m, hauteur 3,3 m a été équipée de la façon suivante:

1 récepteur de télévision du type utilisé pour les salles d'écoles,

3 sortes d'éclairage artificiel soit:

a) éclairage indirect par incandescence, réglable de 0 à 1000 lx;

b) éclairage par tubes fluorescents sans écrans avec 2 niveaux 750 lx et 1500 lx;

c) comme b) mais avec écrans.

La luminance de chaque point d'images caractéristiques a été mesurée pour permettre de calculer les pertes de contraste en fonction des systèmes d'éclairage et de la luminance du fond (réglage de la luminance de l'écran).

Les mesures effectuées ont donné une valeur de 85 cd/m<sup>2</sup> pour la luminance moyenne des images TV. En se basant sur des expériences antérieures faites dans des salles de cinémas, on peut admettre pour la luminance de l'écran TV, produite par l'éclairage général, 1/10<sup>ème</sup> de cette valeur soit 8,5 cd/m<sup>2</sup>.

Il y a 3 possibilités de diminuer les pertes de contraste sur les images de TV: régler l'éclairage général en direction et inten-

sité, placer un paralume sur le récepteur TV, créer des images ayant un bon contraste et une bonne luminance.

Les réflexions sur les écrans de TV jouent un rôle beaucoup plus important que l'illumination de celui-ci par l'éclairage général. Il faut placer le récepteur TV de façon que les réflexions de lumière par les vitres ne puissent être vues d'aucune place, c'est-à-dire près des fenêtres, mais cela n'est pas possible à cause de l'éblouissement dû précisément aux fenêtres. Les stores doivent donc être baissés lors de séances de TV. Il faut encore prendre garde aux lampes qui ne sont pas convenablement placées.

Le rapport entre la luminance de l'écran et celle des parois de la classe est un facteur important du confort visuel de l'élève. Il devrait se situer entre 1...3 et 1...1.

Etant donné la valeur moyenne constatée de 85 cd/m<sup>2</sup> pour la luminance de l'écran de TV, l'éclairement moyen de la classe devra se situer entre 425 et 750 lx pour obtenir un bon confort visuel. Ces valeurs sont assez courantes en Amérique du Nord.

En conclusion, l'on peut dire d'une façon générale que lors de séances de TV dans les salles d'écoles, les lampes pourront être allumées, ce qui permettra aux élèves de prendre des notes et les stores ou rideaux devront être baissés pour obtenir le confort visuel recherché.

P.-F. Rollard

### Kurznachrichten über die Atomenergie

621.039

Am 14. und 15. Juni 1963 feierte die Schweiz. Gesellschaft für Radiologie und Nuklearmedizin in Bern ihr 50jähriges Bestehen.

In Griechenland soll versuchsweise ein Sterilisierungsverfahren zur Ausrottung der Olivenfliege eingesetzt werden. Das Verfahren sieht vor, männliche Fliegen in grossen Massen zu züchten und nachher durch Bestrahlung zu sterilisieren. Mittels dieser Methode soll es möglich sein, diese Insekten, die der Landwirtschaft grosse Schäden zufügen, wenigstens zu reduzieren.

Eine internationale Konferenz über die Haftpflicht für Atomschäden nahm am 19. Mai 1963 einstimmig die Wiener Konvention über die zivilrechtliche Haftung für Atomschäden an.

Die wichtigsten Bestimmungen der Konvention sind die folgenden:

Der Unternehmer, der eine Atomanlage betreibt, ist für alle Atomschäden, die durch seine Anlage oder durch Kernmaterial auf dem Weg zur oder von der Anlage verursacht werden, absolut haftbar; daher braucht sich der Geschädigte nicht der schwierigen Aufgabe zu unterziehen, das Verschulden des Unternehmers nachzuweisen, wie es die üblichen Vorschriften für konventionelle Risiken fordern. Der Geschädigte kann nur den Unternehmer haftbar machen. Jeder Staat kann die Höhe der Haftpflicht seiner Unternehmer begrenzen, aber der Betrag von 5 Millionen Dollar für jedes Schadenereignis darf dabei nicht unterschritten werden und muss durch Versicherungen oder andere finanzielle Garantien gedeckt sein. Anderenfalls ist der Staat, auf dessen Gebiet sich die betreffende Anlage befindet, verpflichtet, bis zu diesem Betrag Schadenersatz zu leisten. Es steht den Staaten natürlich frei, höhere Grenzen festzusetzen, und eine Anzahl Staaten hat dies auch bereits getan. Um die Industrie, die einschlägige Materialien liefert, gegen Risiken zu schützen, die nicht durch eine Versicherung zu decken sind, hat der Unternehmer nur dann ein Regressrecht gegenüber dem Lieferanten, wenn dieser den Schaden absichtlich verursacht oder einen Regress vertraglich akzeptiert hat.

In der Regel werden alle Ersatzansprüche zehn Jahre nachdem der Schadenfall sich ereignet hat, erlöschen. Die Konvention zielt auch darauf ab, einen einzigen Gerichtshof für die Erledigung sämtlicher aus einem Schadenfall resultierender Ansprüche zu bestimmen. Dadurch werden für Unfallopfer wie für Unternehmer zahlreiche mühselige und verwinkelte prozedurale Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt.

Die Konvention soll lediglich dazu dienen, Minimalbestimmungen hinsichtlich Haftpflicht für Atomschäden aufzustellen.

Der Gesetzgebung der einzelnen Länder und regionalen Abkommen wird dabei weiter Spielraum für die Einführung höherer Normen im Interesse der Unfallopfer und der Industrie gelassen.

Für die unterkritischen Anordnungen der finnischen Technischen Hochschule bei Helsinki liefert die Sowjetunion 370 Brennelemente, von denen jedes etwa 80 g auf 10 % mit dem Isotop U-235 angereichertes Uran enthält. Die totale Lieferung beträgt somit etwa 3 kg Uran-235.

Schi.

## Ionisation im Papier-Öl-Dielektrikum bei Gleichspannung

621.319.4 : 621.315.614.6

[Nach W. T. Renne, S. I. Stepanov und D. S. Lavrova: Ionisationsvorgänge im Dielektrikum von Papier-Kondensatoren unter der Einwirkung von Gleichspannung, Elektrichestvo, —(1963)5, S. 67...71]

Die in der Literatur geäußerte Meinung, dass die Alterung von Papier-Kondensatoren bei Dauereinwirkung von Gleichspannung und erhöhter Temperatur rein elektrochemischer Natur sei, beruht hauptsächlich auf Ergebnissen von Untersuchungen, die an Kondensatoren mit chlorierten polaren Tränkmitteln durchgeführt worden sind. In diesem Fall kann der Alterungsvorgang erheblich von demjenigen in Papier-Kondensatoren mit unpolaren Tränkmitteln, wie z. B. Mineralöl, oder Vaseline, sowie dem in letzter Zeit verwendeten Oktol, abweichen.

Es bestand besonders Interesse, abzuklären, in welchem Masse Ionisationsvorgänge die Alterung des Dielektrikums in solchen Kondensatoren unter der Einwirkung einer Dauerbelastung mit Gleichspannung bei erhöhter Temperatur bestimmen können.

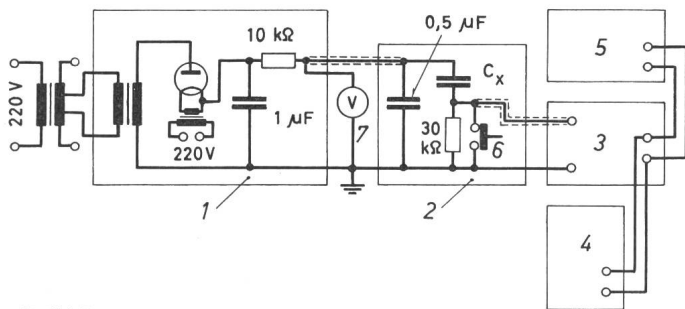
Für die Durchführung der Versuche wurde eine Einrichtung benutzt, deren Schema Fig. 1 wiedergibt. Sie bestand aus einem 15-kV-Gleichrichter, einer abgeschirmten Versuchskammer für die untersuchten Kondensatoren, einem Breitband-Linear-Verstärker, einem Kathodenstrahl-Oszillographen und einem Messgerät für die Ionisations-Intensität.

Die Bewertung der Ionisations-Intensität erfolgte entweder nach der Anzahl der Impulse in der Zeiteinheit oder in relativen Einheiten nach einem Integral-Zähler, dessen Angaben von der Impulszahl und deren Amplitude abhingen. Die Empfindlichkeit der Einrichtung erlaubte die visuelle Ablesung von Impulsen bis 50  $\mu\text{V}$  auf dem Oszillographenschirm, was einer Stromänderung im Prüfobjekt um  $1,5 \times 10^{-9}$  A entspricht.

Als Versuchsobjekte dienten Fabrikationsmuster normaler Kondensatoren mit einer Nennkapazität von 0,01 bis 1  $\mu\text{F}$  bei einer Nennleichspannung von 2 bis 3 kV, sowie Versuchskondensatoren mit Oktol-Tränkung. Die Temperatur der Versuchskondensatoren konnte auf einen konstanten Wert mit einer Genauigkeit von  $\pm 3^\circ\text{C}$  einreguliert werden.

Bei den Versuchen über den Einfluss der Restfeuchtigkeit und der Lufteinschlüsse auf die Ionisationseigenschaften des Papier-Öl-Dielektrikums wurden Muster mit einer Kapazität von ca. 1000 pF verwendet, die aus fünf Lagen Kondensator-Papier von je 10  $\mu\text{m}$  Satinage A bestanden.

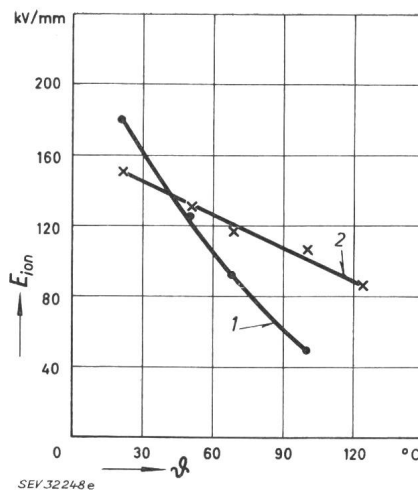
Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Ionisationseinsatzspannung von der Temperatur wurde die angelegte Gleichspannung



SEV.32247

Fig. 1

**Schema der Einrichtung zur Messung der Ionisation bei Gleichspannung**  
1 Gleichrichter; 2 Kammer für den untersuchten Kondensator; 3 Verstärker; 4 Kathodenstrahl-Oszillograph; 5 Zählgerät; 6 Druckknopf zum Kurzschließen des Verstärkereinganges; 7 elektrostatisches Voltmeter



SEV.32248 e

Fig. 2

**Abhängigkeit des Ionisationseinsatzgradienten  $E_{ion}$  von der Temperatur  $\theta$  in Papierkondensatoren bei Gleichspannung**

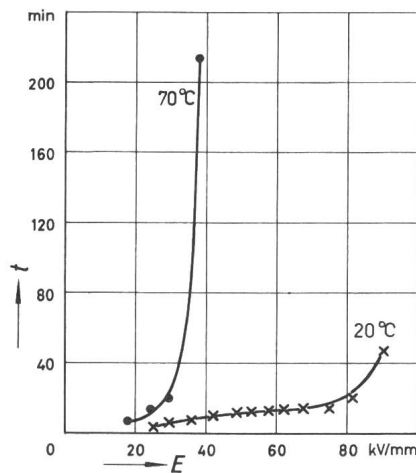
1 Imprägnierung mit Mineralöl; 2 Imprägnierung mit Oktol

mit einer Geschwindigkeit von 2 kV/min bis zum Auftreten von Ionisationsimpulsen gesteigert. blieb die Ionisation bei konstant gehaltener Spannung während 3 min bestehen, so galt der erreichte Spannungswert als Ionisationseinsatzspannung. In einzelnen Fällen, in denen die Ionisation vor Ablauf der 3 min erlosch, wurde die Spannung um 500 V erhöht. Bei dieser Spannung blieb dann die Ionisation während 3 min bestehen, so dass dieser Wert als Ionisationseinsatzspannung registriert wurde.

Es wurden 20 Papier-Öl-Kondensatoren und 18-Papier-Oktol-Kondensatoren untersucht. Fig. 2 gibt die Ergebnisse der Untersuchung über den Temperatureinfluss auf die Ionisationseinsatzfeldstärke wieder und zeigt, dass im Gebiet oberhalb 40 °C der Ionisationseinsatzgradient der mit Oktol getränkten Kondensatoren höher war als bei Mineralöl-Imprägnierung; bei 100 °C erreicht das Verhältnis dieser Werte 2 : 1.

Ferner wurde untersucht, wie weit das bei Ionisationsvorgängen erzeugte Gas den Ionisationseinsatz bei Gleichspannung beeinflusst, bzw. wie weit eine Erholung des Dielektrikums nach Abschalten der Gleichspannung auftritt und welche Rolle dabei die Temperatur spielt. Es war zu erwarten, dass bei erhöhten Temperaturen einerseits eine grössere Gaslöslichkeit des Öles, andererseits jedoch eine Intensivierung der Ionisationsvorgänge infolge einer Erniedrigung der Zeitkonstanten des Kondensators auftritt.

Im Verlauf der Versuche wurde festgestellt, dass die Anwesenheit eines Luftkissens im Kondensator eine grosse Rolle spielt. Dieses Luftkissen begünstigt die Sättigung des Öles mit Luft und reduziert damit das Gasaufnahmevermögen, was seinerseits die Widerstandsfähigkeit des Kondensators gegen Ionisation herabsetzt.



SEV.32249 e

Fig. 3

**Abhängigkeit der Zeit  $t$  bis zum Erlöschen der Ionisation, nach ihrer Entstehung bei Steigerung der Spannung, von der Feldstärke  $E$  bei zwei Werten der Temperatur für einen Papier-Öl-Kondensator**



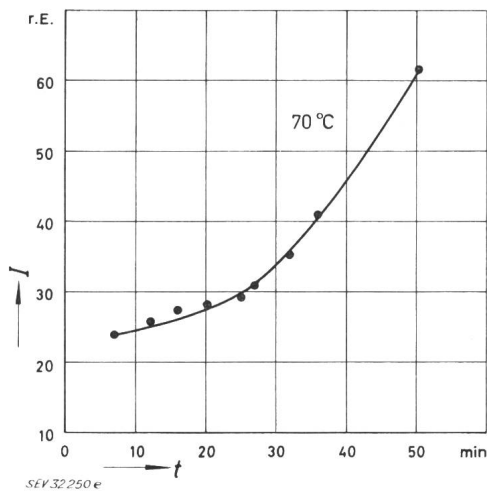


Fig. 4

Abhängigkeit der Intensität der Ionisation  $I$  (in relativen Einheiten) von der Zeit  $t$  bei einer den Ionisationseinsatzwert um 50 % übersteigenden Spannung Papier-Öl-Kondensator bei 70 °C

Hört man mit der Steigerung der Gleichspannung auf, sobald die Ionisation einsetzt, und hält die Spannung eine gewisse Zeit konstant, so erlischt die Ionisation. Je höher die Spannungsstufe, auf der die Ionisation erfolgt, um so länger dauert es bis zu ihrem Erlöschen. Bei Steigerung der Spannung erreicht man Gradienten, bei denen die Zeit bis zum Erlöschen der Ionisation sehr stark ansteigt und schliesslich eine ständige und nicht mehr erlöschende Ionisation entsteht. Die Zeit bis zum Erlöschen der Ionisation in Abhängigkeit von dem Gradienten ist in Fig. 3 für einen der geprüften Papier-Öl-Kondensatoren bei zwei Werten der Temperatur aufgetragen. Danach ist für eine Temperatur von 20 °C sogar bei einem Gradienten von 80 kV/mm noch ein Erlöschen der Ionisation — wenn auch erst nach 20 min — möglich; bei 70 °C dagegen tritt schon bei 40 kV/mm ein Erlöschen der Ionisation auch nach mehreren Stunden nicht mehr ein.

Übersteigt die Feldstärke wesentlich den Wert des Ionisationseinsatzgradienten, so ist von einem Erlöschen der einsetzen- den Ionisation nicht mehr die Rede, sondern es findet ein Anstieg ihrer Intensität mit der Zeit statt (Fig. 4). Aufeinanderfolgende Überspannungen rufen eine fortschreitende Herabsetzung des Ionisationseinsatzgradienten hervor, der bis auf etwa 15 kV/mm sinken kann.

Wenn unter der Einwirkung von Überspannungen die Ionisationseinsatzfeldstärke stark zurückgegangen ist und in der Gröszenordnung von 15 kV/mm liegt, so können bereits Betriebsgradienten zur Entwicklung von Ionisationsvorgängen führen, deren Intensität besonders bei höheren Temperaturen einen ausgeprägten Anstieg erhält.

Demnach ist die Möglichkeit einer Entstehung der Ionisation in Gleichspannungs-Kondensatoren bei Nennwerten der Betriebsspannung der Einwirkung folgender Hauptfaktoren zuzuschreiben: Überspannungen, die über dem Ionisationseinsatzniveau liegen und erhöhte Umgebungstemperatur.

Schliesslich wurde der Einfluss von Restfeuchtigkeit und von Lufteinschlüssen im Dielektrikum auf die Entwicklung der Ionisationsvorgänge bei Gleichspannung untersucht. Die Ergebnisse lassen die Annahme zu, dass das Vorhandensein von Lufteinschlüssen in erster Linie zur Herabsetzung des Ionisationseinsatzgradienten führt, während die Restfeuchtigkeit eine stärker ausgeprägte Abhängigkeit der Ionisations-Intensität von der Feldstärke hervorruft. Der Anstieg der Ionisations-Intensität in Anwesenheit von Feuchtigkeit kann vor allem durch die Herabsetzung der Zeitkonstanten des Kondensators bedingt sein. Es kann aber auch das Phänomen der Wasserelektrolyse von Bedeutung sein, das mit Gasabscheidung verbunden ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden :

1. Ionisationsvorgänge können in Papierkondensatoren bei Feldstärken entstehen, die nahe den Betriebswerten liegen, manchmal sogar bei niedrigeren Werten, wenn der Kondensator vorher hohen Über-

spannungen ausgesetzt war, besonders bei erhöhter Umgebungstemperatur.

2. Im Bereich höherer Temperaturen haben Kondensatoren, die mit Oktol imprägniert sind, höhere Werte des Ionisationseinsatzgradienten als Papier-Öl-Kondensatoren.

3. Sowohl Restfeuchtigkeit als auch Lufteinschlüsse verschlechtern die Ionisationseigenschaften von Kondensatoren bei Gleichspannung. Zur Erhöhung der Sicherheit gegen Ionisation bedarf es deshalb sorgfältiger Trocknung und Imprägnierung.

4. Das Vorhandensein eines Luftkissens im Kondensator wirkt sich auf sein Ionisationsverhalten nachteilig aus.

5. Beim Zusammentreffen verschiedener ungünstiger Bedingungen können Ionisationsvorgänge in Papier-Öl-Kondensatoren schon bei Nennspannung entstehen und damit eine Alterung des Dielektrikums hervorrufen. Es kann ferner angenommen werden, dass bei Gleichspannung gleichzeitig auch elektrochemische Vorgänge eine Rolle spielen mögen, wie z. B. eine Elektrolyse der Restfeuchtigkeit. Dadurch wird der Mechanismus des Alterungsvorganges noch komplizierter.

#### Bemerkung des Referenten

Oktol dürfte ein den Polyetrenen der Firma Oronite, USA, verwandtes Produkt sein, das durch katalytische Polymerisation von Butylen gewonnen wird.

G. v. Boletzky

#### Champs électromagnétiques poissoniens et problèmes d'effet Kelvin

538.311

[D'après A. Deborne: Champs électromagnétiques poissoniens et problèmes d'effet Kelvin. Rev. Gén. Electr. 72(1963)5, p. 285...296]

Les problèmes relatifs à l'effet Kelvin dans les conducteurs non ferreux présentent un grand intérêt en construction électrique. Il s'agit de calculer le coefficient d'augmentation de la résistance des conducteurs, ainsi que le coefficient de diminution de leur réactance. Leur calcul n'a pu être mené à bien que dans des cas d'encoches simples. Les cas des encoches complexes, des feeders aériens en profilés ou en tubes, entre autres, restent à résoudre.

L'étude des champs poissoniens peut se faire par plusieurs méthodes. La méthode graphique de Lehmann divise l'ensemble du spectre en sous-ensembles et suppose que ses propriétés se conservent dans les sous-ensembles. En réalité, il y a des cas où ces propriétés ne se conservent pas. La composition vectorielle de spectres élémentaires conduit aussi à des difficultés. Quant à la théorie du potentiel-vecteur, celle-ci admet, d'après l'expérience, l'existence d'une fonction spatiale dont le champ électromagnétique est le tourbillon. Il a été conçu pour décrire les champs électromagnétiques hors des sources et même à une certaine distance de celles-ci. C'est une description de spectres laplaciens, mais rien ne permet d'affirmer qu'elle est aussi valable à l'intérieur des conducteurs.

Dans une nouvelle procédure, on utilise le principe de la conservation des directions des inductions indépendamment de la fréquence. On considère alors le spectre électromagnétique en courant continu, qui permet de diviser l'ensemble du spectre en sous-ensembles de comportement homogène. L'étude du réseau maillé des sous-ensembles conduit à la solution. La fragmentation sera d'autant plus poussée que l'on désirera une plus grande précision. La méthode a le grand avantage d'être applicable à n'importe quel système électromagnétique, pourvu que son spectre en courant continu soit connu. Connaissant de chaque sous-ensemble la résistance qui est inversement proportionnelle à sa surface poissonienne et ses réactances propre et mutuelle déterminées par ses dimensions et sa position dans le spectre poissonien, on peut construire la matrice d'impédance de l'ensemble, de laquelle on obtiendra l'impédance de ce dernier et les coefficients cherchés pour la résistance et la réactance.

La méthode décrite apporte une solution générale à la détermination du champ poissonien et aux problèmes d'effet Kelvin et conduit à des spectres différents de ceux qu'on obtient d'après les méthodes classiques dont les résultats ne concordent d'ailleurs pas toujours. Comme exemple, elle est appliquée à la barre d'amortisseur d'une encoche ronde.

#### Note du rapporteur:

Les idées émises dans l'article se prêtent aisément à des discussions. Le rapporteur se contente de relever que le vecteur-

potentiel est déduit théoriquement et qu'il ne se base pas sur l'expérience. En outre, il est valable à l'extérieur et à l'intérieur des courants. C'est le potentiel scalaire qui est valable uniquement à l'extérieur des courants.

I. Cetin

## Erwärmungsprobleme elektrischer Leiter in gekapselten Schaltanlagen

621.316.35.017.71

[Nach E. Blass und K. Dörfer: Erwärmungsprobleme elektrischer Leiter in gekapselten Schaltanlagen. ETZ-A, 84(1963)9, S. 291...298]

Aus den Normentabellen können beim Entwurf von Schaltanlagen die zulässigen Strombelastungen von Kupfer- und Aluminiumschienen entnommen werden. Diese Tabellen geben jedoch keine Auskunft über die Stromstärkenminderung sobald die Leiter gekapselt sind. Um die Abmessungen der Schaltanlagen noch weiter zu vermindern, werden ausserdem die Leiter immer häufiger mit einer Isolierschicht umgeben. Sofern die nach den Normen höchstzulässigen Übertemperaturen nicht überschritten werden sollen, hat auch eine solche Isolierschicht eine Stromstärkenminderung zur Folge.

Unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen und Annahmen können beide Probleme einzeln und kombiniert rech-

mantel als Kapselung gewählt. Bei Belastung mit Wechselstrom treten im Mantel Wirbelstromverluste auf, welche ebenfalls abgeführt werden müssen und zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung Anlass geben. Diese Sekundärverluste wurden in Übereinstimmung mit praktischen Messergebnissen mit 40 % bzw. 100 % der primären Leistungsverluste angenommen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Form der relativen Stromstärkenminderung in Fig. 1 für drei Leiterbeispiele zu sehen. Die Minderung der Strombelastung von gekapselten gegenüber frei verlegten Leitern beträgt etwa 11...18 %. Eine dünne Isolierschicht bis etwa 3 mm bringt noch keine wesentliche Verschlechterung der Verhältnisse. Die zusätzlichen Wirbelstromverluste in der Ummantelung sind bei herkömmlichen Schaltanlagen für Stromstärken bis zu 2000 A vernachlässigbar klein.

Ausserdem haben sich noch einige weitere Resultate ergeben:

a) Je geringer der Leiterdurchmesser ist, desto weniger macht sich eine Isolierschicht bei der Wärmeabfuhr bemerkbar.

b) Erzwungene Konvektion bringt bei grösseren Isolierschichten keine Verbesserung der Kühlung.

c) Bei gekapselten Leitern ist für die Wärmeabfuhr die Strahlung sehr wesentlich. Daher ist einem günstigen Absorptionsverhältnis durch einen geeigneten Farbanstrich von Leiter und Blechkanal alle Beachtung zu schenken.

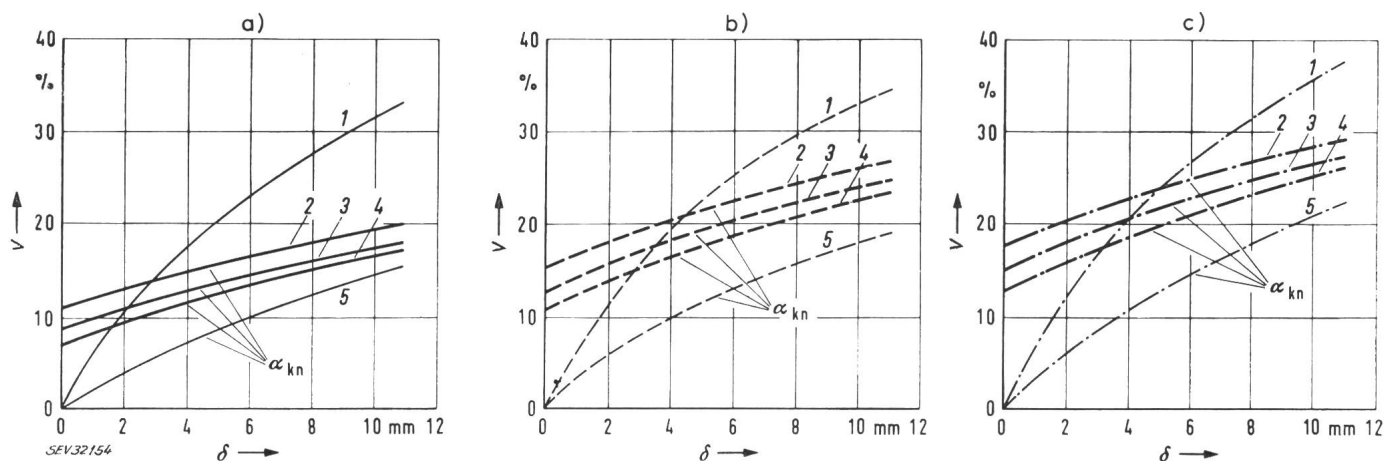


Fig. 1

Relative Stromstärkenminderung  $v$  in Abhängigkeit von der Schichtdicke der Isolierung  $\delta$

a) Leiter 30 mm Durchmesser; b) Leiter 50 mm Durchmesser  $\times$  5 mm Wandstärke; c) Leiter 60 mm Durchmesser  $\times$  5 mm Wandstärke

$v = 1 - I_{\delta}/I_0$ ;  $\alpha_{kn}$  Wärmeübergangszahl bei natürlicher Konvektion;  $\alpha_{ke}$  Wärmeübergangszahl bei erzwungener Konvektion;

1 erzwungene Konvektion,  $\alpha_{ke} = 20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} \cdot \text{Grad}$ ; 2 Verlustleistung im Mantel = Verlustleistung im Leiter; 3 Verlustleistung im Mantel =  $0,4 \times$  Verlustleistung im Leiter; 4 Verlustleistung im Mantel = 0 (Gleichstrom); 5 nicht gekapselt

nerisch genau untersucht und experimentell nachgeprüft werden. Für die Leiter und die Kapselung werden der vereinfachten Berechnung wegen Rundleiter und ein konzentrischer grosser Blech-

Die an den Rundleitern gewonnenen zahlenmässigen Resultate lassen sich nicht ohne weiteres auf Leiter anderer geometrischer Form übertragen.

A. Baumgartner

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Magnet-Technik für Laser-Modulation

621.375.029.6 : 621.376

Die zur Erzeugung des Zeemann-Effektes bekannte Magnet-Technik wurde von der RCA in abgewandelter Form zur Abstimmung und Modulation von Laser-Strahlen entwickelt. Diese Methode hofft man für Laser-Radar und leistungsfähige Nachrichten-Verbindungen verwenden zu können. Hierbei wird das Licht innerhalb des Laser-Kristalles moduliert; sowohl Amplituden- als auch Frequenz-Modulation ist dabei möglich. Das Verfahren unterscheidet sich grundsätzlich von den bisherigen elektro-optischen Modulationssystemen.

Für die Experimente wurde ein mit flüssigem Stickstoff gekühlter Kalzium-Fluor-Kristall benutzt, der Spuren von Dysprosium, einem Element der seltenen Erden, aufwies. Dieser Kristall befand sich in einem Brennpunkt eines elliptischen Gehäuses; in dem anderen Brennpunkt war eine 400-W-Lampe zur Anregung des Kristalles untergebracht. An einem Ende des Kristalles war eine Spule zur Erzeugung eines Wechselstrom-Magnetfeldes angebracht. Eine zweite Spule zur Erzeugung des Gleichstromfeldes umgab das ganze Gerät.

Mit dieser Laser-Anordnung kann ein Bereich von über 250 GHz abgestimmt werden und sie hat bei Impuls-Betrieb eine Anstiegszeit von 300 ns.

G. Maus

[Nach H. Dorendorf und H. Ullrich: Festkörper-Schaltkreise aus Silizium, Siemens Z. 37(1963)7, S. 566...574]

Die neueste Entwicklungsphase der Mikrominiaturisierung von HF-Bauelementen ist die sich noch in der Entwicklung befindliche Festkörper-Schaltkreistechnik. Bei dieser werden alle Bauelemente einer Schaltung, wie Transistoren, Widerstände, Kondensatoren und Dioden auf einem gemeinsamen Siliziumplättchen durch mehrere sich folgende Diffusionsprozesse hergestellt. Eine  $\text{SiO}_2$ -Zwischenschicht nimmt die aufgedampften metallischen Leitbahnen auf, die für die Verdrahtung vorgesehen sind.

Als Beispiel für diese Technik sei ein NAND-Gatter<sup>1)</sup> erwähnt. Die Schaltung des Gatters zeigt Fig. 1a, den grundsätzlichen Schaltungsaufbau Fig. 1b. In dem n-leitenden Si-Grundplättchen von 0,25 mm Dicke wird vorerst eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht erzeugt, um nachher in diese eine mäanderförmige Bahn von 0,1 mm Breite zu ätzen. Durch den Schlitz lässt man bis zu einer Tiefe von 20  $\mu\text{m}$  Bor in das Silizium eindiffundieren. Die dadurch entstehenden Streifen im n-leitenden Silizium bilden die vier Widerstände des Gatters. (Solche Widerstände können bis auf 10 % Toleranz hergestellt werden.) In die durch eine neue Oxydation entstehende Oxydschicht werden nachher vier kleine Fenster für die Dioden und ein grösseres für den Kondensator geätzt. Durch die Fenster wird in das darunterliegende p-leitende Gebiet bis zu einer Tiefe von 3  $\mu\text{m}$  Phosphor eindiffundiert. Eine weitere Oxydation der Kristalloberfläche ist der nächste Schritt; in die entstehende Oxydschicht werden Löcher von  $50 \times 50 \mu\text{m}$  geätzt, um die Kontakteiter aus Aluminium mit den p- bzw. n-leitenden Diffusionsschichten verbinden zu können.

Das Siliziumplättchen wird nun mit 8 Durchführungen auf den Boden eines isolierten Gehäuses aufgebracht und daneben der  $0,7 \times 0,7 \text{ mm}$  grosse Schalttransistor aufgelegt. Golddrähte von 20  $\mu\text{m}$  Durchmesser bilden die Anschlüsse. Damit ist die Schaltung erstellt.

Dieses Beispiel zeigt die äusserst geringen Masse, die für einen solchen Schaltkreis nötig sind. Er ermöglicht zudem eine Massenfabrication, die eine erhöhte Betriebssicherheit, aber auch eine billigere Herstellung garantiert.

Natürlich haben Festkörper-Schaltkreise neben ihren Vorteilen auch Nachteile. So kann man nur Widerstände von einigen Ohm bis zu etwa 50 k $\Omega$  verwirklichen. Dafür aber ist festzustellen, dass ein solcher Schaltkreis trotz einem hohen positiven Temperaturkoeffizienten in den USA von  $-55$  bis  $+125^\circ\text{C}$  verwendet wird. Der Grund dafür dürfte darin liegen, dass alle Widerstände eines Plättchens in engem Wärmekontakt miteinander stehen und die gleiche Temperatur annehmen, wenn auch die Wärme nur in einem Widerstand erzeugt wird.

<sup>1)</sup> NAND = UND-Verknüpfung mit einer Negation.

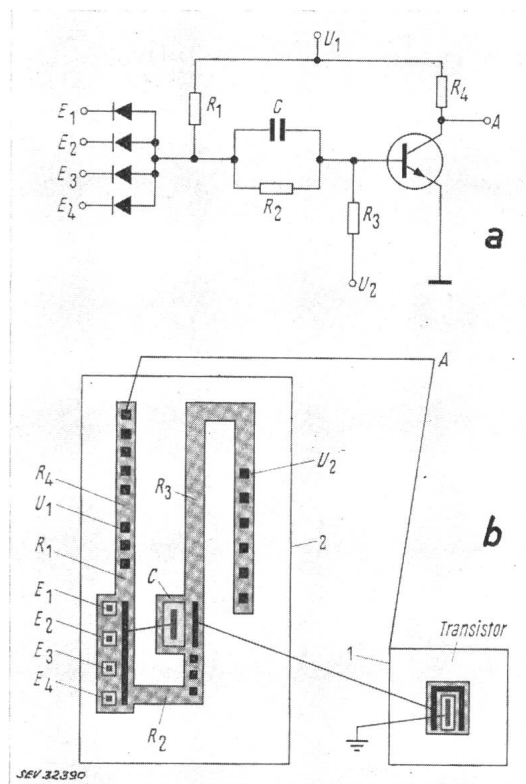


Fig. 1  
NAND-Gatter

a grundsätzlicher Schaltungsaufbau; b Ausführung nach der Festkörper-Schaltkreistechnik

Ein gesondertes Siliziumplättchen von  $0,7 \text{ mm} \times 0,7 \text{ mm}$  (1) enthält den Transistor, ein anderes von  $1,5 \text{ mm} \times 3,0 \text{ mm}$  (2) enthält die vier Widerstände  $R_1 \dots R_4$ , die vier Dioden  $E_1 \dots E_4$  und den Kondensator C

Ein Nachteil ist auch, dass grössere Kapazitäten von Kondensatoren als 1 nF/mm<sup>2</sup> schwer zu verwirklichen sind, da der Platz dafür sehr beschränkt ist.

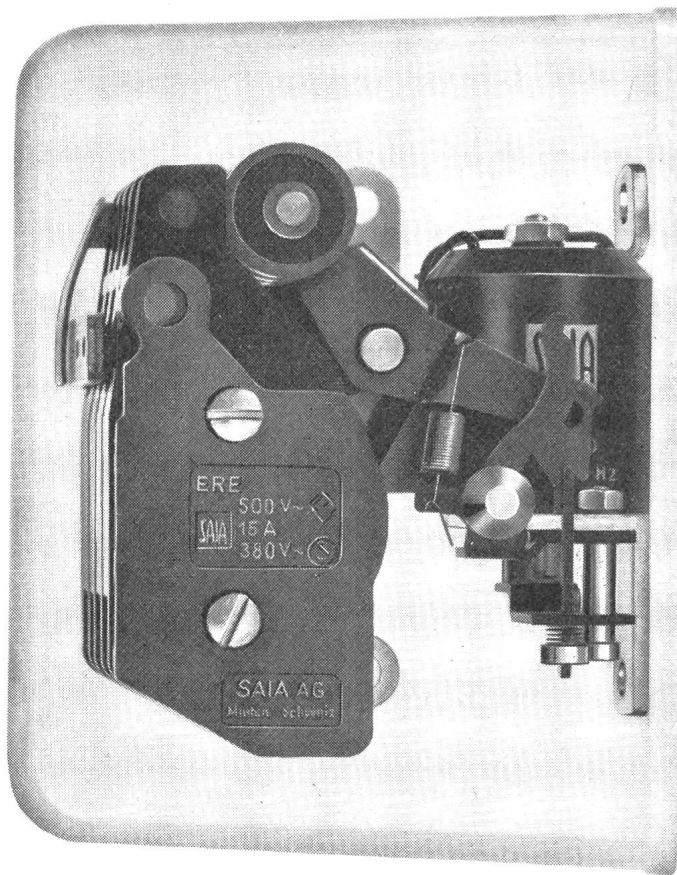
Was die Induktivitäten anbelangt, so können sie bis heute in Festkörper-Schaltkreisen noch nicht hergestellt werden, obschon in den USA dazu bereits Anfänge gemacht wurden. Man versucht, bis zu einer brauchbaren Neuentwicklung Drosselspulen in den Schaltkreisen zu vermeiden. Drosselspulen können nämlich z. B. durch die Anwendung von Feldeffektdioden vermieden werden.

Trotz allem bietet die Festkörper-Schaltkreistechnik mehr Vor- als Nachteile. Sie ist zwar noch in voller Entwicklung; man darf aber hoffen, dass damit eine grössere Zuverlässigkeit, kleineres Volumen und Gewicht und ein geringerer Preis der Schaltungen erreicht werden kann.

Schi.



# Schrittschalter für Impulssteuerung in neuer Ausführung



Schaltleistung 15 A 500 V~  
schrittweise Ein- und Ausschaltung 1-5poliger Stromkreise  
Eindraht-Impulssteuerung durch beliebig viele  
parallelgeschaltete Druckknöpfe  
kunstharzvergossene, stoßspannungssichere Spule  
bis 8 kVsw 1/50, für Steuerspannungen von 6-380 V  
Ausführung offen (für Flach- und Hochkantmontage)  
oder mit Isolierpreßstoffgehäuse  
leicht, kleine Abmessungen  
Schraubklemmen oder Steckanschlüsse

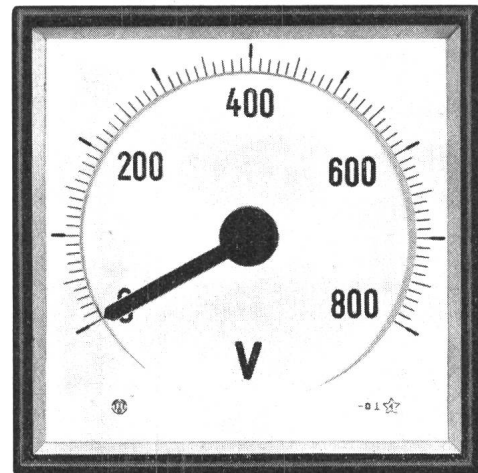
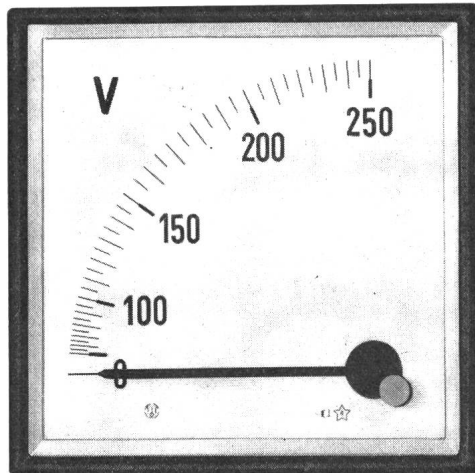
SAIA AG Murten / Schweiz Telephon 037 731 61



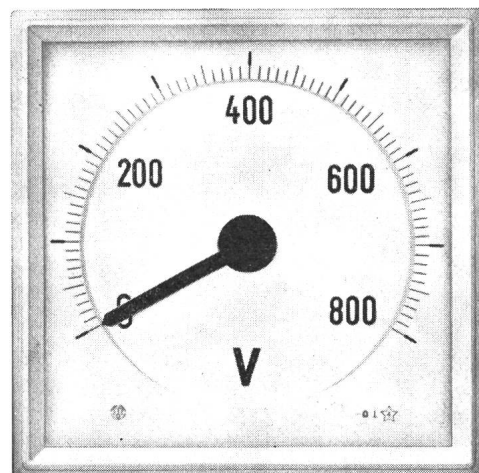
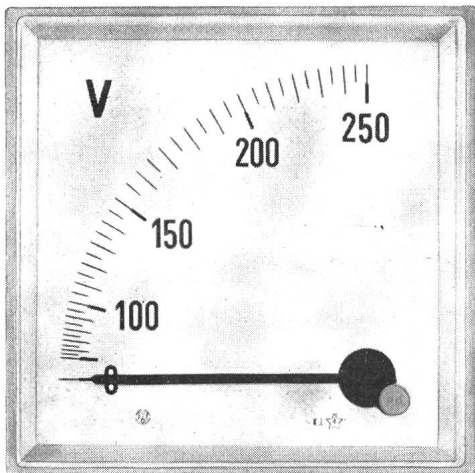
# NEUE QUADRATISCHE SCHALTТАFEL-INSTRUMENTE

Das neue Gesicht moderner Messinstrumente:

Schmalrahmen:



Vollsichtskala:



- Vorteile:
- Klare, übersichtliche Skala
  - Grössere Skalenlänge
  - Keine störenden Skalenschrauben
  - Einfache Schalttafelmontage
  - Einfacher Klemmanschluss
  - Stoss- und Rüttelsicherheit

Vorläufig lieferbar in der Grösse 96 × 96 mm — Verlangen Sie bitte Unterlagen bei:



**TRÜB, TÄUBER & CO. AG.**

Telephon (051) 42 16 20

Fabrik elektrischer Messinstrumente und wissenschaftlicher Apparate

**ZÜRICH**

Ampèrrestrasse 3