

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 55 (1964)
Heft: 23

Artikel: Der "Silring", eine neuartige Form des Silizium-Gleichrichters
Autor: Hempel, H.-P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916789>

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: 04.02.2026

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

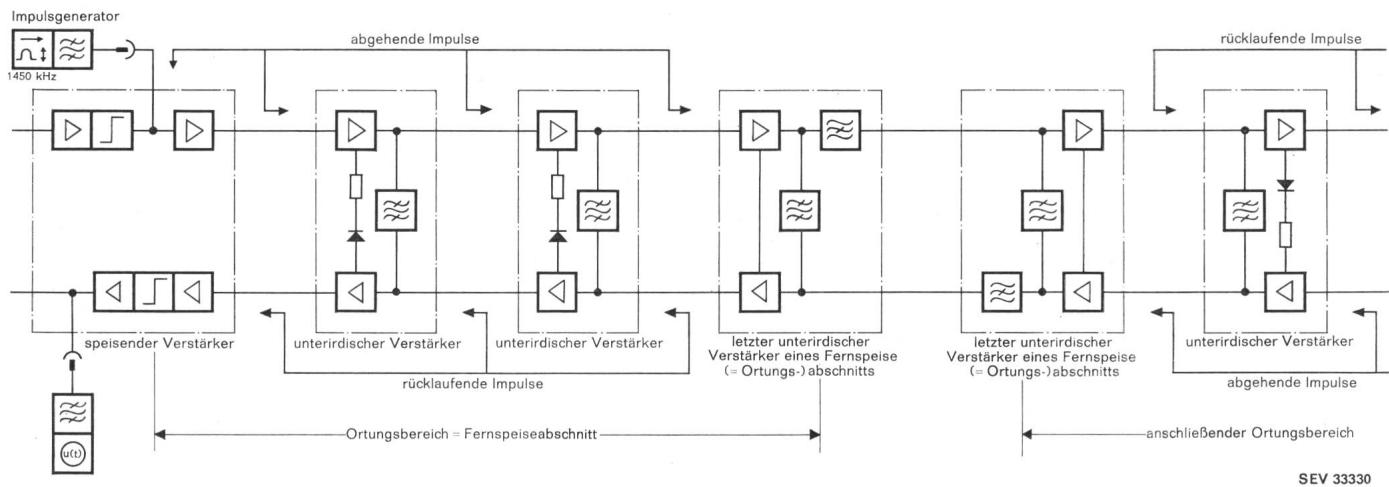


Fig. 9
Fehlerortung

Das Impulsortungsverfahren setzt voraus, dass keine Leitungsunterbrechung vorliegt und die Fernspeisung ordnungsgemäss arbeitet. Zur Feststellung des von einer Leitungsunterbrechung betroffenen Abschnitts dient eine Widerstandsmessung. Als Nebenschluss zur Fernspeiseschleife liegen in jedem der ferngespeisten Zwischenverstärker zwischen den beiden Speiseadern eine Diode und ein 100-k Ω -Widerstand in Serie. Die Diode ist so gepolt, dass sie im normalen Betrieb sperrt. Wird im Störungsfall die Speise-

spannung umgepolt, so führen die parallel liegenden 100-k Ω -Widerstände Strom. Der gemessene Gesamtstrom lässt erkennen, wieviele 100-k Ω -Widerstände in der Speiseschleife parallel liegen, d. h. bis zu welchem Verstärker die Leitung betriebsfähig ist.

7. Schlussbemerkungen

Die eingangs erwähnte erste V 300-Strecke ist einschliesslich einer vorhergehenden Versuchszeit nunmehr seit rund 1½ Jahren in Betrieb. Sie hat in dieser Zeit ohne Störungen und wartungsfrei gearbeitet [3]. Die Erwartungen, die in die Neuerungen, Art der Fernspeisung und Regelung gesetzt wurden, haben sich in jeder Weise erfüllt. Die beschriebene Anlage kann daher mit Recht als echter Fortschritt gewertet werden.

Literatur

- [1] Korn J.: Der Schmitt-Trigger als Spannungsdiskriminator mit kleiner Hysterese, Elektronische Rundschau, April 1964.
- [2] Bächle E.: Eine elektronische Einstellvorrichtung mit Kippschaltungen, NTZ 16. Jahrgang, Heft 7.
- [3] Schulz W.: Ein Trägerfrequenzsystem mit 300 Fernsprechkanälen auf Kleinkoaxialpaaren in Fernmeldeleitungen der Deutschen Bundesbahn, Signal und Draht, 56. Jahrgang (1964), Heft 1.

Adresse des Autors:

A. Wagner, Dipl.-Ing., Telefunken AG, Fachbereich Anlagen Weitverkehr und Kabeltechnik, D-715 Backnang (Württemberg/Deutschland).

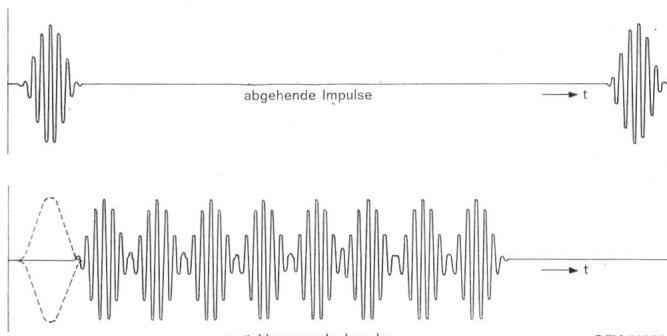


Fig. 10
Impulsortung

621.314.632

Der «Silring», eine neuartige Form des Silizium-Gleichrichters

Von H.-P. Hempel, Nürnberg

1. Die Grundidee

Das Gehäuse des konventionellen Silizium-Gleichrichters (das sog. DO-Gehäuse) ist aus Gehäuseformen entstanden, die man allgemein für hermetisch gekapselte Bauelemente, z. B. auch für Kondensatoren, verwendet. Die Grundform ist ein zylindrischer Metallbecher, dessen obere Öffnung durch einen Glas- oder Porzellanisolator hermetisch verschlossen wird. Durch diesen Isolator sind die Anschlussdrähte hindurchgeführt, die vom Gehäuse isoliert sein sollen.

Beim Silizium-Gleichrichter kommt es nicht allein auf die hermetische Kapselung, sondern auch auf wirksame Abfuhr der am Gleichrichterelement entstehenden Wärme an. Deshalb wird hier, vor allem bei Gleichrichtern für grosse Stromstärken, der Metallbecher möglichst massiv aus Kupfer hergestellt und mit einem Flansch oder Gewindebolzen versehen, mit dessen Hilfe man die Gleichrichterzelle auf

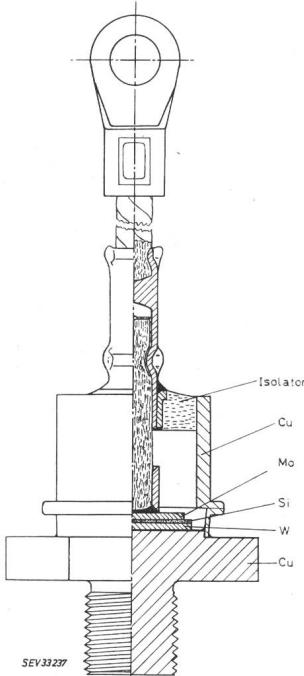
einem Kühlkörper befestigen kann. Aus demselben Grunde ist auch stets ein Pol des Gleichrichterelementes unmittelbar mit dem Gehäuseboden verbunden. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen typischen Leistungsgleichrichter dieser Bauart.

Bei solcher Gehäusekonstruktion wird der Gleichrichter als Einzelement betrachtet. Die Möglichkeit, mehrere Gleichrichterzellen zu verschiedenartigen Schaltungen zusammenzufügen, wird nicht von vornherein ins Auge gefasst, obgleich sie naturgemäß für die praktische Anwendung sehr wichtig ist. Sie muss vielmehr nachträglich durch Hilfskonstruktionen geschaffen werden.

Dieser grundsätzliche Mangel der bisherigen Gleichrichtergehäuse wird von einer neuartigen Konstruktion vermieden, die wegen ihrer Form Silizium-Ringgleichrichter (kurz «Silring») genannt wurde. Es handelt sich um eine ringförmige Gleichrichterzelle mit Mittelloch und exzentrisch ein-

Fig. 1

Schnitt durch einen 100-A-Silizium-Gleichrichter



gebautem Siliziumelement. Man kann solche Zellen mit Hilfe von einfachen ebenen Kühlplatten, isolierten Gewindestöcken, Isolierröllchen und Anschlussfahnen zu Gleichrichtersätzen in beliebigen Schaltungen zusammenfügen, die äußerlich den bekannten Selen-Gleichrichtern ähneln (Fig. 2 und 3). Im Gegensatz zu diesen sind jedoch hier die Gleichrichterelemente in den Abstandringen enthalten, während an die Stelle der Selen-Gleichrichterplatten Kühlplatten aus Aluminiumblech treten.

2. Aufbau der Gleichrichterzelle

Die konstruktive Ausarbeitung dieses Grundgedankens ergab die in Fig. 2 skizzierte Gehäuseform. Auf eine runde Keramikscheibe sind beiderseits runde Kupferscheiben aufgelötet. Ausser dem Mittelloch, das allen drei Teilen gemeinsam ist, hat die Keramikscheibe eine exzentrisch angebrachte nahezu quadratische Öffnung, die das gleichrichtende Element aufnimmt. Das Siliziumscheibchen ist mit seiner ganzen Fläche auf der unteren Kupferscheibe aufgelötet, während die Verbindung von der oberen Kupferscheibe zum Gleichrichterelement durch einen S-förmig gebogenen Metallstreifen hergestellt wird. Somit bilden die beiden Kupferscheiben die Pole der Gleichrichterzelle, wobei die untere zugleich für die Wärmeabfuhr sorgt. Je nachdem, ob das Siliziumscheibchen mit der Junction nach «oben» oder nach «unten» eingelötet wird, erhält man Zellen verschiedener Polarität.

3. Aufbau der Gleichrichtersätze

Aus der Grundkonzeption des Silring-Gleichrichters ergibt sich weiterhin der Gedanke, ein bisher wenig gebräuchliches Verfahren zum Prinzip zu erheben: Die Parallelschaltung einer Vielzahl von Einzelzellen zu Gleichrichtersätzen für grosse Stromstärken.

Bekanntlich müssen, wenn man Silizium-Gleichrichterzellen parallelschalten will, deren Durchlasswiderstände sehr genau übereinstimmen. Andernfalls ergibt sich eine ungleich-

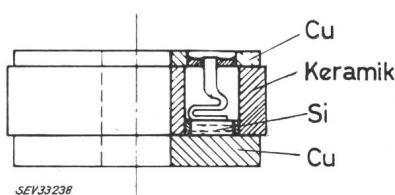
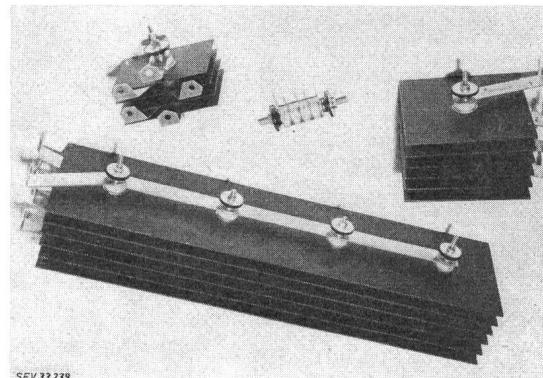


Fig. 2

Schnitt durch eine Silring-Gleichrichterzelle

mässige Stromverteilung, einzelne Zellen werden überlastet und schlagen durch.

Bei diffundierten Gleichrichtern ist diese Voraussetzung im allgemeinen erfüllt. Trotzdem hat man bisher von der Möglichkeit, Zellen parallel zu schalten, nur bei sehr grossen Stromstärken Gebrauch gemacht, weil sonst der Schaltungsaufwand unwirtschaftlich gross war. Für Stromstärken bis zu etwa 200 A pro Zweig war es wirtschaftlicher, Einzelzellen entsprechend grosser Leistung zu verwenden. Betrachtet man jedoch den Aufbau von Gleichrichterschaltungen aus Silring-Zellen, wie ihn beispielsweise Fig. 3 zeigt, so erkennt man, dass diese Zellen sich einfach parallelschalten lassen, indem man mehrere Einzelzellen auf einer gemeinsamen grossen Metallplatte anordnet. Diese stellt zugleich die elektrische und mechanische Verbindung zwischen den parallelgeschalteten Elementen dar und führt die entstehende Verlustwärme ab. Deshalb konnte eine Einheits-Silring-Gleichrichterzelle für die relativ niedrige Nennstromstärke von 15 A bemessen werden und ein entsprechend kleines Siliziumscheibchen von etwa 20 mm² Wirkfläche erhalten. Siliziumelemente dieser Grösse können noch sicher und zuverlässig durch Weichlöten mit den Stromzuführungen verbunden werden. Das ist für die Herstellung sehr vorteilhaft. Bei Flächen von mehr als 40 mm² sind Weichlötungen unzuverlässig, und man muss die wesentlich aufwendigere Hartlöten anwenden.



Silring-Gleichrichtersätze in Brückenschaltung für 2,5; 10; 15; 45 A pro Zweig

Geht man von der Regel aus, dass Silizium-Gleichrichterelemente mit etwa 1 A/mm² belastet werden können, so erkennt man, dass das Siliziumscheibchen des Silringes im Verhältnis zum Nennstrom reichlich gross ausgelegt ist. Das hat zur Folge, dass der Silring besonders unempfindlich gegen kurzzeitige Stromüberlastungen ist und deshalb weniger aufwendige Massnahmen zur Sicherung gegen Kurzschluss erfordert als konventionelle Gleichrichter, bei denen die Strombelastbarkeit des gleichrichtenden Elements voll ausgenutzt wird. Da nämlich bei Belastung mit Stromstößen die Verlustwärme das Siliziumscheibchen praktisch adiabatisch erwärmt, hängt die kurzzeitige Überlastbarkeit nur von der Fläche des Scheibchens und nicht von der Grösse bzw. Wirksamkeit des Kühlers ab.

Ein weiterer Vorteil der Parallelschaltung kleinerer Einzelzellen ist die gleichmässige Verteilung der Verlustwärme auf die Fläche des Kühlers. Bei konventionellen Silizium-Gleichrichtern wird Verlustwärme an einer einzigen Stelle

an den Kühler abgeführt, wobei ein gewisser Wärmestau auftreten kann.

Kann man einerseits durch Parallelschalten von Silringzellen Gleichrichtersätze für grosse Stromstärken aufbauen, so ist es anderseits selbstverständlich auch möglich, die Silring-Zelle mit wesentlich geringeren Strömen als dem zulässigen Maximalwert zu beladen, wobei dann die Kühlplatte entsprechend kleiner sein bzw. ganz fortfallen kann. Wegen des ausserordentlich einfachen Aufbaus ist der Silring auch bei Stromstärken bis hinab zu 2,5 A pro Einzelzelle noch wirtschaftlich.

Bei so geringer Belastung ist das gleichrichtende Element des Silrings naturgemäß extrem überdimensioniert, und demzufolge besteht eine Möglichkeit für kurzzeitige Über-

lastungen. Es lassen sich deshalb Schaltungen aufbauen, die mittels einfacher Automaten gesichert werden können.

Mit dem Silring-Gleichrichter ist es somit möglich, durch Variieren der Kühlplattengröße bzw. durch Parallelschalten von Einzelzellen, Gleichrichtersätze für Stromstärken von 2,5 A bis zu praktisch beliebiger Höhe in sehr enger Abstufung aus einem und demselben Gleichrichterelement und ganz einfachen Verbindungsteilen zusammenzustellen. Das bringt den fertigungstechnischen Vorteil mit sich, dass man die Silring-Zelle in grossen Stückzahlen rationell herstellen kann.

Adresse des Autors:

H. P. Hempel, Entwicklungsleiter für Gleichrichter der Standard Elektrik Lorenz AG, Postfach 2340; D-8500 Nürnberg.

JULIUS ROBERT MAYER

1814—1878



Deutsches Museum, München

Julius Robert Mayer wurde vor 150 Jahren am 25. November 1814 als Sohn eines Apothekers in Heilbronn geboren. Nach Studien in Tübingen promovierte er 1838 mit einer mittelmässigen Dissertation zum Doktor der Medizin. Schon vor Abschluss seiner Studien hatte er sich vorgenommen, eine Reise nach Sumatra zu unternehmen. Er verpflichtete sich daher als Schiffsarzt. Am 2. März 1840 lief das Schiff in Rotterdam aus und am 11. Juni landete es in Batavia. Dort fiel es Mayer auf, dass das venöse Blut von neu aus Europa hergereisten Leuten eine bedeutend hellröttere Farbe hatte, als er es gewohnt war. Daraus schloss er, dass der Energiehaushalt der Menschen durch die klimatischen Verhältnisse verändert wird. Das war der Ausgangspunkt für Gedanken, die im darauffolgenden Jahr schliesslich in der Aufstellung des Gesetzes über die Erhaltung der Energie gipfelten. Im Jahre 1842 wurde eine kurze Publikation darüber in Liebigs und Wöhlers Annalen aufgenommen. («Bemerkungen über die Kräfte in der unbelebten Natur.») Sie enthält den Gedanken der Äquivalenz von Wärme und mechanischer Energie, eine Berechnung des Wärmeäquivalentes und das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Dieser Aufsatz blieb lange Zeit fast unbeachtet, ebenso sein 1845 in Heilbronn erschienenes Buch, mit einem leider ungeschickt gewählten Titel: «Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, ein Beitrag zur Naturkunde».

Mayer lagten die Arbeiten über sein «System der Physik» sehr am Herzen.

Nur eindeutige, zahlenmäßig belegte Ergebnisse liess er gelten. Als Wert für das mechanische Wärmeäquivalent errechnete er anfänglich 365, später 425, während man heute mit 426,7 bzw. 427 rechnet.

Als einer der ersten erkannte Clausius die Bedeutung der Mayerschen Arbeiten. In einer Publikation von 1850 bezog er sich auf ihn. Wie schon oft, lag das Thema in der Luft und wurde daher auch von andern aufgegriffen. Neben der Anerkennung durch Clausius musste sich Mayer daher auch Anfeindungen gefallen lassen. Helmholtz lehnte seine Überlegungen ab, während Joule, der seit 1843 ähnlichen Gedanken nachgegangen war, ihm eine Zeit die Priorität streitig machte.

Robert Mayer blieb Zeit seines Lebens seiner Vaterstadt Heilbronn treu. 1842 gründete er einen eigenen Hausstand. Seiner Ehe entsprossen 7 Kinder, von denen allerdings nur 4 dem Kindesalter entwuchsen.

Mayer, ein scharfer, aber gutmütiger Spötter, war seiner Freundlichkeit wegen beliebt. Er war vielseitig interessiert, so beschäftigte er sich auch mit der Wiedervereinigung der evangelischen mit der katholischen Kirche. Dagegen hatte er weniger Sinn für Kunst und Poesie.

Robert Mayers Arbeiten haben die Physik und die Technik gewaltig gefördert (man denke nur an die Fortschritte im Bau der Dampfmaschinen). Mit seinem Gesetz der Erhaltung der Energie war auch der Traum vom Perpetuum mobile ausgeträumt. Dass der Gedanke von der Äquivalenz von Wärme und mechanischer Energie sogar ins Volk drang, zeigt ein Vers Wilhelm Buschs aus dem Jahre 1881:

«Hier strotzt die Backe voller Saft,
da hängt die Hand, gefüllt mit Kraft.
Die Kraft infolge der Erregung
verwandelt sich in Schwingbewegung.

Bewegung, die in schnellem Blitze
zur Backe eilt, wird hier zur Hitze.
Ohrfeige heißt man diese Handlung,
der Forscher nennt es Kraftverwandlung.»

H. W.