Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 31 (1940)

Heft: 6

Artikel: Ein Umschalter für die Aufnahme zweier getrennter Vorgänge mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen

Autor: Koller, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057993

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: 22.08.2025

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

nungen spezieller Art sind, wie bereits in den Kapiteln 2 bis 4 ausgesagt, nur Rückkopplungseffekte anzuerkennen.

Die erwähnten Formeln von Neidhardt [19]) sind nur in beschränktem Masse gültig. Für die Berechnung können die Grundlagen von Teh-shin Kuo [20]) insofern Verwendung finden, als der Steuerkreis einzubeziehen ist und die Systemsgleichung wegen des Auftretens von Ausgleichsvorgängen einer näheren Diskussion unterzogen werden muss.

Im stationären Zustand weisen einige Kurven einen ähnlichen Verlauf wie beim Einphasenwechselrichter auf. Einer Verkleinerung der Kommutierungsdrosselspule Z_D entspricht eine Frequenzerhöhung. Die Instabilitätszone wird für kleinere Z_D gegen kleinere Phasenströme I_{Pw} hin verschoben.

6. Zusammenfassung.

In der Einleitung wird ein kurzer Ueberblick von der allgemeinen Entwicklung des gesteuerten Mutators mit besonderen Hinweisen auf diejenigen des gesteuerten Parallel-Gleichstrom-Drehstrom-Mutators gegeben.

Nach theoretischen Ueberlegungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, müssen bei konstanter Gleichspannung, konstanter Lösch- und Steuerkapazität zufolge der direkten Kopplung der Haupt- und Gitterkreise über den Gittertransformator auch bei niedrigen Frequenzen Instabilitätserscheinungen auftreten. Diese Erscheinungen kommen durch die plötzliche Aenderung der Frequenz f und der Phasenspannungen U_P und U_T zum Ausdruck. Sie sind als Zieherscheinungen spezieller Art zu werten und grundsätzlich nicht mit dem *Kippen* des Mutators zu verwechseln.

Wie aus Messungen hervorging, stellten sich bei einer Aenderung der Steuerkapazität C_S optimale Phasenströme I_P und Frequenzen f ein, wodurch das resonanzähnliche Verhalten der ein selbständiges System bildenden Steuerschwingkreise bewiesen ist. Gleichfalls ergaben die Messungen die postulierten Sprünge der Phasenströme und Phasenspannungen in Abhängigkeit von der Strombelastung des Wechselstromverbrauchers. Die Strom- und Spannungsabhängigkeit mit den auftretenden Unstetigkeitsstellen sind in der Form von Kurven, die Kurvenform der Ströme und Spannungen in Oszillogrammen wiedergegeben.

In der Diskussion der Ergebnisse ist erläutert, dass die Ursache der gefundenen Instabilität nicht etwa Sättigungserscheinungen im Sechsphasentransformator sind.

Ein Umschalter für die Aufnahme zweier getrennter Vorgänge mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.

Von *H. Koller*, Basel.

621.317.755

Es wird ein «elektronischer» Umschalter beschrieben, welcher die Aufnahme zweier getrennter Vorgänge mit dem Einstrahl-Oszillographen erlaubt, indem er die beiden Messgrössen abwechslungsweise auf das Ablenkplattenpaar schaltet. Auf die verschiedenen Verfahren hinsichtlich der Zweifachkurven-Aufnahme mit Umschaltern wird hingewiesen. Die Anwendungsmöglichkeiten werden anhand einiger einfacher Beispiele gezeigt.

L'auteur décrit un commutateur «électronique» qui permet d'enregistrer deux phénomènes séparés avec un oscillographe à un faisceau, par application alternée des deux grandeurs au système de déviation. Il signale les différents procédés d'enregistrement de deux courbes à l'aide de commutateurs et montre les possibilités d'application par quelques exemples simples.

I. Einleitung.

Aus der noch vor einigen Jahren wenig bekannten Braunschen Röhre ist heute ein ausgesprochen technisches Messinstrument geworden. Ihre prinzipielle Entwicklung kann heute, nicht zuletzt dank der eingehenden Durchbildung, welche sie im Zusammenhang mit den Fortschritten auf dem Gebiete des Fernsehens erhalten hat, als abgeschlossen betrachtet werden. Das Schwergewicht verlegt sich deshalb mehr und mehr auf die Entwicklung von Sonderkonstruktionen und Hilfsgeräten, die eine Erweiterung und Ergänzung ihres Anwendungsgebietes bezwecken.

Sehr häufig stellt sich in der Praxis die Aufgabe, zwei Vorgänge, seien sie nun nieder- oder hochfrequenter Natur, miteinander zu vergleichen. Neben der Kurvenform interessiert vor allem die Bestimmung der Phasenlage. Ganz besonders ist dies dann der Fall, wenn die beiden Vorgänge in irgendeiner engeren Beziehung zueinander stehen, z. B. der Strom und die Spannung einer Impedanz.

Mit den bisher bekannten Oszillographen-Ausführungen liessen sich solche Vergleiche einwandfrei nur über den Umweg der photographischen Aufnahme herstellen. Diese Methode hat aber neben der Umständlichkeit den grossen Nachteil, dass sie sehr zeitraubend und unter Umständen ziemlich kostspielig ist. Meistens handelt es sich bei solchen vergleichenden Messungen mehr um Kontrollen, für die nicht viel Zeit zur Verfügung steht. Um solche Messungen rasch durchführen zu können, müssen die Vorgänge unmittelbar auf dem Leuchtschirm der Braunschen Röhre verglichen werden können. Mit den üblichen Einstrahl-Oszillographen konnte diese Forderung indessen nicht ohne weiteres verwirklicht werden. Wenn nun in letzter Zeit dem Problem der Mehrfach-Kurvenaufnahme vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt wird, so geschieht dies zweifellos aus einem Bedürfnis der Praxis heraus.

Grundlegend für die direkte Beobachtung und Vergleichung zweier Vorgänge ist die Forderung, dass beide Grössen während einer bestimmten Zeit auf dem Schirm auch als gleichzeitig zu sehen sind. Das will aber nicht heissen, dass beide Vorgänge gleichzeitig auf dem Schirm erscheinen müssen,

obwohl auf diese Art die erwähnte Forderung am besten erfüllt wird. Es genügt auch, die zu vergleichenden Grössen rasch nacheinander auf den Schirm zu geben; das Wesentliche dabei ist nur, dass sie für das menschliche Auge noch als gleichzeitig zu erkennen sind.

Die beiden Möglichkeiten der Mehrfach-Kurvenaufnahme unterscheiden sich grundsätzlich voneinander. Sie führen dementsprechend auch zu ganz verschiedenen Lösungen. Diejenige Art der Aufnahme, bei welcher die Vorgänge tatsächlich gleichzeitig auf den Schirm gegeben werden, lässt sich nur durch spezielle Oszillographen verwirklichen. Es müssen dazu die sog. Mehrstrahl-Oszillographen, d. h. solche, die mehrere voneinander unabhängige Strahlerzeugungs- und Ablenksysteme besitzen, verwendet werden. Dabei ist es prinzipiell gleichgültig, ob diese Systeme in einem Glaskolben vereinigt sind oder ob jedes System gesondert in einer Röhre untergebracht ist und die einzelnen Schirmbilder durch ein optisches Linsensystem auf eine gemeinsame Bildfläche projiziert werden.

Die andere Möglichkeit, auf die hier besonders eingegangen werden soll, besteht darin, die beiden Messgrössen abwechslungsweise an das eine Ablenkplattenpaar des Oszillographen zu schalten. Sie führt, wie das leicht einzusehen ist, zum Umschalter als Zwischenglied. Gegenüber der anderen Lösung hat sie den Vorteil, dass die bisher verwendeten Einstrahl-Oszillographen weiter verwendet werden können.

II. Die Zweifachkurven-Aufnahme durch Umschalter.

Die Anwendungsmöglichkeit von Umschaltern, bestehend aus Pendelgleichrichtern oder gesteuerten Sperrzellen, die zum Teil bei Schleifen-Oszillographen für die Aufnahme zweier Vorgänge über eine Meßschleife noch Anwendung finden, für die Zweifach-Kurvenaufnahme mit dem Kathodenstrahloszillographen ist auf einige ganz bestimmte Fälle beschränkt. Die Beschränkung bezieht sich dabei im wesentlichen auf die Grösse der Umschaltfrequenz, die bei diesen Hilfsmitteln an eine tiefliegende obere Grenze gebunden ist. Für den Kathodenstrahl-Oszillographen kommen daher ausschliesslich Umschalter mit Elektronenröhren in Frage. Neben der Möglichkeit, den Umschaltfrequenzbereich in weiten Grenzen beliebig erweitern zu können, haben solche Umschalter gegenüber den erwähnten Hilfsmitteln den wesentlichen Vorteil, dass die Messgrössen auf einfache Art auf eine für die Betrachtung geeignete Grösse gebracht werden können. Mit andern Worten, sie tragen zur Empfindlichkeits-Steigerung der Oszillographen bei.

Die Zeitdauer, während welcher jeder einzelne Vorgang auf dem Schirm erscheint, d. h. die Anzahl Umschaltungen, die während eines bestimmten Zeitintervalles erfolgen, sind nicht allein vom Auge abhängig, sondern auch von der Art des Verfahrens, mit welchem die Vorgänge aufgenommen werden wollen. Bezogen auf das Verhältnis der Umschaltfrequenz zur Zeitablenkfrequenz unterscheidet man im wesentlichen die folgenden drei Verfahren:

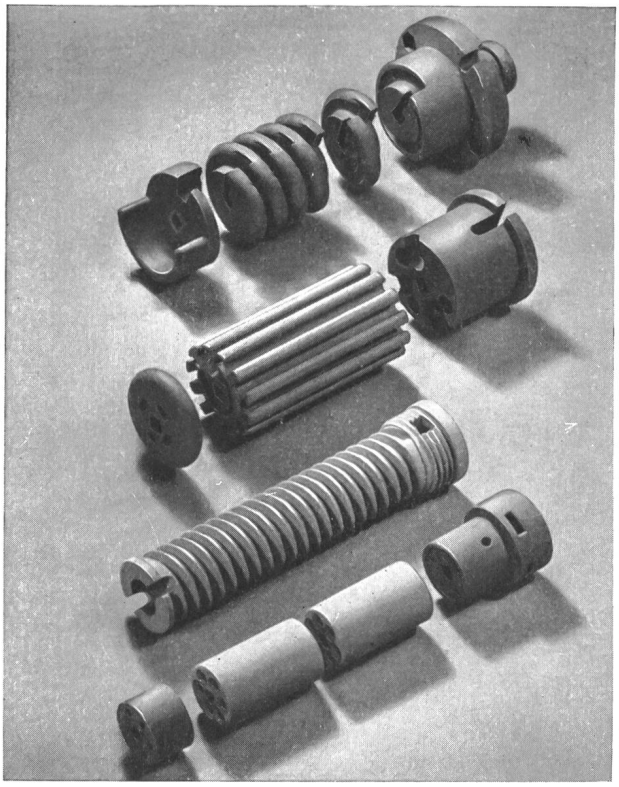
1. Die Umschaltfrequenz f_u ist gross, verglichen mit der Zeitablenkfrequenz f_t ($f_u > f_t$).
2. Die Umschaltfrequenz ist klein, verglichen mit der Zeitablenkfrequenz ($f_u < f_t$).
3. Die Umschaltfrequenz ist gleich der halben Zeitablenkfrequenz ($f_u = f_t/2$).

Nicht alle drei Verfahren lassen sich mit gleichem Vorteil für die Aufnahme jeder Art von Vorgängen verwenden. Ausserdem wird der Aufbau des Umschalters wesentlich von der Anwendung des einen oder anderen Verfahrens beeinflusst. Nicht zuletzt ist auch die Güte der erhaltenen Oszillogramme mehr oder weniger von der Verwendung des einen oder andern Verfahrens abhängig. Im folgenden sollen die Vor- und Nachteile dieser Verfahren kurz umrissen werden.

Beim Verfahren $f_u > f_t$ werden die Vorgänge intermittierend aufgezeichnet, d. h. die Kurvenzüge, welche während einer Zeitablenkperiode geschrieben werden, setzen sich aus einer Anzahl kleiner Teilstücke zusammen. Der Kurvenzug des einen Vorganges erscheint also nicht als zusammenhängende Linie, sondern aus einer Aneinanderreihung von Punkten, in deren Zwischenräume die Punkte des andern Kurvenzuges zu liegen kommen (vgl. Fig. 14 und 15). Sofern es sich um Vorgänge gleicher Frequenz und übereinstimmender Phasenlage handelt, die überdies gleiche Nullinie und gleiche Grösse besitzen, müssen sich die beiden Kurvenzüge zu einem einzigen geschlossenen Strichbild ergänzen. Durch die sehr kleine Unterteilung lassen sich nicht nur gleichbleibende Schwingungen aufzeichnen, sondern es lässt sich dieses Verfahren unter gewissen Voraussetzungen auch für die Aufnahme einmaliger, kurzzeitiger Vorgänge (Ausgleichs-Vorgänge usw.) verwenden. Dieses Verfahren setzt eine Umschaltfrequenz voraus, die wesentlich grösser ist als die höchste noch für die Aufnahme in Frage kommenden Frequenzen der Vorgänge. Sie kann aber im übrigen konstant sein, was natürlich einen sehr einfachen Aufbau des Umschalters gestattet. Da indessen die Umschaltfrequenz nicht beliebig hoch gemacht werden kann, mit den Kathodenstrahl-Oszillographen aber Vorgänge höchster Frequenz verarbeitet werden können, kann dieses Verfahren für die Aufnahme hoher Frequenzen nicht angewendet werden. Etwas störend wirkt sich ausserdem bei diesem Verfahren der Umstand aus, dass die Umschaltstellen entsprechend der Unterteilung der Kurvenzüge im Oszillogramm sichtbar sind. Dies tritt namentlich dann sehr stark in Erscheinung, wenn die Umschaltung nicht momentan erfolgt (Schleier zwischen den beiden Kurven).

Im Gegensatz zu dem beschriebenen Verfahren werden beim Verfahren $f_u < f_t$ während einer oder mehrerer Zeitablenkperioden die Vorgänge als zusammenhängende Kurvenzüge geschrieben. Dieses Verfahren, bei welchem die Umschaltfrequenz eine

STEMAG



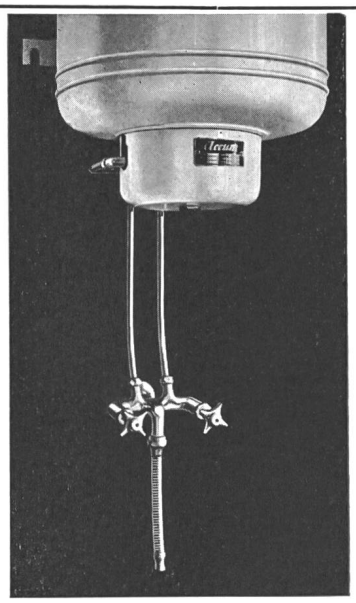
Feinkeramische Isolierteile für die Elektrowärmetechnik

von hoher Temperaturwechselbeständigkeit und gutem Isolationsvermögen auch in der Hitze

Verwendung: Als Heizdrahtträger in elektrischen Heizgeräten, wie Sonnen, Oefen, Kochgeräten in Form von Platten, Spulen, Kreuzen, Patronen, Reitern, Leisten, Perlen usw.

STEATIT-MAGNESIA
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN-PANKOW

VERTRETUNG:
SCHMID-MATTHEY
HERRLIBERG-ZÜRICH



Der Accum-Mischbatterie-Boiler
kann ohne besondere Wasserinstallation an jede vorhandene Kaltwasserleitung angeschlossen werden.
Erleichtert Ihre Boilerwerbung.

Accum AG. Gossau Kt. Zürich

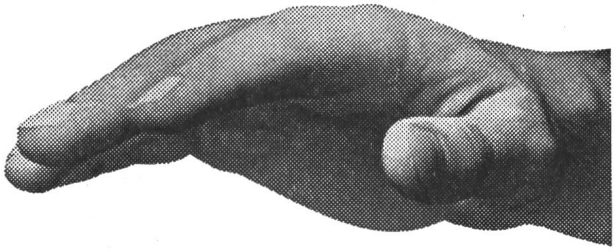
Fabrik für Elektrowärme-Apparate. Telephon 97 91 52
Schweizer Mustermesse Basel, Stand 820, Halle V

„ALTDORF"
das Stahlpanzerrohr wie es sein soll.

Besonders widerstandsfähiger Eisenmantel, äusserst leichtes und rasches Biegen und Anpassen selbst bei schwierigen Verhältnissen.

Wärmebeständige Spezialstahlrohre, mit oder ohne Isolation, für Installationen in Bauten mit Deckenheizung.

S D G
Altdorf URI
SCHWEIZERISCHE DRAHT- & GUMMIWERKE



Winterthur-Versicherungen

gewährleisten vollkommenen Versicherungsschutz. Nähere Auskunft über Unfall-, Haftpflicht- u. Lebens-Versicherungen kostenlos durch die

„Winterthur"

Schweizerische
Unfallversicherungs-Gesellschaft
Lebensversicherungs-Gesellschaft

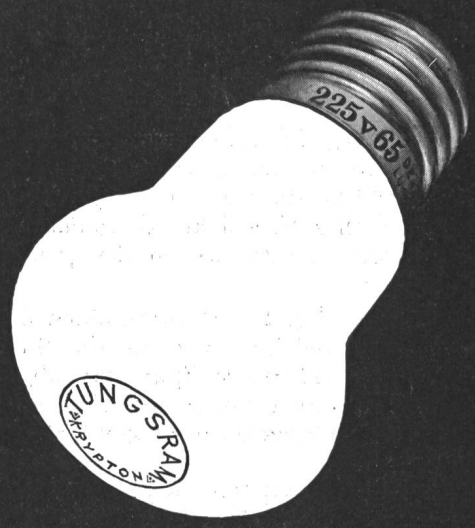
20

B.A.G.
TURGI

Als 20jährige Aussteller der Schweizerischen Mustermesse zeigen wir dieses Jahr neben den Neuheiten in Heimbeleuchtungskörpern in einem besondern Stand **Neukonstruktionen in technischen Leuchten** (Operationslampen, Mischlichtarmaturen etc.)

MUBA
STÄNDE
882 932
HALLE V

Neues Licht!



Neuer Verdienst!

TUNGSRAM KRYPTON

Bügeleisen

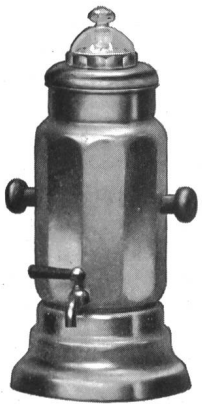
Nach den neuen Vorschriften geprüft.
Reisebügeleisen, Kinder- und Spielzeug-Bügeleisen, Bügeleisenroste

Jura
Elektr. Apparatefabrik
L. Henzirohs
Niederbuchsiten bei Olten

An der Messe in Basel: Halle V, Stand 796

Neue, gefällige Modelle in:

Kaffee-Maschinen
Tee-Kannen
Kocher u. Kochplatten
Tauchsieder
Brotröster
Strahler und Strahlöfen
Heizkissen
Lötkolben
Heizkörper aller Art
Qualität - preiswert - schön



gewisse minimale Grösse besitzen muss, im übrigen aber ebenfalls konstant sein kann, eignet sich indessen nur für die Aufnahme gleichbleibender Schwingungen, wodurch der Anwendung dieses Verfahrens zum vornherein gewisse Grenzen gesetzt sind. Die untere Frequenz-Grenze wird dabei in erster Linie durch die Trägheit des menschlichen Auges, rasch aufeinanderfolgende Lichteindrücke gleicher Stärke als Lichtquelle konstanter Helligkeit zu sehen, bestimmt. Zum Teil hängt sie natürlich auch von der Nachleuchtzeit des verwendeten Schirmmaterials ab. Die untere Grenze, bei welcher die beiden Vorgänge auf dem Schirm gerade noch als gleichzeitig erkennbar sind, liegt bei ca. 20 Umschaltungen pro Sekunde. Unter bestimmten Voraussetzungen können somit für dieses Verfahren die bereits angegebenen Hilfsmittel (Pendelgleichrichter, gesteuerte Sperrzellen usw.) noch angewendet werden.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich durch die Aufnahme von Vorgängen hoher Frequenz. In einem solchen Falle wird derselbe Vorgang während einer Umschalthalbperiode mehrere Male geschrieben. Ist dabei die Zeitaxenbasis, welche in diesem Falle durch den Umschalter bestimmt wird, nicht konstant, so verlagert sich der entsprechende Kurvenzug jedesmal etwas gegenüber dem vorhergehenden. An Stelle eines Strichbildes erscheint dann je nach dem Grad der Abweichung ein mehr oder weniger breites Lichtband (Fig. 1).

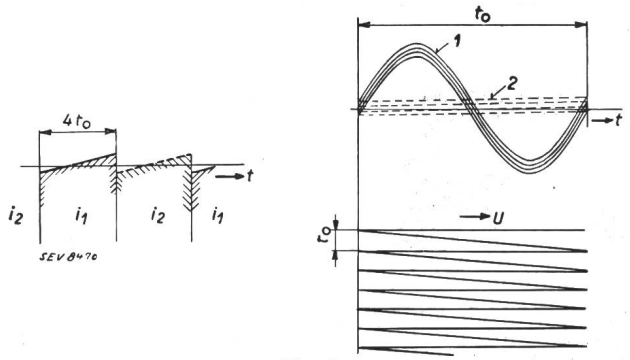


Fig. 1.
Entstehung eines Lichtbandes durch von der Rechteckform abweichende Steuer-Impulse des Umschalters.
i_1, i_2 Steuerimpulse. U Kippspannung.
1 1. Vorgang: Sinoide.
2 2. Vorgang: Nullinie.

Werden bei diesem Verfahren nicht besondere Massnahmen getroffen, so wandert die Umschaltstelle im Oszillogramm umher. Indessen hat man in der Synchronisierung der Umschaltfrequenz mit der Zeitablenkfrequenz eine Möglichkeit in der Hand, die Umschaltstelle an einem beliebigen Punkt des Oszillogrammes stillzuhalten. Bei entsprechender Anpassung der Umschaltfrequenz, d. h. Einstellung derart, dass die Zeitablenkfrequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Umschaltfrequenz ausmacht, kann die Umschaltstelle an den Rand des Oszillogrammes verlegt werden. Solange das Verhältnis beider Frequenzen nicht zu gross ist, erfüllt die Synchronisierung ihren Zweck. Bei sehr grossem Frequenzverhältnis kann die Umschaltfrequenz nicht mehr einwandfrei synchronisiert werden, so dass die störende Erscheinung der wandernden Umschaltstelle bei der Vergleichung hochfrequenter Vorgänge in Kauf genommen werden muss.

Von den beiden ersten Verfahren, bei welchen die Umschaltfrequenz konstant entweder kleiner oder grösser als die Zeitablenkfrequenz sein kann, unterscheidet sich das Verfahren $f_u = f_t/2$ grundsätzlich dadurch, dass die Umschaltfrequenz variabel sein muss. Der Umschaltfrequenzbereich erstreckt sich dabei über ein Gebiet, das jeweils dem um die Hälfte verkleinerten Frequenzbereich des Zeitablenkgerätes entspricht. Man erhält bei diesem Verfahren sehr saubere Oszillogramme, da die Kurvenzüge pro Umschaltperiode nur einmal und durchgehend geschrieben werden. Auch bei diesem Verfahren muss die Umschaltfrequenz mit der Zeitablenkfrequenz synchronisiert werden. Da das Frequenzverhältnis in diesem Falle immer klein bleibt, ist eine einwandfreie Synchronisierung immer möglich.

Im übrigen ist zu sagen, dass mit einem Apparat, der nach diesem Verfahren arbeitet, auch Aufnahmen nach den andern beiden Verfahren gemacht werden können.

III. Beschreibung eines Umschalters.

1. Prinzipieller Aufbau.

Im folgenden soll nun ein für die Anwendung des Verfahrens $f_u = f_t/2$ geeigneter elektronischer Umschalter beschrieben und auf einige wesentliche Gesichtspunkte eingegangen werden [1]). Fig. 2 gibt eine schematische Uebersicht über den Aufbau des Umschalters.

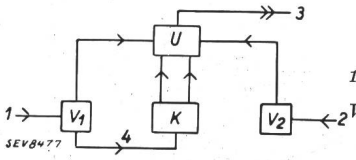


Fig. 2.
Prinzipieller Aufbau des Umschalters.
1 Eingang I. *2* Eingang II. *3* Ausgang.
V_1, V_2 Verstärker-Stufen.
K Kippgenerator.
U Umschalter.

Die beiden zu vergleichenden Vorgänge gelangen getrennt von den beiden Eingängen *I* und *II* je über eine Verstärkerstufe V_1 und V_2 auf den eigentlichen Umschalter U, welcher sie gemäss seiner Steuerung abwechslungsweise an den gemeinsamen Ausgang legt.

Der Umschalter wird gesteuert durch einen Röhrenkippgenerator K, welcher eine für die Steuerung benötigte rechteckförmige Spannung abgibt. Ein kleiner Teil des einen Vorganges wird an V_1 abgegriffen und dem Kippgenerator zugeführt. Die-

---

[1]) Der Umschalter wurde als Diplomarbeit eines Absolventen des Abendtechnikums Zürich in der Materialprüfanstalt des SEV entwickelt und ausgeführt. Die Aufgabestellung umfasste dabei folgende wichtige Punkte:

1. Umschaltfrequenzbereich 10 ... 10 000 Hz.
2. Möglichkeit einer Synchronisierung der Umschaltfrequenz mit der Zeitablenkfrequenz.
3. Separat regulierbare Verstärker in jedem Messzweig.
4. Frequenzgang der Verstärker zwischen 20 und 500 000 Hz ± 3 db vom Niveau bei 10 000 Hz.
5. Klirrfaktor 5 % bei einer Ausgangsspannung vom Effektivwert 70 V.

ser Teil dient zur Synchronisierung der Umschaltfrequenz mit der Zeitablenkung.

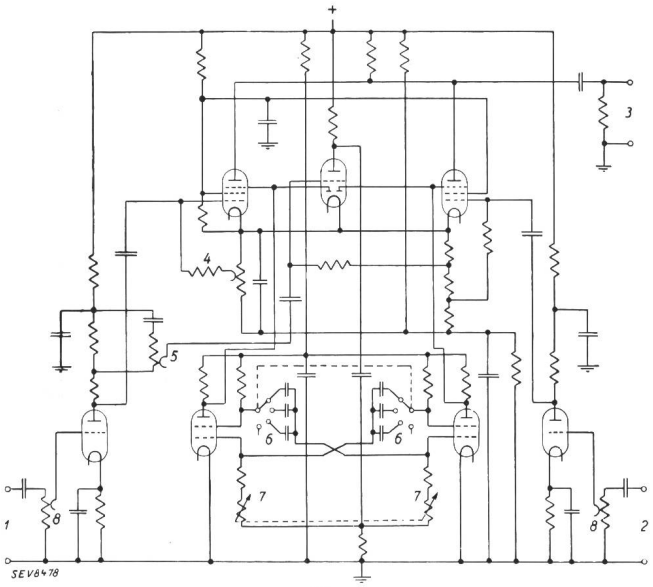


Fig. 3.
Schema des Umschalters.
1 Eingang I. *2* Eingang II. *3* Ausgang. *4* Nullinie. *5* Synchronisierung. *6* Stufenregulierung. *7* Umschaltfrequenz, stetige Regulierung. *8* Verstärkung.

2. *Der Kippgenerator.*

Voraussetzung für eine einwandfreie Umschaltung ist eine möglichst rechteckförmige Steuerspannung für den Umschalter. Von einer Anzahl Schaltungen, mit welchen mehr oder weniger rechteckförmige Spannungen erzeugt werden können, ist der unter dem Namen Multivibrator bekannte rückgekoppelte Röhrengenerator für diesen Zweck der geeignetste (Fig. 4). Der Multivibrator gibt unter gewissen Voraussetzungen sehr angenähert rechteckförmige Spannungen ab.

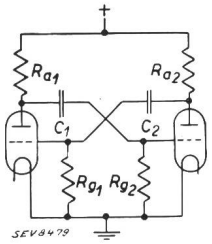


Fig. 4.
Der Multivibrator.

Die Arbeitsweise des Multivibrators ist kurz folgende: An der Anode der Röhre *1* liege im betrachteten Zeitmoment die volle Speisespannung, während die Anode der Röhre *2* in erster Näherung Kathodenpotential besitze. Sinkt nun, verursacht durch einen positiven Gitterspannungsstoss, die Spannung an der Anode der Röhre *1* plötzlich ab, so entlädt sich der Kondensator C_1, welcher mit dem hochohmigen Widerstand R_{g2} in Serie liegt, langsam gemäss der Zeitkonstante $C_1 \cdot R_{g2}$. Da er aber im Kippmoment selbst seine Ladung und damit seine Spannung beibehält, vertieft sich das Gitterpotential der Röhre *2* um denselben Spannungssprung, um den das Anodenpotential der Röhre *1* absinkt. Der Anodenstrom der Röhre *2* wird dadurch gesperrt, und das Anodenpotential steigt zum Wert der Speisespannung an, wodurch die Gitterspannung der Röhre *1* in analoger Weise den als primäre Ursache betrachteten positiven Spannungsstoss erhält. Die positive Gitterspannung der Röhre *1* sinkt zufolge Gitterstrom sofort auf Kathodenpotential und diejenige der Röhre *2* geht mit der Entladung des Kondensators C_1 langsam zurück, bis die Bedingung des Kippens im umgekehrten Sinne erfüllt ist.

Durch die momentane Sperrung des Stromes der Röhre *2* sollte auch deren Anodenpotential plötzlich ansteigen. Betrachtet man indessen das Oszillogramm dieser Spannung (Fig. 5), so sieht man, dass dies nicht der Fall ist. Zum Erreichen des Endwertes wird vielmehr eine gewisse Zeit benötigt. Der Anstieg zeigt dabei deutlichen Exponentialcharakter. Durch die momentane Sperrung der

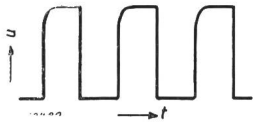


Fig. 5.
Spannungsverlauf
an der Anode einer Röhre.

Röhre *2*, d. h. durch den plötzlich einsetzenden Anstieg der Anodenspannung, muss der vorher entladene Kondensator C_2 nun aufgeladen werden. Der sich dabei in den Nebenzweig $C_2 - R_{g1}$ ergiessende Ladestrom erzeugt am Anodenwiderstand R_{a1} einen Spannungsabfall, der dem Anstieg der Anodenspannung gerade entgegenwirkt. Der Ladestrom klingt gemäss der Formel $i = i_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}$ ab, womit auch die Gegenspannung nach derselben Gesetzmässigkeit abnimmt ($T = R_a \cdot C_2$; R_a stellt den weitaus grössten Widerstand in diesem Kreise dar, da an Stelle des in Serie dazu liegenden grossen Widerstandes R_{g1} der bedeutend kleinere Gittergleichstromwiderstand der Röhre *1*, welche sich in Durchlass befindet, einzusetzen ist).

Die Abweichung vom senkrechten Anstieg tritt um so mehr in Erscheinung, je höher die Umschaltfrequenz bei konstantem C und R_a, d. h. je kleiner das Verhältnis $\frac{T_g}{T_a} = \frac{C \cdot R_g}{C \cdot R_a} = \frac{R_g}{R_a}$ wird.

Voraussetzung für eine einwandfrei rechteckförmige Kurvenform ist dabei $R_g \gg R_a$. Nun ist aber T_g ein Mass für die sich erregende Frequenz und muss entsprechend dem verlangten Frequenzbereich veränderlich gemacht werden können. Für einen bestimmten Abschnitt des Bereiches wird R_g zweckmässigerweise zur Regulierung herangezogen. Da R_a aber konstant bleibt (R_a ist durch den Röhrentyp und die Betriebsbedingungen festgelegt), muss dieses Verhältnis sehr rasch abnehmen. Daraus ist ohne weiteres zu ersehen, dass diese Schaltung wohl für die Umschaltung mit konstanter Frequenz verwendet werden kann, dass sie aber nicht ohne weiteres für einen Umschalter mit grossem Frequenzbereich geeignet ist.

Wenn es gelingt, die Zeitkonstante T_a zu eliminieren oder auf einen Bruchteil der obigen Grösse zu reduzieren, so muss eine Variante dieser Schaltung zweifellos für die Steuerung eines solchen Umschalters verwendet werden können.

Die Eliminierung dieser Zeitkonstante gelingt nun tatsächlich dadurch, dass man die rechteckförmigen Stromimpulse in den Kathodenkreisen dazu ausnützt, eine weitere Röhre zu steuern (Fig. 6).

Nun lässt sich aber bei einer auf diesem Prinzip aufgebauten Schaltung neben dem damit verbundenen ziemlich grossen Aufwand an Schaltelementen nicht vermeiden, dass neue, wenn auch schwächere Zeitkonstantenglieder eingeführt werden, die

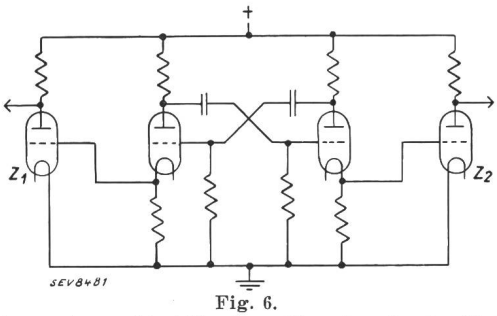


Fig. 6.
Ausnützung der rechteckförmigen Stromimpulse im Kathodenkreis zur Steuerung einer Zwischnröhre.
Z_1 Z_2 Zwischenröhren.

sich in ähnlicher Weise auswirken, wie T_a am Multivibrator. Ausserdem besteht die Forderung, dass mit kleinen Kathodenwiderständen gearbeitet werden muss, da sonst der unvermeidliche, verschwindend kleine Anlaufstrom vor dem Kippen bereits merkliche Kurvenabweichungen hervorrufen kann.

In der Anwendung von Mehrgitterröhren, insbesondere der Schirmgitterröhren, hat man eine aussichtsreiche Möglichkeit in der Hand, die Zeitkonstante T_a zu verkleinern, ohne den Aufwand an Schaltelementen gegenüber dem Multivibrator (Fig. 4) übermässig zu vergrössern. Bekanntlich führt das Schirmgitter solcher Röhren einen zum Anodenstrom etwa proportionalen Strom. Wird der Anodenstrom in der bereits beschriebenen Art und Weise gesteuert, so macht auch das Schirmgitter, sofern dessen Spannung nur über einen Vorwiderstand ohne Glättungskondensator zugeführt wird, diese Schwankungen mit. Da in diesem Falle keine Kopplungskondensatoren mehr aufgeladen werden müssen, bleibt die Spannung bis zu relativ hohen Frequenzen brauchbar rechteckförmig. Grössere Abweichungen zeigen sich erst in der Gegend von 8000 Hz, da sich hier bereits die nicht vermeidbare Zeitkonstante, gebildet aus der statischen Gitterkapazität und dem Vorwiderstand, auswirkt.

Auf Grund der guten Versuchsergebnisse, die mit der vorerwähnten Schaltung gemacht wurden, wurde sie auch zur Steuerung des Umschalters verwendet (Fig. 3). Um aber die für die Steuerung des Umschalters benötigte Leistung aufzubringen, wurden allerdings die Steuerelektroden des Multivibrators vertauscht. Die Schirmgitter sind mit den eigentlichen Steuergittern zusammen in diesem Falle die Steuerelektroden für den Multivibrator, während die Anodenspannungen zur Steuerung des Umschalters verwendet werden.

Für die entstehende Frequenz eines solchen Kippgenerators ist in erster Linie die Form, der Anfangs- und Endwert der steuernden Gitterspannung massgebend. Die negative Halbperiode leitet dabei das Kippen ein; sie ist somit allein für die Grösse der sich bildenden Frequenz verantwortlich. Ihr Verlauf gehorcht folgender Funktion:

$$\varepsilon = u_m \, e^{-\frac{t}{T}}$$

wo

ε diejenige Spannung, bei der die Bedingung des Kippens erfüllt ist.

u_m die grösste negative Gitterspannungsspitze unmittelbar nach dem Kippen. Sie ist unter der Voraussetzung $R_g \gg R_g$ = der Differenz aus der Speisespannung und der restlichen Anodenspannung im Durchlass.

t Die Zeit, die vergeht, bis die Gitterspannung vom Wert u auf ε abgeklungen ist.

T Die Zeitkonstante des Gitterkreises.

Aus der Formel folgt unmittelbar die Frequenz

$$f = 2 \frac{\log e}{T \log \frac{u_m}{\varepsilon}}$$

Mit den drei Grössen T, u_m und ε kann nun die sich erregende Frequenz verändert werden. Dabei bleibt die Zeitkonstante T, d. h. deren Glied C ohnehin für die stufenweise Regulierung vorbehalten. Die kontinuierliche Regelung kann dann mit dem andern Glied der Zeitkonstante oder mit u_m und ε vorgenommen werden. Die Aenderung von u_m und ε geht dabei zurück auf die Aenderung der Speisespannung für u_m und auf die der Gittervorspannung für ε. In Fig. 7 sind die Frequenzabhängigkeiten von der einen oder andern der beiden letzten Reguliermöglichkeiten dargestellt. Man wird bei der kontinuierlichen Regelung darnach trachten, einen möglichst grossen Bereich überstreichen zu können. Dies gelingt im Falle der Regulierung der Gittervorspannung nur beim Betrieb mit sehr kleinen Speisespannungen, im andern Fall muss bei grosser Gittervorspannung die Speisespannung bis zu sehr kleinen Werten reguliert werden können.

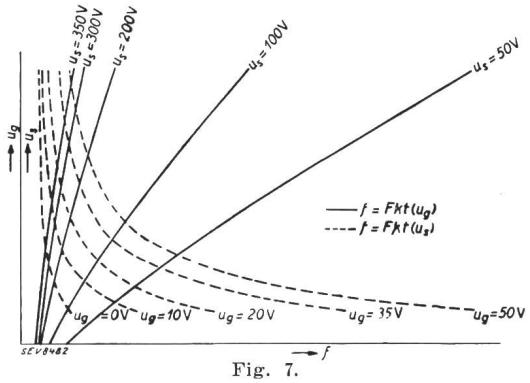


Fig. 7.
Frequenzabhängigkeit
von Gittervorspannung bzw. Schirmgitter-Speisespannung.

In beiden Fällen wird naturgemäss durch die Verkleinerung der Speisespannung für die Schirmgitter auch die Steuerspannung an den Anoden verkleinert. Eine solche Verkleinerung kann aber, trotz der Vorteile, die sich bei der Anwendung dieser Regelart ergeben (unbedingte Gleichheit der

zeitlichen Länge der Umschalthalbperioden), nicht in Kauf genommen werden.

Es bleibt also nur die Regulierung mit dem Zeitkonstantenglied R_g, da es nur mit diesem gelingt, einen grösseren Frequenzbereich stetig zu überstreichen. Diese Methode wurde beim vorliegenden Umschalter denn auch angewendet, wie das schematisch in Fig. 3 angedeutet ist.

Spezielle Beachtung musste dabei der Gleichheit der Kopplungsglieder geschenkt werden, Während die Kondensatoren für die verschiedenen Stufen ohne grosse Mühe auf gleiche Grösse abgeglichen werden können, bietet es indessen gewisse Schwierigkeiten, bei den auf einer gemeinsamen Achse sitzenden Gitterpotentiometern den erforderlichen Gleichlauf herzustellen. Der Gleichlauf der Potentiometer muss unbedingt gewahrt bleiben, wenn die Umschalthalbperioden die gleiche zeitliche Länge besitzen müssen. Ist dies nicht der Fall, so wird beim Verfahren $f_u = f_t/2$ im einen Kurvenzug eine Lücke erscheinen, während sich im andern an derselben Stelle eine Ueberlappung einstellt (Fig. 12). Die Kompensation der unterschiedlichen Regelkurven der Potentiometer wurde im vorliegenden Fall so gelöst, dass das eine Potentiometer, über einen für die Abgleichung genügend grossen Bereich, unabhängig von der Einstellung des andern bedient werden kann.

3. *Der Umschalter.*

Der eigentliche Umschalter besteht aus zwei Penthoden, die ihre Anodengleichspannung über einen gemeinsamen Vorwiderstand erhalten. Diese Röhren müssen nun durch den Multivibrator derart gesteuert werden, dass die eine vollständig gesperrt ist, wenn sich die andere gerade im normalen Arbeitsgebiet befindet. Diese wechselweise Steuerung wird zwangsläufig durch den Multivibrator hervorgebracht, dessen steuernde Spannungen (Anodenspannungen) gegeneinander um 180° phasenverschoben sind.

Die bekannte Steuerung durch das eigentliche Steuergitter wurde hier nicht angewendet, da diese Art der Steuerung gewisse Nachteile in sich birgt. Diese liegen hauptsächlich darin, dass kleine Unregelmässigkeiten in der Steuerspannung unzulässig verstärkt werden, insbesondere dann, wenn die Umschaltröhren, wie das hier der Fall ist, für eine hohe Verstärkungsfähigkeit vorgesehen sind. Im weiteren ist die Ankopplung des Multivibrators an

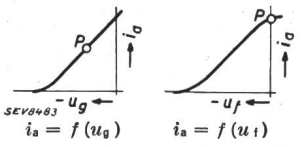


Fig. 8.
Anodenstrom in Funktion der Steuergitter- bzw. Fanggitterspannung.

die Steuergitter insofern ungünstig, als auf dieselben Steuergitter ebenfalls die Meßspannungen gegeben werden müssen. Die kombinierte Ankopplung über rein ohmsche Widerstände bedingt mit der Kapazität des Steuergitters neue Zeitkonstantenglieder, die zu neuen Verzerrungen der Steuerspannungen führen. Diese Nachteile werden zum grössten Teil vermieden durch die Steuerung mit dem Fanggitter. Aus Fig. 8 ist der Vorteil der Fanggittersteuerung gegenüber der Steuerung mit dem Steuergitter ohne weiteres ersichtlich. Bei der Steuerung durch das Steuergitter wird der Arbeitspunkt P durch den horizontal verlaufenden Teil der Steuerimpulse eingestellt. Eine kleine Abweichung vom horizontalen Verlauf hat bereits eine beträchtliche Anodenstromänderung zur Folge, welche sich naturgemäss im Oszillogramm nachteilig bemerkbar macht (unscharfe Bilder usw.). Anders hingegen bei der Steuerung mit dem Fanggitter. Die $i_a - u_f$ Charakteristik biegt beim Wert $u_f = 0$ fast plötzlich in einen horizontal verlaufenden Ast um. Aenderungen in der Steuerspannung haben dabei fast keinen Einfluss auf den Anodenstrom mehr. Dem Steuergitter kann dabei eine konstante Vorspannung z. B. durch einen Kathodenwiderstand erteilt werden, die unabhängig vom momentanen Betriebszustand der Röhre immer am Gitter liegt.

Um die Steuerung überhaupt durchführen zu können, müssen die Umschaltröhren auf erhöhtem Potential stehen. Die Kathoden dieser Röhren erhalten dabei eine konstante Spannung, die übereinstimmt mit der Speisespannung des Multivibrators. Bei einer gesperrten Multivibratorröhre erhält dann das Fanggitter der entsprechenden Umschaltröhre das Potential der Kathode, d. h. die Röhre arbeitet im Zustand eines Verstärkers. An der andern Multivibratorröhre ist im betrachteten Moment die Anodenspannung sehr klein, wodurch das Fanggitter der zugehörigen Umschaltröhre eine grosse negative Spannung gegenüber deren Kathode erhält, so dass der Anodenstrom vollständig gesperrt wird. Da die Ankopplung an das Fanggitter dabei ohne jedes weitere Zwischenglied (Widerstände oder Kondensatoren) vorgenommen werden kann, sind Kurvenabweichungen, die bei der Steuerung mit dem Steuergitter auftreten können, nicht zu befürchten.

Im weiteren hat die Steuerung mit dem Fanggitter noch den Vorteil, dass sie durch eine besondere Schaltanordnung noch eine Verbesserung der am Fanggitter liegenden Steuerspannung erlaubt. Wird nämlich die Speisespannung des Multivibrators höher gewählt als die Kathodenspannung der Umschaltröhren und schaltet man den Fanggitter-Kathodenstrecken dieser Röhren je eine Diodenstrecke parallel, so wird die überschüssige Spannung der Steuerimpulse durch Kurzschluss weggeschnitten. Da nur das oberste Teilstück dieser Impulse durch unvermeidliche Zeitkonstanten verzerrt wird, genügt es, nur einen kleinen Teil der Impulse abzuschneiden, um im ganzen Frequenzbereiche eine praktisch fehlerfreie Steuerspannung zu erhalten (Fig. 9).

Allerdings wird durch die Zuschaltung der Dioden eine zusätzliche Kapazität in die Leitung eingeführt, die ebenfalls verzögernd auf den Spannunganstieg wirkt. Da diese Kapazität ausserordentlich klein ist, kann die Verzögerung kaum merklich in Erscheinung treten, um so mehr, als der-

Landis & Gyr
Zug

zeigt an der **Muba:**

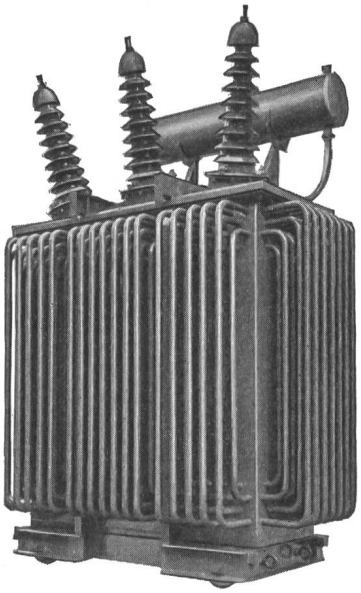
Elektrizitäts-Zähler,
Zeit- und Fernschalter, Maxigraph
und Printo- Maxigraph, Eich- und
Prüfeinrichtungen, Sirenen-
steuerung, Temperaturregler
Zentraluhrenanlagen

am Stand 836,
Halle V Tel. 4.30.71

Jn. 1010

Moser-Glaser & Co. A.-G.
Basel - Bâle

Spezialfabrik für Transformatoren
und Elektrische Apparate
Fabrique de Transformateurs et Appareils électriques



Drehstrom-Transformator 50000 V 1200 kVA 50 Perioden

Le Rêve

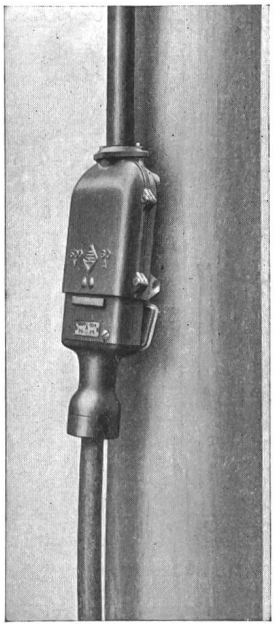
empfiehlt sich von Mund zu Mund.
Die beste Reklame.

LE RÊVE AG. GENF

LUMAR A. G.
Basel, Spitalstrasse 18
Telephon 3 16 87

Richtiges Licht
Zeiss-Spiegellicht
Beratung kostenlos

CARL MAIER & CIE. • SCHAFFHAUSEN
Fabrik elektrischer Apparate und Schaltanlagen



Industrie-Steckkontakte 3P+E
für 25 und 60 Amp. 500 Volt

für Montage im Freien an Holzmast oder an Mauer

mit Qualitätszeichen des SEV

Abmessungen gemäss internation. Normen von 1937

Für Verwendung in industriellen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben

jenige Teil des Impulses, welcher davon am stärksten beeinflusst wird, durch die Diode selber wieder abgeschnitten wird.

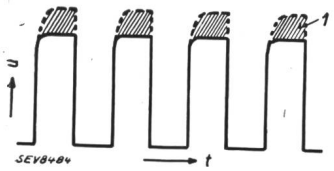


Fig. 9.
Wirkung einer Diode auf die Steuerimpulse.
1 Durch Diode abgeschnittener Teil d. Steuerimpulses.

Mit dieser Anordnung gelingt es, die Rechteckform der Steuerspannung bis zu relativ hohen Frequenzen zu erhalten. Fig. 10 zeigt ein Oszillogramm dieser Steuerspannung bei einer Frequenz von 6000 Hz.

Um Unregelmässigkeiten in den Charakteristiken der Umschaltröhren zu kompensieren, welche zu einer Verlagerung der Nullachsen der beiden Vorgänge führen können, ist eine Nullpunktskorrektur vorgesehen. Die Korrektur erfolgt durch Einstellung der Gittervorspannung an einer Röhre.

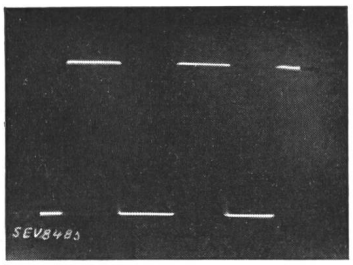


Fig. 10.

In gewissen Grenzen lassen sich damit Vorgänge, bei denen das Auseinanderhalten der einzelnen Kurvenzüge bei ineinandergeschriebenen Oszillogrammen Schwierigkeiten bietet, durch Auseinanderziehen der Beobachtung zugänglich machen.

4. *Die Vorverstärker.*

In den Umschaltröhren besitzt das Gerät bereits eine Verstärkerstufe für jeden Messzweig, mit denen, da Penthoden verwendet werden müssen, eine ganz ansehnliche Verstärkung erreicht wird. Um die Empfindlichkeit des Umschalters noch weiter zu erhöhen, ist er in jedem Messzweig mit einer weiteren Verstärkerstufe, die in Widerstandskopplung an das Steuergitter der entsprechenden Umschaltröhre angekoppelt ist, ergänzt. Die Eingangswiderstände beider Messzweige betragen je 1 Megohm und sind dauernd mit 400 V Effektivwert belastbar. Der maximale Verstärkungsgrad jedes Messzweiges beträgt rund 1400. Eine Spannung von 50 mV am Eingang jedes Messzweiges ergibt am Ausgang eine solche von 70 V, d. h. eine Grösse, welche für die Beobachtung bequem ausreicht. Der Verstärkungsgrad kann in jedem Messzweig unabhängig vom andern reguliert werden.

5. *Die Synchronisierung.*

Um die Umschaltstellen aus dem Oszillogrammfeld wegzubringen, muss die Umschaltung mit der Zeitablenkung synchronisiert werden können. Die Synchronisierspannung lässt sich dabei direkt im Gerät selber abnehmen, d. h. der eine Messvorgang wird als Träger zur Synchronisierung der Umschaltfrequenz ausgenützt. Es wird dabei von der Voraussetzung ausgegangen, dass man, um überhaupt stehende Oszillogramme zu erhalten, die Zeitablenkung mit einem der beiden Messvorgänge synchronisieren muss. Wird nun eine genügend grosse Teilspannung des einen Vorganges den Gittern der Multivibratorröhren aufgedrückt, so wird die Kippschaltung zweifellos davon beeinflusst, d. h. die Umschaltung erfolgt synchron mit dem Messvorgang und, da derselbe synchron mit der Zeitablenkung verläuft, erfolgt die Umschaltung auch synchron mit der Zeitablenkung. Die Teilspannung wird an einem durch einen Kondensator abgeschlossenen hochohmigen Nebenzweig zum Anodenwiderstand der einen Vorröhre abgegriffen. Um einerseits etwaige Rückwirkungen auf den Messvorgang mit Sicherheit auszuschliessen und anderseits, um die nötige Grösse der Synchronisierspannung bequem einstellen zu können, wird die abgegriffene Teilspannung dem Gitter einer weiteren Röhre zugeführt. Die so verstärkte Spannung wird den Gittern des Multivibrators neben der eigenen Steuerspannung aufgedrückt. Die Synchronisierung darf nur von einem einzigen Messvorgang ausgehend erfolgen, da eine Beeinflussung des Multivibrators durch beide Messvorgänge das getreue Phasenabbild der Messvorgänge stören könnte. Das Verstärkersystem für die Synchronisierspannung und die beiden Diodenstrecken für die Verbesserung der Steuerspannungskurvenform sind dabei in einer Duo-Diode-Triode vereinigt.

6. *Anwendungsbeispiele.*

Im folgenden sollen nun die sich mit dem beschriebenen Umschalter ergebenden Möglichkeiten an Hand einiger einfacher Beispiele gezeigt werden, wobei hervorzuheben ist, dass sich der Umschalter für alle drei Verfahren gleich gut eignet.

Die Oszillogramme Fig. 11, 12 und 13 wurden nach dem Verfahren $f_u = f_t/2$ aufgenommen. Fig. 11

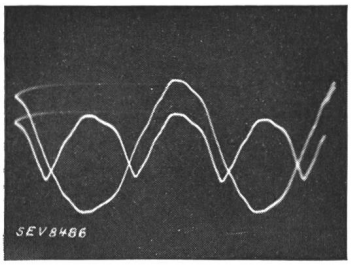


Fig. 11.

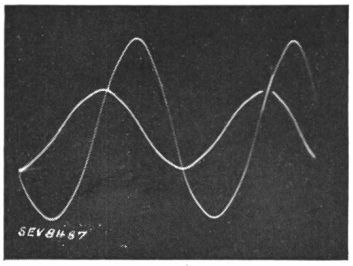


Fig. 12.

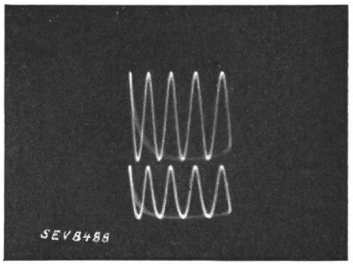


Fig. 13.

zeigt die 50periodige Netzspannung und die Gleichrichterpulsationen eines Trockengleichrichters in Graetzschaltung. Die Umschaltstelle wurde durch die Synchronisierung nach rechts aussen verschoben, wo sie noch undeutlich zu erkennen ist. Fig. 12 bezieht sich auf die phasenverschobenen Spannungen zweier Generatoren. Die Umschaltstelle wurde im Oszillogramm absichtlich festgehalten. Deutlich ist hier auch die Auswirkung der nicht abgeglichenen Umschalthalbperioden der Steuerspannung zu erkennen, die sich durch Ueberlappung im einen und durch Unterbruch im andern Kurvenzug ausdrückt. Fig. 13 zeigt die Spannung eines Röhrengenerators von 10 000 Hz. An beiden Eingängen des Umschalters wurde dieselbe Spannung angelegt. Die beiden Kurvenzüge sind auseinandergezogen, so dass jeder einzelne für sich betrachtet werden kann.

Die folgenden Oszillogramme, Fig. 14, 15 und 16, sind nach dem Verfahren $f_u \gg f_t$ aufgenommen. Fig. 14 gibt dabei die Primär- und Sekundärspannung eines Transformators wieder. Zur Verdeutlichung sind die beiden Vorgänge auseinandergezogen. Die Umschaltfrequenz betrug bei dieser Aufnahme ca. 5000 Hz. Die einzelnen Punkte sind im Oszillogramm deutlich zu erkennen. Bei den folgenden Oszillogrammen betrug die Umschaltfrequenz ca. 8000 Hz. Fig. 15 zeigt die 50periodige Leerlaufspannung eines Generators und die stark verzerrte Kurve des Sekundärstromes eines belasteten Transformators, während Fig. 16 die 50periodige Netzspannung mit der Gleichspannung eines einanodigen Quecksilberdampf-Ladegleichrichters erkennen lässt.

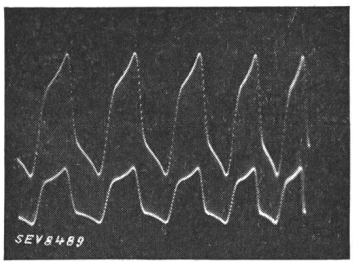


Fig. 14.

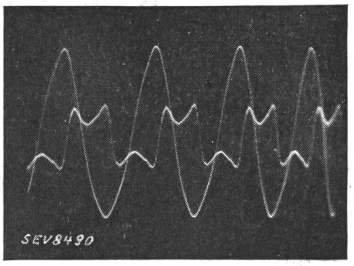


Fig. 15.

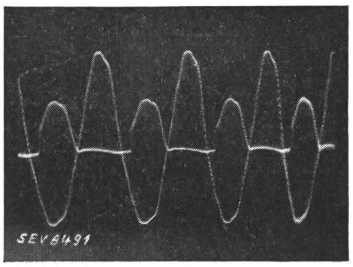


Fig. 16.

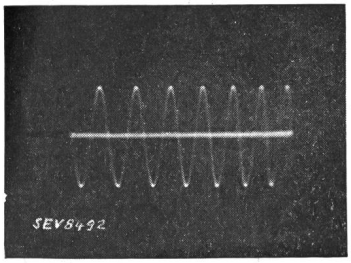


Fig. 17.

Endlich zeigt Fig. 17 noch ein Oszillogramm, aufgenommen nach dem Verfahren $f_u < f_t$, und zwar eine Wechselspannung von 70 000 Hz eines Röhrengenerators. An Stelle eines zweiten Vorganges wurde hier nur die Nullinie geschrieben. Die Umschaltfrequenz betrug bei dieser Aufnahme ca. 20 Hz, diejenige der Zeitablenkung ca. 800 Hz. Während einer Umschaltperiode wird also der Vorgang und die Nullinie je 40 Mal geschrieben.

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

Ein neues Magnetron für reine B-Schwingungen.

395 615.14

Mit dem bekannten SA-Magnetron[1]) kann man UHF-Schwingungen von zwei Arten erzeugen. Bei der ersten Art (A) ist die Frequenz nahezu unabhängig von den Daten des äusseren Kreises, bei der zweiten (B) ist sie in der Hauptsache hierdurch bestimmt.

Die Schwingungen vom Typ B sind entgegen anderer Auffassung nicht identisch mit den Dynatron-Schwingungen, bei denen der negative Widerstandsteil der statischen U_a-I_a-Charakteristik zur Erzeugung benutzt wird. *Oktabe* und viele andere bewiesen, dass die durch ein SA-Magnetron erzeugten UHF-Schwingungen meist den Typ B aufweisen, nicht den Dynatron-Typ. *Herriger* und *Hülster* nannten den Typ B «Laufzeitschwingung höherer Ordnung».

Das neue EB-Magnetron[2]).

Das EB-Magnetron ist leistungsfähiger und erzeugt reine B-Schwingungen. Es hat eine ungeteilte Anode (*A* in Fig. 3), die nur zur Elektronenbeschleunigung dient. Zur Aufrechterhaltung der Schwingungen hat das EB-Magnetron spezielle Oszilloden (Schwingelektroden S), die ähnlich der Anode beim SA-Typ zwei- oder viergeteilt sind. Die negative Vorspannung der Oszilloden muss für das richtige Arbeiten der EB-Röhre im Verhältnis zur Anodenspannung und Magnetfeldstärke richtig gewählt werden, ähnlich der Gittervorspannung von üblichen Glühkathodenröhren.

Fig. 1 und 2 zeigen Photos der entsprechenden EB-Röhren. Der Anodenzylinder hat einen Radius und eine Länge von 1 cm; die Stirnflächen werden von den Oszilloden gebildet. Die gegenüber liegenden Teile der beiden Stirnflächen sind miteinander verbunden; beim 4-Oszilloden-Typ sind ausserdem die diametral gegenüberliegenden Teile derselben Fläche zusammengeschaltet, wie dies auch das prinzipielle Schaltbild Fig. 3 zeigt. Die Länge *d* des angeschlossenen Schwingsystems ist hauptbestimmend für die auftretende Wellenlänge λ. Der Heizfaden *F* befindet sich in der Axe des Anodenzylinders; parallel dazu verläuft das äussere Magnetfeld *H*. Die angelegten Spannungen treten in den graphischen Darstellungen nur als Parameter auf. — Fig. 4 zeigt die Konstruktion eines EB-Magnetrons für grosse Leistung mit einer praktischerweise aussen-wassergekühlten Anode.

[1]) Split-Anode M. = Schlitzanoden-M.
[2]) Electron-Beam M. = Elektronenstrahl-M.