

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	65 (1974)
<b>Heft:</b>	24
<b>Rubrik:</b>	Technische Mitteilungen = Communications de nature technique

### **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:** 09.01.2026

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

### 1. Das elektrische Feld unter Hochspannungsleitungen und in Schaltstationen, Berechnungs- und Messmethoden sowie mögliche Einwirkungen des Feldes auf den menschlichen Körper

Zur Berechnung der allgemeinen Feldkonfigurationen und Feldstärken wie auch der Messung der Feldstärken direkt über dem Boden wurden durch Mitarbeiter der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik Mannheim sowie des Instituts für Hochspannungs- und Anlagentechnik TH München in einem CIGRE-Bericht neue Methoden und Messeinrichtungen vorgelegt, welche allgemeine Anerkennung fanden. Man kann wohl sagen, dass mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln zumindest für jede Geometrie einer Freileitung und jede Spannungsebene die mehrdimensionale Feldverteilung unter einer Hochspannungsleitung mit genügender Genauigkeit berechnet werden kann.

Jedoch scheint noch durchaus offen zu sein, welche Effekte Feldstärken von 10–15 kV/m oder höher unter einer Freileitung, bezogen auf ca. 1 m über Boden, auf den menschlichen Körper haben können. Die biomedizinische Forschung ist auf diesem speziellen Gebiet noch nicht genügend fortgeschritten. Es fehlen auch generell akzeptierte Angaben über zulässige Feldstärke-Limiten und unter welchen Umständen solche Limiten gelten. Das Problem ist wesentlich komplexer als im Fall von Berührungsströmen, wo über die physiologische Wirkung schon ausgedehnte Untersuchungen existieren und weitgehend Übereinstimmung über zulässige Grenzen herrscht.

Aus der Diskussion ergab sich eine mehrheitliche Meinung, dass die Spannungsebenen bis 480 kV keine schädlichen Effekte, hervorgerufen durch Feldstärken-Einwirkungen, ergeben. Für die höheren Spannungsebenen bis 1500 kV scheinen jedoch zusätzliche Massnahmen, wie Abschirmungen usw., wenigstens lokal an

exponierten Stellen, notwendig zu werden. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sind in mehreren Ländern im Gange.

### 2. Radioelektrische und akustische Störungen, hervorgerufen durch Corona der Leiter

Während die radioelektrischen Störungen heute als weitgehend beherrschbar gelten, haben sich bei Freileitungen mit Spannungen oberhalb 400 kV akustische Störungen gezeigt, deren Mechanismus vorerst nicht bekannt war.

Die vorgelegten Berichte und Diskussionsbeiträge liessen erkennen, dass auch diese Störquelle in absehbarer Zeit beherrscht werden wird.

Interessante Resultate haben asymmetrische Bündel-Anordnungen mit 8...10 Leitern ergeben. Das Hauptaugenmerk liegt heute bei der Optimierung solcher Bündelkonfigurationen in bezug auf alle Stör- und Verlustquellen, hervorgerufen durch Corona. Diese Optimierung scheint jedoch bei Feldstärken oberhalb 15...20 kV/m an der Leiteroberfläche nicht mehr durchführbar zu sein.

### 3. Radioelektrische Störungen, hervorgerufen durch Isolatoren

Die ausgedehnten Tests, teils mit den CEI-Prüfmethoden, scheinen zu zeigen, dass halbleitende Glasuren besser abschneiden, besonders bei sehr leichter Verschmutzung, als früher erwartet. Andererseits wird anerkannt, dass solche Oberflächenüberzüge von Isolatoren in bezug auf thermische Stabilität noch nicht restlos beherrscht werden. Auch stellen sich allgemein, aber besonders bei dieser Art von Isolatoren, Probleme der Koordination von Überschlagespannung und Störbeeinflussung, wobei auch in der Diskussion immer wieder mit Recht darauf hingewiesen wird, dass das Verhalten der ganzen Isolatorenkette mitsamt allen Armaturen ausschlaggebend sei.

A. de Quervain

## Technische Mitteilungen – Communications de nature technique

### Grundlagen und Theorie – Technique de base, théorie

#### Ermittlung charakteristischer Feldstärken für den Überschlag an Grenzflächen in SF<sub>6</sub>

621.315.618 : 546.226'161 : 621.3.015.53  
[Nach B. Krey u.a.: Ermittlung charakteristischer Feldstärken für den Überschlag im SF<sub>6</sub>. Elektr. 28(1974)8, S. 437...440]

In Einstoffsystemen ist es relativ einfach, aus den gemessenen Durchschlagsspannungen charakteristische, von der jeweiligen Elektrodengeometrie weitgehend unabhängige Feldstärken zu berechnen, die als «elektrische Festigkeit» des betreffenden Isoliermediums bezeichnet werden. Auch für das Gas Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) ist dieser Wert gut bekannt.

Die Kombination eines festen und eines gasförmigen Isoliermediums mit anaxialen und axialen Zylinderanordnungen als Elektroden ergibt ein Mehrstoffsystem mit Grenzflächen. An geeigneten Versuchsmodellen können charakteristische geometrie-unabhängige Feldstärken ermittelt werden, welche in Abhängigkeit von Isoliergasdruck und Spannungsform die «Überschlagfeldstärke» ergeben. Diese ergibt sich aus der bekannten Schwaigerschen Beziehung unter Berücksichtigung der Überschlagespannung, des Elektrodenabstandes und des Homogenitätsgrades.

Die Überschlaghöchstfeldstärke ist wie die Durchschlaghöchstfeldstärke nahezu unabhängig vom Elektrodenabstand, fällt für alle Spannungsformen mit grösser werdendem Elektrodenradius ab und nähert sich für grosse Radien einem konstanten Wert, der Überschlagfeldstärke. In einer doppelt logarithmischen Darstellung von Überschlagfeldstärke und Druck kann der Zusammenhang in Form einer Geraden dargestellt werden. Analog wie beim Einstoffsystem ergeben sich dabei für die Impulsspannungen höhere Überschlagfeldstärken als für Wechselspannungen.

Für die technische Auslegung von SF<sub>6</sub>-Isolierungen mit Grenzflächen erlaubt die Kenntnis der Überschlagfeldstärke mit Anwendung der Schwaiger-Beziehungen eine Optimierung. Eine genügende Sicherheitsmarge hat natürlich den technischen Unzulänglichkeiten der Praxis Rechnung zu tragen. A. Baumgartner

### Meilenstein in der Erforschung von MHD-Systemen

621.313.522

MHD(Magnetohydrodynamic)-Generatoren ermöglichen die direkte Gewinnung von Elektrizität aus Wärme, also ohne Umweg über eine Turbine. Das Prinzip beruht darauf, dass ionisiertes Gas (ein Plasma, welches heiss genug ist, um als elektrischer Leiter zu dienen) ein Magnetfeld durchströmt. Der Wirkungsgrad eines solchen MHD-Generators ist relativ klein und lag bis anhin bei maximal 8...9 %. Das heisst, dass 8...9 % der in den Generator geleiteten Wärme direkt in elektrische Energie umgewandelt werden konnten. Im Raumforschungslaboratorium von General Electric in Valley Forge (USA) ist es nun gelungen, den Wirkungsgrad auf 20 % zu steigern. Dieser Erfolg ist als wichtiger Schritt im Hinblick auf einen künftigen kombinierten Einsatz von MHD-Systemen und konventionellen Turbogeneratoren zu werten. Dies hätte eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes einerseits und weniger Abwärme andererseits zur Folge. Mit der Erreichung der 20-%-Grenze ist zwar ein wichtiger Schritt in der MHD-Forschung getan, trotzdem kann man erst langfristig mit dem Einsatz solcher Systeme in Kraftwerken rechnen.

### Elektrische Energie-Technik und -Erzeugung Technique et production de l'énergie

#### Kislogubsk, ein neues Gezeitenkraftwerk

621.311.21-827(47)

[Nach L. B. Bernstein: Kislogubsk: A small station generating great expectations. Water Power, 26(1974)5, S. 172...177]

Trotz der offensichtlich beinahe unbegrenzten Energiemenge, welche in den Gezeiten steckt, ist der Durchbruch zur allgemeinen Verwertung immer noch nicht erfolgt. In verschiedenen Ländern sind Versuchskraftwerke gebaut worden, um Erfahrungen zu sammeln. Die erste Anlage entstand schon 1935 in Passamaquoddy an der Grenze zwischen den USA und Kanada. Erst mehr als 30 Jahre später folgte 1967 die Anlage Rance an der französischen Kanalküste. Diese war für eine Leistung von 240 MW ausgelegt. Die Erstellungskosten waren jedoch etwa



dreimal höher als für ein konventionelles hydraulisches Kraftwerk gleicher Leistung. Daher wurde in Frankreich die Verwirklichung weiterer Gezeitenkraftwerke zugunsten der Kernkraftwerke zurückgestellt, trotzdem die beiden Bauarten einander im Betrieb sehr gut ergänzt hätten.

Eine Analyse der Erststellungskosten des Gezeitenkraftwerkes an der Rance zeigt, dass speziell der bauliche Teil und davon besonders der Kofferdamm zum Schutz der Baugruben für die hohen Kosten verantwortlich waren. Daher beschlossen die russischen Ingenieure bei dem Kislogubsk-Kraftwerk eine Bauart mit vorfabrizierten Bauteilen anzuwenden, die als schwimmender Caisson zum Aufstellungsort gebracht werden sollten.

Eine Bucht mit einem besonders engen Eingang wurde 100 km nördlich von Murmansk gefunden. Wenn auch der Gezeitenhub mit maximal 3,9 m nicht besonders hoch war, so bot diese Stelle manche andere Vorteile, wie einen kurzen Damm von nur 30 m Länge, die Nähe eines bestehenden elektrischen Verteilnetzes und gute Zugänglichkeit der Baustelle.

Da die Kombination von Laufrad und Generator in einer Rohrturbine sich in Rance bewährt hatte, wurde dieselbe Bauart gewählt, mit einer Leistung von 400 kW bei einem Laufraddurchmesser von 3,3 m. Für den Caisson wurde schwefelbeständiger armerter Beton verwendet, welcher oberhalb der Wasserlinie mit einer 5 cm dicken Wärmeisolation aus Glasfasern mit Epoxyharzfüllung versehen war.

Das Gezeitenkraftwerk Kislogubsk arbeitet seit 1968 schon 5 Jahre im Versuchsbetrieb und hat die Erwartungen voll erfüllt. Gestützt auf die Ergebnisse dieser Pilotanlage haben die russischen Ingenieure schon verschiedene hydraulische Kraftwerke nach dem Caissonprinzip gebaut und Pläne für den Bau mehrerer riesiger Gezeitenkraftwerke entwickelt, welche bei vollem Ausbau eine Leistung von 5000...35 000 MW aufweisen sollen. Allerdings hat auch in der Sowjetunion die starke Kostensteigerung die Ausführung dieser Projekte bis jetzt verzögert.

A. Baumgartner

## Elektrische Lichttechnik, Lampen Technique de l'éclairage, lampes

### Neuartige Schaltung zur Lichtsteuerung von Fluoreszenzlampen

621.327.534.15 : 62-533.52

[Nach L. Gustav: Ein neues Verfahren zur Lichtsteuerung von Leuchtstofflampen. Lichttechnik 26(1974)8, S. 343...347]

Bei einer der bisher üblichen Lichtsteuerungsarten von Fluoreszenzlampen wird der Mittelwert der Lampenströme über ein Längsstellglied geregelt, das in Reihe mit den Lampen und ihren Vorschaltgeräten liegt; die Lampenelektroden werden mit besonderen Transformatoren fremdgeheizt. Die Heizleistungen sind unterschiedlich; bei dunklen Lampen sind nur die Heiztransformatoren wirksam, bei hellen noch zusätzlich die Lampenströme. Das Längsstellglied schaltet nach dem Prinzip des Phasenschnittes und wird von einem Steuerteil nach jedem Nulldurchgang der Lampenströme mit einstellbarer Verzögerungszeit wieder in den leitenden Zustand gebracht, so dass die Lampenleistung nur während eines Teils einer Halbwelle der Netzspannung zur Verfügung steht. Der zum Wiederzünden der Lampe notwendige Spannungswert wird aber bei dieser Schaltung um so kleiner, je geringer der erzeugte Lichtstrom ist, obwohl gerade eine ansteigende Wiederzündspannung erforderlich wäre. Man behilft sich darum mit kapazitiven Zündhilfen, z. B. mit einem weitmaschigen Drahtgewebeschauch über den Lampen und bei Lampen mit höherer Leistung mit besonderen Vorschaltgeräten, die beim Zeitpunkt des Wiederzündens erhöhte Spannungsimpulse abgeben. Diese Schaltungsart ist nur mit induktiven Vorschaltgeräten möglich; Blindleistungskompensation kann daher nur auf der Netzseite des Lichtsteuerungsgerätes erfolgen.

Bei der neuen, sog. Parallel-Lichtsteuerungsschaltung wird parallel zu den Elektroden von beliebig viel Fluoreszenzlampen ein elektronischer Schalter eingebaut, der sowohl der Lichtsteuerung als auch der Elektrodenheizung dient. Der Heizkreis der

Lampen wird nach ihrer Zündung nicht mit Glimmzündern, sondern mit Brückengleichrichtern unterbrochen, welche in ähnlichen Gehäusen wie bei den üblichen Startern gekapselt sind. In Reihe mit den Lampen und deren Vorschaltgeräten ist ein Längsstellglied geschaltet, welches bezweckt, dass die Lampenelektroden während des ganzen Lichtsteuerungsbereiches mit möglichst gleichbleibender Leistung geheizt werden. Der Parallelschalter wird synchron zur Netzspannung periodisch geöffnet und geschlossen, wobei die Schaltfrequenz ein gerades Vielfaches – das Doppelte oder das Vierfache ist am günstigsten – der speisenden Netzfrequenz beträgt. Die Steuerung wird dadurch bewirkt, dass das Tastverhältnis des Parallelschalters – das Verhältnis Schließungszeit zu Schaltperiodendauer – kontinuierlich verändert wird und damit auch die Regulierung des Lichtstromes der Lampen zwischen Null und Höchstwert. Die Induktionsspannung, die beim Öffnen des Parallelschalters in den Vorschaltgeräten entsteht, lässt sich verändern und an die Wiederzündspannung der Lampen anpassen.

Die Parallel-Lichtsteuerungsschaltung kann bei induktiven und kapazitiven Vorschaltgeräten verwendet werden; günstig ist die Blindleistungskompensation mit der Duo-Schaltung. Der Aufwand an elektronischen Teilen ist bei dieser Schaltungsart etwas erhöht, der Installationsaufwand dafür beträchtlich verringert: Es sind keine Heiztransformatoren und Sondervorschaltgeräte erforderlich, und die Verdrahtung der Leuchten entspricht jener der üblichen Starterschaltung ohne Lichtsteuerung. Der Betrieb von Fluoreszenzlampen mit der Parallel-Lichtsteuerungsschaltung ist über längere Zeit erprobt worden.

J. Guanter

## Verschiedenes – Divers

### Umgebungs-klima und elektrische Eigenschaften von Duroplasten

621.316.9 : 537.226

[Nach P. Unger: Der Einfluss von Werkstoffzusammensetzung und Umgebungs-klima auf die zeitabhängige Änderung elektrischer Eigenschaften duroplastischer Formstoffe. Kunststoffe 64(1974)8, S. 409...414]

Das elektrische Versagen bestimmter Formteile ist der Tatsache zuzuschreiben, dass der Feuchtigkeitsabsorption der Formmassen, die teilweise bereits vor der Verarbeitung erfolgt, häufig zu wenig Beachtung geschenkt wird. Bei den Duroplasten ist die Feuchtigkeitsabsorption von der Art der Herstellung, von der Verarbeitung sowie von der Art und Menge der Harzträger abhängig. Ihr zeitlicher Verlauf kann mit dem Diffusionsgesetz umschrieben werden, wobei für Unterschiede der Absorptionskoeffizienten bei ein und demselben Werkstoff dessen natürliche Restfeuchtigkeit eine wesentliche Rolle spielt.

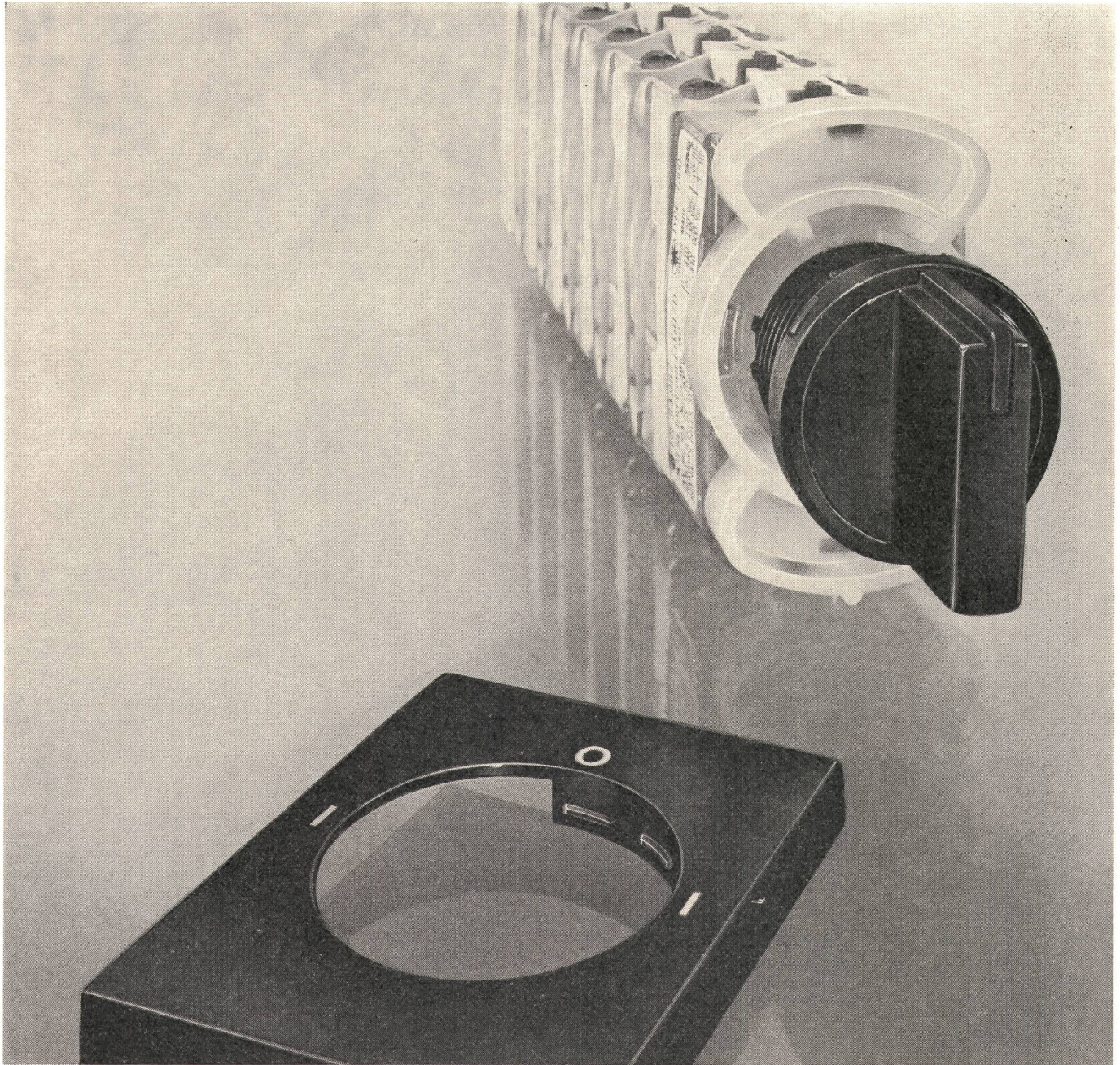
Die Änderungen der elektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen nach Lagerung im feuchten Klima bis zur Erreichung des Sättigungszustandes zu verfolgen, ist wegen des erforderlichen Zeitaufwands oft nicht möglich. Es wurde deshalb so vorgegangen, dass diese in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer im Normalklima 20/65 während eines Zeitraumes von etwa  $3 \cdot 10^4$  h ermittelt wurden. Als Basismaterial für die Probestkörper wurde Phenolformaldehydharz und als Harzträger verschiedene Anteile von Holz- oder Gesteinsmehl verwendet. Zum Vergleich wurden noch handelsübliche Formmassen mit der Typenbezeichnung 11 und 31 nach DIN 7708 herangezogen.

Als Ergebnis zeigt sich, dass beispielsweise der Durchgangswiderstand der Probe mit 30 % Harz und 70 % Gesteinsmehl nach  $10^4$  h Lagerungszeit um etwas mehr als eine halbe Zehnerpotenz, derjenige der Formmasse mit 30 % Harz- und 70 % Holzmehlanteil dagegen um etwa 3 Zehnerpotenzen abfällt. Analog verläuft der dielektrische Verlustwinkel  $\tan \delta$ . Somit erweist sich Gesteinsmehl in dieser Hinsicht dem Holzmehl als Harzträger wesentlich überlegen. Die Eigenschaften des reinen Harzes bleiben für die gleiche Beobachtungszeit praktisch konstant. Die handelsüblichen Formmassen fügen sich je nach Zusammensetzung gut in dieses Bild ein.

E. Müller



# Schalten Sie um! Auf den **neuen Nockenschalter DD 7300** von Sprecher + Schuh



Der neue Nockenschalter DD 7300 ermöglicht universelle Schaltfunktionen. Jeder Kontakt wird von einer separaten Nockenscheibe betätigt. Dadurch können die Kontakte unabhängig voneinander in jeder Schaltstellung offen oder geschlossen sein.

Dank einem durchdachten Baukasten ist für alle Schaltfunktionen ein rascher Kundendienst gewährleistet. Zusammenbau und nachträgliche Änderungen können ohne weiteres durch eigenes Personal erfolgen.

Die international eingeführte Bohrung von 22,5 mm erfordert bei kleinem Platzbedarf nur geringen Aufwand mit einfachen Werkzeugen und ermöglicht eine einwandfreie Dichtung. Bei Rechteckausschnitten 32×54 mm erlauben Schnappfederbefestigungen eine sehr schnelle Montage; auch wenn die Einbaustelle von hinten nicht zugänglich ist.

Die schräggestellten Anschlussklemmen sind bei Frontmontage von hinten, bei getrennter Montage von vorn gut zugänglich. Durch Abkuppeln der Schalterelemente kann bei mehrelementigen Schaltern und engen Platzverhältnissen der Anschluss zusätzlich erleichtert werden. Die Klemmpratzen sind selbstöffnend.

Der Nockenschalter DD 7300 erfüllt die Anforderungen aller wichtigen Vorschriften und internationalen Empfehlungen. Verlangen Sie Unterlagen und Auskünfte in einer unserer Verkaufsstellen oder im Stammhaus.

**sprecher+  
schuh**

Sprecher + Schuh AG  
5001 Aarau/Schweiz  
Telefon 064 25 21 21

N50 674.6.74



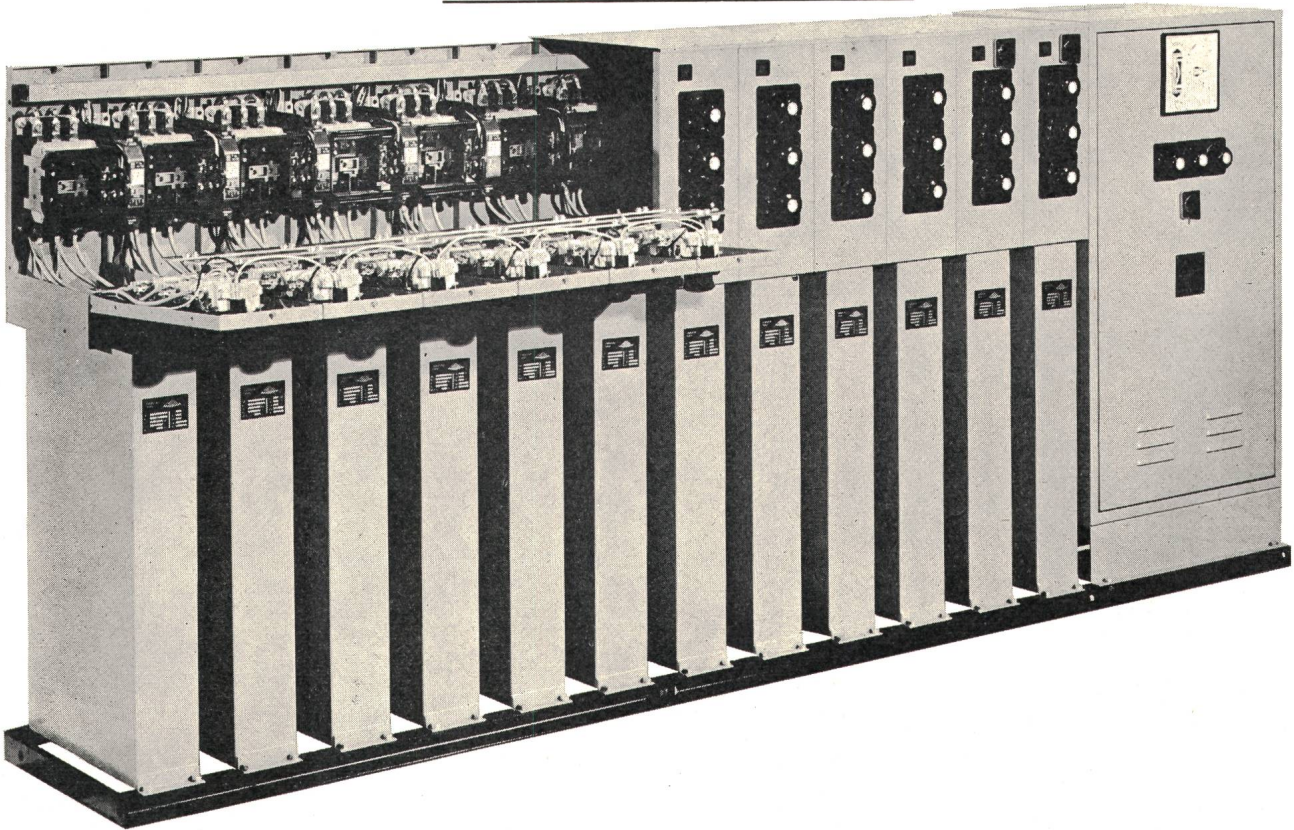
# COMPACT Blindleistungs-

## Kompensationsanlagen:

Energie sparend,  
Kosten senkend,  
geringer Platzbedarf.



**CONDENSATEURS  
FRIBOURG**



### Energie sparend

Mit COMPACT - Blindleistungs-Kompensationsanlagen von Condensateurs Fribourg SA wird die Blindleistung automatisch kompensiert. Sie beziehen also nur die Energie, die Sie auch voll ausnützen können.

### Kosten senkend

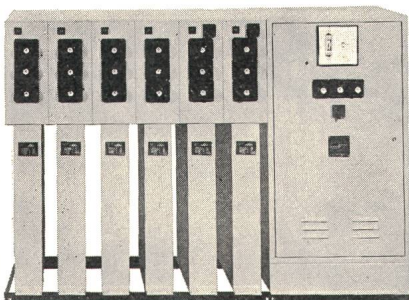
Viele elektrische Verbraucher benötigen für Ihre Funktion Blindleistung. Durch Kompensation dieser Blindleistung können Sie Ihre Stromkosten senken. Zusätzlich werden die Zuleitungen und das Verteilnetz entlastet. Sie können also weitere Verbraucher anschliessen, ohne die Installationen verstärken zu müssen.

### geringer Platzbedarf

COMPACT-Anlagen, mit langjähriger Erfahrung stetig weiterentwickelt zeichnen sich aus durch geringen Platzbedarf, kurze Montagezeiten sowie vereinfachte Wartung durch gute Zugänglichkeit zu allen Steuerapparaten. In der Praxis haben sich COMPACT-Anlagen vielfach bewährt durch grosse Betriebssicherheit und lange Lebensdauer.

Rufen Sie uns an. Unsere Verkaufingenieure helfen Ihnen gerne, eine wirtschaftliche Lösung Ihres elektrischen Energie-Verbrauches zu finden.

## CONDENSATEURS FRIBOURG SA



CONDENSATEURS FRIBOURG SA

7-13, route de la Fonderie  
CH-1700 Fribourg/Suisse

Tél. 037/821131  
Télex 36170 cofri-ch

CONDENSATEURS FRIBOURG SA

Büro Zürich  
Badenerstrasse 701  
CH-8048 Zürich/Schweiz

Tel. 01/62 65 82 (01/62 78 49)  
Telex 55 566 cozur-ch