

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 51 (1960)  
**Heft:** 4  
  
**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:** 16.01.2026

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

wird eine Faustformel für die Eigenresonanzfrequenz bei Anschlüssen von je 12 mm Länge angegeben. Bei gestreckten Anschlüssen ist die Form des Zuleitungsquerschnittes ohne Einfluss auf die Höhe der Eigenresonanzfrequenz. Induktivitätsarme Bauformen ermöglichen die Verwendung bis zu sehr hohen Frequenzen.

#### Literatur

- [1] *Meinke, H. H.*: Theorie der Hochfrequenzschaltungen. München: Oldenbourg 1951; § 21.
- [2] *Zinke, O. und H. Brunswig*: Hochfrequenz-Messtechnik. 3. neubearb. Aufl. Stuttgart: Hirzel 1959; Kapitel V: Impedanzmessungen, insbesondere an Widerständen, Kondensatoren und Spulen.
- [3] *Meinke, H. und F. W. Gundlach*: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1956; Kapitel: A 1: Magnetische Grundgesetze und Skineffekt. A 3: Induktivität gerader Leiter. A 8: Kapazitive Erscheinungen bei Spulen. B 12: Einfache Resonanzkreise. B 13: Reaktanzzweipole.
- [4] *Köhler, A.*: Eigenresonanzen von Kondensatoren bei UKW. Funkschau Bd. 24(1952), Nr. 4, S. 67...68.

[5] *Mansfeld, W.*: Schichtwiderstände, Kondensatoren, Drosselspulen. Ihr Verhalten im Frequenzgebiet von 10...200 MHz. Nachrichtentechnik Bd. 2(1952), Nr. 4, S. 105...108; Nr. 6, S. 185...189; Nr. 7, S. 201...204; Nr. 8, S. 241...245; Nr. 10, S. 310...314.

[6] *Wambach, G.*: Die HF-Keramik und ihre Anwendungen. Radio Mentor Bd. 25(1959), Nr. 6, S. 437...441.

[7] *Beverly, J. P.*: Using Self-Resonant Frequency. Electronic Industr. Bd. 17(1958), Nr. 7, S. 67; 100...101.

[8] *Bork, J.*: A Note on the Self Resonance of Ceramic Capacitors. Proc. IRE Australia Bd. 18(1957), Nr. 5, S. 159...162.

[9] *Newsome, J. P.*: Measurement of the Self-Capacitance of an Inductor at High Frequencies. Electronic Engng. Bd. 28 (1956), Nr. 342, S. 350...352, 504...505.

[10] *Biggs, A. J. und J. E. Houldin*: The Development of Q-Meter Methods of Impedance Measurement. Proc. IEE Bd. 96(1949), Part 3, Nr. 42, S. 295...305.

[11] *Terman, F. E. und J. M. Pettit*: Electronic Measurements. New York, London, Toronto: McGraw-Hill 1953; S. 102.

[12] *Telefunken*: Das Telefunken-Laborbuch. München: Fran- zis 1958, S. 93...105.

#### Adresse des Autors:

*K. H. Olbricht*, Diplom-Physiker, Rosenthal-Isolatoren-GmbH, Selb (Bayern) (Deutschland).

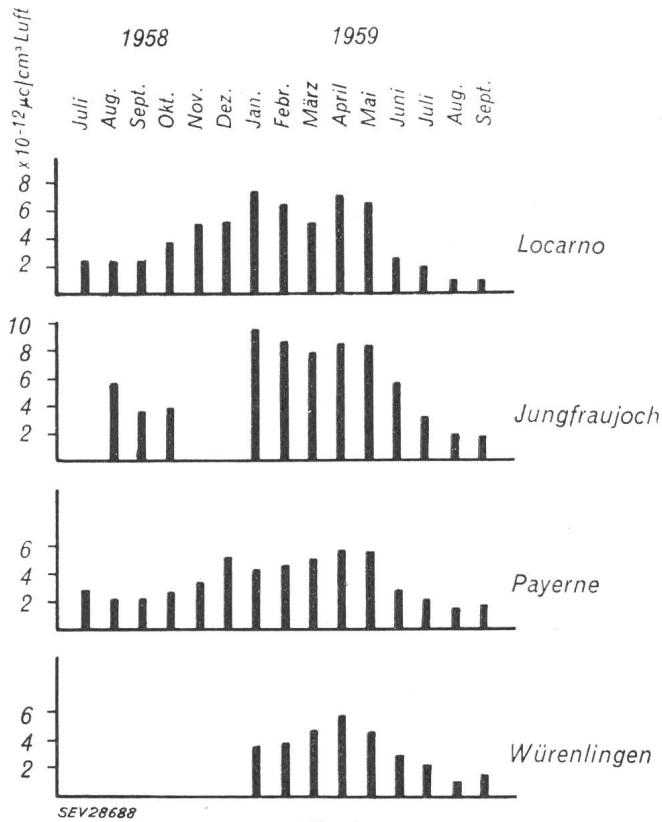
## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Aus dem 3. Bericht der eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

539.16.08(494)

[Nach P. Huber: 3. Bericht der eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität zuhanden des Bundesrates (1. Juli bis 30. September 1959). Mitt.-Bl. Del. Atomenergie, Bd. 3(1959), Nr. 3/4, S. 29...35]

Im Berichtsjahr konnte in der Schweiz das vorgesehene Messnetz für die Überwachung der Radioaktivität der Luft vollständig ausgebaut werden. Die Meßstellen dienen der Überwachung von infolge Kernexplosionen entstandene Radioaktivität. Zusätzlich wurden einige Meßstellen errichtet mit



**Totale spezifische Beta-Aktivität der Luft einiger Meßstellen während der Zeit vom 1. Juli 1958 bis 30. September 1959**  
Die Angaben entsprechen den Monatsmittelwerten

der Aufgabe, Anlagen zu überwachen, die radioaktive Stoffe in grösseren Mengen erzeugen und daher geeignet sind, bei mangelhafter Funktion einzelner Anlageteile die Radioaktivität der Luft zu erhöhen. Auch für die Kontrolle von Gewässern, Grundwasser und Zisternen sind einige Meßstellen eingerichtet worden.

Aus den ausgeführten Arbeiten sind die Versuche zur Entaktivierung von Zisternenwasser erwähnenswert. Zu diesem Zweck wurde radioaktives Zisternenwasser durch einen Filter, bestehend aus unbehandeltem Torf aus dem Neuenburger Jura und Sägespänen, verwendet. Diese Füllung wurde zwischen Sand und Kies gepackt und das zu entseuchende Wasser durchgelassen. Solche Filter bewährten sich zwar nicht schlecht, doch bildeten sich mit der Zeit Kanäle, die dann einen Teil des Wassers, ohne es zu filtrieren, durchliessen, was die Abnahme der Filterwirkung zur Folge hatte. Da aber dieses Filtermaterial wesentlich billiger kommt als die künstlichen Filter aus Zellstoff und einem Anionentauschfilter, werden damit weitere Versuche durchgeführt. Es ist erfreulich, dass mit dem erwähnten künstlichen Filter 95 % der Gesamtaktivität zurückgehalten werden kann.

Über die Messergebnisse der Luftüberwachung orientiert Fig. 1. Die Beta-Aktivität der Luft zeigt im Monatsmittel für alle Meßstellen den gleichen Verlauf. Die in den ersten 5 Monaten des Jahres 1959 gemessenen Maximalwerte sind seither in ständigem Sinken. Der Grund dafür ist in der Einstellung der Atom- und Wasserstoffbombelexplosionen im Jahre 1958, die sich noch bis im Mai 1959 in der Luftaktivität bemerkbar machten.

*E. Schiessl*

### Strahlengefährdung — Strahlenschutz

614.898.5 : 539.16

[Nach G. Wagner: Strahlengefährdung — Strahlenschutz. Mitt.-Bl. Del. Atomenergie, Bd. 3(1959), Nr. 3/4, S. 35...43]

Wird die Wirkung von radioaktiven Strahlen untersucht, so kommt man zur paradoxen Tatsache, dass die gleichen Strahlen Zerstörungskraft und gleichzeitig Heilkraft in sich bergen. Die genauere Untersuchung zeigt, dass Strahlen die Zellen des menschlichen Körpers in jedem Fall töten (Tab. I), nur handelt es sich im Falle der medizinischen Anwendung um eine gewollte Tötung von z. B. sich ständig vermehrenden Krebszellen. Natürlich werden bei der Abtötung von Krebszellen durch Bestrahlung auch die benachbarten, gesunden Zellen in Mitleidenschaft gezogen, doch können die gesunden Zellen eine Strahlungsdosis ohne Schädigung aushalten, bei welcher Krebszellen schon abgetötet werden.

Wenn man nun die ungewollten körperlichen Strahlenschäden betrachtet, so kommt man zum Schluss, dass kleine,

	Biologische Wirkung	Medizinische Anwendung
<b>kleine Dosen</b> (mr...r)	Möglichkeit der Schädigung einzelner Zellen, insbesondere ihrer Kernsubstanz: in Körperzellen: <i>somatische Mutationen</i> (Krebs, Leukämie), in Keimzellen: <i>genetische Mutationen</i> (Schädigung des Erbgutes)	<i>Nur physikalisch:</i> Durchdringung weichen Gewebes, Röntgenaufnahme oder Durchleuchtung (Diagnose). Biologische Wirkung als unerwünschte Nebenerscheinung
<b>große Dosen</b> (100 r...1000 r)	<i>Tötung von Zellen, insbesondere von Zellen hoher Stoffwechselaktivität (Zellteilungen!)</i>	<i>Biologisch:</i> Selektive Tötung von Krebszellen (Therapie). Schädigung oder Tötung gesunder Zellen als unerwünschte Nebenerscheinung

aber wiederholte Dosen von Bestrahlungen bis zur Zeit keine effektiv nachweisbare Schädigungen verursachen. Die diesbezüglich durchgeführten Versuche haben zwar die Erhöhung einer Gefahr verschiedener Krankheiten (wie z. B. Leukämie) festgestellt, doch konnte bisher noch nicht eindeutig nachgewiesen werden, ob diese Krankheiten nicht auch auf andere Ursachen zurückzuführen sind.

Anders liegt der Fall bei grossen Strahlenmengen, welche den menschlichen Körper treffen. Hier können, hauptsächlich bei medizinischen Überdosierungen, schwerwiegende Schäden auftreten. Tabelle II vermittelt eine Übersicht über die in der

a) Genetisch wirksam ist nur diejenige Strahlung, welche die Keimdrüsen vor der Zeugung von Nachkommen trifft (= genetische Dosis).

b) Die Wirkung ist proportional der Strahlendosis.

c) Es gibt wahrscheinlich keine untere Grenze (keinen Schwellenwert) der mutationsauslösenden Wirkung.

d) Die zeitliche Verteilung einer bestimmten Strahlendosis spielt keine Rolle.

e) Die strahleninduzierten Mutationen sind dieselben, wie sie auch in der Natur auftreten. Ihre absolute Häufigkeit wird

### Reaktion der Haut nach einmaliger Teilbestrahlung (nach Jüngling)

Tabelle II

Bestrahlung: Hautfeld 6 × 8 cm 20...60 r/min	Frühreaktion: 1...3 h nach der Bestrahlung einsetzend	Hauptreaktion: innerhalb 5...6 Wochen nach der Bestrahlung ablaufend	Spätreaktion: nach 4...5. Woche nach der Bestrahlung auftretend
200 r	→	—	—
300 r	evtl. leichte Rötung	—	evtl. leichte Pigmentierung
400...500 r	evtl. leichte Rötung	Haarausfall 3 Wochen nach Be- strahlung einsetzend	evtl. Pigmentierung, volle Rege- neration der Haare
600 r	leichte Rötung, evtl. über- gehend in →	Hautröte, Höhepunkt 14—20 Tage nach Bestrahlung, Haarausfall	Pigmentierung (oft jahrelang), leichte Trockenheit
800...1000 r	leichte Rötung, geht über in →	Hautröte, stark rot, schon nach 8 Tagen beginnend, Haarausfall	Pigmentierung, chronisch indurier- tes Hautödem von der 6. bis 12. Woche; evtl. Pigmentverschie- bung, Trockenheit der Haut, Stö- rung des Haarwuchses
bis 1600 r	Rötung, geht über in →	dunkle Hautrötung schon am 5. bis 6. Tage, evtl. stellenweise blasige Abhebung der Oberhaut	chronisch induriertes Hautödem, Trockenheit der Haut, dauernder Haarausfall, meist Schwielenbil- dung im Subkutangewebe
2000 r und mehr	Rötung	dunkle Hautrötung etwa 5...6. Tag, Blasenbildung, im Zentrum, Ge- schwüre	Verschwellung mit schwerer Pig- mentatrophie. Kann in Krebs ent- arten

Haut auftretenden Strahlenschäden nach einmaliger Röntgenbestrahlung eines 6 × 8 cm grossen Hautfeldes.

Bei inneren Bestrahlungen, die durch Einführung von radioaktivem Material im Körper entstehen (z. B. Radiumvergiftungen) wurden schon bei 0,4 µc Radium Veränderungen im Skelett festgestellt. Diese Art von Bestrahlung erfordert daher auch in der Medizin ausserordentliche Vorsicht.

Sehr gefährlich sind die Ganzkörperbestrahlungen, die fast alle Lebensfunktionen in Mitleidenschaft ziehen. Es ist interessant, dass eine Strahlendosis, die in Wärme umgerechnet die Körpertemperatur nur mit  $1/500$  °C erhöhen würde, schon tödlich wirkt.

Ein anderes Kapitel bilden die genetischen Strahlenschäden. Beim heutigen Stand der Wissenschaft kann man folgende grundlegende These aufstellen:

aber erhöht, und die schwerwiegenden Mutationen treten relativ häufiger auf.

f) Die allermeisten Mutationen (über 99 %) bedeuten Verschlechterungen des Erbgutes, sehr viele sind tödlich (letal). Eine gezielte Mutationsauslösung ist unmöglich.

g) Genetische Schädigungen sind als solche unheilbar.

h) Die allermeisten Mutationen (über 99 %) sind rezessiv, das heißt sie manifestieren sich bei einem Individuum nur dann, wenn es sie von beiden Eltern erhalten hat.

Die letzte Erkenntnis bedeutet eine Verzögerung der Mutationen durch Strahlenschäden, denn nach ihr müssen *beide* Eltern die gleiche Schädigung aufweisen. Wenn man aber daran denkt, dass der Mensch schon von Natur aus zu Mutationen neigt, so sind Mutationen infolge Strahlenschäden schon jetzt nicht ausgeschlossen.

Die langsame Generationenfolge des Menschen verunmöglicht es, die genetischen Schäden nachzuweisen. Eine einzige, heute bekannte genetische Erscheinung erlaubt den Nachweis genetischer Strahlenschäden schon bei der ersten Generation. Dies ist die Verschiebung des statistischen Verhältnisses der Mädchen- zu Knabengeburten. Dieses Verhältnis wird bei Bestrahlung der Mutter allein, oder bei beiden Eltern, zu Gunsten der Mädchen verschoben. Nur bei Bestrahlung des Vaters allein zu Gunsten der Knaben. Der zweite Fall ist aber relativ seltener.

Da Mutationsschäden unheilbar sind, muss heute schon alles für eine wirksame Vorbeugung unternommen werden. Die Gefahren soll man nicht dramatisieren, es darf aber auch nichts unterlassen werden, um den Strahlenschutz gesetzlich und einwandfrei zu regeln.

E. Schiessl

## Ein neuartiger Steuerverstärker

621.375.3

[Nach R.E. Morgan: A New Control Amplifier Using a Saturable Current Transformer and a Switching Transistor. Trans. AIEE, Part I, Bd. 77(1958), Nr. 39, S. 557...562]

Ein neuartiger Verstärker verwendet eine Kombination eines Transistors und eines sättigbaren Stromwandlers. Fig. 1 zeigt die Prinzipschaltung dieses Verstärkers. Sein Funktionsprinzip ist wie folgt: Es sei angenommen der Fluss im Transformatorkern befnde sich bei voller negativer Sättigung auf seiner Hysteresisschleife. Durch Wahl der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  wird der Betriebspunkt auf die Transistorcharakteristik so eingestellt, dass ein kleiner Laststrom  $I_L$  fließt. Dieser Strom ist so gerichtet, dass der Fluss im Transformatorkern von negativer Sättigung gegen positive Sättigung getrieben wird. Während dieser Flussänderung wird eine Sekundärspannung induziert, die die Basis des Transistors positiv vorspannt, so dass er vollständig leitend wird. Sobald die positive Sättigung erreicht wird, bricht diese Sekundärspannung zusammen und der Transistor wird wieder nur schwach leitend und der Strom  $I_L$  nimmt wieder ab. Durch Abnahme des Stromes  $I_L$  wird eine negative Spannung in der Sekundärwicklung des Transformators induziert, die den Transistor wieder sperrt. Jetzt wird durch den Steuerstrom  $I_{st}$  der Kern wieder von positiver Sättigung gegen negative Sättigung getrieben und der Transistor bleibt gesperrt, weil die Basis negativ vorgespannt ist durch die Spannung  $U_i$ , welche während der Flussänderung in der

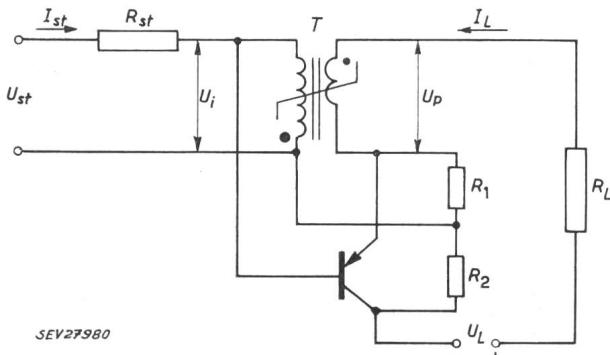


Fig. 1

Schaltschema des Steuerverstärkers mit Transistor und sättigbarem Stromwandler

T Transformator mit sättigbarem Kern;  $R_{st}$  Steuerkreiswiderstand;  $R_L$  Belastungswiderstand;  $R_1, R_2$  Widerstände zur Einstellung des Betriebspunktes des Transistors;  $U_L$  Gleichstromquelle;  $U_{st}$  Gleichstrom-Steuersignalquelle;  $U_i$  induzierte Spannung in der Sekundärwicklung;  $U_p$  Spannungsabfall über der Primärwicklung;  $I_{st}$  Steuerstrom;  $I_L$  Belastungsstrom

Sekundärwicklung induziert wird. Sobald als die negative Sättigung erreicht wird, bricht diese Spannung zusammen und der Zyklus beginnt von neuem. Der Verstärker arbeitet somit als ein Oszillatator, dessen Ausgangsleistung durch einen kleinen Gleichstrom gesteuert werden kann, und an dessen Ausgang ein Gleichstrom abgegeben wird in Form von rechteckwelligen Pulsen konstanter Länge und Amplitude und variablem Ab-

stand. Minimale Ausgangsleistung wird nicht bei Steuersignal Null erreicht, sondern bei einem positiven Steuersignal, welches etwa 20 % des maximalen Steuersignals beträgt. Diese minimale Ausgangsleistung ist relativ gross. Als Steuerglieder können ein variabler Widerstand, der ein Potentiometer, Photowiderstand oder Thermistor sein kann, oder ein kleiner Magnetverstärker, der die induzierte Spannung in der Sekundärwicklung des Transformators als Leistungsquelle benutzt, verwendet werden. Es werden drei verschiedene Schaltungen und Steuercharakteristiken von Prototypen angegeben.

Der Verstärker kann sowohl Ohmsche Belastungen als auch induktive und kapazitive Belastungen speisen, unter Verwendung von Hilfsschaltelementen wie Gleichtichtern und Siebdrosselpulsen. Da die Betriebsfrequenz normalerweise relativ hoch gewählt wird (ca. 1 kHz), sind die nötigen Siebdrosselpulsen klein.

Die Vorteile des Verstärkers sind kleine Bauelemente mit relativ grosser Steuerleistung und sehr kleiner Zeitkonstante. Der Wirkungsgrad ist ebenfalls sehr hoch, da die Leistung, die in den Schaltelementen vernichtet wird, nur etwa 1 % der gesamten Ausgangsleistung beträgt.

W. K. Dillon

## Entwicklung von Hochspannungs-Magnetschaltern mit isolierten Stahlblechlamellen in den Löschkammern

621.316.57.064.241

[Nach F. S. Fay, J. A. Thomas, D. Legg, J. S. Morton: Development of High-Voltage Air-Break Circuit-Breakers with Insulated-Steel-Plate Arc Chutes. Proc. IEE, Part A, Bd. 106(1959), Nr. 29, S. 381...391]

Lichtbogenlöschsysteme mit isolierten Stahllamellen ohne Blasspule eignen sich für Leistungsschalter bis 15 kV und für höhere Nennspannung. Für die Konstruktion von Lichtbogenlöschvorrichtung und Kontakten für Magnetschalter wurden die Grundlagen durch Versuche mit den verschiedensten elektrischen Bedingungen ermittelt.

Lichtbogenkontakte und Laufschienen sind in der unteren Zone der Lamellen innerhalb deren Schlitze angeordnet. Diese Schlitze laufen in der mittleren Zone abwechselnd nach links und rechts abgekrümmt konisch zu. Der Schaltlichtbogen wird im Bereich der unteren Zone gezogen und wandert durch die Wirkung des Eigen-Magnetfeldes in den Schlitten der Lamellen in den Bereich der mittleren Zone. Damit erfährt der Lichtbogen eine Verlängerung. Tritt der Lichtbogen in die obere Zone der Lamellen, so unterteilt er sich durch Bildung von Fusspunkten auf jeder Lamelle in Teillichtbögen. Damit ergeben sich die günstigsten Löschbedingungen für einen Wechselstromlichtbogen, weil die elektrische Verfestigung kleiner Bogenstrecken schneller erfolgt. Um Neuzyndungen im Bereich der vom Lichtbogen bereits durchlaufenden Lamellenabschnitte zu verhindern, hat es sich bei den Versuchen als notwendig erwiesen, in der unteren Zone eine Hälfte der Lamellen jeweils abwechselnd links und rechts beidseitig mit Isoliermaterial zu belegen. Glas-Glimmer-Material erwies sich wegen seiner Lichtbogenbeständigkeit günstiger als feuerfester Zement oder Asbest.

Die günstigsten Lamellenabstände ergaben sich in Abhängigkeit der wiederkehrenden Spannung. Oberhalb der Lamellen ist der Kühler angeordnet, durch den die Schaltgase austreten. Isolierende Zwischenwände verhindern in und über dem Kühler elektrische Durchschläge über jeden Pol, zwischen den Polen und gegen geerdete Teile.

Zum Verhalten des Lichtbogens an den Kontakten, auf den Laufschienen und in den Lamellen wurden im ganzen Strombereich photographische und oszillographische Messungen durchgeführt. Diese führten zur Kenntnis der Lichtbogen Geschwindigkeit in den verschiedenen Bereichen der Kontakt- und Löschvorrichtung, der Lichtbogenzeiten in Abhängigkeit des Ausschaltstromes, der Lichtbogenspannung, ihrem Einfluss auf den Einschwingvorgang der wiederkehrenden Spannung, der Lichtbogenarbeit und der Grenzausschaltströme in Funktion der Spannung. Außerdem wurde diese Schalterart auf Erzeugung von Schaltüberspannungen beim Schalten kleiner induktiver Ströme und kapazitiver Ströme untersucht.

M. H. Hillenkamp

# Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

## Ein ferromagnetischer Modulator

612.372.632 : 538.114

[Nach K. M. Poole und P. K. Tien: A Ferromagnetic Resonance Frequency Converter. Proc. IRE, Bd. 46(1958), Nr. 7, S. 1387...1396]

H. Suhl hat über einen Verstärker berichtet, der im Mikrowellengebiet mit Hilfe eines ferromagnetischen Materials arbeitet. Im folgenden wird ein Modulator beschrieben, der nach dem gleichen Prinzip aufgebaut ist. In einem Hohlraumresonator (Fig. 1), der so dimensioniert ist, dass in ihm 3 verschiedene Frequenzen  $f_0$ ,  $f_1$  und  $f_2$  gleichzeitig starke magnetische Felder aufbauen können, ist ein ferromagnetisches Material eingesetzt. Die 3 Frequenzen müssen so gewählt werden, dass  $f_0 + f_1 = f_2$  ergibt. Die 3 Bilder der oberen Reihe in Fig. 1

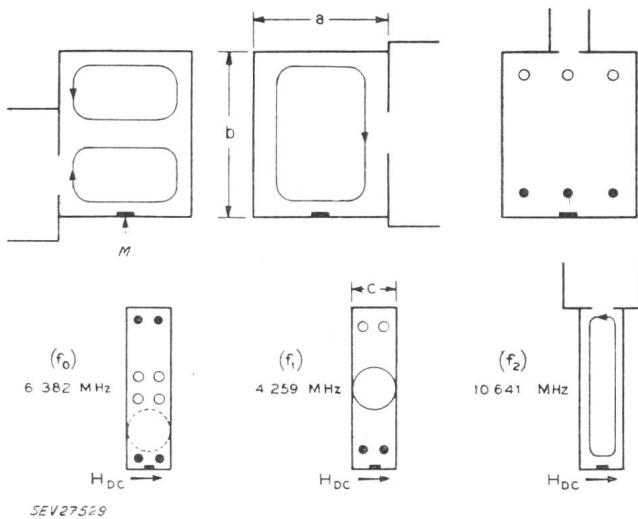


Fig. 1

Schnittzeichnungen durch den ferromagnetischen Modulator  
Schnitte durch den Modulator bei Ansicht von vorne (obere Reihe) und bei Ansicht von der Seite (untere Reihe). Es ist die Lage der Eingangs- und Ausgangsöffnungen des Hohlraumresonators und die Richtung des zur betreffenden Frequenz gehörenden Feldes angegeben

Weitere Erklärungen dazu im Text

M ferromagnetisches Material; ○ Feldrichtung in die Bildebene hinein; ● Feldrichtung aus der Bildebene heraus;  
 $H_{DC}$  kontinuierliches magnetisches Feld

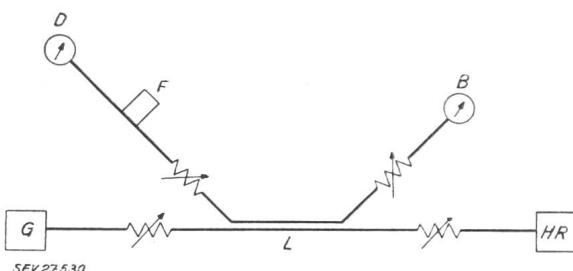


Fig. 2

Messung von Frequenz und Leistung des Modulator  
zugeführten Spannungen

Frequenzmesser und Bolometer sind an die Speiseleitung angekoppelt

D Detektor; B Bolometer; F Frequenzmesser; G Generator für 4259 MHz bzw. 6382 MHz; L Richtungsgekoppelte Leitung; HR Hohlraumresonator

zeigen Schnitte durch den Hohlraumresonator, von vorne gesehen. Jedes der 3 Bilder gibt den Eingang beziehungsweise Ausgang einer Frequenz und die Richtung des von ihr aufgebauten Feldes an. Die untere Bildreihe zeigt Schnitte durch den Hohlraumresonator in der Seitenansicht; auch in diesen Bildern sind Eingang beziehungsweise Ausgang für die betreffende Frequenz und der Aufbau des Feldes angegeben. Der strichlierte grosse Kreis in der Figur links unten soll andeuten,

dass die Eingangsöffnung für die Frequenz  $f_0$  auf der Vorderseite liegt, der vollausgezogene Kreis in der Mitte der Figur weist darauf hin, dass der Eingang für die Frequenz  $f_1$  hinten liegt. Die Frequenzen sind:  $f_0 = 6382$ ;  $f_1 = 4259$ ; und  $f_2 = 10641$  MHz. Der Hohlraumresonator hat die Abmessungen:  $a = 4,486$ ;  $b = 1,466$ ; und  $c = 5,446$  cm.

Das ferromagnetische Material ist eine Scheibe aus Yttrium-eisen-Granat, die aus einem Einkreiskristall geschnitten ist. Die Scheibe hat einen Durchmesser von 0,1168 mm und eine Dicke von 0,584 mm. Durch den Hohlraumresonator läuft noch ein genau definiertes elektromagnetisches Feld  $H_{DC}$ , das von einem Elektromagneten erzeugt wird, dessen Polschuhe mit einem Durchmesser von 8,9 cm einen Abstand von 5,2 cm haben.

Die beiden Frequenzen  $f_0$  und  $f_1$  werden eingespeist, und die Frequenz  $f_2$  ist die entstehende Frequenz, die die Summe der beiden Eingangsfrequenzen ist.

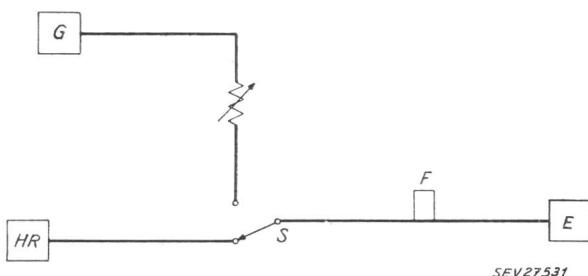


Fig. 3

Schematische Darstellung der Frequenzmessung

Zur Frequenzmessung dient der Frequenzmesser. Die Ausgangsleistung wird durch Vergleich mit einem geeichten Messsender bestimmt

HR Hohlraumresonator; G Referenzgenerator; S umschaltbare Hohlleitung; F Frequenzmesser; E Empfänger

In Fig. 2 ist das Prinzipschema angegeben, nach dem die Wellenlänge und die Leistung der beiden zugeführten Frequenzen  $f_0$  und  $f_1$  gemessen wird. Das Signal kommt aus einem Generator und gelangt über eine Kopplungsleitung in den Hohlraumresonator. Über die Kopplungsleitung sind ein Frequenzmesser mit dem Detektor und ein Bolometer zur Leistungsmessung angeschlossen. Nach dem Schema in Fig. 3 erfolgt die Frequenz- und Leistungsmessung des Ausgangssignals. Das Signal wird über den Frequenzmesser einem Empfänger zugeführt. Die Leistungsmessung erfolgt durch Vergleich des Ausgangssignals des Hohlraumresonators mit dem definiert einstellbaren Signal eines Referenzgenerators. Um das kleine ferromagnetische Scheibchen nicht zu überlasten, wurde das Energiesignal in Form kurzzeitiger Impulse zugeführt. Die Ausgangsleistung ist  $P_{aus} = k P_{sig} P_{EN}$ , wobei  $k$  eine Konstante,  $P_{sig}$  die Signalleistung und  $P_{EN}$  die Leistung des Energieträgers sind. Die Messung ergab folgende Werte:

Signalfrequenz 4259 MHz;  $Q$  (Güte) des belasteten Resonators 1690; zugeführte Leistung  $5 \cdot 10^{-2}$  W.

Energiefrequenz 6382 MHz;  $Q$  (Güte) des belasteten Resonators 1179 bei ferromagnetischer Resonanz; zugeführte Leistung 3 W. Ausgangsfrequenz 10641 MHz;  $Q$  (Güte) des belasteten Resonators 6000; Ausgangsleistung  $3,7 \cdot 10^{-10}$  W.

Die ferromagnetische Modulation wurde auch mathematisch untersucht. Die Differenz zwischen den errechneten Ergebnissen und den Messresultaten beträgt 2 db.

H. Geras

## Lautsprecher und negative Impedanzen

621.395.623.7

[Nach R. E. Werner: Loudspeakers and negative Impedances. Trans. IRE, Audio, Bd. AU-6(1958), Nr. 4, S. 83...89]

Das allgemein gebräuchliche Ersatzschema eines dynamischen Lautsprechers mit direkter Schallabstrahlung ist in Fig. 1 wiedergegeben. Dabei ist eine einseitige Abstrahlung vorausgesetzt. Dies trifft zu, wenn der Lautsprecher in einem rundum

geschlossenen Gehäuse montiert wird. Der reflektierte Abstrahlungswiderstand  $R_a$  ist indirekt proportional zum Quadrat der Signalfrequenzen, solange die Wellenlängen dieser Frequenzen grösser sind als der doppelte Durchmesser des Lautsprecherkonus. Um bei tiefen Frequenzen eine frequenzunabhängige akustische Lautsprecherleistung zu erhalten, muss also die Spannung über  $R_a$  indirekt proportional zur Frequenz gemacht werden. Man macht deshalb die elastische Aufhängung des Konus sehr weich, bzw. im Ersatzschema  $L_m$  sehr gross, um eine möglichst tiefe Resonanzfrequenz des Kreises  $L_m/C_c C_a$  zu erhalten. Oberhalb der Resonanzfrequenz bilden die Kapazitäten die bestimmende Impedanz und die Spannung erhält den gewünschten Verlauf. Unterhalb der Resonanz ist die Steifigkeit von Membran und Aufhängung massgebend und die Spannung über  $R_a$  sinkt mit 12 db/Oktave.

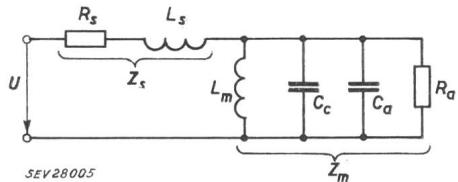


Fig. 1

Ersatzschema eines direktstrahlenden dynamischen Lautsprechers

U Eingangsspannung;

$$L_m = B^2 l^2 \frac{C_s C_g}{C_s + C_g}; \quad C_c = \frac{M_c}{B^2 l^2}; \quad C_a = \frac{M_a}{B^2 l^2}; \quad R_a = \frac{B^2 l^2}{r_a}$$

B Magnetische Induktion; l Länge des Sprechspulendrahtes; v Geschwindigkeit der Sprechspule;  $C_s$  Nachgiebigkeit der Konusaufhängung;  $C_g$  Nachgiebigkeit der im Gehäuse eingeschlossenen Luft;  $M_c$  Masse von Konus und Sprechspule;  $M_a$  Masse der eingeschlossenen Luft;  $r_a$  akustischer Widerstand, in den der Lautsprecher arbeitet

Bleibt man mit den Lautsprecherdimensionen innerhalb vernünftiger Grenzen, so kommt diese Resonanzstelle noch in das zu übertragende Frequenzband zu liegen. Zudem ist der Kreis ungenügend gedämpft und neigt bei Transienten zu Schwingungen. Durch sorgfältige Dimensionierung des Lautsprechergehäuses lassen sich diese Schwingungen dämpfen. Wie die zahlreiche Literatur zeigt, sind dabei bemerkenswerte Verbesserungen erreicht worden.

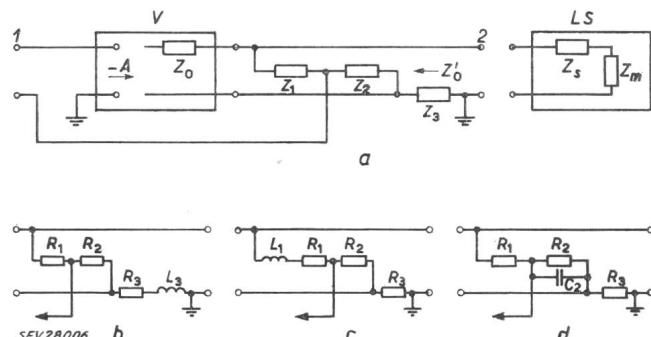


Fig. 2

Gegenkopplungsschaltung zur Kompensation der Schwingspulenimpedanz  $Z_s$  durch eine Verstärkerausgangsimpedanz  $Z_0 = Z_s$

a Prinzipschaltung

V Verstärker; LS Lautsprecher;  $-A$  Leerlauf-Spannungsverstärkung des Verstärkers ohne Gegenkopplung;  $Z_0, Z'_0$  Ausgangsimpedanz des Verstärkers ohne bzw. mit Gegenkopplung

$$\text{Wenn } A \text{ sehr gross ist und } \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_s}{Z_3} \text{ dann ist } Z'_0 = Z_s$$

b, c, d praktische Ausführungsmöglichkeiten

Wirtschaftlichere und dimensionsmässig günstigere Lösungen lassen sich jedoch durch elektrische Dämpfung des Systems erreichen. Dies geschieht, um keine Leistungseinbusse zu erleiden, durch entsprechende Gestaltung der Verstärker-Ausgangsimpedanz. Gelingt es, die Ausgangsimpedanz des Verstärkers  $Z'_0$  gleich  $-(R_s + j\omega L_s)$  zu machen, dann wird der

aus den mechanischen Elementen gebildete Schwingkreis praktisch kurzgeschlossen und damit sehr stark gedämpft. Von fundamentaler Bedeutung ist, dass man dem Verstärker nicht einfach einen negativen Ausgangswiderstand gibt, sondern die komplexe Impedanz  $-(R_s + j\omega L_s)$ . Andernfalls schaltet man nämlich — ohne Einführung einer Dämpfung — die Induktivitäten  $L_s$  und  $L_m$  parallel und verlegt so die unerwünschte Resonanz noch höher in den Tonfrequenzbereich. Solche Schaltungen sind also sehr sorgfältig zu dimensionieren, sonst führen sie leicht zu Verschlechterungen. Eine bewährte Anordnung ist in Fig. 2 wiedergegeben. Sie vereinigt in einer Brückenschaltung eine Stromrückkopplung und eine Spannungsgegenkopplung mit gemeinsamer Rückführung. Der verwendete Verstärker sollte eine hohe Verstärkung und nur wenig Gegenkopplung haben. Es muss darauf geachtet werden, dass durch die neu zugefügte Gegenkopplung keine Instabilitäten auftreten. Eine exakte Kompensation der stark nichtlinearen Sprechspulenimpedanz ist schwierig. Bereits mit 70 % Abgleich von  $Z_s$  lassen sich aber schon namhafte Verbesserungen erzielen, wie folgende Resultate zeigen mögen:

Ein 30-cm-Lautsprecher hatte in einem komplett geschlossenen Gehäuse von rund 90 l Inhalt eine Resonanzfrequenz von 89 Hz. Nach Anbringung der kompensierenden Gegenkopplung erstreckte sich der Frequenzbereich flach bis hinunter auf 30 Hz. Bei 1 W und 30 Hz sank dabei der Klirrfaktor von 14 % auf 8 %. Ein gleicher Lautsprecher wurde in ein Gehäuse von nur 15 l Inhalt montiert. Die Resonanzfrequenz in diesem Gehäuse, das dem Lautsprecher gerade knapp Platz bot, betrug 200 Hz ohne Kompensation. Mit Kompensation war der Frequenzgang absolut gerade bis 100 Hz mit anschliessendem Abfall von 6 db/Oktave. Die Verzerrungen wurden gleichzeitig ungefähr um den Faktor 2 reduziert.

U. Spycher

## Ein Zeitstaffelsystem für Impulsfrequenz-Fernmessung

621.317.083.721

[Nach H. Ertl: Polytel, ein Zeitstaffelsystem für Impulsfrequenz-Fernmessung. E und M Bd. 76 (1959), Nr. 6, S. 121...125]

Im Laufe der letzten dreissig Jahre zeigte sich, dass von allen erfundenen und untersuchten fernmeldetechnischen Übertragungsmitteln sich diejenige für die Fernmessung am besten eignen, die einen Messwert in Form von Impulsen und Frequenzen wiedergeben. Solche Impuls- und Frequenz-Übertragungssysteme sind unabhängig von der Dämpfung einer Leitung und leiden nicht unter Verzerrungen. Diese Systeme lassen sich für die Mehrfachausnutzung der Übertragungswege sehr gut verwenden, wozu man aus Sparsamkeitsgründen gezwungen ist.

Das Tonfrequenzsystem wurde für Telegraphie- und Fernschreibzwecke entwickelt und eignet sich am besten als Mehrfachsystem für echte Simultanübertragung von Messwerten. Frequenzen innerhalb des Sprachbandes werden den einzelnen Fernmessgebern zugeordnet, gestaltet, über die gemeinsame Leitung übertragen, durch Lochfilter getrennt und vor den Empfangsrelais verstärkt. Der Vorteil dieses Systems liegt in der Möglichkeit, Signale an einer beliebigen Stelle der Leitung abgeben oder entnehmen zu können, sofern die notwendigen Zwischenverstärker vorhanden sind.

Ein anderes erfolgreich angewendetes Vielfachübertragungssystem benutzt die Frequenzmodulation. Hier können nicht verschiedene Frequenzbänder zum gleichzeitigen Abtasten von Messwerten verwendet werden, da die gesamte Bandbreite von 300...500 Hz zu schmal ist. Daher wird eine Zeitstaffelung eingeführt, mit Abtastzyklen bis zu 20 Messwerten pro Sekunde. Diese Abtastgeschwindigkeit ist der höheren Frequenz und der elektronischen Bestückung der Verteiler zu verdanken. Die Nacheinanderübertragung ist eine Quasimultankonversation, die mit abnehmenden Abtastzyklen einer Simultanübertragung immer ähnlicher wird.

Für Fernsteueranlagen von Kraft- und Unterwerken ist das Impulsfrequenzsystem sehr vorteilhaft, doch musste hier ein Zeitstaffelgerät entwickelt werden, das wegen der zu langen Abtastzyklen keine reine Nacheinanderübertragung verwirklichte, sondern die Messwertsignale in einer gequantelten und ineinandergeschachtelten Form wiedergab. Ein Impuls eines Messwertgebers wird von einer Reihe von Abtastimpulsen abgetastet. Auf einen Messwert bezogen folgen die Abtastimpulse mit der sog. Wiederholungsfrequenz aufeinander. Die

Empfängerseite besteht u. a. aus leicht abfallverzögerten Relais, die erst abschalten, wenn ein Impuls entsprechend der Wiederholungsfrequenz nicht erscheint. Ferner können zwischen zwei Impulsen weitere Impulse eingebaut werden, wovon jeder einem weiteren Messwertgeber zugeordnet wird, d. h. die Kanalzahl erhöht sich um diesen Betrag. Das Produkt von Kanalzahl mal Wiederholungsfrequenz ergibt die Abtastfrequenz der kurzen Impulse. Ein Beispiel mit 4 Kanälen veranschaulicht Fig. 1. Im Geberteil sowie im Empfängerteil wird je ein Verteiler eingebaut; beide Verteiler sind unter sich synchronisiert und laufen mit der Wiederholungsfrequenz. Unter dem Schema zeigen die 4 ersten Zeilen die Geberimpulse mit den zugehörigen Abtastimpulsen. Die fünfte Zeile

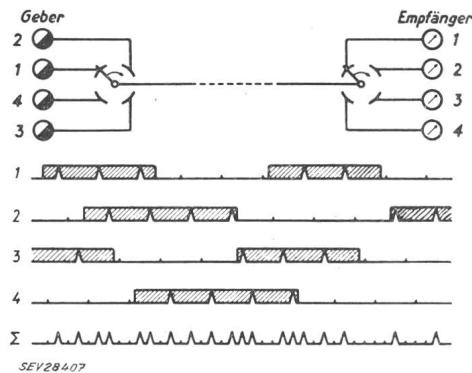


Fig. 1  
Prinzip der Zeitstaffelung

stellt das Summensignal dar. Auf der Empfängerseite werden die ursprünglichen Kanalimpulse aus dem Summensignal herausgesondert und unter den betreffenden Relais verteilt. Aus der Funktionsweise ist ersichtlich, dass der Empfangsimpuls am Messwerk mit dem ersten Abtastimpuls beginnt und erst eine Wiederholungsperiode nach dem letzten Abtastimpuls aufhört.

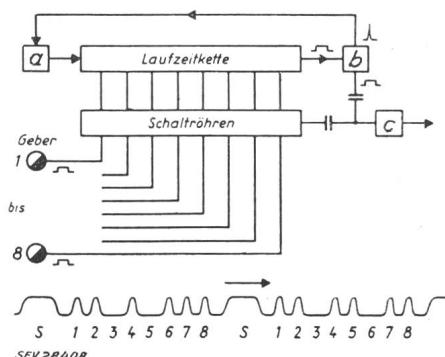


Fig. 2  
Prinzipschaltung des Polytel-Senders

a Impulsgenerator; b Laufzeitkette; c Ausgangsverstärker

Hinsichtlich einer geforderten formgetreuen Wiedergabe eines Messimpulses kann ein solcher Rechteckimpuls nach der Fourierschen Reihe entwickelt werden. Es zeigt sich, dass bei der Forderung nach Genauigkeit der Flankensteilheit im Ge-

gensatz zu derjenigen der oberen Begrenzungskurve die 7. Oberwelle keine bedeutende Korrektur mehr bringt. Ferner kann nach dem Satz von *Shannon* der Nachrichteninhalt eines Kurvenzuges mit beliebiger Genauigkeit wiedergegeben werden, wenn die Abtastfrequenz mindestens doppelt so gross ist wie die höchste zu berücksichtigende Frequenz des Kurvenzuges. Aus den zwei genannten Forderungen wird ersichtlich, dass die Abtastfrequenz die doppelte 5. Harmonische, also die 10. Harmonische der raschesten Messwertschwankungen sein muss. Bisher sind Impulsfrequenzen bis 16 Impulse pro Sekunde erreichbar, woraus sich eine Wiederholungsfrequenz von mindestens 160 Hz ergibt. Aus Sicherheitsgründen wird diese Frequenz auf 200 Hz angesetzt, so dass jeder Kanal alle 5 ms abgetastet wird. Das Polytel-System arbeitet mit 8 Kanälen, womit die Abtastfrequenz von 1600 Hz erreicht wird. Den Aufbau des Senders zeigt Fig. 2. Ein Impulsgenerator erzeugt einen kurzen Eingangs-Impuls, der die mit *LC*-Glieder bestückte Laufzeitkette durchläuft. Diese Laufzeitkette erfüllt die Funktion eines Verteilers und ist mit einem Widerstand in der Grösse der Wellenimpedanz abgeschlossen, um Störungen infolge Reflexionen zu vermeiden. Jeder der 8 ersten Ausgänge der Laufzeitkette liegt über einen Kondensator am Gitter einer Triode. Die Gittervorspannung ist so gewählt, dass beim Eintreffen eines Impulses die Triode einen verstärkten Impuls an der Anode abgibt. Die Kathodenspannung kann durch einen Messimpuls erhöht werden, so dass die Röhre für die Impulsdauer gesperrt wird und die entsprechenden Impulse im Summensignal fehlen.

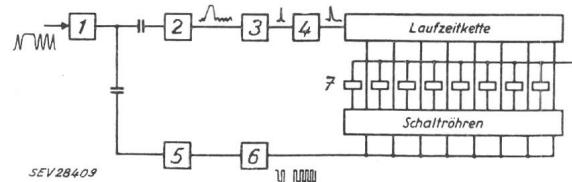


Fig. 3

Prinzipschaltung des Polytel-Empfängers

1 Vorverstärker; 2 Integrationsstufe; 3 Impulsformerstufe; 4 Impulsgenerator; 5 Begrenzerstufe; 6 Kathodenverstärker; 7 Empfangsrelais

Das Empfangsgerät (Fig. 3) ist analog zum Sender aufgebaut. Die Röhren-Kathoden sind gegen Masse positiv polarisiert, so dass ein Signalimpuls diese Vorspannung aufhebt und die Röhren zündbereit macht für den aus dem Empfangsverteiler kommenden Impuls. Die abfallverzögerten Empfangsrelais liegen im Anodenkreis der Trioden. Auf der Senderseite wird der Auslöseimpuls über den 9. Ausgang der Laufzeitkette einem weiteren Impulsgenerator zugeführt, der einen Synchronisierimpuls von dreifacher Signalimpulsbreite abgibt. Der als Sperrschwinger wirkende erste Impulsgenerator wird erst durch den Synchronisierimpuls ausgelöst. Der Empfänger-Impulsgenerator arbeitet auf gleiche Weise, indem der breitere Synchronisierimpuls allein über einen Integrator und eine Pulsformerstufe den Impulsgenerator auslösen kann.

Die Abfallverzögerung der Empfangsrelais führt zu einer Verzerrung der Impulsfrequenzsignale von max.  $\pm 10\%$  (bei 16 Impulse pro Sekunde), die als belanglos gilt.

Die ganze Einrichtung konnte bei grosser Zuverlässigkeit auf einfache, raumsparnde und billige Art ausgeführt werden. Erwähnt sei nur der Umstand, dass nur ein Röhrentyp verwendet wurde, und zwar 21 Doppeltrioden E 80 CC für eine 8-Kanal-Anlage.

B. Hammel