

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 46 (1955)
Heft: 4

Rubrik: Communications ASE

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: 18.04.2026

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

Hochspannung (110 kV) verunglückten Hilfsarbeiter abbildliche Stromaustrittsstellen an der kleinen Zehe des rechten Fusses (Fig. 2). Bei einem anderen Unfall, der einem Stationsmonteur bei Hochspannung (10 kV) zugestossen war, ergaben die in Fig. 3 gezeigten besonders deutlich ausgeprägten Strommarken an beiden Füssen eine völlige Übereinstimmung mit der Lage der Befestigungsstifte des Sohlenbelages. Bei Ausbrennungen in Lederschuhen durch den Lichtbogen beobachteten wir dabei mehrmals selbst in einem grösseren Bereich eine starke Brüchigkeit, ähnlich wie wir sie bei Lederriemen und Lederbesatz von Sicherheitsgürteln finden, die unsachgemässerweise in unmittelbarer Ofennähe getrocknet und in der Hitze brüchig wurden.

Unter den verschiedensten Schuharten, die bisher bekannt wurden, haben sich lediglich die seit einigen Jahren in steigendem Masse eingebürgerten Schuhe mit Krepsohlen als genügend isolierend gegen Niederspannung erwiesen. Bei den Messungen an derartigen Schuhen wurde — wie auch von anderer Seite festgestellt — stets ein unendlich grosser Widerstand ermittelt, der selbst bei längerer Einwirkung von Feuchtigkeit keine nennenswerte Einbusse erfuhr. Diese Tatsache findet übrigens auch durch die in verschiedenen Betrieben — natürlich nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen — gemachten Beobachtungen der elektrostatischen Aufladung von Personen, die Schuhe mit Krepsohlen trugen, ihre Erhärtung.

Es braucht aber wohl nicht besonders betont zu werden, dass bei der Nachprüfung eines elektrischen Unfalles durch den Versuch die Messbedingungen und Prüfanordnungen den tatsächlichen Verhältnissen in der Praxis Rechnung tragen müssen [4]. In einem konkreten Fall (Niederspannungs-Unfall) — es handelte sich um Luftpolsterschuhe mit Sohlen auf Nylonbasis — ergab sich für die Schuhe (volle Auflagefläche auf ebener Gegenelektrode) ein praktisch unendlich grosser Isolationswiderstand; in der Unfallsituation hingegen sank der Verunglückte mit seinen Schuhen mehrere Zentimeter tief in völlig aufgeweichtes Erdreich ein, so dass ein Strom-

pfad über das Oberleder zustande kam. Ein Abgriff am Oberleder (entsprechend dem eingesunkenen Teil), zu welchem Zwecke vorher in die Schuhe Holzleisten gesteckt und diese mit Metallfolien belegt worden waren, ergab dann auch tatsächlich nur einen Isolationswiderstand von 1050 Ω . In je einem anderen Fall kamen bei elektrisch verunglückten Stationsmonteuren beim Stehen auf den Fußspitzen beziehungsweise Ausrutschen nach rückwärts bei Hochspannungsberührung mittels langer, leitender Gegenstände Stromwege über die Schuhspitzen beziehungsweise Schuhabsätze zustande, was die Notwendigkeit von Messungen bei verschiedenen Auflageverhältnissen unterstreicht.

Die vorstehenden Ausführungen lassen jedenfalls mit aller Deutlichkeit erkennen, dass der Isolationswert von Schuhwerk selbst bei Niederspannung fraglich ist; um sich bei Arbeiten in elektrischen Anlagen und auf elektrischen Leitungen nicht in falscher Sicherheit zu wiegen, muss daher für das gewöhnliche Schuhwerk stets der schlechteste Fall, also keinerlei ausreichender Schutz, auch bei Niederspannung, angenommen werden.

Literatur

- [1] Irresberger, Georg: Die Analyse der Unfälle 1919 bis 1939 eines grossen Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens. Bull. SEV Bd. 42(1951), Nr. 12, S. 443..450.
- [2] Irresberger, Georg: Zur Frage der elektrischen Leitfähigkeit von Holzmasten. ETZ-B Bd. 6(1954), Nr. 11, S. 407..409.
- [3] Irresberger, Georg: Schutzmassnahmen bei Aufstellung von Holzmasten unter Spannung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 53 (1954), Nr. 24, S. 788..790.
- [4] Schrank, W.: Schutz gegen Berührungsspannungen. Berlin: Springer 1952.
- [5] Koch, Walther: Zur Frage der Schrittspannung in Hochspannungsanlagen. Siemens. Z. Bd. 26(1952), Nr. 5, S. 249..252.

Adresse des Autors:

G. Irresberger, Oberösterreichische Kraftwerke-Aktiengesellschaft, Linz.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ein 12-t-Induktionsofen in Schweden

621.365.5(485)

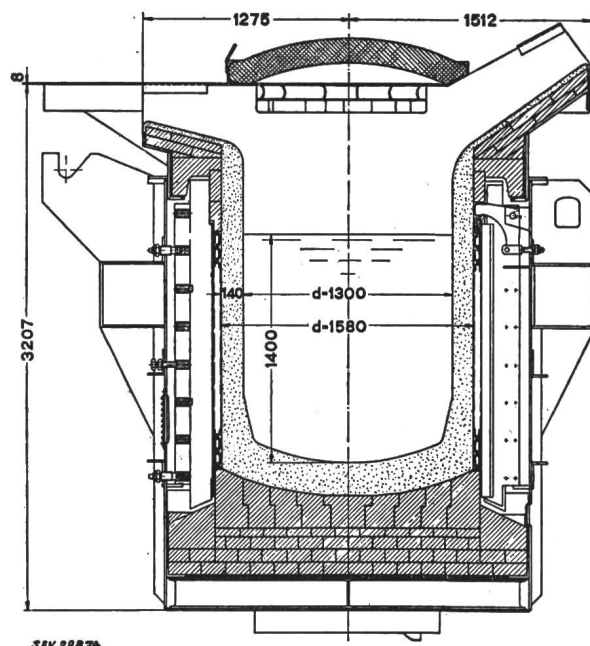
[Nach T. Hahn: Induction Furnace Plant in the Bofors Steelworks at Kilsta, Sweden. Asea J., Västerås Bd. 27(1954), Nr. 5/6, S. 71..77]

Im Januar 1952 sind im Stahlwerk Kilsta der AB Bofors (Schweden) zwei Induktions-Stahlöfen in Betrieb gesetzt worden, welche je 12 t Schmelzgut aufnehmen können. Diese Einheiten, welche zu den grössten dieser Art gehören, krönen eine 25jährige Entwicklungstätigkeit der ASEA auf dem Gebiet der Induktionsöfen, für deren Anwendung die Verhältnisse in Schweden besonders günstig sind (Roheisen mit niedrigem Phosphor- und Schwefelgehalt, billige elektrische Energie). Die ganze Anlage setzt sich zusammen aus den zwei kippbaren Induktionsöfen, der Umformergruppe mit Kondensatorbatterie und der Steuerapparatur.

Fig. 1 zeigt den Aufbau und die Dimensionen des 12-t-Ofens. In einem geschweissten Stahlblechrahmen ist mit Hilfe von Schamotte-Steinen der Schmelztiegel aus Quarzit eingebaut. Die Induktionswicklung (Primärwicklung) besteht aus kühlwasserdurchflossenen Kupferrohren und ist auf einem hochhitzebeständigen keramischen Isolierkörper direkt an den Tiegel anliegend angeordnet. Bei Vollast beträgt der Strom pro Ofen etwa 18 000 A und die nötige Kühlwassermenge etwa 400 l/min. Der Ofen kann zum Beschieken und Entleeren elektro-hydraulisch 100° vorwärts und 75° rückwärts gekippt werden.

Der für den Betrieb der zwei Öfen benötigte Strom von 600 Hz wird in einer fremdventilierten, mit 1000 U./min rotierenden Umformergruppe erzeugt. Diese besteht aus einem vom Netz gespeisten Dreiphasen-Synchronmotor von 3750 kW bei $\cos \varphi = 0,65$ kapazitiv, und zwei direkt gekuppelten 600-Hz-Einphasen-Synchrongeneratoren von je 1700 kW bei $\cos \varphi = 0,9$, sowie den zugehörigen Erregermaschinen. Die Schaltung der Anlage geht aus Fig. 2 hervor. Die Spannung und damit die Heizleistung wird mit Hilfe der Erregung der Generatoren reguliert; die Blindleistung, die sehr hohe

Werte annehmen kann, wird mit parallelgeschalteten Kondensatoren erzeugt. Es sind im ganzen 403 Kondensatoren



SEV 22874

Fig. 1

12-t-Induktionsofen der ASEA, Längsschnitt
Masse in mm

zu je 250 kVar verwendet worden, die in einem besonderen Raum untergebracht sind. Eine automatische Steuerung mit $\cos \varphi$ -Relais sorgt durch Zu- und Abschalten der Kondensa-

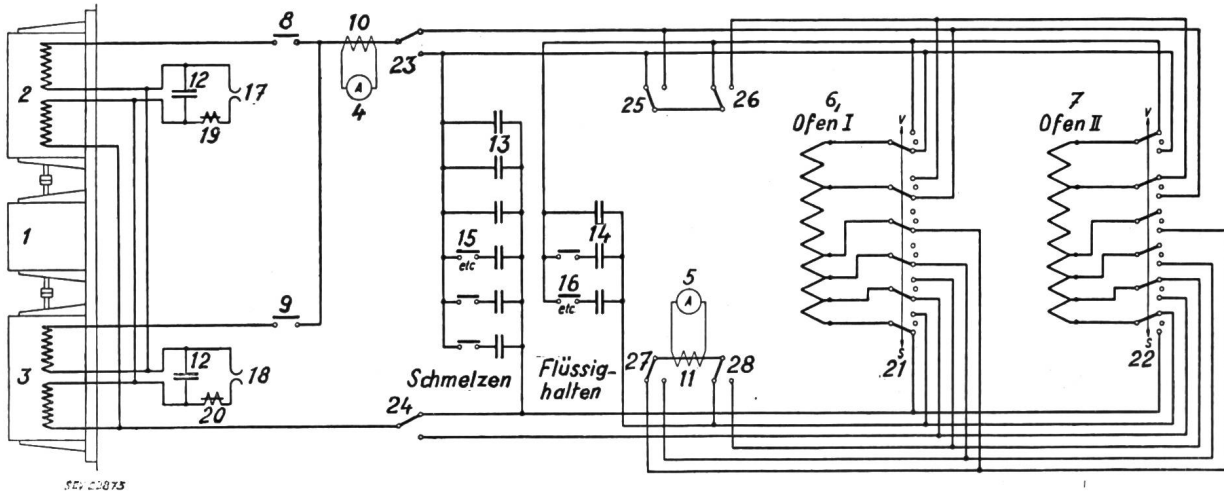


Fig. 2

Vereinfachtes Schema der Induktionsofenanlage Kilsta der AB Bofors

1 Dreiphasen-Synchronmotor 50 Hz; 2, 3 Einphasen-Synchrongeneratoren 600 Hz; 4 Ampèremeter für Generatorstrom; 5 Ampèremeter für Flüssighaltung; 6, 7 Induktionsöfen; 8, 9 Hauptschalter (Ölschalter); 10, 11 Stromwandler; 12 Serie-kondensatoren zur Kompensation des induktiven Spannungsabfalles in der Generatorwicklung; 13, 14 Parallelkondensatoren zur Regelung der Blindleistung; 15, 16 Kondensatorschütze; 17, 18 Funkenstrecken zum Schutz gegen Überspannungen; 19, 20 Überspannungsrelais; 21, 22 17polige Umschalter für Schmelz- oder Flüssighaltbetrieb, Stellungen: S Schmelzen, V Flüssighalten; 23...28 einpolige Umschalter für verschiedene Gruppierungen.

toren dafür, dass der Generatorstrom auch bei rasch erfolgenden Änderungen der Ofeninduktivität stets minimal bleibt. Soll in einem Ofen das geschmolzene Gut noch längere Zeit flüssig gehalten werden, so kann dieser Ofen durch einfache Umschaltung an reduzierte Spannung gelegt werden. Hierbei funktioniert der andere Ofen als Autotransformator. Die Wicklungen beider Öfen sind zu diesem Zweck mit Anzapfungen versehen.

Infolge des sauren Tiegelmaterials kann in solchen Induktionsöfen nur Stahl mit niedrigem Phosphor- und Schwefelgehalt verarbeitet werden. Deshalb werden sie bei Bofors nur mit Schrott und Holzkohlen-Roheisen beschickt. Die Schmelzdauer für 12 t Stahl beträgt etwa $3\frac{1}{2}$...4 h, die dafür benötigte Energiemenge etwa 8000 kWh. Die Jahresproduktion der ganzen Anlage liegt bei Schichtbetrieb bei etwa 21 000 t.

Seit ihrer Inbetriebsetzung haben diese beiden Induktionsöfen störungsfrei und zufriedenstellend gearbeitet.

C. W. Lüdeke

Elektroenzephalographie

621.317.351 : 612.82

[Nach G. Raoult: L'Electroencéphalographie, Bull. Soc. franç. Electr. Bd. 4(1954), Nr. 43, S. 429...437]

Caton hat im Jahre 1875 zum erstenmal mit Hilfe eines Galvanometers gezeigt, dass im Gehirn des Menschen elektromotorische Kräfte auftreten. Seither haben sich Forscher

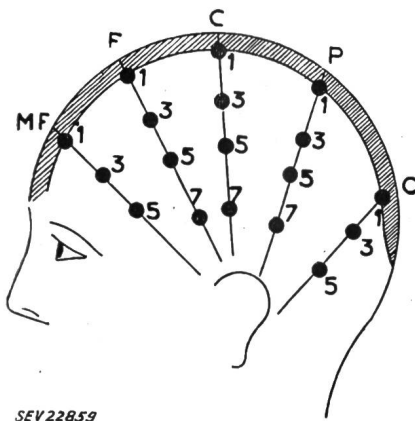


Fig. 1

Elektroden-Ansatzpunkte am menschlichen Schädel nach Jasper

Die Buchstaben und Zahlen geben die Elektroden-Orte an. Die geradzahigen Punkte liegen auf der anderen Seite des Schädels

in allen Teilen der Welt mit der Untersuchung der elektrischen Ströme, die vom Gehirn ausgehen, beschäftigt. Es handelt sich dabei um Wechselströme, deren Frequenzen zwischen 1 und 70 Hz schwanken. Das wichtigste Frequenzgebiet liegt zwischen 3 und 40 Hz. Dieses Gebiet lässt sich in folgende charakteristische Bereiche (Rhythmen) unterteilen:

α -Bereich	8...12 Hz
β -Bereich	ca. 25 Hz
γ -Bereich	35...55 Hz
δ -Bereich	ca. 3 Hz
θ -Bereich	4...7 Hz

Der α -Bereich zum Beispiel ist besonders ausgeprägt, wenn sich die Versuchsperson im Dunkeln befindet. Spannungen mit dieser Frequenz wurden nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Tieren festgestellt. Die Gehirnspan-

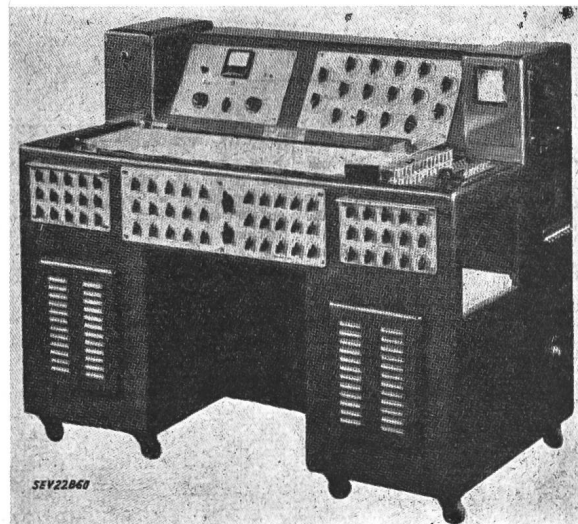


Fig. 2

Elektroenzephalograph Typ Supra der Société Alvar mit 15 Schreibern

Im Apparateschrank sind sämtliche Verstärker und Hilfsgeräte eingebaut

nungen lassen sich durch Elektroden, die auf dem Schädel der Versuchsperson aufgesetzt werden, messen. Einige Beispiele, an welchen Punkten des Kopfes der Versuchsperson sich die Elektroden anbringen lassen, sind in Fig. 1 angegeben. Die Spannungen, die zwischen diesen Punkten auf-

treten, liegen in der Grössenordnung von einigen μV . Doch sind bereits Spannungsspitzen bis zu $400 \mu\text{V}$ gemessen worden. Die Aufgabe der Elektroenzephalographie besteht darin, die durch das Gehirn erzeugten Spannungen mit Hilfe eines Schreibers auf einen Papierstreifen zu oszillographieren. Solche Oszillogramme gestatten interessante Einblicke in den Mechanismus des Gehirns und ermöglichen Rückschlüsse auf verschiedene Krankheitszustände, zum Beispiel bei Epilepsie und Gehirntumoren.

Damit sich die Spannungen oszillographieren lassen, müssen sie verstärkt werden. Der Verstärkungsgrad solcher Verstärker erreicht Werte bis zu 160 db. So grosse Verstärkungsgrade erfordern besondere Massnahmen zur Vermeidung von Rausch-, Brumm- und anderen Störerscheinungen. Fig. 2 zeigt den Elektroenzephalograph Typ Supra der Société Alvar. Das Oszillographenpapier läuft quer über den Apparatetisch. Das Gerät kann mit 12 bis 15 Schreibern geliefert werden. Diese können gleichzeitig die elektrischen Spannungen aufzeichnen, die zwischen verschiedenen Punkten des Schädels liegen. *H. Gibas*

Hochleistungsgleichrichter

621.315.59 : 537.311.33

[Nach J. L. Boyer: Power Rectification. Westinghouse Engr. Bd. 14(1954), Nr. 5, S. 183...186]

Bei Grossgleichrichtern bestand bis vor kurzem eine Lücke im Spannungsbereich zwischen 50 und 200 V. Unter 50 V bildete der Selengleichrichter und über 200 V das Ignitron das geeignete Element, das den Bau von Gleichrichtern mit hohem Wirkungsgrad, niedrigen Unterhaltskosten und langer Lebensdauer ermöglichte. Die Lücke zwischen 50 und 200 V konnte nun durch die Germanium- und Siliziumgleichrichter ausgef llt werden. Diese beiden Gleich-

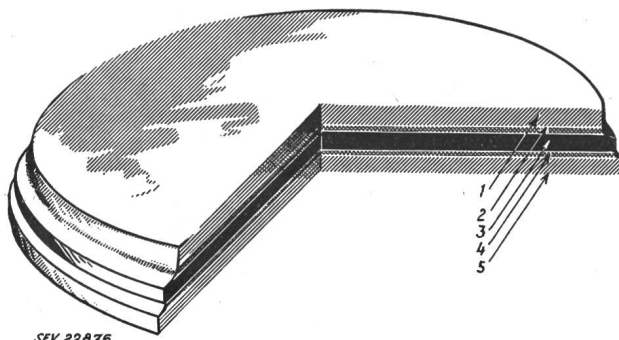


Fig. 1

Gleichrichterelement des Semitrons

Das Element ist aus folgenden 5 Schichten zusammengesetzt: 1 Molybdän (0,76 mm); 2 Indium (0,08 mm); 3 Germanium (0,38 mm); 4 Zinn (0,08 mm); 5 Molybdän (0,76 mm)

richterarten sind das Ergebnis der intensiven Forschung, die auf dem Gebiete der Halbleiter betrieben wird. Nach dem heutigen Stand der Technik lassen sich Germaniumgleichrichter mit 65 V Spannung und einem Strom von 6000 A pro Gleichrichterelement bauen. Grössere Ströme lassen sich durch Parallelschalten von Gleichrichterelementen und höhere Spannungen durch ihre Reihenschaltung erzielen.

Die neuen Halbleitergleichrichter haben den Namen Semitron erhalten. Einen Querschnitt durch ein Gleich-

richterelement, das im Semitron eingebaut ist, zeigt Fig. 1. Das Gleichrichterelement besteht aus 5 Schichten. Das Herz ist die mittlere dünne Scheibe aus *n*-Typ-Germanium. Diese Scheibe ist unten mit Zinn und oben mit Indium an je eine Scheibe aus Molybdän angelötet. Molybdän hat etwa den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie Germanium. Die beiden äusseren Scheiben dienen zum Anschluss der Zuführungsleitungen. Während die Zinnl tung eine rein elektrische Verbindung der Germaniumscheibe mit der Molybd nplatte herstellt, ergibt die Verbindungsfläche zwischen Indium und Germanium Gleichrichterwirkung. Die Semitrongleichrichter haben eine Lebensdauer von vielen Jahren. Um



Fig. 2

Wassergek hltes Germanium-Semitron

Schädigungen durch Feuchtigkeit oder Verunreinigung zu vermeiden, ist das Gleichrichterelement hermetisch von der Aussenluft abgeschlossen. Germaniumgleichrichter können bei Temperaturen bis zu 65°C betrieben werden. Deshalb sind die Germanium-Semitrons mit einer Wasserkühlung versehen (Fig. 2). Es besteht auch die Möglichkeit, das Semitron mit Luft zu kühlen. Die besonderen Vorteile dieser Gleichrichterelemente liegen in ihrem kleinen Spannungsabfall und im niedrigen Rückstrom. So hat zum Beispiel ein Germanium-Semitron mit einem Nennstrom von 200 A einen Spannungsabfall von 0,63 V und einen Rückstrom von 40 mA. Der Spitzenstrom kann für eine maximale Dauer von 10 Perioden auf 3000 A steigen. Wegen des niedrigen Spannungsverlustes lassen sich mehrere Semitronenelemente ohne weiteres parallelschalten.

Der Bau von Semitrons auf Siliziumbasis befindet sich im Laboratoriumsstadium. Silizium hat gegenüber Germanium den Vorteil, dass es bei Temperaturen bis zu 180°C betrieben werden kann. Nachteilig ist sein höherer Spannungsabfall; dieser liegt derzeit ungefähr um 0,5 V über jenem der Germaniumgleichrichter. Germanium und Silizium eignen sich gut für Hochleistungsgleichrichter mit Spannungen zwischen 9 und 130 V. Auf Grund der bisherigen Forschungsergebnisse vermutet man, dass sich die obere Spannungsgrenze auf 400 V steigern lassen wird. *H. Gibas*

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Transistorschaltung erfüllt die Aufgabe eines Thyratrons

621.385.38 : 621.314.7.06

[Nach T. A. Prugh und J. W. Keller: Thyatron-Type Transistor Circuit. Electronics Bd. 27(1954), Nr. 8, S. 190...200]

Die in Fig. 1 gezeigte Transistorschaltung geht vom nicht-schwingenden in einen schwingenden Zustand über, wenn das Eingangssignal von einem negativen auf den Nullwert

steigt. Die Schwingung dauert an bis der Anfangszustand durch äussere Massnahmen wieder herbeigeführt wird. Dieses Verhalten ist demjenigen eines gasgefüllten Thyratrons ähnlich.

Die Forderungen, die bei der Entwicklung dieser Schaltung gestellt wurden, sind folgende: Betriebstemperatur bis 70°C und höher, Speisespannungen von $+10\text{ V}$ und -10 V , unkritische Einstellung, temperaturunabhängiger Schwell-

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 177

Es folgen «Die Seiten des VSE»