

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 55 (1964)  
**Heft:** 17  
  
**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](#)

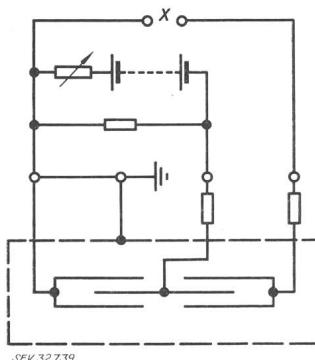
#### **Terms of use**

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:** 14.01.2026

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

Fig. 5  
Quadrantenschaltung



Schutzwiderstände gebaut werden. Dann geht der Frequenzbereich bis 6 MHz.

Die Hilfsspannung muss bei Gleichspannungsmessungen eine Gleichspannung, bei Wechselspannungsmessungen eine Wechselspannung gleicher Frequenz und Phasenlage sein. Für die Nadel- und die Quadrantenschaltung ist eine Eichung von Fall zu Fall erforderlich und gilt nur, solange die Hilfsspannung konstant gehalten wird.

Mit diesem Elektrometer wird nicht ganz die für das Quadrantenelektrometer nach Lord Kelvin angegebene Empfindlichkeit erreicht. Die empfindlichste Ausführung (etwa 20 V Endausschlag in idiosistischer Schaltung) erreicht in Quadranten- oder Nadelschaltung eine Empfindlichkeit von etwa 50  $\mu$ V/Teilstrich.

Solche Universal-Elektrometer sind überall dort am Platze, wo es auf praktisch leistunglose Spannungsmessung ankommt, z. B. bei Messungen an Gasentladungslampen, an hoch- und höchstohmigen Widerständen, an Isolierstoffen, in Gitterkreisen von Verstärkern, bei Strahlungsmessungen, bei Isolationsmessungen von Kondensatoren durch Bestimmung der Selbstentladezeit, usw.

#### Adresse des Autors:

Rolf Krum, Elektroingenieur, Rheinbergstrasse 31a, 75 Karlsruhe-West (Deutschland).

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Anwendungen von Halbleiter-Stromrichtern auf elektrischen Triebfahrzeugen

621.314.632 : 621.335

[Nach O. Hartmann und Chr. Tietze: Anwendung von Halbleiter-Stromrichtern auf elektrischen Triebfahrzeugen. ETZ-A, 85(1964)7, S. 198...205]

Trotzdem von der Deutschen Bundesbahn die Elektrifizierung des Bahnnetzes mit Einphasenwechselstrom  $16\frac{2}{3}$  Hz durchgeführt wird, hat die Industrie reichlich Gelegenheit gehabt, Stromrichter für Hilfsbetriebe aber auch für Leistungszwecke für elektrische Triebfahrzeuge zu entwickeln. Einen entscheidenden Fortschritt bedeutete dabei das Aufkommen der steuerbaren Siliziumgleichrichter. Wenn der dazu benötigte Regelverstärker mit Transistoren ausgeführt wird, so lassen sich damit sehr raumsparende, kompakte Einheiten bauen.

Für die in der Schwerindustrie benötigten Werklokomotiven wurden anfänglich Quecksilberdampf-Einanodengleichrichter verwendet. Bei der nächsten Ausführung sollen diese aber durch steuerbare Siliziumzellen ersetzt werden. Damit ist über die Gittersteuerung auf einfache Weise der Wechselrichterbetrieb möglich geworden. Die stetige und verlustfreie Spannungssteuerung der Fahrmotoren lässt sich ebenfalls mit den steuerbaren Ventilen erfüllen, wenn durch die Gittersteuerung der zeitliche Beginn des Durchschaltens der Siliziumzellen bestimmt wird, d. h. der Anteil der Wechselstrom-Halbschwingung der durchge-

33'213-214

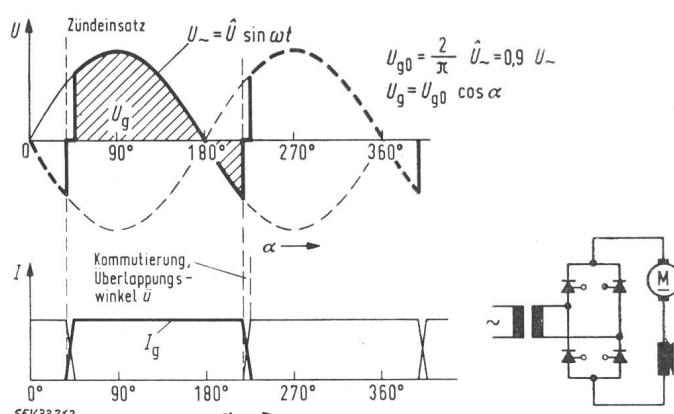


Fig. 1

#### Spannungsregelung durch Anschnittsteuerung

Symmetrische Zweiphasen-Brückenschaltung  
I Strom;  $I_g$  Gleichstrom; U Spannung;  $U_{\�}$  Wechselspannung;  $\emptyset$  Scheitwert der Wechselspannung;  $U_g$  gleichgerichtete Spannung;  $U_{g0}$  max. Gleichspannung;  $\alpha$  Zündeneinsatzwinkel;  $wt$  Kreisfrequenz

lassen wird, kann durch Verschieben des Zündeneinsatzpunktes verändert werden. Diese Regelungsart wird Anschnittsteuerung genannt (Fig. 1), im Gegensatz zur Amplitudensteuerung bei der Regelung mit Stufenschaltern. Durch Änderung des Zündeneinsatzwinkels zwischen  $90^\circ$  und  $0^\circ$  kann die den Fahrmotoren zugeführte Gleichspannung zwischen Null und dem Maximalwert stufenlos geregelt werden. Beim Übergang zum Wechselrichterbetrieb mit Einsatzwinkeln grösser als  $90^\circ$  kann bei gleichzeitiger Anker- oder Feldumpolung die Nutzbremsung mit Energierückspeisung erzielt werden.

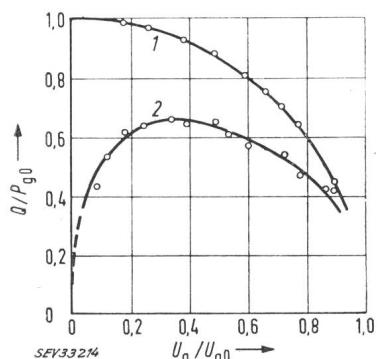


Fig. 2

#### Zweiphasen-Brückenschaltung

Verhältnis von Blind- zu Wirkleistung in Abhängigkeit des Aussteuerungsverhältnisses  $U_g/U_{g0}$   
1 symmetrisch vollgesteuerte Brückenschaltung; 2 unsymmetrisch und symmetrisch halbgesteuerte Brückenschaltung  
Q Blindleistung;  $P_g$  Höchstwert der Gleichstromleistung;  
E Fahrmotor;  $Z_L$  Glättungsinduktivität  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Das symmetrische Stromrichtersystem bei dem alle Brückenzweige mit steuerbaren Ventilen besetzt sind, hat zwar den Vorteil des einfachen Überganges vom Fahr- zum Bremsbetrieb, belastet jedoch das speisende Wechselstromnetz infolge der hohen Glättungsinduktivität auf der Gleichstromseite mit einer spürbaren Blindleistungskomponente. Eine Verbesserung erfolgt durch die sogenannte Halbsteuerung, bei der nur zwei Brückenzweige mit steuerbaren Ventilen besetzt werden (Fig. 2). Damit entsteht für den Strom im Gleichstromkreis über die ungesteuerten Ventile ein Freilaufweg ähnlich wie bei einer Nullanode. Die magnetische Energie der Induktivität im Gleichstromkreis treibt den Strom über den Freilauf weiter, ohne das Wechselstromnetz zu belasten. Die Kommutierung kann daher sofort

nach dem Nulldurchgang der Spannungshalbschwingung einsetzen.

Grundsätzlich ist es dabei gleichgültig, ob die Verteilung der steuerbaren und ungesteuerten Ventile nach dem oberen oder unteren Schaltsystem der Fig. 2 erfolgt. Die untere Schaltung (unsymmetrisch halbgesteuert) hat den Vorteil, dass die hochwertigen steuerbaren Ventile bei überwiegendem Betrieb in Teilaussteuerung, d. h. bei häufigen Anfahrten, nur eine kürzere Stromführungszeit haben und dann von den billigeren ungesteuerten Ventilen strommässig entlastet werden. Der Freilauf erfolgt dann über die ungesteuerten Ventile.

Der Übergang auf Wechselrichterbetrieb ist bei der unsymmetrisch halbgesteuerten Brücke unter der Bedingung möglich, dass an Stelle der ungesteuerten Ventile wieder steuerbare eingesetzt werden, welche aber beim Fahrbetrieb einen fest eingestellten Zündwinkel haben und nur beim Bremsbetrieb variabel gesteuert werden. Die günstigen Blindleistungsverhältnisse der halbgesteuerten Brücke gelten dann auch für den Bremsbetrieb.

Bei den Akkumulatorfahrzeugen eröffnen die steuerbaren Siliziumzellen ganz neue Möglichkeiten, wenn sie als kontaktlose Schalter benutzt werden. In der sogenannten Pulsssteuerung werden die Gleichrichterzellen mit hoher Schaltfrequenz abwechselnd entweder voll geöffnet oder voll gesperrt. Dadurch wird der Mittelwert der dem Motor zugeführten Spannung verändert; der im Motor tatsächlich fliessende Strom ist jedoch nicht so stark zerhackt wie die Spannung, dank der Feld- und Ankerinduktivität des Motors in Verbindung mit einer parallel dazu angeordneten Freilaufdiode. Auch zur Energierücklieferung kann diese Schaltung verwendet werden und es liegt auf der Hand, dass dabei ganz erhebliche Energiegewinne erzielt werden, wenn nicht nur die Energieverluste in den Anfahrwiderständen sondern auch die in den Bremsklötzen vernichtete Energie vollständig wegfallen. Versuche haben gezeigt, dass der Energierückgewinn 15...25 % betragen kann.

A. Baumgartner

## Die neuen Bauvorhaben der Vorarlberger Illwerke AG

621.311.21 (436.44)

[Nach A. Falger: Die neuen Bauvorhaben der Vorarlberger Illwerke AG. ÖZE 17(1964)6, S. 241...251]

Die Vorarlberger Illwerke AG (VIW) haben ein umfangreiches Bauprogramm aufgestellt, das, soweit es nicht schon gegen-

wärtig durchgeführt wird, die Bauten der nächsten Jahre festlegt. Die Eingliederung der in Ausführung befindlichen Bauten in die bestehenden umfangreichen Anlagen, die Abstimmung der späteren Bauten mit den vorhandenen und in Errichtung befindlichen Einrichtungen, die Erzielung der optimalen Wasserwirtschaft und Sicherheit des Betriebes erforderten umfangreiche Erhebungen und Studien.

a) An Hand der Fig. 1 seien die vorhandenen Anlagen (Kraftwerke KW, kombinierte Pumpspeicherwerke PSW, Speicher SP und Bachüberleitungen BÜ) kurz aufgezählt:

*KW Obervermunt (29 MW) mit Silvrettaspeicher (38,6 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) und BÜ Bieltal.* Das einmal verwendete Wasser wird im Speicher Vermunt (5 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) wieder kumuliert. Der Speicher Vermunt wird zusätzlich durch 7 Bachüberleitungen gefüllt. Im Zuge dieser Bachüberleitungen liegt der Stauraum des in Errichtung befindlichen Speichers Kops. In diesen werden dann der Verbellabach, der Zeinisbach mit zusammen 14 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet und als neu erfasstes Gewässer der Kopsbach mit 7,3 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet zufließen.

*KW Vermunt* (140 MW), gespeist vom *Speicher Vermunt*; *KW Latschau* (8 MW) und *PSW Rodund* (173 MW), gespeist mit dem im KW Vermunt verwendeten Wasser, verstärkt durch 7 Bachüberleitungen, alle praktisch in Kote 1000 m ü. M. gefasst; *PSW Lünersee* (224 MW) mit dem Lünerseespeicher ( $76 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>) und der Beileitung des Abflusses des Brandner-Ferners.

Das in den Kraftwerken Latschau und Lünersee verwendete Wasser wird über das PSW Rodund der Ill zugeführt.

b) In Durchführung befindet sich der *Kopsspeicher* im Zuge der Bachüberleitungen nach Vermunt, das *neuerliche Fassen des Valzifenzbaches und des Vergaldnerbaches*, die sich später zum Suggadinbach vereinigen, und des *Garnerabaches* in Kote rd. 1800 m ü. M., und deren Leitung in den Speicher Vermunt. Damit werden ein Einzugsgebiet von rd. 32 km<sup>2</sup> nutzbar gemacht,  $41 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> Wasser im Regeljahr für das KW Vermunt gewonnen und 61 GWh elektrische Energie pro Jahr erzeugt. Der 11,3 km lange Freispiegelstollen ist im Bau, die Fertigstellung dürfde im Herbst 1965 erfolgen.

c) Die angestellten Überlegungen über den weiteren Ausbau der Anlagen der VIW lassen erkennen, dass die angestrebte optimale Wasserwirtschaft und Betriebssicherheit durch das Anlegen weiterer Speicherräume zu erreichen ist. Die Planungen für die Zukunft sehen neben dem bereits in Angriff genommenen *Kopspeicher* noch die Errichtung des *Kleinvermuntspeichers* vor.

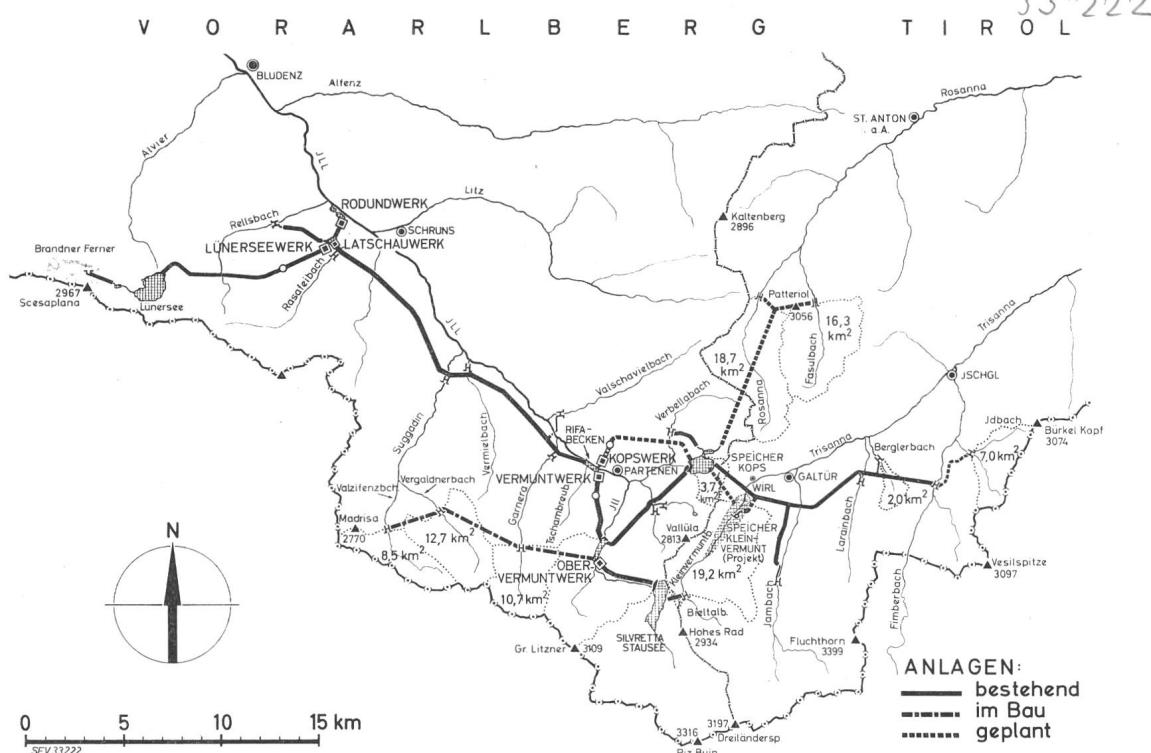


Fig. 1  
Übersichtslageplan

Ferner werden 2 Bäche in Kote 1890 gefasst und mit einem 10,5 km langen Stollen in den Kopsspeicher übergeleitet. Damit wird ein Einzugsgebiet von 35 km<sup>2</sup> nutzbar gemacht,  $41 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr ausgenützt und 101 GWh pro Jahr elektrische Energie erzeugt. Das Bauprogramm sieht auch die Überleitung des Idbaches und des Kleinvermuntbaches — diese mit Pumpstation — in die Bachüberleitungen nach Vermunt vor.

Nach Inbetriebnahme des Speichers Kleinvermunt wird die erwähnte Pumpstation ausser Betrieb gesetzt, weil dann der Kleinvermuntbach von diesem Speicher erfasst wird.

Der Speicher Kleinvermunt wird durch die Errichtung eines Erddamms für den Stauraum von  $62 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, entsprechend einer Energiemenge von 153 GWh bezogen auf das Unterwasser in Rodund, geschaffen.

Der Speicherraum Kops mit dem Stauziel 1809 m ü. M. wird durch eine Staumauer am Westende abgeschlossen und zwar mit einer Gewölbbesperre von 120 m maximaler Höhe, Kronenlänge 432 m und Kronenbreite 6 m.

Für die volle Ausnützung des Speichers Kops soll eine neue Druckleitung für eine Fallhöhe von 780 m zum neu zu errichtenden Kopswerk geschaffen werden. Das Wasserdargebot kann dann über die zwei Werke (Kops oder Vermunt) verwendet werden. Die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Speicher Kops und dem Vermuntstausee wird durch eine Druckminderungsanlage abgebaut. Die Druckleitung des Kopswerkes wird aus einem 5 km langen Druckstollen von 3,2 m Durchmesser, dem Wasserschloss und dem 1,0 km langen Druckschacht von 2,6 m Durchmesser, bestehen. Es ist geplant, im Kopswerk drei Maschinengruppen von 257 MW aufzustellen. Die erzeugte elektrische Energie des Kopswerkes wird im Regeljahr 392 GWh betragen und zwar 258 GWh in den Sommer-, 134 GWh in den Wintermonaten. Für das Unterwasser wird ein, den beiden Werken dienendes Ausgleichsbecken Rifa, von  $1 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> Inhalt gebaut werden. Eine 30 km lange 220-kV-Leitung wird die elektrische Energie in das Unterwerk Bürs übertragen.

Insgesamt wird sich der Energiezuwachs durch die skizzierten Bauten um 343 GWh/Jahr erhöhen. Damit wird sich das Verhältnis von Sommer- zu Wintererzeugung von heute 53,1 zu 46,9 auf 42,5 zu 57,5 verändern.

E. Königshofer

## Wechselrichter zur Drehzahlsteuerung von Käfigläufermotoren

621.314.57 : 621.316.718.5 : 621.313.333.2

[Nach L. Abraham, K. Heumann, F. Koppelman: Wechselrichter zur Drehzahlsteuerung von Käfigläufermotoren. AEG-Mitt. 54(1964)1/2, S. 89...106]

Nach seiner physikalischen Wirkungsweise lässt sich der Asynchronmotor am besten dadurch mit veränderlicher Drehzahl betreiben, wenn er mit veränderlicher Frequenz gespiesen wird. Diese soll in weiten Grenzen veränderlich sein, was heute mit Wechselrichtern unter Verwendung von Thyristoren (steuerbare Siliziumzellen) auch für grosse Leistungen und bei gutem Wirkungsgrad verwirklicht werden kann.

Bei Frequenzsteuerung der Drehzahl bestehen unter Verwendung von Wechselrichtern grundsätzlich keine Grenzen für die Frequenz; selbst die Frequenz Null ist möglich, nur bedeutet sie für einzelne Ventile einen Dauerstrom, worauf durch Überdimensionieren Rücksicht zu nehmen ist. Praktisch ergibt sich beim Asynchronmotor wegen der erforderlichen Mindestschlupffrequenz als unterste Grenze eine Frequenz von einigen Hertz. Die obere Grenze wird durch die Freiwerdezeit der steuerbaren Ventile mit etwa 1000 Hz bestimmt. Das Optimum dürfte bei 100...200 Hz liegen.

Die Spannungssteuerung bietet beim Wechselrichter mit Netzanschluss keine Schwierigkeit, wenn sie als Anschnittsteuerung ausgeführt wird. Schwieriger liegt der Fall beim sog. selbstgeführten Wechselrichter, welcher den Drehstrom selbst erzeugt, da hier die Phasenlage der Wechselspannung durch den Wechselrichter selbst erzeugt wird und damit als Bezugssystem wegfällt. Eine Möglichkeit besteht darin, die speisende Gleichspannung zu verändern. Eine andere Möglichkeit beruht auf der willkür-

lichen Veränderung des Zündeneinsatzpunktes wobei beim netzgeführten Wechselrichter jeweils die alte Phase erlischt, wenn die neue zündet. Beim selbstgeführten Wechselrichter ist eine Spannungssteuerung nur dadurch möglich, dass der Zündzeitpunkt der neuen Phase gegenüber dem Löschezeitpunkt der alten Phase verzögert wird, indem eine mehr oder weniger grosse Pause eingeschoben wird. Anstatt nach dem Sperren eines Thyristors, den Thyristor der Folgephase zu verzögern, ist es auch möglich, das Ventil der alten Phase neu zu zünden.

Wenn das Löschen und Neuzünden ein und derselben Phase innerhalb einer Spannungswelle mehrmals wiederholt wird, so ergibt sich eine Methode der Spannungssteuerung, welche als Pulssteuerung bezeichnet wird. Der Vorteil der Pulssteuerung liegt darin, dass die niederen Harmonischen gegenüber denen bei der Anschnittsteuerung zurücktreten. Die höheren Harmonischen lassen sich aber leichter aussieben.

Eine weitere Möglichkeit der Spannungssteuerung besteht darin, mehrere voll ausgesteuerte Wechselrichter in Reihe zu schalten und die resultierende Spannung durch Änderung der gegenseitigen Phasenlage zu beeinflussen, ähnlich wie dies beim Induktionsregler geschieht. Da die Summierung der Spannungen über einen Transformator erfolgen muss, sind dem nutzbaren Frequenzbereich nach unten Grenzen gesetzt. Das Verfahren eignet sich besonders für grosse Leistungen.

A. B.

## Geräte zum Registrieren von Erdspannungen

621.316.99

[Nach G. Klos und H. Maier: Geräte zum Registrieren von Erder- und Beeinflussungsspannungen. ETZ-B 16(1964)11, S. 289...292]

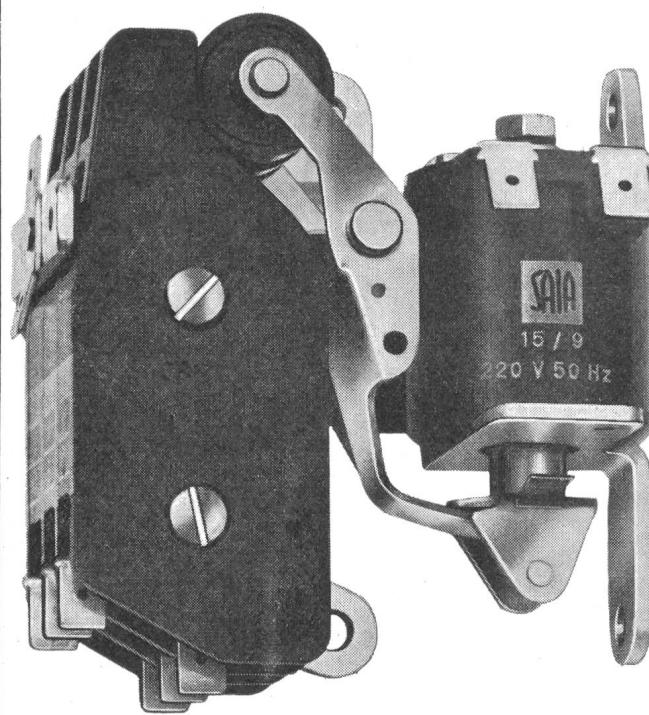
Die bei Erdungsfehlern in starr geerdeten Netzen auftretenden Spannungen können die Menschen gefährden und die benachbarten Geräte und Einrichtungen beeinflussen. Um entsprechende Sicherheitsmaßnahmen treffen zu können, interessiert vor allem die Häufigkeit des Auftretens verschiedener hoher Erderspannungen und der damit verbundenen Schritt- und Berührungs- spannungen. Weiter ist auch der Vergleich der gemessenen Werte mit den bisherigen Bemessungs- und Bewertungsgrundlagen von Interesse. Das Verhältnis der Schritt- und Berührungs- spannungen an den verschiedenen Stellen einer Anlage zur Erderspannung bleibt auch bei Kurzschluss erhalten. Daher genügt in einer Anlage die Überwachung eines einzigen Wertes, z. B. einer Potentialdifferenz.

Bisher wurden interessierende Auswirkungen der unmittelbaren Sternpunktserdung nur vereinzelt überwacht, weil die verwendeten Einrichtungen entweder aufwendig waren oder keine einfache Auswertung der Ergebnisse ermöglichen. Deshalb wurde eine zählende und eine schreibende Einrichtung neu entwickelt. Mit der zählenden Einrichtung kann festgestellt werden, wie oft bestimmte Spannungsgrenzen überschritten wurden. Ihr Aufbau ist sehr einfach und erfordert keine besondere Wartung. Sie kann daher in grosser Stückzahl herangezogen werden. Die schreibende Einrichtung speichert den Messwert und steuert über einen Verstärker den Schreiber aus. Sie ist aufwendiger, gestattet dafür eine zeitliche Zuordnung der Messwerte zu Netzvorgängen.

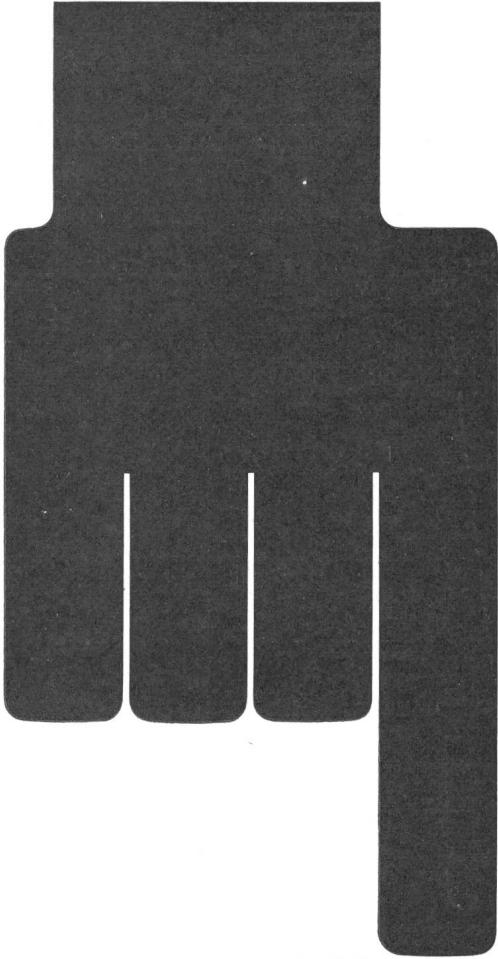
Für jede Spannungsgrenze ist ein Zählwerk eingebaut, das beim Überschreiten der Spannung seinen Zähler weiterschaltet. Jedem Zählwerk ist ein einstellbarer Widerstand vorgeschaltet, mit dem die gewünschte Spannungsgrenze eingestellt wird. Als Zählwerke werden Impulszähler verwendet, die auch bei dem durch Gleichrichtung erhaltenen Gleichstrom innerhalb von 0,1 s ansprechen.

Wegen der geforderten kleinen Papiergeschwindigkeit und möglichen schnellen Messwertänderungen scheiden bei der schreibenden Einrichtung Tintenschreiber aus, weil der Tintenfluss oft bei sehr schnellen Messwertänderungen aussetzt. Deshalb wurden diesbezüglich einwandfrei arbeitende Metallpapier- schreiber gewählt. Die Meßspannung lädt über einen Gleichrichter einen Kondensator in 100 ms auf. Die Entladzeitkonstante des Kondensators muss etwa 50 s betragen, damit der Schreiber bei seiner Einstellzeit von 1 s genügend genau auf den vollen Wert kommt.

I. Cetin



eine Spitzentleistung



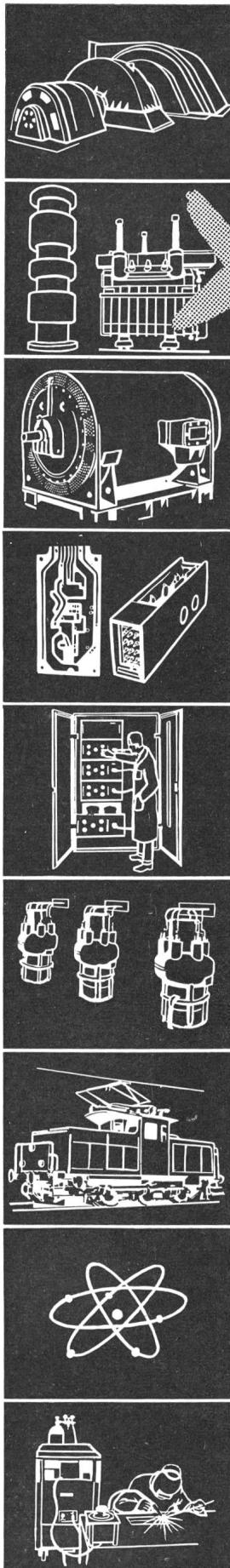
## Schaltschütz SBR



Schaltleistung 15 A 500 V~  
prellarm  
hohe Schaltzahl,  
bis 15 Millionen Schaltspiele  
brummfrei  
kleine Leistungsaufnahme  
kunstharzvergossene,  
stoßspannungssichere Spule  
bis 8 kVsw 1/50,  
für Steuerspannungen 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

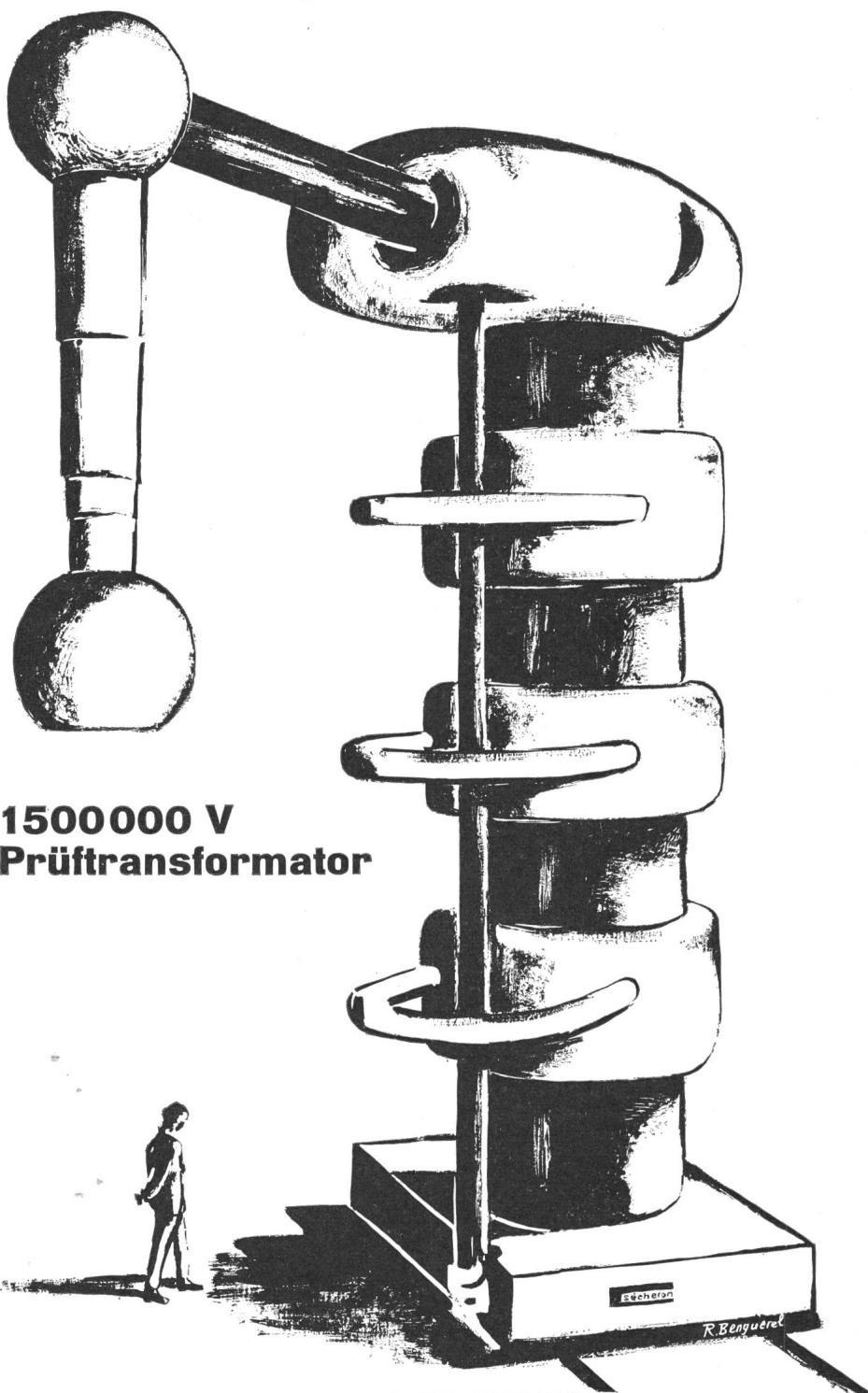
**SAIA**



**sécheron**  
auf der Schweizerischen  
Landesausstellung 1964

Sektor «Industrie und Gewerbe» Abteilung Energie

Sektor «Verkehr» Abteilung Eisenbahnen



s.a. des ateliers de

**sécheron** genève