

2. JANUARHEFT

BERLIN

FUNK- TECHNIK

FERNSEHEN · ELEKTRONIK

2 | 1960+

mit **Elektronik-Ingenieur**
FT-Laborbericht
FT-Sammlung

Auto- und Koffereempfänger als Zweitgeräte gebührenfrei

Ab 1. Januar 1960 sind alle Koffer- und Autoempfänger in der Bundesrepublik Deutschland gebührenfrei, sofern im Haushalt des Benutzers bereits ein Empfänger angemeldet ist.

Staatssekretär Prof. Dr. K. Herz

Der bisherige Präsident des Fernmeldetechnischen Zentralamtes, Prof. Dr. Karl Herz, wurde vom Bundespräsidenten zum Staatssekretär im Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen ernannt.

Siemens-Electrogeräte AG

Die Siemens & Halske AG und die Siemens-Schuckertwerke AG, in deren Besitz sich die Siemens-Electrogeräte AG befindet, beabsichtigen, die Organisation dieser Tochtergesellschaft, die sich mit Entwicklung, Herstellung und Vertrieb elektrischer Hausgeräte, Radio- und Fernsehgeräte beschäftigt, in ihrem Aufbau stärker auf Markterfordernisse einzustellen und zu straffen. Der Vorstand der Gesellschaft hat zur Erleichterung der durchzuführenden Maßnahmen darum gebeten, ihn von seinen Funktionen zu entbinden. Die Herren Günter, Dr. Coninx, Ewald und Kattl werden in den Bereich der Stammfirmen zurückkehren.

10 Jahre Herfurth GmbH

Zu Beginn des Jahres 1950 von Rolf Herfurth und Dietrich Rische gegründet, hat sich die Herfurth GmbH aus kleinsten Anfängen zu einem bedeutenden Unternehmen auf dem Gebiete der Hochfrequenz-Generatoren und -Wärmegeräte entwickelt, die hauptsächlich von der plastikverarbeitenden Industrie benötigt werden. Auch durch ihre Strahlungsmeßgeräte ist diese Firma hervorgetreten, insbesondere durch Spezialentwicklungen. Auf diesem Gebiet besteht enge Zusammenarbeit mit verschiedenen ausländischen Firmen.

Bauelemente-Ausstellung in Paris

In der Zeit vom 18. 2. bis 21. 2. 1960 findet in Paris, Parc des Expositions, die internationale Ausstellung für Bauelemente „Salon Internationale de la Piéce Détachée Electronique“ statt.

Kapitalerhöhungen bei Philips

Bei der Deutschen Philips GmbH wurde das Stammkapital um 42,5 auf 60, bei der Valvo GmbH um 10 auf 20 und bei der Allgemeinen Deutschen Philips Industrie

GmbH (Alldephi) um 55 auf 140 Millionen DM erhöht. Mit diesen Kapitalerhöhungen wurden bereits vorhandene Rücklagen in haftendes Kapital umgewandelt. Die neuen Stammeinlagen der Deutschen Philips GmbH und der Valvo GmbH hat die Alldephi übernommen. Die Belegschaft der Deutschen Philips Unternehmen zählt zur Zeit etwa 23.000 Angehörige.

Fernsehempfänger der RCA in Stereo-Truhen von Metz

Auf Grund einer kürzlich getroffenen Verabredung zwischen Metz und der Radio Corporation of America baut Metz in ihren eigens für den Export nach den USA fabrizierten Stereo-Musikschränken jetzt Fernsehempfänger der RCA ein. Der Auftragsingang auf diese neuen Kombinationen war bereits in den ersten Tagen sensationell groß.

Dokumentarfilm „Impuls unserer Zeit“

Der Dokumentarfilm „Impuls unserer Zeit“ (s. Heft 24/1959, S. 855), der von der Gesellschaft für bildende Filme im Auftrage des Hauses Siemens gedreht wurde, erhielt von der Filmbewertungsstelle der Länder das Prädikat „besonders wertvoll“, ein Prädikat, mit dem bisher nur ganz selten ein Industrieфильm ausgezeichnet wurde.

Fernsehlehrgänge in Bremen

Die zeitweilig unterbrochene Fernschulung des Fachhandels durch die Deutsche Philips GmbH wird Mitte Januar 1960 in Bremen wieder aufgenommen. In der Zeit vom 19. 1. bis 19. 2. sind viertägige Lehrgänge vorgesehen. Anschließend daran sollen Lehrgänge in Saarbrücken und im Frühsommer 1960 in Frankfurt stattfinden.

Schulungstage für Tonbandgeräte-Service

Telefunken wird in der Zeit vom 7. März bis 13. April 1960 in 24 Städten des Bundesgebietes und in Westberlin insgesamt 24 Schulungstage durchführen, die sich vor allem mit der mechanischen Einmessung von Magnetophon-Tonbandgeräten beschäftigen werden.

Transistor-Relseempfänger „Dorette“

Die Deutsche Philips GmbH brachte einen neuen Transistor-Relseempfänger „Dorette“ für die Bereiche M und I. auf den Markt. Auf Grund des großen Lautsprechers ist die Klangqualität besser als bei den kleineren Taschengeräten und reicht für mittlere Wohnräume aus. Der Empfänger enthält eine große Rundskala; zwei Drucktasten dienen zur

Wahl des Wellenbereichs. Anschluß an eine Autoantenne ist möglich. Weitere technische Daten: 5 Kreise, 7 Transistoren + 1 Ge-Diode, Lautsprecher 10 cm Ø, 150 mW Ausgangsleistung, Ferritantenne, Batteriebetrieb mit 3 Monozellen je 1,5 V (Spieldauer bei mittlerer Lautstärke etwa 150 Stunden), Kunststoffgehäuse 24x14x6 cm, Gewicht mit Batterien etwa 1,5 kg, Gehäuseausführung in Rot, Gelb, Grün oder Blau.

Erweiterung des Frequenzumfanges bei Magnetophongeräten

Der Frequenzumfang der Magnetophon-Typen „KL 65“ (eintourig), „KL 65 S“ und „KL 65 X“ von Telefunken kann unter Verwendung des neuen Ultra-Tonkopfes und durch eine Reihe von Schaltungsmaßnahmen auf den Stand des „Magnetophon 75“ erweitert werden. Ein Umrüstsatz, der alle für die Ergänzung notwendigen Einzelteile enthält, steht jetzt bei Telefunken zur Verfügung.

Zweitlautsprecher mit Lautstärkereglern

Die Deutsche Philips GmbH hat ihr Zweitlautsprecher-Angebot durch den 4-W-Zweitlautsprecher „VE 1689“ ergänzt. Dieser in elfenbeinfarbigem Gehäuse lieferbare Lautsprecher mit 5 Ohm Anschlußimpedanz hat einen seitlich bedienbaren Lautstärkereglern.

20-Element-Breitband-Antenne „Fesa 20 F“

Hirschmann bietet jetzt auch eine neue 20-Element-Breitband-Antenne „Fesa 20 S“ für das Band III an. Die Elemente dieser Antenne sind mit Biege-Enden ausgestattet. Die Antenne kann entweder als Vollband-Antenne (11... 13 dB Gewinn) oder als Antenne für ein Halbband (Kanäle 5, 6, 7 und 8: 12... 13 dB Gewinn; Kanäle 9, 10 und 11: 12,5 bis 13,5 dB Gewinn) benutzt werden.

Spezialverstärker-röhre E 84 L

Von Siemens wurde jetzt die neue leistungsstarke Endpentode E 84 L der Novalreihe in Langlebensdauer-Ausführung in das Fertigungsprogramm aufgenommen. Diese Spezialverstärker-röhre entspricht in ihren elektrischen Daten ($Q_{a \max} = 12 W$, $I_{k \max} = 65 mA$, $S = 11,3 mA/V$) und in der Sockelschaltung der EL 84.

Neue UKW-Frequenzverteilung

Ende September 1960 soll in Stockholm die nächste UKW-Frequenz-Konferenz stattfinden. Dementsprechend sind an die jeweiligen Postverwaltungen der beteiligten Länder Einladungen ergangen.

AUS DEM INHALT

2. JANUARHEFT 1960

FT-Kurznachrichten	34
Wir stellen vor: FT-LABORBERICHTE ...	37
Oxydkatodentechnik in modernen Empfängerröhren	38
Elektronische Musikinstrumente - Einige außergewöhnliche Ausführungsformen ..	40
Ein transistorisierter Direktsicht-FS-Empfänger	41
FT-LABORBERICHT	
Umbau eines Dezi-Tuners in einen UHF-Prüsender	43
Höhen-Radar „HF200“	44
Von Sendern und Frequenzen	44
FT-SAMMLUNG	
Schaltungstechnik	
Transistor-Schaltungstechnik (35)	45
Mathematik	
Einführung in die Matrizenrechnung (10) ..	51
ELEKTRONIK-INGENIEUR	
Molekularverstärker	47
Buchbesprechungen	50
Leistungsfähige Antennenanlage für das 2-m-Band	53
Beeinträchtigung des Stereo-Effektes bei der Ablastung von Stereo-Platten	54
Die hochfrequente Beeinflussung von Tonbandgeräten	56
Technik der Funk-Fernsteuerung (4)	57
FT-Zeitschriftendienst	
Über das Lichtnetz arbeitender Fernschalter	60

Unser Titelbild: Antenne des Höhen-Radars „HF200“ von Decca (s. a. S. 44). Werkaufnahme

Aufnahmen: Verfasser, Werkaufnahmen, Zeichnungen vom FT-Labor (Bartsch, Neubauer, Rehberg, Schmolz, Sirauba) nach Angaben der Verfasser. Seiten 35, 34, 62, 63 und 64 ohne redaktionellen Teil

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwald, Eichbarndamm 141-147, Telefon: Sammel-Nr. 49 23 31 (Ortskennzahl im Selbstwählferndienst 03 11), Telegrammschrift: Funktechnik Berlin, Fernschreib-Anschluß: 01 84353 fachverlage bin. Chefredakteur: Wilhelm Roth, Berlin-Frahau; Stellvertreter: Albert Jänicke, Berlin-Haselhorst; Chefredakteur: Werner W. Diefenbach, Berlin und Kempen/Allgäu, Postfach 229, Telefon: 6402. Anzeigenleitung: Walter Bartsch, Berlin. Postcheckkonto: FUNK-TECHNIK, Postcheckamt Berlin West Nr. 2493. Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. FUNK-TECHNIK erscheint zweimal monatlich; sie darf nicht in Leserkreis aufgenommen werden. Nachdruck - auch in fremden Sprachen - und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Satz: Druckhaus Tempelhof, Berlin; Druck: Eisnerdruck, Berlin SW 68.



BEWÄHRTE UMSATZ- GARANTEN

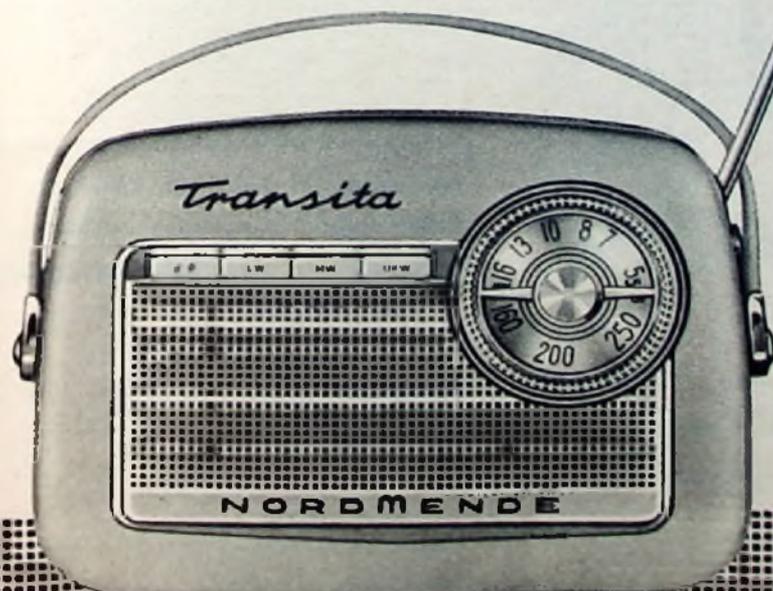
NORDMENDE

VOLLTRANSISTOR EMPFÄNGER

jetzt auch mit UKW

Der ideale Start für die Frühjahrswerbung sind die bewährten NORDMENDE-Volltransistor-Empfänger. Dieses Lieferprogramm – jetzt glücklich ergänzt durch den UKW-Transistorkoffer „Transita“ – garantiert zu jeder Jahreszeit gute Umsätze. Das sind Geräte, die man gern verkauft! Sie sind elegant in der Form, farbfroh gekleidet, grundsolide in ihrer Ausstattung und technisch hervorragend konstruiert. Besonders lobt man ihre hohe Empfangsleistung, die große Trennschärfe und den erstaunlich schönen, vollen Klang.

Bei einem Preise von nur DM 258,- hat sich der neue NORDMENDE-Transita (UKW, LW, MW) wie Mambo, Clipper und Minibox schon nach wenigen Wochen als wahrer Verkaufsschlager erwiesen. In der gesamten Fachwelt findet er hervorragende Beurteilung.



Mambo DM 165,-
Ein Bestseller in seiner Klasse



Clipper
Mittel-/Langwelle DM 179,-
Mittel-/Kurzwellen DM 189,-



Minibox DM 125,-
Taschentransistor mit großer Leistung
Ledertasche hierzu DM 12,50



Hobby „Tonband“ macht Karriere!

Unaufhaltsam wächst die Zahl derer, die sich auf dieses munter galoppierende Steckenpferd setzen: Musikliebhaber und Hörspielfreunde, Schmalfilmer und Diafotografen, die selbst vertonen.

Alles dreht sich um das Tonband – MAGNETOPHONBAND BASF.

Das bedeutet für Sie: entweder technisch versierte Kunden, die genau wissen, was sie wollen – oder aber Kunden, die Tonband-Neulinge sind und beraten werden möchten. Für beide brauchen Sie stets das komplette BASF-Sortiment: Standardband Typ LGS 52, Langspielband Typ LGS 35, Doppelspielband Typ LGS 26 oder Typ PES 26 und Signier-Tonband Typ LGS 55. Denken Sie auch beim Verkaufsgespräch an die Argumente für MAGNETOPHONBAND BASF.

Magnetophonband



- Magnetisch stabil = kein Aufnahmeschwund
- mechanisch fest = reiß- und knickfest
- voll dynamisch = naturgetrauer Klang
- kopierfest = kein Aufzeichnungsaustausch

Ein guter Tip: „BASF-Mitteilungen für alle Tonbandfreunde“. Erscheinen seit fünf Jahren viermal jährlich und werden in aller Welt gelesen. Immer technisch Neues – immer voller Anregungen. Bestellen Sie – die Hefte werden kostenlos abgegeben.

BADISCHE ANILIN- & SODA-FABRIK AG
Ludwigshafen am Rhein



Chefredakteur: WILHELM ROTH • Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

**FUNK-
TECHNIK**
FERNSEHEN • ELEKTRONIK

Wir stellen vor:

FT-LABORBERICHTE

Seit vielen Jahren veröffentlicht die FUNK-TECHNIK Baubeschreibungen von Geräten verschiedenster Art. Sie wenden sich an den Praktiker, der aus beruflichen Gründen oder aus persönlicher Neigung am Selbstbau interessiert ist, sein praktisches Wissen zu vertiefen wünscht oder eine seine Wünschen entsprechende Anlage in seiner Freizeit bauen möchte. Nach wie vor zeigen sich aber auch die Service-Werkstätten des Radio- und Fernsehhandels sehr interessiert, denn die ständige Modernisierung der Reparatur-Einrichtungen ist ein dringendes Problem. Auch das verlängerte Wochenende dürfte vielen Amateuren neuen Auftrieb geben, sich in der langen Freizeit nach mehr als bisher mit dem Gerätebau zu beschäftigen.

Für diese Kreise sind unsere sorgfältig entwickelten Bauanleitungen bestimmt. Manche Konstruktion hat Schule gemacht und auch im industriellen Sektor des In- und Auslands Anklang gefunden. Unsere „Minitest“-Serie zum Beispiel gehört zu den viel beachteten Entwicklungen. Ihre Grundidee, preiswerte, für den Service ausreichende Meß- und Prüfgeräte zu schaffen, deren Selbstbau keine Probleme bietet, hat auch heute nach mehr als fünf Jahren noch Gültigkeit. Selbst im Privatlabor des Technikers findet man „Minitest“-Geräte. Ihr großer Vorzug, für relativ geringen Aufwand angemessene Leistungen als Gegenwert zu bieten, hat ihnen viele Freunde erworben.

Auf dem Gebiet der Meßtechnik folgten in letzter Zeit die „Subminitest“-Geräte, für die der gleiche Grundgedanke gilt. Sie unterscheiden sich jedoch durch die Unabhängigkeit der Stromversorgung — die Verwendung von Transistoren bildet dafür eine wichtige Voraussetzung — und beachtlich kleine Abmessungen. Der Wunschtraum manches Service-Technikers, einen Gerätepark in der Aktentasche mit sich führen zu können, ist nun realisierbar, wie die bisherigen Konstruktionen zeigen. Allerdings darf man nicht erwarten, daß sich in den „Subminitest“-Gehäusen, die für diese Gerätereihe besonders entworfen wurden, auch umfangreichere Prüf- und Meßgeräte, zum Beispiel Wabblersender, Bildmuster-generator oder Elektronenstrahl-Oszillograf, unterbringen lassen. Nach den bisherigen Service-Erfahrungen gehören Reparatur-Empfänger, bei denen man solche Geräte einsetzen muß, zur gründlichen Überholung in die Werkstatt.

Zu den stark beachteten Konstruktionen zählt ferner die „Newcomer“-Serie. Sie soll den Start des KW-Amateurs erleichtern. Wie die Ausbildungserfahrungen in den Ortsverbänden des DARC immer wieder zeigen, fehlen dem Amateur-Nachwuchs moderne, preisgünstige und leicht zu bauende Empfänger und Sender. Mancher muß bei Gelegenheitskäufen teures Lehrgeld zahlen, wenn die Anlage nicht funktioniert, oder viele Monate warten, bis er die Anschaffung industriell gefertigter Geräte ermöglichen kann. Diesen Engpaß zu überwinden, ist eine der wichtigen Aufgaben dieser Konstruktionsreihe. Sie wird ebenso wie die Meß- und Prüfgeräte-Reihe fortgesetzt werden, wenn neue technische Gesichtspunkte gegeben sind.

Wer sich über diese und andere Konstruktionen genau unterrichten wollte, hatte dazu auf der Funkausstellung 1959 in Frankfurt a.M. gute Gelegenheit. Die dort gezeigten Geräte entsprachen auch in der äußeren Formgebung hohen Anforderungen. Wieviel Kleinarbeit dahinter steckt, einwandfrei funktionierende und gut aussehende Konstruktionen herauszubringen, weiß nur der erfahrene Labortechniker. Abgesehen von der Materialfrage — es eignen sich nur Bauelemente, die auch nach Jahres-

frist noch lieferbar sind —, ist die langfristige Erprobung eine wichtige Voraussetzung. Bei mancher Konstruktion vergingen ein bis zwei Jahre, bis die in allen Einzelheiten ausgereifte Bauanleitung veröffentlicht werden konnte.

Konstruktionsbeschreibungen mit „Kochrezept“ servieren das fertig entwickelte Gerät. Größere Abweichungen von Schaltung oder Aufbau stellen oft den Nachbauer in Frage. Mancher Techniker hat jedoch gute eigene Konstruktionsideen, die er verwirklichen möchte. Arbeitet er nun nach einem von ihm abgeänderten Kochrezept, so wird er oft bei Abschluß seiner Bemühungen verbarberte Montage- und Frontplatten sowie manches nicht mehr verwendbare Bauelement vorfinden.

Einen Ausweg und neue Möglichkeiten zugleich bieten unsere in diesem Heft beginnenden „FT-Laborberichte“. Diese neue Serie setzt selbständiges Denken des Technikers voraus. Wer nur nachbauen will, wird kaum Erfolg haben. Wir geben damit dem Praktiker die Anregung, sein Wissen anzuwenden, um selbst weiterzukonstruieren oder technische Probleme zu lösen, die der FT-Laborbericht anschnidet.

Die Arbeit des Praktikers soll jedoch weitgehend vorbereitet und erleichtert werden. Statt komplett ausgearbeiteter Nachbauanleitungen findet der Leser hier Teilkonstruktionen in einer Form, die zwar betriebsfertig ist, aber zum endgültigen Funktionieren eines Gesamtgerätes der Ergänzung bedarf. So werden für bestimmte Konstruktionsaufgaben u. U. verschiedene Lösungen gezeigt. Der Leser kann dann die für seinen Verwendungszweck günstigste Schaltung wählen. Natürlich steht es ihm frei, alle gezeigten Schaltungen zu erproben und von Fall zu Fall dem besonderen Zweck anzupassen.

Es wurde schon erwähnt, wie lange es dauern kann, bis es möglich ist, eine schaltungstechnisch und konstruktiv ausgereifte Konstruktion zu veröffentlichen. Wir wissen aus Erfahrung, daß mancher Leser ein Gerät nicht sofort, sondern erst nach längerer Zeit nachbaut. Bei neuen technischen Entwicklungen ist eine lange Anlaufzeit aber für alle Beteiligten unangenehm. Auch hier erweist sich der FT-Laborbericht als vorteilhaft: Er kann aktuell sein, denn die gebatene Teillösung des wichtigsten Problems ist schneller ausgereift als eine Gesamtkonstruktion und für den vorwärtsschauenden Techniker besonders reizvoll.

Als ein gutes Beispiel für die skizzierten Möglichkeiten stellen wir als ersten FT-Laborbericht einen Dezi-Prüfsender mit Bildmuster-generator für den kommenden Fernsehservice in diesen Bändern vor. Für den kritischen Dezi-HF-Teil wird eine sehr einfache Lösung gezeigt — der Umbau eines handelsüblichen UHF-Tuners —, die sich auch der weniger auf dem UHF-Gebiet erfahrene Praktiker zumuten darf. Nach Umbau des Tuners bleibt es dem Leser vorbehalten, einen regulären Prüfsender in dem üblichen Metallgehäuse aufzubauen.

Der zweite Teil dieses ersten FT-Laborberichts zeigt verschiedene Lösungen für Bildmustergeneratoren mit waagerechten und senkrechten Balken. Er bringt ferner Anleitungen für die Konstruktion des Bildmodulators und für die Einspeisung des Bildsignals in den Prüfsender-HF-Teil. Nach dieser Anleitung — der zweite Teil folgt in einem der nächsten Hefte der FUNK-TECHNIK — dürfte der Selbstbau eines Fernseh-Prüfsenders mit Bildmodulation für den Dezi-Bereich keine grundsätzlichen Schwierigkeiten mehr bieten.

Werner W. Diefenbach

Oxydkatodentechnik in modernen Empfängerröhren

DK 421.385.13

Oxydkatoden sind zwar schon über 50 Jahre alt, doch auch heute noch sind sie Gegenstand intensiver Entwicklungsarbeit. Während für besondere Röhrentypen Spezialausführungen der Katoden eingeführt wurden, blieb für die in Massenfertigung hergestellten normalen Röhren der Grundtypus der Oxydkatode bestehen. Da der Einfluß ihrer Qualität auf bestimmte Röhreneigenschaften und damit auf die Verwendung der Röhren in den verschiedenen Schaltungen jedoch immer wichtiger wird, muß sich die Herstellungstechnik der Oxydkatoden diesen erhöhten Anforderungen anpassen. Man ist daher bemüht, Katoden zu fertigen, die mechanisch stabiler sind als früher, eine dichtere und glattere Schicht haben, leicht zu aktivieren sind, selbst eine lange Lebensdauer haben und die Lebensdauer der Röhre nicht verringern.

Im folgenden wird die Technik von indirekt geheizten Oxydkatoden beschrieben. Dabei soll dem Anwender gezeigt werden, daß der Röhrenkonstrukteur über mehrere Mittel verfügt, die besonderen Anforderungen an die Röhre von der Katode her zu erfüllen. Es wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die sinnvoll eingesetzt entweder eine Verbilligung oder Verbesserung der Katode zur Folge haben. Andere Ausführungen der Oxydkatoden, beispielsweise die direkt geheizten für Batterieröhren, die Matrixkatoden für Spezialröhren (zum Beispiel Magnetrons), L-Katoden für Scheibentrioden sowie Sinterkatoden (Bild 1), werden hier nicht behandelt.

Der Einfluß der Katodenqualität auf die Röhreneigenschaften

Isolationsfehler, Kennlinienstreuungen, Rauschen und Zwischenschichtbildung sowie das Lebensdauer-Verhalten können durch die Katodenqualität beeinflusst werden. Der größte Teil der heute verwendeten Empfängerröhren ist mit indirekt geheizten Oxydkatoden ausgestattet, die als Heizelement eine in der Katode isoliert angebrachte Wolfram-Spirale enthalten. Die Oxydkatode besteht aus dem Kernmetall, auf das eine Doppel- oder Triplekarbonatschicht der Erdalkalimetalle Barium, Strontium und Calcium aufgebracht wird. Während des Herstellungsprozesses

der Röhren werden diese Karbonate in Oxide verwandelt. Für das Kernmaterial gibt es verschiedene Standardmaterialien, die man je nach dem Anwendungszweck der Röhren verwendet (Tab. I).

Zur Herstellung der Katodenhülsen aus den Nickellegierungen lassen sich verschiedene Verfahren anwenden. Man unterscheidet

1. Katodenröhren, die nahtlos aus Vorziehröhren gezogen und eventuell nachgeformt werden (Bild 2a),
2. Katodenröhren aus Bandmaterial, das zu Röhren geformt, an der Naht verschweißt und anschließend gezogen wird (Bild 2a) und
3. Falzkatoden (lockseam); hierbei wird ebenfalls von Bandmaterial, aber schon mit der endgültigen Dicke, ausgegangen, das man um Dorne formt und falzt (Bild 2b).



Bild 2. Aus Vorziehröhren oder Bandmaterial gezogenes Katodenröhren (a) und Falzkatode (b)

Der Vorteil der ersten beiden Verfahren liegt in einer größeren Genauigkeit der fertigen Röhren. Beim dritten dagegen können unterschiedliche Materialdicken Streuungen des Außendurchmessers zur Folge haben; diese Katoden sind jedoch billiger. Günstig wirkt sich bei diesem Verfahren die größere Steifigkeit aus, die besonders bei langen Katodenröhren sehr wichtig ist. Andererseits kann eine größere Steifigkeit aber auch durch Zusätze zur Nickellegierung erreicht werden (Legierung „Cathaloy A 32“ in Tab. I).

Verfahren zum Aufbringen der Emissionsschicht

Die Bedeckungsverfahren der auf verschiedene Weise hergestellten runden, ovalen, rechteckigen oder flachen Katoden werden – ebenso wie das Kernmaterial und die Fertigung der Katodenröhren – dem Anwendungszweck der Röhren angepaßt. Am gebräuchlichsten sind das Aufspritzen der Emissionssubstanz mit Spritzpistolen und das Auftragen auf elektrophoretischem Wege oder durch Eintauchen. Durch die Art des Aufbringens kann man

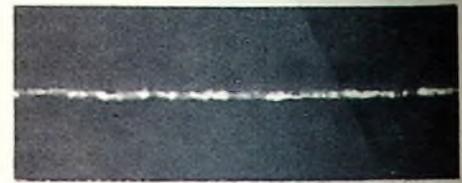


Bild 3. Raugigkeit einer elektrolytisch bedeckten Katode



Bild 4. Raugigkeit einer „Sarong-Katode“



Bild 5. Raugigkeit einer speziell bespritzten Katode



Bild 6. Raugigkeit einer normal bespritzten Katode

die Eigenschaften der Emissionsschicht weitgehend beeinflussen.

Bei Verstärkeröhren, die keine sehr hohe Steilheit haben und zum Beispiel nicht in rauschempfindlichen Schaltungen verwendet werden, ist das Bedeckungsverfahren verhältnismäßig unkritisch. Katoden für diese Röhren werden meistens bespritzt. Die Spritzschicht ist ungefähr 50 µm dick und besteht aus 4 bis 6 Lagen. Ihre Raugigkeit liegt zwischen 20 und 30 µm, die Toleranz für die Schichtdicke ist ± 10 µm.

Für sehr steile (Spanngittertypen PCC 88 und PC 86) oder impulsbelastete Röhren – zum Beispiel Zeilen-Endröhren (PL 36) und Boosterdioden (PY 81) – genügt diese Art der Katodenbedeckung nicht. Bei ersteren beträgt der Gitter-Katodenabstand, der Steilheit und Kennlinienlage beeinflusst, nur etwa 50 µm, und daher sind Schichtdicken-Unterschiede von mehr als 5 µm nicht mehr tragbar. Die andere Röhrenart muß, um örtlich überhöhte Feldstärken auf der Katode zu vermeiden, eine möglichst glatte Schicht haben. Um so eng tolerierte und glatte Schichten zu erreichen, wendet man spezielle Spritzverfahren (viele Schichten, besonders feinteilige Emissionssubstanz), die Elektrophorese oder das Tauchverfahren an. Die Bilder 3 bis 6, die mit dem Zeiss-Lichtschnittmikroskop bei 200facher Vergrößerung aufgenommen wurden, zeigen die

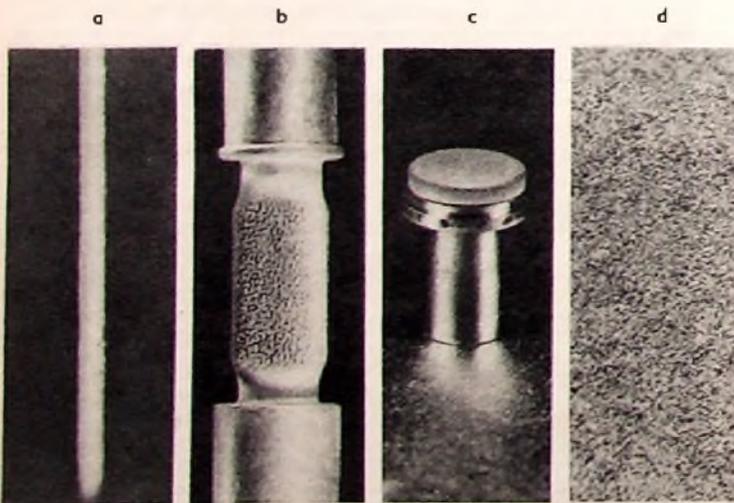


Bild 1. Direkt geheizte Katode. Vergrößerung etwa 40fach (a), Matrixkatode. Vergrößerung etwa 4fach (b), L-Katode. Vergrößerung 4fach (c), Sinterkatode. Vergrößerung etwa 40fach (d)

Tab. I. Chemische Analysen von gebräuchlichen Katodennickellegierungen

Handelsname	Bezeichnung	Legierungsbestandteile [%]										Verwendung	
		Mg	Si	Mn	Fe	Cu	C	S	Ti	Ni+Co	Al		W
High purity, Wiggin	reines Ni	0,005	0,01	0,01	0,05	0,01	0,02	0,006		99,8	0,006		nur für Versuche u. einige Spezialanwendungen
N 149	passives Ni	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04	0,005		99,5			
HPA-Wiggin	passives Ni	0,01	0,03	0,02	0,05	0,04	0,10	0,005		99,5	0,01...0,05		für Langlebensdauererrohren
N 220	aktiv mit Mn	0,03	0,05	0,10...0,15	0,10	0,04	0,04	0,005		99,5			
N 006	aktiv mit Mg	0,05...0,10	0,05	0,05	0,20	0,10	0,04	0,005		99,5			normale Verstärkerrohren
N 222	aktiv mit Mg	0,06...0,09	0,04	0,06	0,20	0,10	0,04	0,006		99,5			
N 218	aktiv mit Si	0,04	0,15...0,25	0,10	0,10	0,04	0,12	0,005		99,5			für vibrationsbelastete Röhren
Cathaloy A 32	besondere Legierung	0,04	0,02	0,12	0,10	0,10	0,08	0,005	0,02	97,0	0,07...0,12	2,0...2,5	

durch verschiedene Bedeckungsverfahren erreichbaren Rauigkeiten.

Außer enger Toleranz und glatterer Oberfläche haben die beiden zuletzt genannten Bedeckungsverfahren den Vorteil, daß der Übergang vom bedeckten zum unbedeckten Teil der Katode schärfer ist. Dadurch erhält man einen günstigeren Kennlinienverlauf und einen besseren Schließpunkt der Steuerkennlinie. Außerdem wird das Eigenrauschen der Röhren günstig beeinflusst, das bei besonders hergestellten Katoden den theoretischen Minimalwert erreicht. Eine weitere Verringerung der Rauszahl durch die Katode ist daher nicht mehr möglich.

Oxydkatoden neigen zum „Spratzen“ (Teile der Emissionsschicht werden durch elektrostatische Kräfte von der Katode abgerissen), wenn sie mit hohem Strom betrieben werden, d. h., wenn die Katode spezifisch hoch belastet wird, zum Beispiel bei Gleichrichterrohren in Schaltungen mit Ladekondensator oder bei Röhren im Impulsbetrieb, bei dem durch den positiven Impuls am Steuergitter kurzzeitig hohe Feldstärken auf der Katode auftreten. Glattere Schichten, die außerdem höhere Dichte haben als die durch normales Spritzen erzeugten, haben günstigere Spratzeigenschaften.

Ein weiteres Verfahren zur Aufbringung der emittierenden Schicht wird neuerdings in den USA stark propagiert. Gegenüber den dort üblichen grob gespritzten Schichten bedeutet das neue Verfahren tatsächlich eine qualitative Verbesserung. Dabei wickelt man die Schicht in Form eines sehr dünnen vorfabrizierten Films um das Katodenröhrchen herum (Bild 7). Eine so hergestellte Katode heißt „Sarong“-Ka-

Bild 7. „Sarong“-Katode (die in Form eines dünnen Filmes vorfabrizierte Schicht wird um das Röhrchen herumgewickelt)



tode¹⁾. Sie hat ähnliche Vorteile wie die bereits beschriebenen, ohne diese jedoch zu übertreffen. Ihre Anwendung wird mehr durch fabrikatorische Gesichtspunkte bestimmt. In England arbeitet man an dem gleichen Verfahren; es wird dort mit „strip coating“ bezeichnet.

Eine Sonderstellung unter den Empfängerrohren nimmt die Bildröhre ein. Wegen der besonderen Betriebsbedingungen muß auch die Katode besonderen Anforderungen genügen. Wie Bild 8 zeigt, ist die Feldliniendichte nicht gleichmäßig über die emittierende Fläche der Katode verteilt, sondern in der Mitte wesentlich

1) Der „Sarong“ ist ein rockähnliches Kleidungsstück der Indonesierinnen.

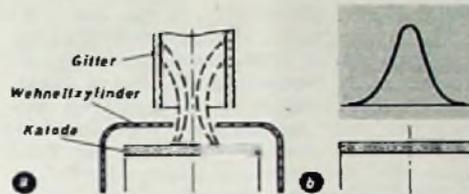


Bild 8. Feldliniendichte (a) und Stromverteilung (b) auf einer Oxydkatode für Bildröhren

größer. Daher ist die Stromdichte in dem beanspruchten Teil bedeutend höher als am Rand. Damit diese Stromdichte geliefert werden kann, braucht man eine höhere mittlere Katodentemperatur als bei normalen Verstärkerrohren. Dadurch tritt jedoch eine unerwünschte Eigenschaft der Oxydkatoden in Erscheinung, nämlich die Abdampfung verschiedener Materialien von Kern und Schicht der Katode. Die abgedampfte Menge hängt exponentiell von der Katodentemperatur ab. Ohne besondere Schutzmaßnahmen wäre die Lebensdauer der Bildröhrenkatoden auf einige hundert Stunden begrenzt. Daher verwendet man als Kernmaterial für diese Katoden eine Nickellegierung, deren Bestandteile bei der Betriebstemperatur der Bildröhre weniger abdampfen. Nachteile dieser Legierung wirken sich bei Bildröhren nicht aus. Außerdem besteht die Schicht aus feineren Kristallen, und ihre Dichte ist größer als bei üblichen Katoden.

Kommerzielle Röhren

Die Lebensdauer der Röhren wird entscheidend durch die Qualität der Katode beeinflusst. Bei Langlebensdauererrohren erwartet man eine mittlere Lebensdauer von 10 000 Stunden. Wie bereits bei der Bildröhrenkatode erwähnt, ist die Abdampfung von Katodenmaterial stark von der Temperatur abhängig. Die abgedampften Stoffe schlagen sich auf den Glimmerscheiben nieder, die die Abstände zwischen den einzelnen Elektroden bestimmen, und verursachen Isolationsfehler. Im allgemeinen bemißt man die Belastung der Katoden von Langlebensdauererrohren geringer als bei Rundfunk- und Fernsehrohren; die Katodentemperatur kann daher erniedrigt werden. Die Herstellung dieser Röhren muß jedoch besonders sorgfältig erfolgen, weil Oxydkatoden bei niedrigen Temperaturen durch geringe Gasreste leichter vergiftet werden können. Eine Temperaturerniedrigung bewirkt neben der geringeren Abdampfung auch geringere Zwischenschichtbildung.

Als Zwischenschicht bezeichnet man eine unerwünschte Verbindung von Katodenbestandteilen (zum Beispiel Bariumsilikat), die sich zwischen dem Kernmaterial und der Schicht ausbildet und besonders bei Verwendung von Triplekarbonaten beobachtet wird. Das Ersatzschaltbild für die

Zwischenschicht ist ein ohmscher Widerstand mit parallelgeschaltetem Kondensator (Bild 9). Sie wirkt besonders bei Breitbandverstärkern als zusätzliche Gegenkopplung für niedrige Frequenzen. Das bedeutet, daß ein Verstärker, dessen Röhren eine merkliche Zwischenschicht auf der Katode entwickeln, seine Eigenschaften, beispielsweise die Bandbreite, im Laufe der Lebensdauer verändert.

Die Zwischenschichtbildung läßt sich durch eine geeignete Auswahl des Kernmaterials verringern. Man verwendet daher für Langlebensdauererrohren sogenannte passive Nickellegierungen ohne zwischenschichtbildende Komponenten, die das Bariumoxyd nicht oder nur wenig aktivieren. Das ist jedoch bei der Herstellung ein Nachteil, der auf andere, umständlichere Weise ausgeglichen werden muß.

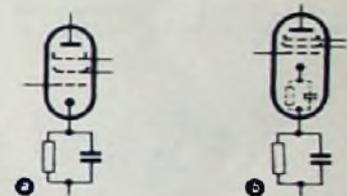


Bild 9. Normale Verstärkerschaltung mit Katodenwiderstand und -kondensator; Röhre ohne Zwischenschicht (a), Röhre mit Zwischenschicht (b)

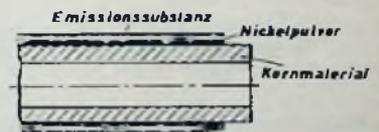


Bild 10. Zwischenschichtfreie Oxydkatode

Eine andere Möglichkeit, die Zwischenschicht unwirksam zu machen, bietet ein neues Katodenherstellungsverfahren. Hierbei wird auf das übliche Kernmaterial eine Schicht von feinem Nickelpulver aufgesintert, das keine zwischenschichtbildenden Zusätze enthält. Auf den so vorbereiteten Kern kann dann die Emissionssubstanz aufgebracht werden. Während der Lebensdauer bildet sich die Zwischenschicht zwar an den Berührungsstellen von Kern und Schicht wie üblich aus, sie bleibt aber unwirksam, weil sie durch das aufgesinterte Nickelgerüst überbrückt wird (Bild 10).

Dieser Überblick zeigt, daß die Oxydkatodentechnik noch nicht abgeschlossen ist. In allen Röhrenfabriken wird dauernd an der Verbesserung der Katoden gearbeitet, und zwar einerseits, um eine möglichst gleichmäßige Röhrenqualität in der Massenfertigung zu gewährleisten, und andererseits, um zusätzlichen Anforderungen gerecht werden zu können, die sich bei Neukonstruktionen von Röhren ergeben.

Elektronische Musikinstrumente

Einige außergewöhnliche Ausführungsformen

Bei den üblichen elektronischen Tasteninstrumenten mit gleichmäßig temperierter Stimmung ist es nicht möglich, gleitende Töne zu erzeugen und verschiedene Klangfarben kontinuierlich zu mischen. Außerdem lassen sich die An- und Ausschwingvorgänge der Töne nur sehr schwer regeln. Daher wurden Instrumente entwickelt, die diesen Anforderungen genügen und von denen einige im folgenden beschrieben werden.

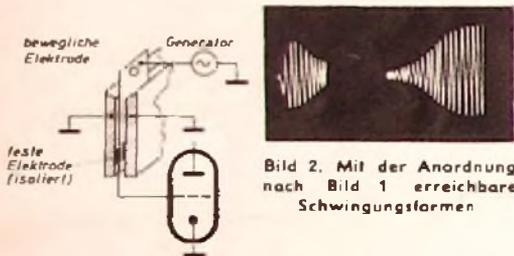


Bild 2. Mit der Anordnung nach Bild 1 erreichbare Schwingungsformen

Bild 1 (links). Anschlagempfindliche Tastenkopplung zur Steuerung der An- und Ausschwingvorgänge der Töne (nach Le Caine, H.: Touch sensitive organ. J. Acoust. Soc. Amer. Bd. 27 (1955) S. 781)

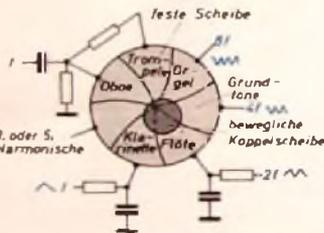


Bild 3. Schaltung zur kontinuierlichen Klangfarbenmischung verschiedener Wellenformen (nach Electronic Music. Proc. Inst. Radio Engrs. Bd. 44 (1956) S. 468)

Tasteninstrumente mit ausgehaltenen Tönen haben den großen Nachteil, daß sie nicht „anschlagempfindlich“ sind. Eine auch für polyphone Instrumente geeignete Schaltung zur Steuerung des An- und Ausschwingens des Tons durch die Tastenbewegung zeigt Bild 1. Hier erfolgt die Kopplung zwischen Generator und Verstärker über einen veränderbaren Kondensator, dessen bewegliche Elektrode mit der zugehörigen Taste verbunden ist. Zwei der damit erreichbaren Schwingungsformen sind im Bild 2 dargestellt. Ordnet man jeder Taste mehrere derartige Koppellemente zu, denen man verschiedene Harmonischen des Grundtons zuführt, um zusammengesetzte Töne zu erzeugen, so lassen sich viele interessante Effekte erreichen.

Bild 3 zeigt eine Methode zur Mischung verschiedener Wellenformen. Die feste Kreisscheibe ist in gegeneinander isolierte Segmente unterteilt, denen man über Klangfarbennetzwerke die Ausgangsspannungen einer Frequenzteilerkette zuführt. Die Klangfarbenmischung erfolgt durch die kapazitive Kopplung zwischen der Koppelscheibe und den Segmenten. Durch Verschieben dieser Scheibe lassen sich beliebige Klangfarbenkombinationen erreichen.

Da eine Hand benötigt wird, um den Klangfarbenmischer zu bedienen, eignet sich dieses Verfahren besonders für monophone Tongeneratoren.

Beim Bode-„Melochord“ wurde der Versuch unternommen, die gleichen Wirkungen mit einem Tasteninstrument zu erreichen. Das Besondere an diesem Gerät, das Multivibratoren als Generatoren enthält, ist der „wandernde“ Formantkreis, ein Tonfilter, das zusammen mit der Tonhöhe der Generatoren durch die Tasten abgestimmt wird. Dazu sind die Kontakte an den Tasten so angeordnet, daß die Formant-Abstimmkondensatoren, die links von der angeschlagenen Taste liegen, von den Haupt-Abstimmkondensatoren getrennt sind. Die rechts von der gedrückten Taste übrigbleibenden (parallelgeschalteten) Kondensatoren dienen zur Abstimmung der LC-Parallelschwingkreise. Entsprechend den 37 Tasten, sind 37 Kapazitätsstufen vorhanden. Durch Anzapfungen der Spulen sind jedoch viele Klangeffekte erreichbar.

Eines der interessantesten monophonen Instrumente ist das „Ondes-Martenot“, bei dem sich die Tonhöhe sowohl durch eine 4-Oktaven-Tastatur als auch durch einen kontinuierlich veränderbaren Kondensator einstellen läßt. Die Töne werden durch einen Schwebungssummer erzeugt, der durch den veränderbaren Kondensator oder durch Eisenkernspulen abgestimmt wird; kapazitive und induktive Abstimmung können jedoch nicht gleichzeitig erfolgen.

Im Bild 4a ist der Spieltisch dargestellt. Bewegt man das Seil mit dem Fingerring, so ändert sich die Kapazität eines logarithmischen Bandkondensators (Bild 4b) und damit die Oszillatorfrequenz. Auf diese Weise lassen sich gleitende Töne erzeugen. Dabei entspricht die Tonhöhe

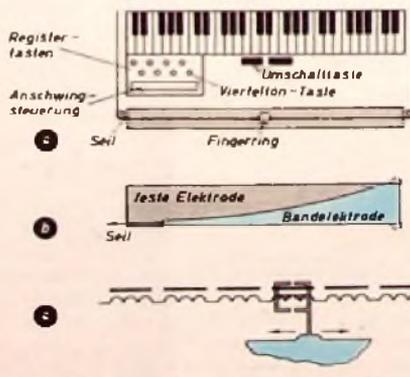


Bild 4. a) Schematische Darstellung des Spieltisches des „Ondes-Martenot“; b) Bandkondensator; c) Erzeugung des Vibratos durch Eisenkern (nach US-Patent 1 853 630)

Bild 5. Lautsprecher des „Ondes-Martenot“

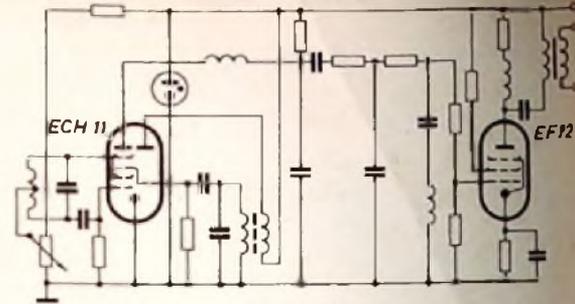


Bild 6. Prinzipschaltung eines Rauschgenerators

derjenigen der jeweils über dem Ring liegenden Taste. Bei Betätigung der Taste wird dagegen der Schwingkreis durch Abschalten der Spulen abgestimmt. Jede vierte oder fünfte Spule hat einen beweglichen Eisenkern, der an dem auf Rollen gelagerten Tastenrahmen des Gerätes befestigt ist (Bild 4c).

Durch leichten Druck auf die Tasten von links nach rechts ergibt sich eine Frequenzmodulation des Tons (Vibrato). Diese Methode gibt dem Spieler ähnliche Möglichkeiten wie beim Cellospiel. Eine Feder sorgt dafür, daß der Rahmen immer wieder in die der genauen Abstimmung entsprechende Lage zurückkehrt.

Die Anschwingsteuerung erfolgt durch eine Stange, die ein rauscharmes Potentiometer betätigt. Mit einer Viertelton-Taste läßt sich die Grund-Tonhöhe so verändern, daß man auf der Tastatur in Vierteltonen spielen kann. Außerdem ist eine Umschalttaste vorhanden, die es erlaubt, die Tonhöhe jeder Taste wieder auf den Ausgangswert zu bringen.

Bild 5 zeigt den zu dem Gerät gehörenden Lautsprecher. Er besteht aus einem Holzkasten, der an zwei Seiten mit 12 Stahldrähten bespannt ist, die über Stege führen und am Oberteil des Kastens abstimbar befestigt sind. Die anderen Enden der Drähte sind gemeinsam an der Schwingspule eines Lautsprechersystems angebracht, die sich in waagerechter Richtung bewegen kann. Werden die Saiten durch die Bewegung der Schwingspule in ihrer Eigenfrequenz erregt, so geraten sie in starke Schwingungen und erzeugen einen lauten, harfenähnlichen Ton. Da auch die Harmonischen die Saiten zum Schwingen anregen, ergibt sich ein kontinuierliches und klangvolles Tonspektrum. Zusätzlich sind noch ein üblicher Lautsprecher und ein Hochtonlautsprecher, dessen Membrane aus einem großen, sehr harten Messingbecken besteht, in der Anlage vorhanden.

In Deutschland und den USA sind Rauschgeneratoren als Zusatzgeräte für elektronische Musikinstrumente weit verbreitet, um das Windgeräusch der Pfeifenorgeln nachzuahmen. Die Schaltung eines geeigneten Rauschgenerators ist im Bild 6 dargestellt.

Vor kurzem hat die Abteilung für Akustische Forschung der Bell Telephone Laboratories die Eignung von Digitalrechnern zur Erzeugung von Musik untersucht. Die Töne werden mittels eines Digital-Analogumsetzers erzeugt, der mit einer Folge von Zahlen arbeitet, die ein geeigneter Digitalrechner liefert. Es ist möglich, den Rechner so zu programmieren, daß man jeden gewünschten Ton erhalten kann. Ra.

(nach Douglas, A.: Some unusual devices for electronic music. Electronic Engng. Bd. 21 (1959) Nr. 377, S. 419-421)

Ein transistorisierter Direktsicht-FS-Empfänger

Fortsetzung aus FUNK-TECHNIK Bd. 15 (1960) Nr. 1, S. 8

Bild-Ablenkschaltung

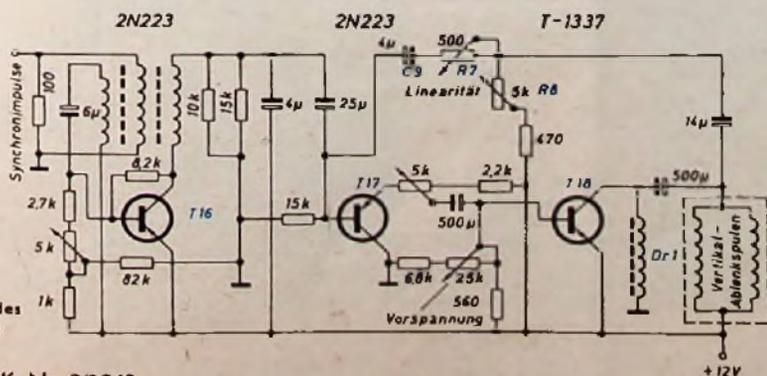
Die Bild-Ablenkschaltung (Bild 9) enthält als Sperrschwinger den Transistor T 16, auf den die Treiberstufe (Impedanzwandler) T 17 in Emitterschaltung und die Bild-Ausgangsstufe T 18 folgen. Der Sperrschwinger ist in konventioneller Schaltung ausgeführt. Der Impedanzwandler soll eine Belastung des Sperrschwingers verhindern und eine niedrige Impedanz für die Steuerung des Ausgangstransistors T 18 gewährleisten. In dieser Schaltung muß die Basisvorspannung von T 18 regelbar sein, damit man den Stromverstärkungsfaktor des Transistors T-1337 genau einstellen kann. Dieser Transistor wurde ursprünglich als Leistungsschalter entwickelt. Er hat einen hohen und sehr gut linearen Stromverstärkungsfaktor, Eigenschaften, die für eine gute Linearität des Bild-Ablenksägezahn bei Klasse-A-Betrieb erforderlich sind. Die Versorgungsspannung gelangt über die Drossel Dr 1 zum Kollektor von T 18, an dem die Vertikal-Ablenkspule angeschlossen ist.

In dem Linearitätsnetzwerk wird die Kollektorwechselspannung von T 18 differenziert und über R 7 und C 9 auf die Basis des Treibers T 17 gegeben. Die Kombination der beiden Linearitätsregler R 7, R 8 und die einstellbare Vorspannung ermöglichen es, trotz der Unterschiede in den Daten der Bild-Ausgangstransistoren einen linearen Sägezahnstrom von 500 ... 600 mA_{eff} zu erreichen. Die Linearität dieser Schaltung entspricht der üblicher Röhrengeräte.

Zeilen-Vorverstärker

Der Zeilen-Vorverstärker (Bild 10) enthält den SBT-(Surface Barrier-)Transistor T 19 als Zeilen-Sperrschwinger, den Puffertransistor T 20 und den Treibertransistor T 21. T 19 eignet sich sowohl wegen seiner geringen Temperaturabhängigkeit des Reststromes und der sich daraus ergebenden guten Frequenzstabilität über einen weiten Temperaturbereich (bis zu 55° C) als auch wegen seiner hohen Grenzfrequenz sehr gut als Zeilen-Impulsgenerator. Jedoch darf seine Kollektor-Emitterspannung wegen seiner niedrigen Durchschlagspannung 6 V nicht überschreiten. Daher wird die Versorgungsspannung für den Sperrschwinger durch den Widerstand R 12 auf etwa 6 V herabgesetzt. Die Horizontal-Ablenkfrequenz hängt vom Basisstrom von T 19 ab. R 9 und R 10 sind die Zeilen-Grob- und -Feinregler. Die Impedanz der Basisvorspannungsschaltung wurde so niedrig wie möglich gehalten,

Bild 9. Schaltung des Bild-Ablenkteils



FUNK-TECHNIK Nr. 2/1960

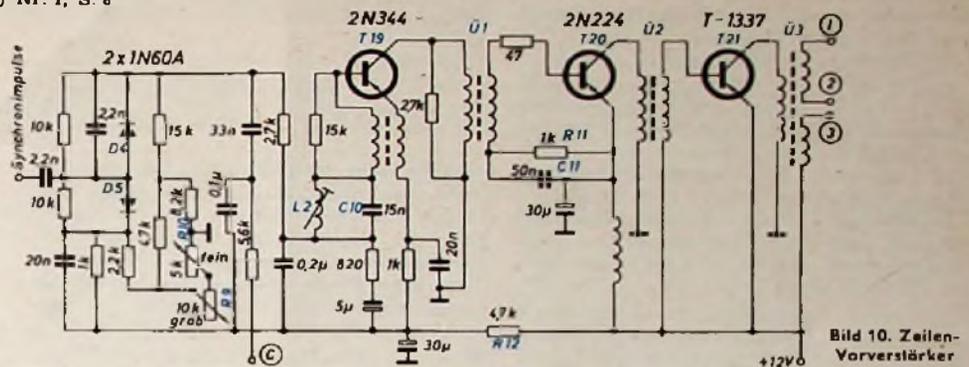


Bild 10. Zeilen-Vorverstärker

um den Einfluß des temperaturabhängigen Reststromes auf die Zeilenfrequenz auf ein Minimum herabzusetzen. Ebenso mußte auch die Phasenvergleichsschaltung für eine niedrige Ausgangsimpedanz entwickelt werden. Der Schwingradkreis L 2, C 10 im Basiskreis von T 19 verbessert die Frequenzstabilität gegen kurzzeitige Störungen und sichert einen gleichmäßigen Schwingeneinsatz des Sperrschwingers.

Die positiven Oszillatorimpulse werden in dem Zwischenübertrager Ü 1 umgekehrt und gelangen dann zur Basis des Puffertransistors T 20. Dieser Transistor trennt den Sperrschwinger von den folgenden Stufen und liefert genug Leistung zur Aussteuerung des Treibertransistors T 21. Das RC-Glied R 11, C 11 bewirkt, daß die Basisvorspannung von T 20 positive Werte annimmt, wenn ein Signal über Ü 1 zugeführt wird. Der Wert von R 11 bestimmt die Öffnungszeit des Transistors durch den negativen Anteil des Steuersignals. Über Ü 2, der das Signal wieder umkehrt, gelangt es zum Treibertransistor T 21. Dieser Leistungstransistor mit kurzer Umschaltzeit liefert die zur Steuerung der Endstufe erforderliche Leistung. Eine kurze Umschaltzeit ist notwendig, um den Leistungsverlust im Treiber und in der Endstufe gering zu halten.

Zeilen-Endstufe

Die Hochspannung und der Zeilen-Ablenkstrom werden in einer üblichen Rücklaufschaltung erzeugt (Bild 11). Jedoch erfordert die Verwendung von Transistoren an Stelle einer Zeilen-Endröhre Schaltungsänderungen. Die zwei Leistungstransistoren T 22 und T 23 mit 55 V Kollektor-Emitterspannung arbeiten in Serie, um den 100-V-Rücklaufimpuls unter sich aufzuteilen. Sie erhalten die Steuerspannung von den Sekundärwicklungen des Transformators Ü 3 (Bild 10).

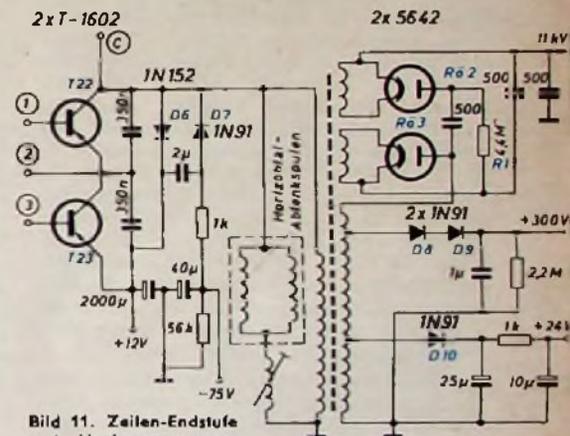
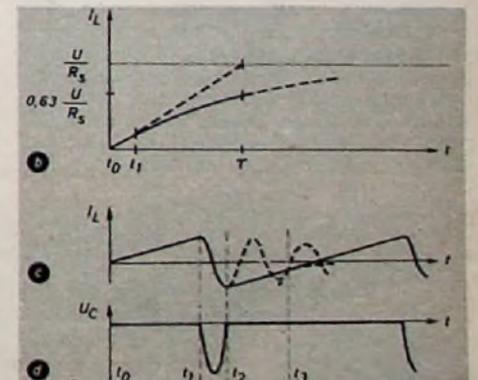
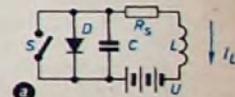


Bild 11. Zeilen-Endstufe und Hochspannungserzeugung im Empfänger

Bild 12. a) Prinzip der Zeilen-Rücklaufschaltung; b) Verlauf des Stromes I_L bei konstanter Spannung; c) Verlauf des Stromes I_L , wenn S geschaltet wird; d) Verlauf der Spannung am Kondensator C, wenn S geschaltet wird



Das Prinzip der Zeilen-Rücklaufschaltung zeigt Bild 12a. Wenn der Schalter S geschlossen wird, fließt ein Strom I_L , der exponentiell ansteigt (Bild 12b). Die Anfangsteilheit dieser Kurve ist bei gegebener Spannung eine Funktion der Induktivität der Spule L. Der Endwert des Stromes hängt von der Serien-Wirkkomponente R_S im Stromkreis ab. Während der Zeit $t_0 \dots t_1$ ändert sich der Strom durch L etwa linear. Öffnet man S im Zeitpunkt t_1 , so wird der Schwingkreis L, C zu einer gedämpften Schwingung in seiner Eigenfrequenz angeregt (Bilder 12c und d). Der

Strom durch L fällt nach einer Sinuskurve zu einem negativen Wert von fast gleichem Betrag wie im Zeitpunkt t_1 ab. Gleichzeitig tritt an C eine Spannung auf, die dem Differential des Stromes durch L entspricht. Ihre Höhe hängt von dem Verhältnis L/C ab.

Zum Zeitpunkt t_2 ist eine halbe Periode der gedämpften Schwingung vollendet. Die Spannung U_C durchläuft dann gerade den Wert Null und beginnt positiv zu werden. Dadurch wird aber die Diode D leitend; sie schließt C kurz, und die in L gespeicherte Energie kehrt zur Batterie zurück. Es ist daher möglich, einen großen Anteil der Energie, die während der Zeit $t_0 \dots t_1$ in dem Schwingkreis gespeichert wurde, wieder zur Batterie zurückzugeben. Die Erzeugung eines linearen Sägezahnstromes mit einem Minimum an Leistungsverlust ist eine Grundbedingung für ein Zeilen-Ablenksystem.

In einer transistorisierten Zeilen-Endstufe übernehmen Transistoren die Funktion des Schalters. Im Gegensatz zu einem idealen Schalter haben die Transistoren jedoch eine gewisse Übergangszeit zwischen gesperrtem und geöffnetem Zustand. Von der Auslösung des Rücklaufimpulses bis zu dem Zeitpunkt, in dem die Transistoren vollkommen gesperrt sind, hat die Kollektorspannung schon einen beträchtlichen Wert erreicht, während durch die Transistoren noch immer Strom fließt. Daraus ergibt sich eine erhebliche Spitzenverlustleistung. Lange Übergangszeiten bedeuten also zusätzliche Leistungsverluste. Um diese Verluste geringzuhalten, sind Steuerimpulse mit möglichst steiler Flanke erforderlich. Die Transistoren der Treiber- und der Endstufe müssen daher gute Schaltcharakteristiken haben.

Eine weitere Möglichkeit zur Verkürzung der Ausschaltzeit bietet die Erhöhung der Steuerimpuls-Amplitude an der Basis der Endstufentransistoren. Wird die Amplitude des gesamten Steuersignals jedoch zu stark über den Wert vergrößert, der nötig ist, um die Stufe in der Sättigung zu halten, so steigt die Leistungsentnahme aus dem Treiberübertrager und damit aus dem Treibertransistor.

Ferner ist es wichtig, den Ausgangswiderstand der Transistoren während der Durchlaufzeit möglichst niedrigzuhalten, da Wirkwiderstände im Ablenkstromkreis den Strom nichtlinear machen, den Höchststrom begrenzen und einen beträchtlichen Leistungsverlust während des Spitzenstromes zur Folge haben. Um einen niedrigen Durchlaufwiderstand zu erreichen, muß der negative Teil der Steuerimpulse

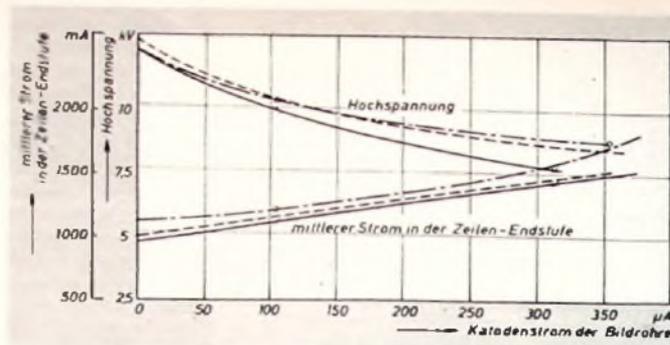


Bild 13. Abhängigkeit der Hochspannung und des mittleren Stromes in der Zeilen-Endstufe vom Katodenstrom der Bildröhre (--- = $R_{13} = 2 \text{ M}\Omega$, — = $R_{13} = 4,4 \text{ M}\Omega$, - · - = $R_{13} = 8,3 \text{ M}\Omega$)

so hoch sein, daß die Transistoren auch beim maximalen Hinlaufstrom (etwa 5 A) in der Sättigung bleiben. Für die Amplitude des Steuersignals mußte daher ein Kompromiß zwischen den genannten Bedingungen geschlossen werden, damit der Gesamt-Leistungsverlust in der Treiber- und Zeilen-Endstufe ein Minimum wird.

In der Zeilen-Endstufe sind zwei Transistoren mit möglichst gleichen Stromverstärkungsfaktoren und Eingangsimpedanzen erforderlich. Bei der Auslegung der Oszillatorschaltung muß man auch beachten, daß sich die Zeilen-Hinlaufperiode nicht zu sehr verlängern läßt, weil dann die Transistoren aus der Sättigung gehen und zerstört werden.

Die Transformation des 100-V-Rücklaufimpulses auf 11 kV ergibt wegen des erforderlichen hohen Windungszahlenverhältnisses des Zeilentransformators eine schlechte Konstanz der Hochspannung. Eine zufriedenstellende Spannungskonstanz bei minimalem Leistungsverlust wurde mit einem üblichen Spannungsverdoppler und einem Hochspannungstransformator mit einer Resonanzfrequenz von 150 kHz (dritte Harmonische der Rücklaufimpulsfrequenz) erreicht. Obwohl die Hochspannung nicht so konstant wie bei einem Röhrenempfänger ist (Bild 13), macht sich das noch nicht unangenehm bemerkbar.

In der endgültigen Ausführung dürfte nur ein Zeilen-Endstufentransistor benutzt werden. Zur Zeit sind jedoch noch keine dafür geeigneten Typen zu annehmbaren Preisen erhältlich. Dem Transistor-Entwickler bietet sich daher die Aufgabe, einen Transistor zu entwickeln, der den Bedingungen für den Betrieb in der Zeilen-Endstufe entspricht.

Stromversorgung

Die Schaltung des Stromversorgungsteils ist im Bild 14 dargestellt. In der Stellung „Laden“ des Schalters S werden die beiden

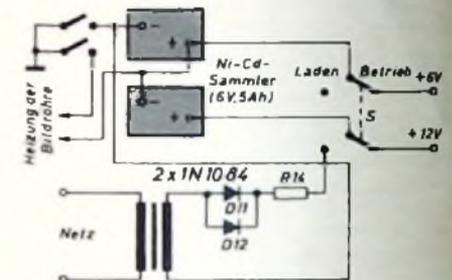


Bild 14. Schaltung des Stromversorgungsteils

Ni-Cd-Sammler vom Netz über die parallelgeschalteten Dioden D_{11} , D_{12} und den Widerstand R_{14} , dessen Wert vom zulässigen Ladestrom abhängt, aufgeladen. Der Ladetransformator ist im Bild 15 rechts unten neben der Bildröhre zu erkennen. Bild 16 zeigt, wie die beiden verhältnismäßig großen Sammler im Gerät untergebracht sind.

Empfangsleistung

Die angegebenen Daten dieses volltransistorisierten Fernsehempfängers zeigen, daß die Leistung des Gerätes der der meisten Röhrengeräte entspricht. Die Tatsache, daß es mit handelsüblichen Transistoren bestückt ist, dürfte für den Gerätehersteller von besonderem wirtschaftlichem Interesse sein. Das Gerät wurde unter verschiedenen außergewöhnlichen Empfangsbedingungen getestet und arbeitete dabei an einer einfachen offenen Dipol-Zimmerantenne durchaus zufriedenstellend. Während der gesamten Erprobungszeit traten keine Unbeständigkeiten im Betrieb auf.

Die Verfasser danken D. R. Baker, T. C. Lawson und J. Spezialny, Jr., für ihre Mitarbeit bei der Entwicklung und dem Aufbau dieses Empfängers sowie C. D. Simmons für viele wertvolle Bemerkungen und Vorschläge.

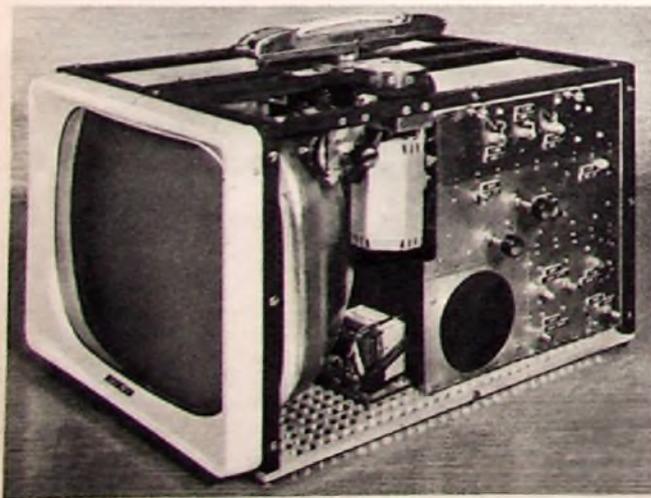


Bild 15. Seitenansicht des Empfängers: rechts unten neben der Bildröhre erkennt man den Ladetransformator, darüber den Tuner und rechts daneben (von oben nach unten) die Chassis des Video-ZF-Teils, der Video- und Impuls-Ablenksstufe und der Tonstufe

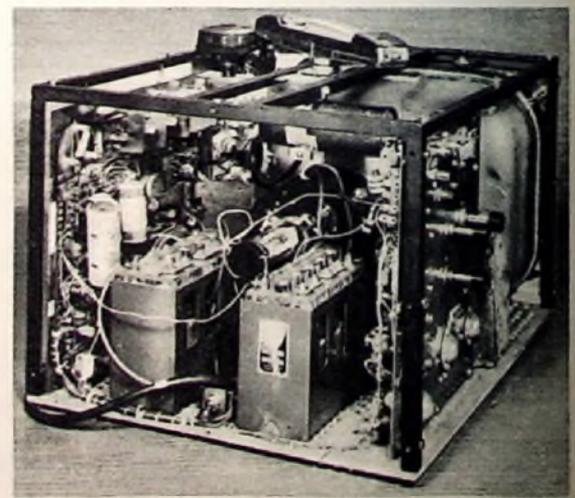


Bild 16. Rückansicht des transistorisierten Direktvisu-FS-Empfängers. (Die Bilder 15 und 16 sind Aufnahmen eines Labor-musters)

Umbau eines Dezi-Tuners in einen UHF-Prüfsender



In verschiedenen Gebieten sind schon heute Fernsehender in Betrieb, die in den Dezikanälen 13 bis 53 arbeiten. Ende des Jahres 1960 wird voraussichtlich ein zweites, eventuell ein drittes Fernsehprogramm über das UHF-Band ausgestrahlt werden. Bis zu diesem Zeitpunkt sollte daher jede Werkstatt mit einem Prüfender für diese Frequenzen ausgerüstet sein. Da das Angebot der Industrie an solchen Geräten heute noch gering ist, andererseits sich ein Prüfender unter Verwendung eines UHF-Tuners und anderer listenmäßig erhältlicher Bauteile leicht herstellen läßt, werden im folgenden der Umbau eines Tuners, ein dazugehöriges Netzteil und später ein Horizontal- und Vertikal-Generator für Balken sowie der Modulator beschrieben.

Der UHF-Tuner als Prüfender

Um den Schwierigkeiten beim Bau eines Dezi-Oszillators aus dem Wege zu gehen, wurde ein normaler UHF-Tuner der Firma NSF benutzt. Dieser Tuner ist mit zwei Röhren PC 86 bestückt und entspricht den Bestimmungen der Post bezüglich Chassis- und Störstrahlung. Bild 1 zeigt die Schal-

tung des Tuners in der handelsüblichen Form. R02 ist in einer Gitterbasis-Eingangsstufe eingesetzt. Den Eingangskreis bildet ein fest abgestimmter, breitbandiger π -Kreis. Als Oszillator- und als Mischröhre arbeitet ebenfalls eine PC 86 (R01). Die Abstimmung wird kapazitiv vorgenommen. Zwischen Vorröhre und Mischröhre liegt ein kapazitiv abstimmbares $\lambda/2$ -Topfkreisfilter.

In der umgebauten Einheit (Bilder 2 und 3) dienen die Eingangsstufe mit R02 als Trennstufe und der Oszillator mit R01 als Sender-Oszillator. Zuerst sei die Trennstufe betrachtet. Da der Eingang jetzt Ausgang werden soll, ist R02 umzupolen, d. h., der Anodenanschluß muß Katodenanschluß werden und umgekehrt. Mechanisch gesehen bedeutet das, daß der Röhrensockel um 180° gedreht werden muß. Dabei ist auch die Heizung in die zweite Kammer, von rechts gesehen, zu verlegen. Das Katodenaggregat der ursprünglichen Ausführung lag in Kammer 1. Beim Umbau sind nun die Teile C18, R6 und die Drossel in Kammer 2 unterzubringen. Dasselbe gilt auch im umgekehrten Sinn für den Kondensator C17 und die Anodendrossel, die nun in Kammer 1 verlegt werden muß.

Kondensator C16 kann an seinem Platz bleiben und dient als Kopplungskondensator. Dagegen fallen der Trimmer C19 und die Schleife des Einganges weg; an

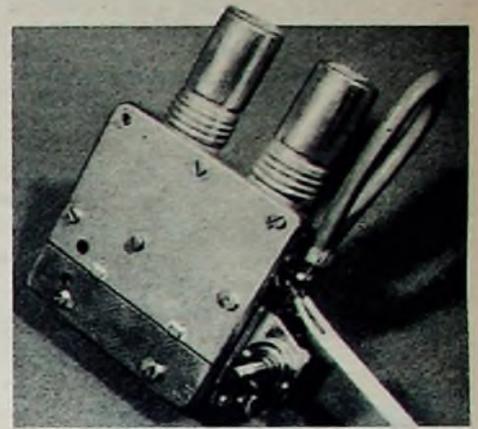


Bild 4. Ansicht des UHF-Tuners mit Anpassungsglied und 240-Ohm-Ausgangsleitung

Ihre Stelle treten die Spulen L2 und L3, die eine Anpassung an 60 Ohm bewirken. Die Spule L2 hat 4 Windungen und L3 insgesamt 8 Windungen. Beide Spulen sind als frei tragende Ausführungen mit 0,8 mm CuL-Draht gewickelt; der Spulendurchmesser ist 8 mm.

Der Umbau des Oszillators beschränkt sich auf den Anodenkreis von R01 und auf den Oszillator-Topfkreis. Sämtliche ZF-Auskopplungsteile fallen weg. Die Anodenspannung wird über den Widerstand R2, den Kondensator C5 und die Drossel Dr1 der Anode zugeführt. Ebenfalls im Anodenkreis sitzt der Kondensator C7, dessen Kapazität von 7 pF auf 10 pF erhöht wird. Da die Oszillatorfrequenz des Tuners um den Betrag der ZF größer ist als die Empfangsfrequenz, ist beim Prüfender die Oszillatorfrequenz um die ZF tieferzulegen. Dazu ist die Zusatzinduktivität L1 einzufügen. Sie besteht aus einem etwa

Bild 1. Schaltung des NSF-UHF-Tuners

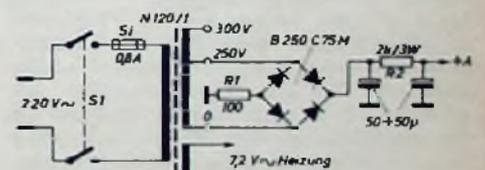
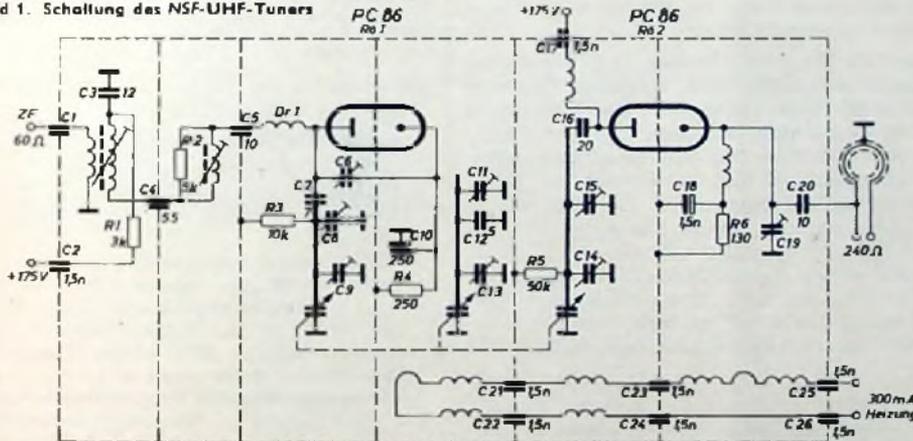


Bild 5. Schaltung eines Netzteils für den UHF-Prüfsender

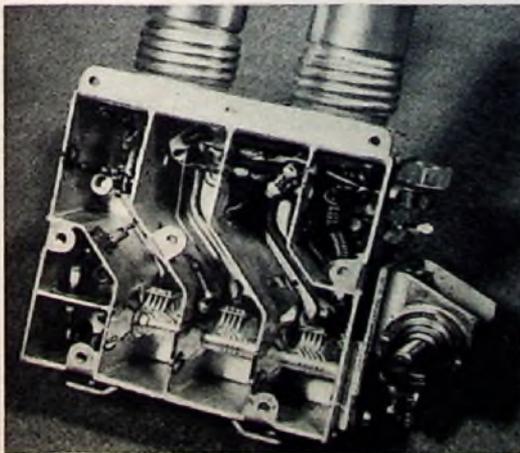
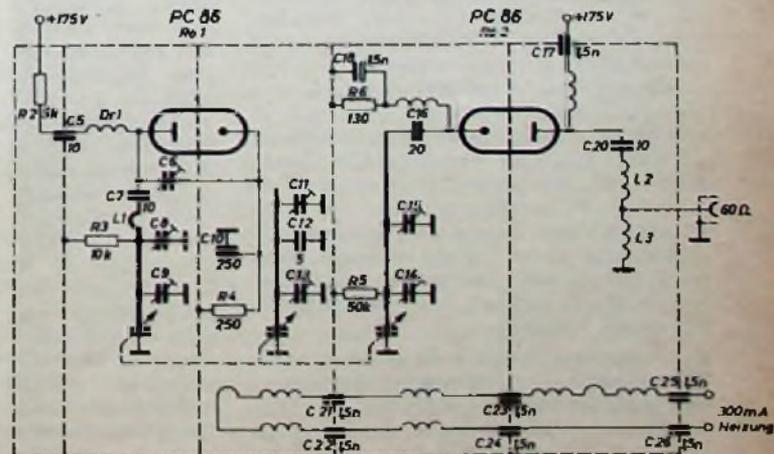


Bild 2. Blick in die Verdrahtung des HF-Bausteins für UHF

Bild 3. Schaltung des HF-Bausteins eines UHF-Prüfenders



15 mm langen, versilberten Kupferdraht mit einem Durchmesser von 3 mm. Die Längenangabe ist nur als Anhaltspunkt zu betrachten, denn die genaue Eichung und der exakte Abgleich müssen unter Verwendung eines Fernsehempfängers mit Dezi-Bereich vorgenommen werden. Mit Hilfe des Kondensators C 8 wird der Oszillator im tiefen Frequenzbereich und durch Kondensator C 9 bei den hohen Frequenzen abgeglichen. Die anderen Trimmer sind auf maximale Ausgangsspannung einzustellen.

Der Netzteil

Einen passenden Netzteil für den Prüfsender zeigt Bild 5. Der Netzteil wurde so dimensioniert, daß auch der Strombedarf eines Bildmustergenerators mit Bildmodulator gedeckt werden kann. Als Transformator fand der Typ „N 120/1“ der Firma Engel Verwendung. Dieser Transformator hat eine Heizwicklung für 6,3 V. Da aber der Prüfsender mit seinen beiden Röhren

7,2 V benötigt, wurden noch etwa 15 Windungen CuL-Draht zugewickelt. Die Drahtstärke soll mindestens 1 mm sein.

Die Anodenspannung wird durch den Selengleichrichter B 250 C 75 M gleichgerichtet und mit Hilfe der anschließenden Siebkette geglättet. Auf eine Netzdrössel konnte verzichtet werden. An ihre Stelle tritt der Siebwiderstand R 2.

Liste der Einzelteile für den Dezi-Tuner-Umbau

UHF-Tuner „114“	(NSF)
Netztransformator „N 120/1“	(Engel)
Selengleichrichter B 250 C 75 M	(AEG)
Elektrolytkondensator, 50 + 50 „F, 350/385 V	(NSF)
Netzschalter	(Marquardt)
Sicherungshalter mit Sicherung	(Wickmann)
Widerstände	(Resista)

Radar-Technik

Höhen-Radar „HF200“

Für die Höhenbestimmung von Radar-Zielen hat Decca Radar Ltd. das 2,5-MW-Radar „HF200“ entwickelt, das im 10-cm-Band (S-Band) arbeitet und über große Entfernungen in einem weiten Höhenwinkelbereich zuverlässige Informationen liefert. Für ein typisches Mittelstrecken-Flugzeug liefert die Anlage beispielsweise Höhenpeilungen für Entfernungen zwischen etwa 35 und 550 km bei 21 km Flughöhe. Impulsdauer (5 μ s) und Größe des Leuchtflecks auf dem Anzeigeschirm sind so aufeinander abgestimmt, daß zwei in mindestens etwa 1,8 km Radarabstand fliegende Flugzeuge als getrennte Ziele aufgefaßt werden. Die gute Höhenauflösung ermöglicht es dem Gerät, noch zwei Flugzeuge zu unterscheiden, die in Entfernungen bis zu 280 km bei Flughöhen zwischen 6 und 23 km 3,6 km Höhendifferenz haben. Sieht man von Fehlern infolge anomaler Ausbreitungsverhältnisse ab, dann ist der Höhenfehler für Bereiche bis 280 km $< \pm 300$ m. Das Höhen- und Drehsteuerungssystem ermöglicht es, entweder 15 aufeinander folgende oder 8 vorbestimmte Höhenbestimmungen je Minute durchzuführen.

Das Antennensystem (s unser Titelbild) mit 41 dB Gewinn hat einen Reflektor aus perforiertem Aluminiumblech, das, in horizontaler und in vertikaler Richtung gekrümmt ist (Vertikal-Apertur etwa 10,5 m, Horizontal-Apertur etwa 2,5 m). Die horizontale Strahlbreite (-3 -dB-Punkt) ist $3,25^\circ \pm 0,25^\circ$, die vertikale Strahlbreite $0,75^\circ \pm 0,05^\circ$ mit Seitenzipfeln unter 28 dB innerhalb 5° des Hauptstrahles und unter 27 dB zwischen 5 und 10° ; alle anderen Seitenzipfel sind < -35 dB. Normalerweise wird mit Vertikalpolarisation gearbeitet, jedoch ist die Anlage auch für Zirkularpolarisation lieferbar.

Das hydraulische Schwenksystem für die Nickbewegung ist organischer Bestandteil des Antennensystem, während das hydraulische Antriebssystem für die Drehung in der horizontalen Ebene im Turm

untergebracht ist. Beide werden vom PPI-Anzeigergerät im Kontrollraum aus gesteuert. Der Nickwinkel ($-3 \dots +33^\circ$, max. 20 Schwenkungen/min) ändert sich automatisch mit dem Entfernungsbereich. Die horizontale Drehgeschwindigkeit (max. 6 U/min, 30° in 2,08 s, 60° in 2,87 s, 180° in 5,95 s) wird auf besser als 0,5% konstantgehalten, selbst bei Windgeschwindigkeiten bis 150 km/h und Eislast bis etwa 10 kg/m².

Der 2,5-Megawatt-Sender und die ersten Empfängerstufen sind in einem Gehäuse untergebracht, von wo aus die ZF-Signale zum Empfänger im Kontrollraum weitergeleitet werden. Der Sender ist konventionell aufgebaut und verwendet ein preßluftgekühltes Magnetron. Der Empfänger hat bei 400 kHz Bandbreite einen Rauschfaktor von max. 8,5 dB. Der Video-Ausgang ist mit dem Höhen-/Entfernungs-Indikator verbunden. Die Anzeige der aufgetaßten Ziele erfolgt wahlweise im linearen oder im logarithmischen Maßstab.

Zur Anzeige dient im einfachsten Falle ein Höhen-/Entfernungs-Indikator in Verbindung mit einem PPI-Anzeigergerät, jedoch lassen sich auch mehrere Anzeigergeräte anschließen. Auf dem PPI-Schirm läßt sich eine eingblendete Meßmarke mit dem Ziel-Echo zur Deckung bringen. Jede Drehung dieser Meßmarke im Azimut hat eine entsprechende Azimut-Einstellung des Antennensystems zur Folge. Weiterhin wird in Abhängigkeit von der Entfernungseinstellung jeweils der zweckmäßigste kleinste Nickwinkel des Antennensystems automatisch errechnet und auf dem Höhen-/Entfernungs-Indikator die Länge der Höhenlinie entsprechend dem Entfernungsbereich eingestellt. Der Höhen-/Entfernungs-Indikator hat ebenfalls eine eingetastete Meßmarke. Sie bewegt sich bei Einstellung des Antennensystems auf die richtige Ziel-Peilung automatisch bis zur Deckung mit dem Ziel-Echo und gestattet dann unmittelbar die Ablesung der Höhe des Ziels.

Von Sendern und Frequenzen

► Der Südfunk nahm im Dezember 1959 in Ulm einen Fernseh-Umsetzer in Betrieb. Der Umsetzer strahlt auf Kanal 11 (Bildträger 217,15 MHz und Tonträger 222,75 MHz mit einem Versatz von +10,5 kHz) mit einer Strahlungsleistung von 0,03/0,006 kW in Hauptstrahlrichtung Nord ($16^\circ \pm 7^\circ$ Halbwertbreite). Die Ausstrahlung erfolgt mit vertikaler Polarisation. Der Umsetzer wird im Stadtgebiet von Ulm, das bisher auf die Versorgung durch den Fernsehsender Grünthen angewiesen war, auch den Empfang des vom Südfunk ausgestrahlten Regionalprogramms ermöglichen. Der Umsetzer arbeitet vorläufig im Versuchsbetrieb.

► Der Südwestfunk hat kürzlich die UKW-Sender Hochrhein, Blauen und Raichberg umgestellt, und zwar den UKW-Sender Hochrhein (I Programm) von Kanal 7 (88,1 MHz) auf Kanal 15 (91,5 MHz), den UKW-Sender Blauen (II. Programm) von Kanal 3 (87,9 MHz) auf Kanal 10 (90,0 MHz) und den UKW-Sender Raichberg (II. Programm) von Kanal 4 (88,2 MHz) auf Kanal 30 (96,0 MHz). Das erste bzw. zweite Programm des Südwestfunks ist jetzt in den neuen Kanälen zu empfangen. Die Umstellung war erforderlich, um Störungen beim Fernsehempfang zu beseitigen.

► In letzter Zeit wurden vom Südwestfunk folgende neue Fernseh-Kleinumsetzer in Betrieb genommen: Kirchen-Weißbach II (Kanal 7), Altensteig (Wttbg.) (Kanal 10), Forbach Kreis Rastatt (Kanal 5) und Neuenbürg (Wttbg.) (Kanal 10).

► Anfang Dezember feierte der Bayerische Rundfunk das Richtfest des Funkhausneubaus an der Herbst- und Marsstraße in München. Es handelt sich um 140 000 m³ umbauten Raum auf fast quadratischem Grundriß von 60 x 60 m mit insgesamt elf Geschossen, von denen drei Geschosse unter der Geländeoberkante liegen. In diesem Gebäude sind u. a. Studios, Sendekomplexe, Archive, Regieräume, Schallräume usw. enthalten.

► Auf der Kurzwelle 25,50 m (11 765 kHz) arbeitet ein neuer Sender von „Radio Berlin International“, dem Auslands- und Überseedienst des DDR-Rundfunks.

ELEKTRONIK-INGENIEUR

In diesem Heft finden unsere Leser auf den Seiten 47—50 zum erstenmal die neue Beilage „Elektronik-Ingenieur“, die die schon seit Jahren in der FUNK-TECHNIK vorhandene Beilage „FT-Sammlung“ ergänzt. Wir kommen damit einem oft an uns herangetragenen Wunsche nach. Während in der „FT-Sammlung“ vorzugsweise zusammenfassende Beitragsreihen über größere Gebiete der Elektronik veröffentlicht wurden und auch in Zukunft weiterhin veröffentlicht werden sollen, bringt die neue Beilage „Elektronik-Ingenieur“ vorzugsweise Beiträge aus solchen Gebieten der Elektronik, deren Entwicklung noch stark im Fluß ist und die deshalb noch nicht zum Allgemeingut des Ingenieurs gehören. Außerdem bringt diese Beilage Beiträge über abgeschlossene Spezialthemen, die für die Arbeit des Elektronik-Ingenieurs im Labor von Bedeutung sind.

Um das gesonderte Ablegen dieser neuen Beilage zu ermöglichen, sind diese Seiten stets in der Mitte des Heftes untergebracht, so daß sie sich leicht herausnehmen lassen. Sie tragen ferner neben der durchgehenden Seitenzahl des jeweiligen Heftes noch gesonderte, nur für diese Beilage geltende Seitenzahlen.

Molekularverstärker

DK 621.375.9

Bei der rauscharmen Verstärkung sehr schwacher Mikrowellen-Signale wurden in jüngster Zeit durch die Entwicklung der Molekularverstärker oder Maser (microwave amplification by stimulated emission of radiation) bedeutsame Fortschritte erreicht. Bei dieser neuen Art von Mikrowellen-Verstärkern wird im Gegensatz zu Mikrowellen-Röhren (Magnetrons, Klystrons, Wanderfeldröhren und artverwandte Röhren) nicht die elektrokinetische Energie einer Elektronenströmung in Mikrowellen-Energie verwandelt, sondern die Verstärkung kommt durch eine Wechselwirkung zwischen der inneren Energie von Materie und dem elektromagnetischen Feld der zu verstärkenden Mikrowelle zustande. Während bei Elektronenröhren die Empfängerempfindlichkeit durch die Störleistung begrenzt ist, die allen Elektronenströmungen wegen der Schwingungskomponenten mehr oder weniger anhaftet, liegt eine solche Rauschursache bei Molekularverstärkern nicht vor. Daher ist die Nachweisempfindlichkeit bei Molekularverstärkern erheblich größer (etwa drei Zehnerpotenzen) als die der besten mit rauscharmen Wanderfeldröhren bestückten Mikrowellen-Verstärker. Molekularverstärker ermöglichen die Verstärkung und den Nachweis von Leistungen, die einem Fluß von nur wenigen Energiequanten in der Zeiteinheit entsprechen. Hierauf beruht vor allem das technische Interesse, das dem Molekularverstärker in Technik und Forschung entgegengebracht wird.

Außerdem bietet dieses Prinzip aber auch die Möglichkeit, sehr kurze elektrische Wellen (Millimeter- und Zehntelmillimeterwellen) zu erzeugen. Für diesen Wellenbereich standen bisher kohärente Strahlungsquellen nur für den langwelligen Bereich dieses Spektrums ($\lambda > 2 \text{ mm}$) zur Verfügung.

Im folgenden soll ein Überblick über die physikalischen Grundlagen des Molekularverstärkers gegeben und der Stand seiner technischen Entwicklung umrissen werden.

1. Allgemeines über Energiezustände in Materie

Der folgenden Betrachtung liegt ein System zugrunde, dessen innere Energie den Grundgesetzen der Quantenphysik entsprechend in diskreten Energieniveaus (Energiezuständen, Energiebändern) vorhanden ist. Es kann sich hierbei zum Beispiel um Moleküle, Elektronen in verschiedenen Schalen eines Atoms oder auch um Atomkerne mit einem magnetischen Moment, die in einem Magnetfeld ausgerichtet sind, handeln. Die innere Energie tritt bei allen diesen quantenhaften

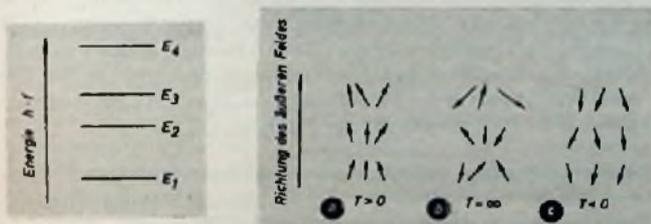


Bild 1 (links). Energiezustände in einem quantenhaften System. Bild 2 (rechts). Ausrichtung der Elementarmagnete im äußeren Feld bei verschiedenen Temperaturen

Systemen stets nur in diskreten Energiezuständen auf, deren Abständen $\Delta E = h \cdot f$ durch die Plancksche Wirkungskonstante h eine spezifische Frequenz f zugeordnet ist. Bild 1 veranschaulicht derartige Energiezustände in einem idealisierten Beispiel.

Der Einfachheit halber sei zunächst ein System mit nur zwei Energiezuständen E_1 und E_2 betrachtet. Im Fall des thermischen Gleichgewichts ist die Anzahl N_1 , N_2 der Teilchen, die in den beiden Energieniveaus E_1 , E_2 angehäuft sind, durch die Boltzmannsche Formel

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(\frac{E_1 - E_2}{k \cdot T}\right) \quad (1)$$

gegeben (k = Boltzmannsche Konstante, T = absolute Temperatur). Gl. (1) zeigt, daß die Besetzungszahl bei thermischem Gleichgewicht im unteren Energiezustand E_1 am größten ist und das Verhältnis N_2/N_1 mit abnehmender Temperatur kleiner wird.

Die durch Gl. (1) beschriebene Boltzmann-Verteilung kennzeichnet ein molekulares System im Zustand maximaler Entropie. Durch eine Störung kann das System zwar vorübergehend aus dem thermischen

Gleichgewicht herausgeführt werden, jedoch wird es früher oder später in diesen Zustand wieder zurückkehren. Man bezeichnet den Vorgang der Rückkehr in den thermischen Gleichgewichtszustand als Relaxation. Sie wird zum Beispiel durch die Wechselwirkung zwischen Molekülen oder Atomen und elektromagnetischem Feld, Kollisionen zwischen ihnen sowie Wechselwirkungen zwischen den elektrischen oder magnetischen Momenten dieser Teilchen verursacht. Handelt es sich beispielsweise um ein System, das atomare magnetische Momente oder Elektronenspins (s. Abschnitt 4) enthält, so können diese mit den thermischen Schwankungen im Kristallgitter in Wechselwirkung geraten und dadurch in den Gleichgewichtszustand übergehen.

Um eine nicht im thermischen Gleichgewicht befindliche Verteilung von Elektronenspins zu beschreiben, läßt sich eine fiktive „Spin-Temperatur“ T_s einführen. Ist $N = N_1 + N_2$ die Gesamtanzahl aller vorhandenen Elektronenspins, so gilt für ihre Verteilung außerhalb des thermischen Gleichgewichts

$$N_1 - N_2 = \frac{N}{2k \cdot T_s} (E_2 - E_1) \quad (2)$$

Damit nun ein Molekularverstärker im gewünschten Sinne arbeiten kann, muß die Besetzungszahl der Spins N_2 mit der Energie E_2 größer sein als die der Spins N_1 mit der Energie E_1 , $E_2 > E_1$. Den Zustand $N_2 > N_1$ bezeichnet man auch als Zustand negativer Spin-Temperatur. Negative Temperaturen sind physikalisch durchaus sinnvoll und realisierbar. Im Bild 2 stellen die eingezeichneten Pfeile kleine Elementarmagnete, z. B. Elektronenspins, magnetische Kernmomente oder auch Bahnmomente, dar. Bei tiefer Temperatur $T > 0$ stellen sich diese weitgehend in einem äußeren Magnetfeld ein (Bild 2a); es ist ein Zustand kleinstmöglicher innerer Energie vorhanden. Mit steigender Temperatur drehen sie sich infolge erhöhter thermischer Molekularbewegung aus diesem Zustand kleinster Energie heraus, und zwar um so weiter, je höher die Temperatur ist. Bei der Temperatur $T = \infty$ sind die Elementarmagnete in alle Raumrichtungen gleichmäßig verteilt (Bild 2b).

In dem durch Bild 2c veranschaulichten Fall $T < 0$ sind die Elementarmagnete entgegengesetzt zum äußeren Feld orientiert. Bei einem derartigen System ist die innere Energie also größer als bei unendlich hoher Temperatur, so daß man ihm eine negative Temperatur zuschreiben kann. Es liegt also gewissermaßen ein Zustand vor, der „heißer als heiß“ ist.

2. Wechselwirkungen zwischen einem quantenhaften System und einem elektromagnetischen Feld

Wird ein quantenhaftes System der Einwirkung eines elektromagnetischen Feldes ausgesetzt, dessen Frequenz f der Quantenbeziehung

$$h \cdot f = E_2 - E_1 \quad (3)$$

gehört, so werden die molekularen beziehungsweise atomaren Teilchen entweder Energie aus dem Feld aufnehmen oder an das Feld abgeben, je nachdem, ob ein Quantenübergang vom Zustand niedriger Energie in einen Zustand höherer Energie oder umgekehrt erfolgt. Die Übergangswahrscheinlichkeit ist für beide Übergänge gleich groß. Im einzelnen können hierbei drei verschiedene Wechselwirkungen auftreten.

a) Absorption

Bei diesem Mechanismus nimmt das System Energie aus dem elektromagnetischen Feld auf, indem ein Quantenübergang vom Niveau E_1 in den höheren Energiezustand E_2 erfolgt. Die aufgenommene Energie entspricht einem Photon von der Größe $h \cdot f$ nach Gl. (3).

b) Spontane Emission

Es findet ein Quantenübergang von E_2 nach E_1 unter Emission elektromagnetischer Strahlung statt. Dieser Übergang vollzieht sich für die einzelnen Teilchen jedoch ganz unregelmäßig in bezug auf Intensität und Phase. Die emittierte Strahlung ist daher nicht kohärent. Als Beispiel für spontane Strahlungsemission sei die von Atomen ausgesandte Lichtstrahlung, beispielsweise die einer Neon-Entladung, angeführt. Im Radiofrequenzbereich ist der Vorgang der spontanen Emission insofern bedeutsam, da er das optimal erreichbare Signal/Rausch-Verhältnis bestimmt.

c) Induzierte Emission

Bedeutsamer als spontane Quantenübergänge sind für die Verstärkung von Mikrowellen induzierte oder stimulierte Übergänge, bei denen also unter der Einwirkung eines Mikrowellen-Feldes der Übergang vom Zustand E_2 in den niedrigeren Zustand E_1 in Phase mit dem induzierenden elektromagnetischen Feld erfolgt. Dabei wird eine kohärente Strahlung emittiert. Das wahrscheinliche Verhältnis von spontaner zu induzierter Emission ist bei thermischem Gleichgewicht durch den Ausdruck

$$e^{-h\nu/kT} - 1$$

gegeben, der bei optischen Frequenzen einen großen, bei Radiofrequenzen dagegen einen kleinen Wert hat. Bei Zimmertemperatur und der Frequenz 3000 MHz ($\lambda = 10$ cm) ist das wahrscheinliche Verhältnis von spontaner zu induzierter Emission etwa $5 \cdot 10^{-4}$.

Um durch induzierte Emission Verstärkungseffekte zu erreichen, muß in einem bestimmten Energiezustand Überschußenergie gegenüber dem thermischen Gleichgewicht gespeichert und aus diesem Reservoir durch den Mechanismus der von einem äußeren elektromagnetischen Feld induzierten Emission Hochfrequenzleistung entzogen werden. Ist die dem Reservoir entnommene Leistung größer als die zur Erzeugung des entziehenden Feldes erforderliche primäre Leistung, so wird das elektromagnetische Feld verstärkt. Auf diesem grundsätzlichen Prinzip beruht die Arbeitsweise aller Molekularverstärker.

Eine geeignete Störung der thermodynamischen Besetzungszahlen ist u. a. auf folgende Weise möglich:

1. Durch Einwirkung stationärer inhomogener elektrischer oder magnetischer Felder auf die Bahnen frei fliegender Atome oder Moleküle (Stark- und Zeeman-Effekt),
2. kurzzeitig durch Einstrahlung eines genau bemessenen Impulses der Resonanzfrequenz und
3. stationär durch Einstrahlung einer anderen (höheren) Resonanzfrequenz des gleichen molekularen Systems.

3. Der Ammoniak-Molekularstrahl-Maser

Bei dieser ersten Ausführung eines Molekularverstärkers [1] wird die Bevorzugung eines höheren Energieniveaus durch stationäre Einwirkung eines inhomogenen elektrischen Feldes auf einen Strahl von NH_3 -Molekülen bewirkt. Dabei werden die sogenannten Inversionsniveaus des NH_3 -Moleküls ausgenutzt. Das NH_3 -Molekül hat eine pyramidale Struktur mit einem N-Atom an der Spitze und drei H-

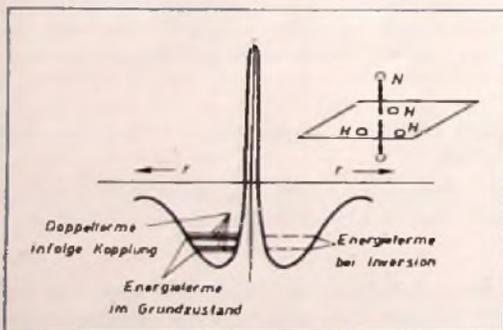


Bild 3. Potentielle Energie des Stickstoffatoms im Ammoniakmolekül (NH_3) im Feld der drei Wasserstoffatome

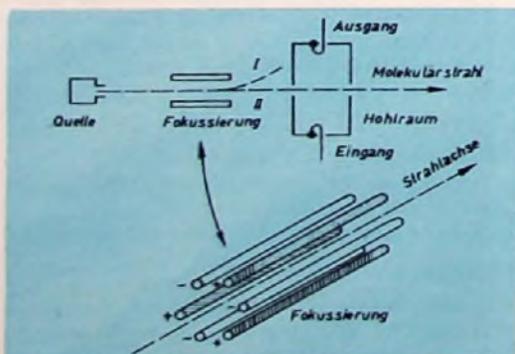


Bild 4. Schema eines Ammoniak-Molekularstrahl-Masers

Atomen in der Grundebene. Jedes N-Atom hat zwei Gleichgewichtslagen, und zwar je eine zu beiden Seiten der Wasserstoffebene (Bild 3). Entsprechend diesen beiden möglichen Gleichgewichtslagen des N-Atoms, sind die Energieniveaus in Paare gespalten. Die Energiedifferenz zwischen den beiden Inversionsniveaus entspricht einer Frequenz von 23870 MHz ($\lambda = 1,26$ cm).

Bild 4 zeigt schematisch die grundsätzliche Anordnung eines Ammoniak-Masers. Ein Strahl von NH_3 -Molekülen durchläuft zunächst ein System stabförmiger Fokussierelektroden in Achsenrichtung und anschließend einen Hohlraumresonator. Im Fokussierungssystem wird senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Molekülstrahls ein elektrostatisches Quadrupolfeld durch eine Spannungsdifferenz von etwa 15 kV zwischen benachbarten Elektroden erzeugt. Der dabei auftretende (quadratische) Stark-Effekt bewirkt, daß sich die Energie des unteren Niveaus I weiter erniedrigt, die des höheren Niveaus II weiter erhöht (Bild 5). Auf die Moleküle mit dem höheren Energieniveau wirkt eine radial nach innen gerichtete Kraft, auf die Moleküle mit dem tieferen Niveau eine nach auswärts gerichtete Kraft.

Durch diesen Mechanismus werden also alle NH_3 -Moleküle, die sich im höheren Inversionsniveau befinden, in der Strahlachse fokussiert, diejenigen, die sich im unteren Niveau aufhalten, dagegen ausgeblendet. Im Hohlraumresonator ist der Strahl daher mit Molekülen im höheren Energieniveau angereichert. Schwingt darin ein Mikrowellenfeld mit der Frequenz von 23870 MHz, so führen die Moleküle durch induzierte Emission HF-Leistung an dieses Feld ab und gehen dabei in den thermischen Gleichgewichtszustand über. Bei entsprechender großer Leistungsabgabe kann Selbsterregung eintreten. Die erzeugte Frequenz entspricht der Inversionsfrequenz von 23870 MHz.

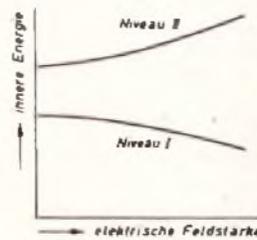


Bild 5. Stark-Effekt beim NH_3 -Molekül



Bild 6. Veranschaulichung eines (spinenden) Elektrons mit magnetischer Achse im Magnetfeld

Infolge von Relaxationsvorgängen (spontane Rückkehr zum thermischen Gleichgewicht, Stöße zwischen einzelnen Molekülen, Wechselwirkung mit der Umgebung) hat die Molekül-Resonanzlinie eine endliche Breite, so daß sich die Frequenz durch Verstimmung des Hohlraumresonators geringfügig ($\Delta f/f \approx 10^{-7}$) beeinflussen läßt. Bei fest abgestimmtem Hohlraumresonator bleibt die Frequenz jedoch sehr konstant. Ihre Stabilität ist über eine Betriebsdauer von 2 Stunden besser als 10^{-10} ; das wurde experimentell durch Beobachtung von Schwebungen zwischen zwei Maser-Oszillatoren nachgewiesen. Diese extrem hohe Frequenzkonstanz ermöglicht die Anwendung des NH_3 -Masers zum Bau von „Moleküluhren“ mit höchster Zeitgenauigkeit. Als eigentlicher Verstärker kommt der Ammoniak-Maser wegen seiner selektiven Eigenschaften praktisch kaum in Betracht. In der Physik hat er als Spektrometer zur Präzisionsmessung von Hyperfeinstrukturlinien des NH_3 -Moleküls Bedeutung erlangt [2].

4. Induzierte Übergänge in Zwei-Banden-Festkörperverstärkern

Die Funktion der NH_3 -Moleküle beim Ammoniak-Maser können feste paramagnetische Kristalle mit unpaarigen Elektronen übernehmen. Nach einer Grundvorstellung der Atomphysik kreisen in einem Atom Elektronen um den Kern. Zusätzlich zu dieser Bahnbewegung um den Atomkern führen die Elektronen noch eine Kreisbewegung aus. Dieser sogenannte Elektronenspin erzeugt ein magnetisches Moment des Atoms. Man kann sich ein Elektron als Kreis vorstellen, dessen Achse einen magnetischen Nord- und Südpol hat. Bringt man einen derartigen Elementarmagneten in ein äußeres Magnetfeld (Bild 6), so kann auf Grund des Zeeman-Effekts der Elektronenspin zwei mögliche Orientierungen (Quantenzahlen) entsprechend zwei verschiedenen Energiezuständen mit der Energiedifferenz

$$\Delta E = \mu \cdot H \quad (4)$$

annehmen. Dabei sind μ das magnetische Spinnmoment und H die magnetische Feldstärke des äußeren Magnetfeldes. Die Frequenz $f = \Delta E/h$, die dem Quantenübergang zwischen den beiden möglichen Energiezuständen entspricht, ist

$$f = \frac{g \cdot \mu_B}{h} H = \gamma \cdot H \quad (5)$$

Hierin sind g der sogenannte spektroskopische Aufspaltfaktor und $\mu_B = 1,27 \cdot 10^{-21}$ Gauss \cdot cm³ das Bohrsche Magneton. Für paramagnetische Spinsysteme ist im allgemeinen $g \approx 2$ (für den freien Elektronenspin ist $g = 2$).

Mit diesen Werten erhält man nach Gl. (6)

$$f = 2,8 \cdot H \quad [\text{MHz}] \quad (6)$$

Im Gegensatz zum Ammoniak-Maser läßt sich also bei einem paramagnetischen Festkörperverstärker die Frequenz durch das Magnetfeld wählen.

Damit im Mittel eine Energieabgabe der Elektronenspins an das induzierende Feld einer elektromagnetischen Schwingung zustande kommen kann, muß — wie beim Molekularstrahl-Maser — das thermische Gleichgewicht des Systems in dem Sinne gestört werden, daß die Besetzungszahl der Spins im höheren Energieniveau größer ist als im niedrigeren. Eine derartige Beeinflussung des thermischen Gleichgewichtszustandes kann bei einem System mit zwei Energieniveaus durch Invertierung der Energiezustände herbeigeführt werden. Das läßt sich praktisch auf zweierlei Weise ermöglichen.

Die eine Möglichkeit macht vom Verfahren des sogenannten „schnellen adiabatischen Durchlaufs“ (adiabatic fast passage) Gebrauch [3]. Dabei wird das Spinsystem der Einwirkung eines Mikrowellen-Feldes mit sich ändernder Frequenz unterworfen, wobei die Frequenz kurzzeitig über die Resonanzfrequenz nach Gl. (6) hinwegläuft. Dieser Durchlauf muß einerseits so rasch erfolgen, daß die Periodendauer klein gegen die Relaxationszeit ist, die durch die Wechselwirkung zwischen den Spins und dem Kristallgitter der paramagnetischen Substanz zustande kommt. Andererseits muß der Durchlauf so langsam vor sich gehen, daß die Magnetisierung der Frequenzänderung folgen kann. Wird in dem auf den adiabatischen Durchgang (A—B) folgenden emittierenden Zustand (B—C) das System unter Energieabgabe in den thermischen Gleichgewichtszustand zurückgeführt, so kann der Invertierungsvorgang erneut herbeigeführt werden (Bild 7). Die Zeit des nichtemittierenden Zustandes (D—A') läßt sich durch Einstrahlung sichtbaren Lichts wesentlich verkürzen. Hierbei verringert sich auch die Relaxationszeit.

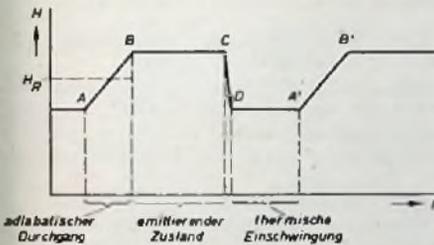


Bild 7. Zyklisch wiederholte Invertierung der Besetzungsdichten der Energiezustände in einem paramagnetischen Kristall durch Änderung des magnetischen Feldes H

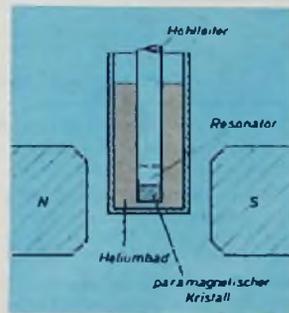


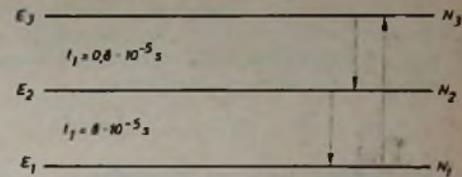
Bild 8. Prinzipschema eines „Spin-Oszillators“

Die bei Rückkehr der Spins in das thermische Gleichgewicht frei werdende HF-Leistung ist proportional der Anzahl der zurückkehrenden Spins und dem Quadrat des Dipolmoments und umgekehrt proportional der absoluten Temperatur des Systems. Eine möglichst tiefe Temperatur ist auch zur Erreichung eines möglichst niedrigen Rauschens, das durch spontane Spinübergänge hervorgerufen wird, erforderlich. Daher bringt man die Substanz, in der sich die Wechselwirkung zwischen den Elektronenspins und dem elektromagnetischen Feld vollzieht, in ein Gefäß mit flüssigem Helium, das eine Abkühlung bis auf sehr tiefe Temperaturen ermöglicht. Als Substanz verwendet man Silizium mit einer Beimischung von Arsen oder Phosphor. Bild 8 veranschaulicht den grundsätzlichen Aufbau eines derartigen „Spin-Oszillators“ [4].

Das zweite Verfahren zur Invertierung der Energiezustände in einem Zwei-Niveau-Festkörperverstärker ist die Methode der „180°-Impulse“. Hierbei läßt man auf das Spinsystem das magnetische HF-Feld einer Mikrowellen-Frequenz (Pumpfrequenz) einwirken, die mit der Spin-Resonanzfrequenz übereinstimmt. Die Magnetisierung präzediert dabei um das HF-Feld der Pumpfrequenz.

Befanden sich die Spins bei Einschaltung des HF-Feldes in paralleler Orientierung zum äußeren magnetischen Gleichfeld, so klappen sie nach einer halben Periode der Pumpfrequenz in die antiparallele Stellung um. Wird die Pumpfrequenz in diesem Augenblick abgeschaltet, so haben die beiden Energiezustände gegenüber dem thermischen Gleichgewicht gerade ihre Plätze getauscht. Die Spins können jetzt unter der Einwirkung eines induzierenden Strahlungsfeldes Energie an dieses Feld abgeben und es verstärken.

Bild 9. Drei Energieniveaus einer Okten-Aufspaltung des Gd³⁺-Ions in einem Magnetfeld von 2850 Oersted. Angegeben sind die Spin-Gitter-Relaxationszeiten T_1



5. Drei-Banden-Festkörper-Molekularverstärker

In der Praxis haben bisher hauptsächlich Molekularverstärker Bedeutung erlangt, bei denen drei Energieniveaus für den Verstärkungsvorgang ausgenutzt werden (Bild 9) [5]. Im thermischen Gleichgewicht erfüllen die Besetzungszahlen der Elektronenspins für die Energiezustände E_1, E_2, E_3 die Bedingungen $N_1 > N_2 > N_3$. Durch eine genügend leistungsstarke elektromagnetische Pumpquelle mit der Pumpfrequenz $f_{31} = (E_3 - E_1)/h$ werden Spinübergänge vom Niveau E_1 zum Niveau E_3 induziert, bis die Besetzungszahlen N_1 und N_3 gleich groß sind. In diesem nichtthermischen Zustand des Systems kann $N_2 > N_1$ oder $N_3 > N_2$ sein. Für $N_2 > N_1$ kommt eine Verstärkung bei der Frequenz f_{21} zustande, für $N_3 > N_2$ bei der Frequenz f_{32} . Welcher Fall eintritt, hängt von der Relaxationszeit der Spins im Kristallgitter ab, die durch geeignete Substanzen und Dotierung entsprechend gewählt werden kann.

Im Beispiel Bild 9 ist die Relaxationszeit zwischen den Niveaus E_3 und E_2 sehr viel kleiner als die zwischen den Niveaus E_2 und E_1 . Spins des obersten Niveaus werden daher schnell in den Zustand E_2 übergehen, dann aber länger verweilen, ehe das untere Niveau E_1 erreicht wird. Auf diese Weise läßt sich auf dem Umweg über das Niveau E_2 erreichen, daß sich mehr Spins im Energiezustand E_2 befinden als im Zustand E_1 . Beim Einfall einer elektromagnetischen Strahlung mit der Frequenz 9 GHz werden die im Niveau E_2 vorhandenen Spins durch induzierte Emission zur Energieabgabe an das einfallende Strahlungsfeld veranlaßt. Wären die Verhältnisse der im Bild 9 angegebenen Relaxationszeiten umgekehrt, so ließe sich eine Strahlungsemission zwischen den beiden oberen Energiezuständen induzieren.

Zum Aufbau derartiger Drei-Banden-Festkörperverstärker muß man zunächst durch Hinzufügen eines kleinen Anteils paramagnetischer Ionen in einem Mutterkristall eine geeignete Maser-Substanz schaffen. Als paramagnetische Ionen werden solche von Übergangsmetallen oder seltenen Erden verwendet. Bewährt haben sich u. a. das Cr³⁺-Ion, eingebaut zu 0,5% in einem Chrom-Kalium-Cyanid-Einkristall ($K_2Cr(CN)_6$) oder zu 0,1% in Rubin (Al_2O_3), und das Gadolinium-Ion Gd³⁺. Der Kristall wird in einen Hohlraumresonator eingebaut, und dort treten die Elektronenspins mit dem elektromagnetischen Feld einer Mikrowelle in Wechselwirkung. Der Resonator muß gleichzeitig auf die Pumpfrequenz und auf die Arbeitsfrequenz abgestimmt sein. Die Pumpfrequenz apeist man über einen Hohlleiter ein, die Arbeitsfrequenz läßt sich über eine Koaxialleitung ein- und auskoppeln.

Bild 10 zeigt schematisch den Aufbau eines solchen Festkörper-Molekularverstärkers [6]. Neben dem Kristall sind außerdem die magnetischen Feldlinien angedeutet, die dem angeregten Schwingungsmodus des Hohlraumresonators entsprechen.

An Stelle von Hohlraumresonatoren kann man den Maser-Kristall auch in eine elektromagnetische Verzögerungsleitung einbauen. Bild 11 zeigt die Schnittzeichnung eines derartigen „traveling wave maser“ [7]. Die aktive Maser-Substanz (Rubin mit Dotierung durch Cr³⁺-Ionen) ist an Orten der kammförmigen Verzögerungsleitung angebracht, an denen die am Anfang der Leitung einlaufende elektromagnetische Welle eine definierte Polarisationsrichtung aufweist, so daß an diesen Orten der Leitung eine verstärkte Wechselwirkung zwischen der elektromagnetischen Welle und den Elektronenspins im Kristall zustande kommt. Wellen der Signalfrequenz, die infolge von Reflexion in rückwärtiger Richtung laufen, werden dagegen stark gedämpft, da sie mit dem dort vorhandenen hoch dotierten Rubin

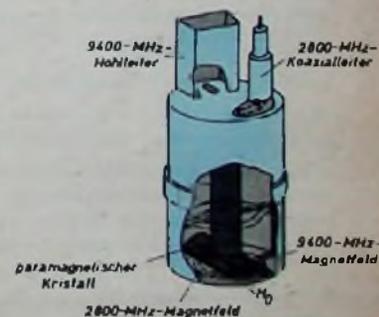
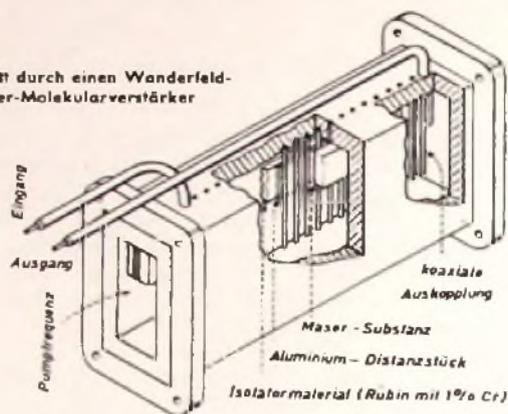


Bild 10. Hohlraumresonator eines Festkörper-Molekularverstärkers mit paramagnetischem Kristall (Pumpfrequenz 9400 MHz, Arbeitsfrequenz 2800 MHz; Feldlinien gestrichelt)

(1% Cr), in dem keine Spin-Umkehr zustande kommt, in Wechselwirkung treten. Durch diesen Kunstgriff erreicht man, daß der Verstärker nicht infolge Rückkoppelung instabil wird und keine selbst-erregten Schwingungen ausführt.

Bild 11. Schnitt durch einen Wanderfeld-Festkörper-Molekularverstärker



Mit derartigen und ähnlichen Festkörper-Molekularverstärkern ist es gelungen, im Gebiet von etwa 100...20000 MHz fast beliebig große Verstärkungen bei Bandbreiten bis zu vielen MHz, vor allem aber mit Eigen-Rauschtemperaturen von nur wenigen Grad Kelvin zu erreichen. Dazu muß jedoch der Kristall, in dem die Verstärkung erfolgt, auf sehr tiefe Temperaturen (in der Nähe des absoluten Nullpunktes), zum Beispiel durch Einbringen in ein Bad von flüssigem Helium, abgekühlt werden. Es wurden aber auch bereits erfolgreiche Versuche unternommen, Festkörper-Molekularverstärker bei der Temperatur des festen Stickstoffes (etwa 60° K) zu betreiben [8]. Weitere Fortschritte in dieser Richtung würden den Bau von Festkörper-Molekularverstärkern erheblich vereinfachen und verhilgen und ihre Einsatzmöglichkeiten ausweiten.

6. Anwendungen

Molekularverstärker sind bisher zunächst nur in beschränktem Umfang für praktische Aufgaben eingesetzt worden. Das sehr geringe Eigenrauschen dieser Verstärker macht sie besonders zur Verstärkung sehr schwacher Signale geeignet. Diese Eigenschaft läßt sich jedoch nur ausnutzen, wenn sich die Empfangsantenne in einem Raumgebiet von sehr niedriger äquivalenter Rauschtemperatur T_{aq} befindet. Für die gesamte Rauschzahl eines Empfängers gilt

$$F = \frac{T_{aq}}{T_0} + F_2 \quad (7)$$

($T_0 = 290^\circ \text{K}$). Für Antennen, die in den Weltraum gerichtet sind, ist bei $\lambda = 10 \text{ cm}$ das Verhältnis $T_{aq}/T_0 < 0,1$. Damit könnte man bei Funkmeßgeräten unter Verwendung von Molekularverstärkern Rauschzahlen erreichen, die etwa 100mal kleiner sind als die bisher optimal erreichbaren ($F \approx 20$). Das würde bei Radargeräten bei gleicher Reichweite und gleichem Signal/Rausch-Verhältnis eine entsprechende Herabsetzung der erforderlichen Sendeleistung oder bei gleicher Sendeleistung eine Vergrößerung der Reichweite um den

Faktor $\sqrt{100} \approx 3$ bringen. So wurde u. a. der Einsatz von Molekularverstärkern in transozeanischen Mikrowellen-Richtfunkstrecken unter Verwendung von Satelliten vorgeschlagen [12].

Ein Gebiet, auf dem Molekularverstärker bereits mit Erfolg verwendet werden, ist die Radioastronomie. Es wurde dadurch u. a. möglich, die schwache thermische Radiostrahlung von einzelnen Planeten, zum Beispiel von Jupiter und von der Venus ($\lambda = 3 \text{ cm}$), zu messen. In der Entwicklung sind radioastronomische Empfangsanlagen mit Molekularverstärkern für $\lambda = 21,1 \text{ cm}$. Auf dieser Wellenlänge emittieren die Wasserstoffatome des interstellaren Gases. Mit dieser verfeinerten Technik läßt sich die Wasserstoffemission von entfernten Galaxien nachweisen.

Die extreme Frequenzkonstanz von Molekularstrahl-Masern (NH_3 -Maser) wurde als Zeitnormal bei einer neueren Prüfung der speziellen Relativitätstheorie verwendet [9]. Andere Anwendungen betreffen die Ausmessung von Gravitationsfeldern [10].

Grundsätzlich ist es theoretisch möglich, Molekularverstärker auch zur Verstärkung von Infrarotwellen und selbst von Lichtwellen zu bauen. Dabei muß man versuchen, die Oberschwingungen von Hohlraumresonatoren anzuregen und unerwünschte Schwingungszustände des Hohlraumes durch geeignete Filter zu unterdrücken [11].

Bisher wurden Molekularverstärker für Infrarot- und Lichtwellen jedoch experimentell noch nicht verwirklicht. Die Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiete der Molekularverstärker werden aber zur Zeit intensiv betrieben, und es ist damit zu rechnen, daß bereits in nächster Zeit Molekularverstärker und -generatoren für Millimeterwellen zur Verfügung stehen.

Schrifttum

- [1] Gordon, J. P., Zeiger, H. J., u. Townes, C. H.: Phys. Rev. Bd. 99 (1955) Nr. 4, S. 1284
- [2] Shimoda, K., u. Wang, T. C.: Rev. Sci. Instr. Bd. 26 (1955) Nr. 2, S. 1148
- [3] Bloch, F.: Phys. Rev. Bd. 70 (1946) Nr. 2, S. 460
- [4] Wittke, J. P.: Proc. I.R.E. Bd. 45 (1957) Nr. 3, S. 291
- [5] Bloembergen, N.: Phys. Rev. Bd. 104 (1956) Nr. 2, S. 324
- [6] McWhorter, A. L., u. Meyer, J. W.: Phys. Rev. Bd. 109 (1958) Nr. 2, S. 312
- [7] DeGrasse, R. W., Schulz-DuBois, E. O., u. Scovil, H. E.: Bell Syst. techn. J. Bd. 38 (1959) Nr. 2, S. 305
- [8] Ditchfield, C. R., u. Forrester, P. A.: Phys. Rev. Letters Bd. 1 (1958), S. 448
- [9] Cedarholm, J. P., Bland, G. F., Havens, B. L., u. Townes, C. H.: Phys. Rev. Letters Bd. 1 (1958) S. 342
- [10] Weber, J.: Rev. Mod. Phys. Bd. 31 (1959) S. 681
- [11] Schwilo, A. L., u. Townes, C. H.: Phys. Rev. Bd. 112 (1958) Nr. 5, S. 1940
- [12] Pierce, J. R., u. Kompfner, R.: Proc. I.R.E. Bd. 47 (1959) Nr. 3, S. 372
- [13] Klinger, H. H.: Molekulare Mikrowellen-Verstärker (Maser). Elektron. Rdach. Bd. 12 (1958) Nr. 7, S. 237 - 238
- [14] Meyer, J. W.: The solid state maser - a supercooled amplifier Electronics (Eng. Ed.) Bd. 31 (1958) Nr. 17, S. 66-71, referiert in Elektron. Rdach. Bd. 12 (1958) Nr. 10, S. 350 - 352
- [15] NH_3 -Maser auf dem Markt. Elektron. Rdach. Bd. 13 (1959) Nr. 12, S. 458 - 459

Buchbesprechungen

Leitfaden der Transistortechnik. Von H. G. Mende. München 1958, Franz. Verlag. 288 S. m. 288 B. u. 21 Tab. DIN A 5. Preis in Ganzl. geb. 19,80 DM.

Der Transistor - Allgemeine Grundlagen. Von H. R. Schlegel. Hannover 1959, Fachbuchverlag S. Schütz. 200 S. m. 95 B. DIN A 5. Preis brosch. 9,80 DM.

Transistoren - Grundlagen und Niederfrequenzverstärker. Von J. Kammerloher. Füssen 1958 C. F. Winter'sche Verlagshandlung. 228 S. m. 97 B. DIN A 5. Preis in Ganzl. geb. 17,80 DM.

Alle drei Bücher beanspruchen mit Recht für sich, für den Mann der Praxis geschrieben zu sein. Sie stellen keine hohen Anforderungen an die mathematischen Kenntnisse des Lesers, sind in ihrem Inhalt und im Aufbau der Darstellung jedoch grundverschieden.

Wer beispielweise die zusammenfassendste Übersicht über die Arten der Transistoren, ihre Grundlagen, ihren Aufbau, ihre Herstellung, die elektrischen Eigenschaften, den Entwurf von Transistor-Schaltungen vielerlei Art und dimensionierte Beispiele aus den Anwendungsgebieten finden will, der greife zum Buch von Mende. Der Verfasser bringt in sehr faßlicher Form alles das, was zum Verständnis und zur Anwendung des modernen Bauelementes zweckmäßig und notwendig ist, wobei von ihm über 200 Literaturstellen ausgewertet worden sind.

Das Buch von Schlegel hat sich dagegen zum Ziel gesetzt, die Grundlagen stärker zu durchleuchten. Während der Aufbau des Transistors nur sehr kurz gestreift wird, sind (im zweiten Teil) die physikalischen Grundlagen - ausgehend vom Atommodell - ausgiebig behandelt. Der Hauptteil des Buches ist jedoch den einzelnen Eigenschaften des Transistors bei seiner Anwendung als Verstärkerelement gewidmet. Die jeweils erforderlichen Grundgleichungen sind angeführt, Zahlenbeispiele nur selten. Schaltungstechnisch werden nur die Grundschaltungen vorgestellt. Um einen ungefähren Einblick in den Hauptteil des Buches zu geben seien nachstehend wenigstens einige Überschriften der Hauptabschnitte genannt: Der Transistor in der Schaltung; Der Gleichstrom-Arbeitspunkt; Dimensionierung von Emittierwiderstand und Basospannungsteiler; Ströme, Spannungen und deren Zusammenhänge (statische Kennlinien); Die Verstärkung von Wechselströmen und Wechselspannungen; Das einfache Transistor-Ersatzschaltbild; Anpassung und Fehlanpassung; Die Verstärkungsregelung; Die Kapazitäten des Transistors; Das erweiterte Ersatzschaltbild; Die Rest-Gleichströme des Transistors; Der Temperatureinfluß; Verzerrungen; Das Rauschen; Matrixdarstellung; Die Transistor-Grundschaltung.

Eine Sonderstellung nimmt das Werk von Kammerloher ein. Als Lehrer der Staatlichen Ingenieurschule Gauß Berlin hat er zur Genüge erfahren, wie wichtig das Rechnen von Beispielen für den Lernenden ist. Durchgehend folgen in allen Abschnitten deshalb die Gleichungen und Ableitungen Rechenbeispiele. Den größten Umfang des Buches benötigt die Behandlung der Grundlagen des Transistors, während etwa ein Drittel des Platzes der Berechnung von Niederfrequenzverstärkern mit Transistoren vorbehalten ist (mehrfache Niederfrequenzverstärker und Leistungsverstärker). Die Hauptabschnitte des Grundlagenteilens heißen: Aufbau und Arbeitsweise des Flächentransistors; Experimentell aufgenommene Transistorkennlinien; Der Transistor als Verstärker; Rechnerische Behandlung des Transistorverstärkers bei kleinen Strom- und Spannungsänderungen; Der Transistor als aktiver Vierpol; Transistor-Kennlinien; Die λ -Gleichungen des Transistors; Vergleich der Konstanten der Transistorgleichungen mit denen der λ -Gleichungen; Berechnung der Kennwerte des Transistors aus den Ein- und Ausgangswiderständen und aus dem Stromverhältnis; Der Transistor als aktiver Vierpol in der T-Schaltung; Strom- und Spannungspannungsteilung; Die drei Transistorschaltungen; Gleichstromstabilisierung; Gegenkopplung.

Leistungsfähige Antennenanlage für das 2-m-Band

Für die Leistungsfähigkeit einer Sendestation sind besonders Abstrahlung und Leistungsgewinn der Antenne maßgebend. Dies gilt vor allem für Sender, die im UKW- oder Dezi-Bereich arbeiten. Eine Anlage mit guter Abstrahl-Charakteristik und hohem Antennengewinn von etwa 14 dB wird im folgenden beschrieben.

Als Antenne fand die neue 10-Element-Antenne „AM 10“ von Fuba Verwendung. Es wurden zwei Antennen zu einer 2-Ebenen-Antenne zusammengeschaltet, und zwar unter Verwendung der Fuba-Aufstockleitung „ASL/2“. Außerdem hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Antennenableitung mit 60-Ohm-Koaxialkabel auszuführen, da das übliche 240-Ohm-Flachbandkabel bezüglich der Verluste und der Impedanz zu sehr von der Luftfeuchtigkeit, insbesondere bei Regen und Schnee, abhängig ist. Zur Anpassung des Fußpunkt-widerstandes von 240 Ohm der Antenne an das 60-Ohm-Kabel ist eine $\lambda/2$ -Umwegleitung zweckmäßig. Eine solche Umwegleitung wird von der Firma Fuba in wetterfestem Kunststoffgehäuse geliefert und ist bis 100 W belastbar (Typ „SYG/2“).



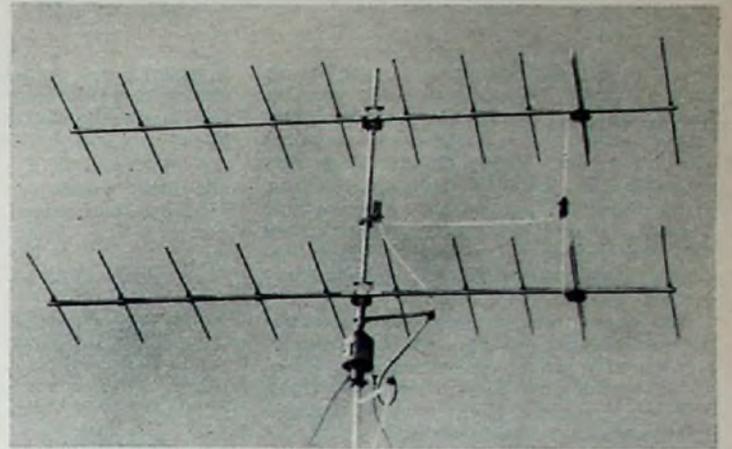
Bild 1. Drehteil mit abgenommener Haube und Fernsteuerungsgerät mit Windrose und Drucktasten

Die 2-Ebenen-Antenne ist drehbar anzuordnen. Zu diesem Zweck wird das gesamte Antennensystem auf einen fernsteuerbaren Rotor gesetzt (z. B. Ruff-Antennenrotor). Sein Antriebsmoment von 0,1 m kg reicht aus, um die 2-Ebenen-Antenne zu drehen.

Der verwendete Antennenrotor der Ruff KG (Bild 1) besteht aus dem Drehteil für den Antennenträger und dem Fernbedienungsgerät. Die Verbindung dieser Baugruppen stellt ein siebenadriges, mit wetterfestem Kunststoff umkleidetes Kabel her. Wie Bild 2 zeigt, wird die Arbeitsspannung im Bedienungsgerät mit Hilfe des Netztransformators auf etwa $2 \times 18 V$ herabgesetzt. Mit dieser Spannung von 36 V wird der Motor unmittelbar über die Kabeladern 1 und 2 betätigt.

Sobald der Netzschalter T3 - er ist in Form einer Drucktaste im Bedienungsgerät untergebracht - gedrückt wird, läuft der Motor an. Für die Kraftübertragung vom Motor zum Antennenträger ist ein kleines Zahnradgetriebe für Links- und

Bild 4. Ansicht der 2-Ebenen-Fuba-Antenne für den UKW-Amateurfunk mit Ruff-Antennenrotor



Rechtslauf angeordnet (Bild 3). Es bleibt zunächst noch ausgekuppelt. Das Motorritzel treibt zwei ständig mitlaufende Zwischenräder an. Weiter unten sitzen auf einem quer-verschiebbaren Schlitten die beiden Gummireibräder 1 und 2. Mit Hilfe eines federnden Ankers kann der Schlitten nach rechts oder links gedrückt werden. Drückt man nun die Taste T1 (Bild 2), dann erhält der Magnet 1 Strom. Sein Anker zieht an und schiebt den Schlitten nach links. Dadurch kommt das Reibrad 1 in Eingriff mit dem rechten Zwischenrad und dem großen unteren Zahnrad für die Antriebs-schnecke. Das große Rad läuft jetzt entgegen dem Uhrzeigersinn.

Beim Drücken der Taste T2 wird mit Hilfe des Magneten 2 der Schlitten nach

rechts geschoben. Das Gummireibrad 2 dreht dann das große Rad im Uhrzeigersinn. Für die Drehbewegung der Antenne sind stets T3 und eine der beiden Tasten T1 oder T2 zu betätigen. Lässt man die Tasten los, dann ist die Anlage stromlos.

Für die Richtungsanzeige verwendet man ein einfaches Drehfeldsystem. Der Drehteil enthält ein Ringpotentiometer mit drei Abgriffen und zwei Schleifarmen, die vom Rotor betätigt werden und eine Gleichspannung über eine Brückenschaltung an das Ringpotentiometer legen. Je nach Schleiferstellung sind die Spannungen an den drei Abgriffen verschieden. Man überträgt sie über die drei Leitungen 5, 6 und 7 auf das Bedienungskästchen. Hier ist eine Ringspulenwicklung um eine Kompaßnadel angeordnet. Die Nadel stellt sich jeweils in die stärkste Feldrichtung ein. Dadurch ist die Richtung der Antennenstellung eindeutig angegeben. Mit Hilfe einer drehbaren Windrose läßt sich die Anzeige in Übereinstimmung mit der wirklichen Himmelsrichtung bringen. Nach mehr als einer Umdrehung kuppelt sich der Antrieb selbsttätig aus. Die Drehgeschwindigkeit ist 2 U/min, während das Antriebsdrehmoment am Drehrohr mit 0,3 m kg und die zulässige Axialbelastung mit 40 kg maximalem Auflagegewicht angegeben werden.

Der Rotor kann auf ein 10 m hohes Standrohr gesetzt werden, wobei zu beachten ist, daß das Rohr einen Außendurchmesser von $1\frac{1}{4}$ Zoll (etwa 32 mm) haben muß. Das Rotorgehäuse hat drei Ösen, durch die Abspannseile für das Standrohr gezogen werden können. Das Verbindungskabel wird innerhalb des Standrohres durchgezogen; es ist so vor Beschädigung sicher. Der Rotor läßt sich mit drei Schrauben am Standrohr befestigen. Als Antennenträger muß ein Rohr mit 22 mm Innendurchmesser auf die Rotorachse gesetzt werden. Es soll eine Höhe von 1,20 m haben und am Ende verschweißt sein, um ein Eindringen von Regenwasser zu verhindern.

Die Antenne (Bild 4) bietet einen hohen Strahlungsgewinn. Bei einem 2-m-Sender mit 50 W Eingangsleistung waren bei normalen Ausbreitungsbedingungen im Umkreis von 150 km Lautstärken von über S9 möglich.

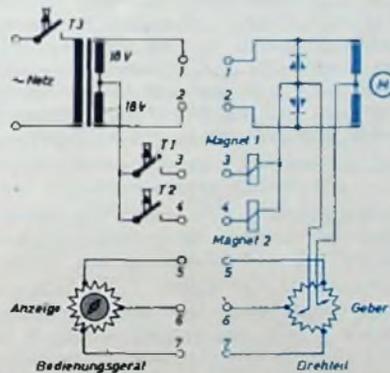


Bild 2. Schaltung des Drehteils (rechts) und des Fernbedienungsgerätes (links) für den Antennenrotor

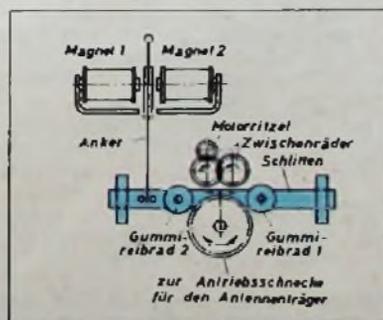


Bild 3. Die Skizze zeigt das Prinzip der Links- und Rechtssteuerung im Drehteil über zwei Reibräder

Beeinträchtigungen des Stereo-Effektes bei der Abtastung von Stereo-Platten

Bei der Stereo-Schallplatte enthält die innere, dem Plattenmittelpunkt nähere Seitenwand der Schallrinne das Signal des linken, die äußere Rillenwand dagegen das Signal des rechten Kanals. Jede Seitenwand der Rinne ist nun unter einem Winkel von 45° gegen die Plattenebene geneigt, so daß die beiden dem rechten und dem linken Kanal zugeordneten Bewegungsrichtungen senkrecht aufeinander stehen. Sowohl das linke als auch das rechte Signal hat dadurch je eine senkrechte und eine waagerechte Bewegungskomponente, wobei die senkrechten Komponenten der zwei Signale gleichgerichtet, ihre waagerechten Komponenten dagegen entgegengesetzt gerichtet sind.

Eine einwandfreie stereophonische Wiedergabe der Schallplatte setzt voraus, daß man bei der Abtastung die Bewegungskomponenten beider Schallrillenwände mit unverfälschten Größenverhältnissen auf den Abtastsaphir überträgt. Da aber die Platten so geschnitten werden, daß die waagerechten Bewegungskomponenten in der radialen Richtung der Platte und die senkrechten Komponenten genau senkrecht zur Plattenebene liegen, müssen die beiden Auslenkrichtungen des Saphirs mit diesen beiden Richtungen übereinstimmen, wenn die beiden Signalspannungen des Tonabnehmers ein getreues Bild der aufzeichneten Stereo-Darbietung sein sollen.

Beeinträchtigungen des Stereo-Effektes sind die Folge, wenn die horizontale Auslenkrichtung des Abtastsaphirs nicht genau radial zum Plattenmittelpunkt und die andere nicht genau senkrecht zur Plattenebene ausgerichtet ist, weil dann ein Teil des linken Signals in der dem rechten Kanal entsprechenden Ausgangsspannung des Tonabnehmers auftritt und umgekehrt. Diese Erscheinung kann man als eine Art von Übersprechen von einem Kanal zum anderen ansehen. Eine wirklich radiale Auslenkrichtung des Saphirs ist aber nur vorhanden, wenn die Längsachse von Tonarm und Tonabnehmer bei jedem Rillendurchmesser, also von der äußersten bis zur innersten Rinne der Platte, tangential zur Rinne gerichtet ist. Dies kann bei dem üblichen Tonarm, der an einem Ende um einen festen Drehpunkt schwenkbar gelagert ist, nicht der Fall sein. Bei einem derartigen Tonarm von 22 cm Länge tritt beispielsweise in den äußeren Plattenrillen ein Verlust des Stereo-Effektes von etwa 30 dB ein, wenn der Tonarm so gelagert ist, daß der Saphir über den Plattenmittelpunkt schwenkt.

Wie groß das Übersprechen ist, wenn die Längsachse des Tonabnehmers nicht genau mit der Tangente an die Schallrinne zusammenfällt, sondern mit dieser einen Winkel bildet, kann man leicht berechnen, wenn man sich die Koordinaten der Schallrinne und des Tonabnehmers genauer ansieht. Im Bild 1 ist links der Querschnitt einer Schallrinne zu sehen, bei der der Einfachheit halber angenommen ist, daß sie nur ein linkes Signal enthält, das einem Bewegungsvektor L der inneren (hier linken) Schallrillenwand entspricht. Der Vektor L kann in eine senkrechte Aufwärts-

bewegung mit der Amplitude $L/\sqrt{2}$ und in eine horizontale, radial nach rechts gerichtete Bewegungskomponente gleicher Amplitude zerlegt werden. Die horizontale Komponente wird nicht mit ihrer vollen Größe auf den Tonabnehmer übertragen, wenn seine horizon-

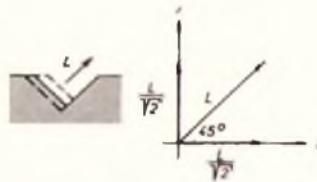


Bild 1. Querschnitt (links) und Koordinaten (rechts) einer Stereo-Schallrinne, die nur ein linkes Signal mit dem Bewegungsvektor L enthält

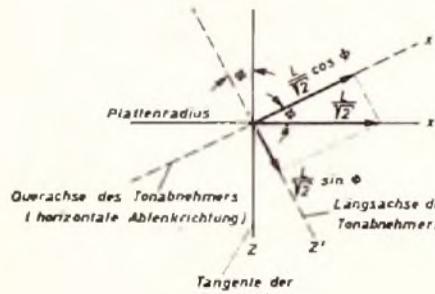


Bild 2. Die horizontale Komponente des Bewegungsvektors L und die seitliche Auslenkung des Abtastsaphirs bei einem Abtastfehler um den Winkel ϕ

tale Auslenkrichtung um den Winkel ϕ vom Plattenradius abweicht. Dies erkennt man aus Bild 2, in dem die Koordinaten von Schallrinne und Tonabnehmer dargestellt sind, wie sie sich bei einem Blick von oben auf die Schallplattenebene darbieten. Die horizontale, radiale Bewegungskomponente $L/\sqrt{2}$ verursacht eine horizontale Auslenkung des Abtastsaphirs, die nur die Amplitude $(L/\sqrt{2}) \cos \phi$ hat. Setzt man diese horizontale Bewegungskomponente wieder mit der unveränderten vertikalen Komponente der Größe $L/\sqrt{2}$ zusammen, dann erhält man jetzt einen Bewegungsvektor L_1 des Abtastsaphirs, der in Richtung und Größe von dem ursprünglichen Vektor L verschieden ist (Bild 3). Die Richtungsabweichung des Vektors L_1 von dem

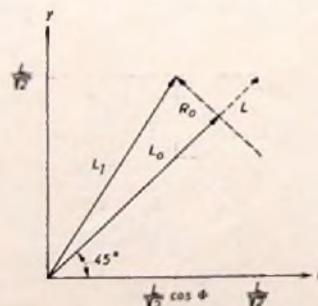


Bild 3. Ursprünglicher Bewegungsvektor L und der durch den Abtastfehler ϕ entstehende Bewegungsvektor L_1 des Saphirs mit den sich daraus ergebenden Ausgangsspannungen L_0 im linken und R_0 im rechten Kanal

45° -Winkel bedeutet aber, daß der Tonabnehmer eine Spannung nicht nur für den linken Kanal, sondern auch für den rechten Kanal abgibt, obwohl die abgetastete Rinne gar kein rechtes Signal enthält.

Die Ausgangsspannung des Tonabnehmers für die beiden Kanäle ergibt sich, wenn man im Bild 3 den Vektor L_1 in zwei Komponenten zerlegt, von denen die eine, L_0 , einen Winkel von 45° gegen die Koordinatenachsen hat, also auf dem Vektor L liegt, während die andere Komponente R_0 senkrecht auf L_0 steht. L_0 entspricht der Ausgangsspannung des Tonabnehmers im linken Wiedergabekanal und R_0 der Ausgangsspannung im rechten Kanal. Aus Bild 3 läßt sich leicht ausrechnen, daß

$L_0 = L/2 (1 + \cos \phi)$ und $R_0 = L/2 (1 - \cos \phi)$ ist. Für $\phi = 0$ wird $L_0 = L$ und $R_0 = 0$, während beispielsweise für $\phi = 60^\circ$ $L_0 = 3/4 L$ und $R_0 = 1/4 L$ wird. Abtastfehler von 60° kommen zwar nur sehr selten vor, jedoch ist ein ϕ von 30° bei handelsüblichen geraden Tonarmen durchaus möglich. Im Bild 4 ist das Verhältnis von L_0 zu R_0 (ausgedrückt in dB) in Abhängigkeit vom Abtastfehlerwinkel ϕ dargestellt, wobei L_0 und R_0 in der eben erläuterten Weise be-

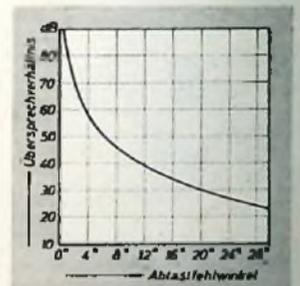


Bild 4. Übersprechverhältnis in Abhängigkeit von ϕ

rechnet sind. Dieses Verhältnis von L_0 zu R_0 , das entsteht, wenn die Schallrinne nur ein linkes Signal enthält, kann als Übersprechverhältnis bezeichnet werden. Für einen einwandfreien Stereo-Effekt soll es so groß wie möglich (im Idealfall unendlich groß) sein. Bild 4 zeigt, daß es bei einem Abtastfehler von 30° nur noch 23 dB beträgt; das bedeutet schon eine sehr starke Beeinträchtigung des Stereo-Effektes.

Ein um einen festen Punkt schwenkbarer gerader Tonarm läßt sich stets nur so anbringen, daß er für einen einzigen Rillendurchmesser streng tangential zur Rinne liegt, während für alle anderen Radien der Abtastfehlerwinkel ϕ größer als Null ist. Die Abtastfehler und der Winkel ϕ lassen sich aber auf ein Minimum reduzieren, wenn man einen geraden Tonarm der Länge A so montiert, daß sein Schwenkpunkt einen Abstand von der Mitte des Plattentellers hat, der um eine gewisse Strecke a größer als A ist, und zwar muß a so groß sein, daß der Arm tangential liegt für einen Rillendurchmesser d , der gleich dem geometrischen Mittel des äußersten und des inner-

sten Rillradius ist (Bild 5). Nimmt man bei einer 30-cm-Platte den Radius der innersten Rille zu 6,4 cm und den der äußersten Rille zu 14,6 cm an, dann ist das geometrische Mittel d gleich 9,6 cm; hieraus berechnet sich die Strecke a zu $\sqrt{92 + A^2} - A$. Gegenüber einer Anordnung des Tonarms, bei der der Saphir durch den Plattenmittelpunkt geht, kann auf diese Weise eine Verbesserung des Über-

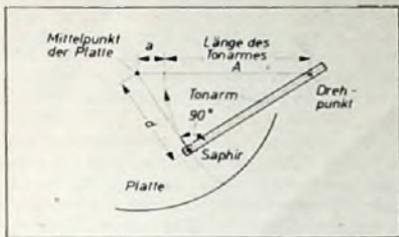


Bild 5. Geometrische Verhältnisse bei optimaler Anbringung eines geraden Tonabnehmers

sprechverhältnisses um etwa 11 dB erreicht werden. In jedem Falle nimmt der Abtastfehler ϕ natürlich mit länger werdendem Tonarm ab.

Der beim Abspielen der Stereo-Schallplatte auftretende maximale Abtastfehler ϕ läßt sich in noch engeren Grenzen halten, wenn man die Längsachse des Tonabnehmers um einen kleinen Winkel β gegen die Längsachse des Tonarms verdreht, also einen um den Winkel β geknickten Tonarm verwendet. Es hat sich gezeigt, daß optimale Verhältnisse dann vorliegen, wenn der Drehpunkt des Tonarms von dem Mittelpunkt des Plattentellers einen Abstand hat, der um eine Strecke $a = \sqrt{A^2 - 96} - A$ kleiner als die Länge A des Tonarms ist (Bild 6). Der Fehlwinkel ϕ hat dann für drei Rillradien den gleichen Wert, nämlich für die Radien der äußersten und der innersten Schallrille sowie für einen Radius, der gleich dem geometrischen Mittel der äußersten und innersten Radien ist. Zwischen je zwei dieser drei Radien befindet sich dann jeweils ein Radius, für den ϕ gleich Null ist.

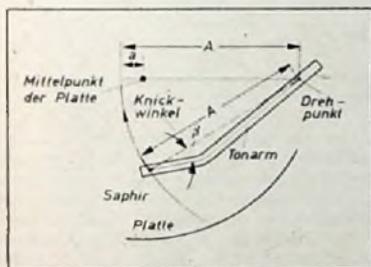


Bild 6. Geometrische Verhältnisse bei optimaler Anbringung eines geknickten Tonabnehmers

Zu jeder Tonarmlänge A läßt sich ein bestimmter Knickwinkel β finden, für den bei Beachtung der genannten Regel die geringsten Verluste der Stereo-Wirkung eintreten. Allerdings ist die Abhängigkeit des Knickwinkels β von der Tonarmlänge A nicht so sehr kritisch, weil einerseits die Verbesserung durch die Abknickung an sich schon sehr beträchtlich ist und weil andererseits das theoretische Optimum infolge der unterschiedlichen Plattendurchmesser und damit der äußersten und innersten Plattenradien sowieso kaum je erreicht werden kann. Bei Tonarmlängen zwischen 20 und 25 cm kann als günstiger Wert für den Knickwinkel etwa 20° angenommen werden. Unter diesen Umständen kann in den äußersten Schall-

rillen einer 30-cm-Platte ein Übersprechverhältnis von ungefähr 68 dB erreicht werden, während die entsprechenden Werte für einen geraden Tonarm bei optimaler Anbringung nach Bild 5 rund 42 dB und bei Anbringung mit über den Plattenmittelpunkt gehendem Saphir etwa 32 dB sind. Diese Werte gelten für Tonarme, die ungefähr 22 cm lang sind.

Eine ähnliche, zum Übersprechen führende Drehung des Bewegungsvektors L aus seiner 45° -Lage heraus tritt übrigens auch ein, wenn der Abtastsaphir im Tonabnehmer so gelagert ist, daß er seine der senkrechten Bewegungskomponente des Vektors L entsprechenden Bewegungen nicht genau unter einem Winkel von 90° zur Plattenebene, sondern in einer zur Platte geneigten Ebene ausführt. Praktisch wird das immer der Fall sein, denn bei den meisten Tonabnehmern ist der Saphir rechtwinklig an einem Ende eines horizontalen Hebels angebracht, dessen anderes Ende der Schwenkpunkt des Hebels ist. Beim Gleiten des Saphirs in der Schallrille führt der Hebel entsprechende Bewegungen in der senkrechten und der waagerechten Ebene aus, die von seinem Schwenkpunkt aus auf die Kristall- oder Magnetwandler oder auf sonstige Wandler übertragen werden.

Wenn der Saphir die senkrechten Bewegungskomponenten der Schallrille unverfälscht ausführen soll, müßte der den Saphir tragende Hebel genau waagrecht gelagert sein. Sein Schwenkpunkt müßte also praktisch in der Plattenebene liegen; das läßt sich naturgemäß nicht verwirklichen. Die handelsüblichen Tonabnehmer sind deshalb durchweg so gebaut, daß der Hebel mit dem Abtastsaphir etwas gegen die Plattenebene geneigt und sein Schwenkpunkt um einen gewissen Betrag angehoben ist. Dieser Neigungswinkel kann kaum kleiner als 15° , sollte aber nicht größer als 30° sein. Um den gleichen Winkel ist die Ebene, in der der Saphir liegt und in der seine senkrechten Bewegungskomponenten wirksam werden, gegen die Plattennormale geneigt.

Eine quantitative Erfassung der hierdurch verursachten Fehler bei der Stereo-Wiedergabe ist kaum möglich, weil die Verhältnisse dadurch unübersichtlich werden, daß auch beim Schneiden der Platten mit einem ähnlichen Neigungswinkel gearbeitet wird. Dieser Winkel dürfte bei den einzelnen Fabrikaten verschieden sein und ist im allgemeinen nicht bekannt. Man kann aber wohl annehmen, daß er in den meisten Fällen zwischen 15° und 30° liegt. Stimmt der Neigungswinkel beim Abtasten mit dem beim Schneiden der Platte angewandten Winkel überein, dann entsteht überhaupt kein Abtastfehler. Aus diesem Grunde sollte der Neigungswinkel des Abtastsaphirs gegen die Senkrechte innerhalb der Grenzen von 15° und 30° liegen. Die dann noch auftretenden Abweichungen des Abtastwinkels gegen den Schneidwinkel verursachen nur noch verhältnismäßig geringe Abtastfehler. Auf jeden Fall sind diese restlichen Fehler gering gegenüber den vorher geschilderten „horizontalen Abtastfehlern“, die dadurch entstehen, daß die seitliche Bewegung des Saphirs nicht genau radial zur Schallrille erfolgt.

Schrifttum

- [1] Gicca, F. A.: Tone-arm tracking error in stereo. Electronics Wld. Bd. 62 (1959) Nr. 4, S. 70
- [2] Growhurst, N. H.: Pickup cartridges for stereo. Radio & TV News Bd. 60 (1958) Nr. 4, S. 35

Spezialröhren

Eigenschaften und Anwendungen

Neben den Rundfunk- und Fernsehempfängerröhren gibt es allein in Deutschland annähernd 500 Röhren, deren Anwendungsschwerpunkt auf dem Gebiet der industriellen Elektronik liegt. Diese Röhren werden im allgemeinen unter dem Namen „Spezialröhren“ zusammengefaßt. Dabei handelt es sich beispielsweise um langlebige, erschütterungsfeste Verstärkeröhren, an die höhere Ansprüche als an normale Verstärkeröhren gestellt werden. Ebenso rechnet man aber auch die vielen Katodenstrahlröhren, Gleichrichteröhren, Thyatronröhren, Stabilisatorröhren, Relaisröhren und andere besondere Ausführungen zu den Spezialröhren. Die Anwendung aller dieser Röhren erfordert naturgemäß die Kenntnis ihrer Daten und ihrer Eigenschaften, um eine Schaltung, in die die Röhren eingesetzt werden sollen, richtig zu dimensionieren. Das ist besonders auch dann wichtig, wenn ein vielleicht vorhandener Schaltungsvorschlag auf andere Röhrentypen abgestellt werden soll.

In einem in diesen Tagen herausgekommenen neuen Buch (*Spezialröhren, Eigenschaften und Anwendungen*. Von F. C. Ubasch. Berlin 1960, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH., 439 S. m. 310 B. u. 13 Tab., Preis in Ganzl. geb. 32 DM) werden nun die wesentlichsten Eigenschaften der wichtigsten Spezialröhrengruppen ausführlich erläutert und wertvolle Hinweise für die Dimensionierung von Schaltungen gegeben. Dort, wo die Berechnung der Schaltung als etwas ungewohnt vorausgesetzt werden mußte, sind ausführliche, durchgerechnete Beispiele aufgeführt.

Zu jeder Röhrengruppe wird in dem Buch mindestens ein typischer Vertreter mit ausführlichen technischen Daten genannt. Die Beschreibung der Röhren und die Daten umfassen dabei zwar ausschließlich Typen der Valvo GmbH, doch sind die Erläuterungen und Berechnungsunterlagen bei den einzelnen Röhrengruppen so allgemein gültig, daß sie ohne weiteres auf die entsprechenden Gruppen der Röhren anderer Hersteller übertragen werden können.

Das Buch behandelt Hochvakuumröhren, gasgefüllte Röhren und Photozellen. Bei den Hochvakuumröhren sind es Röhren für Verstärker- und Meßzwecke, Sender- und Leistungsverstärkeröhren sowie Katodenstrahlröhren, die in allen Einzelheiten vorgestellt werden. Die Gruppe gasgefüllte Röhren gliedert sich in gasgefüllte Gleichrichteröhren, Thyatronröhren, Ignitronröhren, Stabilisatorröhren, Geiger-Müller-Zählrohre und Relaisröhren. Bei den Photozellen wird zwischen Hochvakuumzellen und gasgefüllten Zellen unterschieden. Eine Spezialröhren-Vergleichsliste erleichtert die Wahl äquivalenter Röhrentypen.

Blättert man das Buch durch, dann ist immer wieder festzustellen, daß es dem Verfasser gelungen ist, nicht nur die Eigenschaften der Spezialröhren in klarer Form aufzuzeigen, sondern daß gerade dem Benutzer in der Praxis viele Angaben für die Verwendung der Röhren sowie nützliche Dimensionierungshinweise vermittelt werden. jä.

Die hochfrequente Beeinflussung von Tonbandgeräten

In der letzten Zeit mehren sich Fälle, in denen Tonbandgeräte, wenn sie sich im Nahfeld oder Übergangsfeld eines leistungsstarken Hochfrequenzzeugers befinden, gestört werden. Die Störungen treten in der Wiedergabeschaltung des Tonbandgerätes auf, wobei dem Modulationsinhalt des Tonbandes der Modulationsinhalt des Hochfrequenzzeugers beziehungsweise seine Brummodulation aufgeprägt wird. Die Herkunft dieser sich durch äußere Einflüsse ergebenden Modulationsbeeinflussung des Tonbandes läßt sich in vielen Fällen von den Laien, bei denen die große Masse der Tonbandgeräte betrieben wird, nicht eindeutig feststellen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß sich bei kommerziellen Tonbandgeräten Beeinflussungen dieser Art infolge der etwas aufwendigeren Maßnahmen zur Schirmung im allgemeinen nicht zeigen.

Als Störer können Hochfrequenzgeneratoren für gewerbliche, industrielle oder medizinische Zwecke sowie sonstige Nachrichtenträger, zum Beispiel benachbarte Rundfunksender oder Amateurfunksender, in Erscheinung treten. Hochfrequenzgeneratoren stören besonders dann, wenn die Anodenspannung unmittelbar (also ohne Gleichrichtung und Siebung) dem Wechselstromnetz entnommen wurde. Als Störerscheinung macht sich beim Tonbandspielen eine Brummodulation bemerkbar. Bei benachbarten Nachrichtensendern - häufig sind es Amateurfunksender, die im gleichen Hause betrieben werden - stellen sich Modulationsverzerrungen durch Überdeckung der Fremdmodulation ein, die unter Umständen zu einer völligen Unbrauchbarkeit der Aufnahme führen können. Auch werden zuweilen ausgesprochene Clicks, wie sie im Rhythmus der getasteten Morsezeichen entstehen können, im Modulationsinhalt des Tonbandes beobachtet.

Die tiefere Ursache für das Entstehen dieser Störungen liegt in dem Auftreten einer hohen Hochfrequenzspannung am Eingang des Aufnahmeverstärkers, wenn sie zugleich einen bestimmten Modulationsinhalt enthält. Wird die Eingangsstufe übersteuert, dann wirkt die Gitter-Katodenstrecke der Eingangsröhre als Diode, so daß Gitterstrom fließen kann, der seinerseits eine Aufladung des Gitterkondensators bewirkt. Im Zuge der sich durch die Zeitkonstante von R und C ergebenden, im Rhythmus der NF des HF-Trägers schwankenden negativen Gittervorspannung stellt sich eine Gleichrichtung ein, die im Prinzip einer üblichen Audiongleichrichtung entspricht. Eine Abhilfe läßt sich im Regelfall durch Verbesserung der Schirmung der Eingangsstufe und gegebenenfalls der Mikrofonleitung und auch des Mikrofons herbeiführen. Reicht das jedoch nicht zur Beseitigung der Störungen aus, dann sind in die Eingangsschaltung Siebmittel einzuschalten, die mit Rücksicht auf die Beibehaltung des Frequenzganges des Aufnahmeverstärkers sehr sorgfältig auszuwählen sind. Es empfiehlt sich (mit Rücksicht auf den hohen Eingangswiderstand der Verstärkerstufe, von einer sogenannten Querentstörung mit Hilfe von Kondensatoren abzusehen und statt dessen eine sogenannte Längsentstörung mit Hilfe von HF-Drosseln vorzunehmen. Hierbei

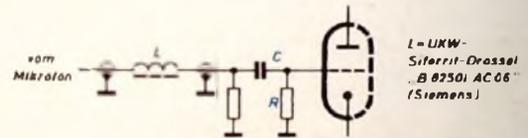


Bild 1. Unterdrückung einer hochfrequenten Beeinflussung eines Tonbandgerätes durch Längsdrossel in der Mikrofonleitung

ist die Kenntnis der Frequenz der am Gitter anstehenden HF-Spannung unbedingt erforderlich. Handelt es sich um Frequenzen oberhalb von 10 MHz, was häufig der Fall ist, dann werden vorzugsweise Drosselspulen mit Hochfrequenzkernen, die beispielsweise unter der Bezeichnung „Siferrit“, „Ferroxcube“ im Handel sind, erforderlich. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie für die Niederfrequenz einen niedrigeren und für die Hochfrequenz einen hohen Scheinwiderstand haben. Für Frequenzen unterhalb von 10 MHz empfiehlt sich die Verwendung von Luftdrosseln, deren gestreckte Drahtlänge = $\frac{1}{4}$ der zu bedämpfenden Hochfrequenz betragen soll. Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, wurde zur Unterdrückung einer durch einen Funkamateur hervorgerufenen Beeinflussung der Tonbandaufnahme ein Längsglied in die Mikrofonleitung eingeschleift, das aus einer UKW-Drossel mit Siferrit-Kern des Typs „B 82501 AC 06“ (Siemens) bestand. Die erste Resonanzfrequenz dieser Drossel war 30 MHz, so daß eine wirksame Bedämpfung der Störfrequenz (hier 28 MHz) erreicht wurde. Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß die Eingangsschaltung von Aufnahmeverstärkern hinsichtlich der Anfälligkeit für Beeinflussungen durch außenliegende hochfrequente Störträger sehr stark frequenzabhängig ist. Meistens handelt es sich nur um sehr schmale Frequenzbänder. Wer eine wirksame und zugleich schnelle Entstörung herbeiführen will, sollte sich - wie bereits angedeutet - unbedingt der Mühe unterziehen und die störende Frequenz bestimmen. Daß sich bei der praktischen Entstörung oft recht kuriose Erscheinungen einstellen können, ist nach den Erfahrungen mit der allgemeinen Funkentstörung nicht besonders verwunderlich. So ist es durchaus möglich, daß sich bei bestimmter Länge der Mikrofonleitung kritische Resonanzstellen ergeben können und durch Verkürzung um einige Zentimeter schon allein eine Störungsbeseitigung erreicht wird. In anderen Fällen können auch die Netzanschlußleitungen der Bandgeräte auf Grund ihrer besonderen Längenabmessungen oder ihrer Lage an dem Zustandekommen der Störungen beteiligt sein.

Mit Vorliebe errichte ich fuba-Antennen

Warum? Nun, die Gründe leuchten jedem Fachmann sofort ein: fuba-Antennen sind so handgerecht konstruiert, daß sie selbst mein jüngster Lehrling mühelos aufbauen kann. Und überdies zeichnen sie sich nicht nur durch hervorragende Empfangsleistung und zuverlässige Stabilität, sondern auch durch dauerhafte Korrosionsbeständigkeit aus. Diese besonders wertvolle Eigenschaft verdanken sie dem Oxydpanzer.

Mit einem Wort: fuba-Antennen sind technisch in jeder Beziehung auf der Höhe. Davon habe ich mich überzeugt. Und deshalb biete ich sie meinen Kunden vorzugsweise an. Aus Erfahrung weiß ich: Fernsehteilnehmer mit fuba-Antennen sind zufrieden. Sie bleiben meinem Geschäft treu - und vermitteln mir durch Ihre Empfehlung neue Kunden.

Aufmerksame Marktbeobachter stellen immer wieder fest: Fortschrittliche Fachhändler führen fuba-Fernseh-Antennen



FUBA-ANTENNENWERKE HANS KOLBE & CO.
BAD SALZDETURTH · GÜNZBURG/DONAU

H. RICHTER

Technik der Funk-Fernsteuerung



④

4. Modulations-Generatoren

Wie schon erwähnt, geht man von der einfachen Tastung unmodulierter Sender zu Gunsten des modulierten Betriebes mehr und mehr ab. Es sollen daher im folgenden die Tonfrequenz-Stromquellen besprochen werden, die zur Modulation der Sender erforderlich sind. Dabei wird die Wirkungsweise der verschiedenen Schaltungen als bekannt vorausgesetzt; sie sollen nur hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für Fernsteuerzwecke untersucht werden.

4.1 Sinusgeneratoren

Sinus-Tongeneratoren sind die geeignetsten Modulations-Stromquellen, weil sie oberwellenarme Spannungen bei guter Frequenzkonstanz abgeben können. Bild 16 zeigt eine einfache, aber für Fernsteuerzwecke völlig ausreichende Anordnung. Es handelt sich dabei um einen selbsterregten Generator in Meißner-Rückkopplungsschaltung mit dem Anodenschwingkreis L_1, C_1 und der Gitter-Rückkopplungsspule L . Außer der Gitterkombination R, C interessiert noch die Spule L_2 , die in Verbindung mit den Widerständen R_1, R_2 eine genaue Einstellung der Tonfrequenz ermöglicht. Man sollte nämlich die Schwingkreisspule mit ihren Hilfswicklungen stets auf einem Ferrit-Schalenkern unterbringen, wie er von verschiedenen Firmen, zum Beispiel Siemens, Steatit-Magnesia, Valvo usw., geliefert wird. Die Permeabilität der Kerne läßt sich durch Vormagnetisierung beeinflussen, so daß man mit R_1 die Induktivität genau einstellen kann. Mit diesem Widerstand wird ein Hilfsgleichstrom eingestellt, der für die erforder-

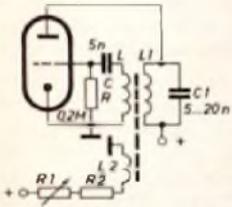


Bild 16. Schaltung eines Sinus-Tongenerators

liche Vormagnetisierung sorgt. Diese Regelung ist bei Kernen ohne Luftspalt, bei denen sich also das ganze Feld im ferromagnetischen Material befindet, besonders wirksam. Allerdings ergibt sich dann ein größerer Klirrfaktor als bei Spulen mit Luftspalt. Man muß sich also entscheiden, ob man die Induktivität wirksam regeln will oder ob man mehr Wert auf eine möglichst unverzerrte Schwingung legt. Eine gewisse Änderung der Induktivität läßt sich bei einigen Spulenkonstruktionen auch durch Abgleichstifte erreichen; der Regelbereich ist aber recht klein.

Die Herstellerfirmen geben für ihre Spulenkerne genaue Berechnungsvorschriften für die Windungszahlen an, so daß darauf verwiesen sei. Als Beispiel sei die Siemens-Siferrit-Spule „1100 N 22“ (23×17 mm, ohne Luftspalt, $A_L = 2900$) erwähnt, die sich zur Herstellung sehr guter NF-Kreise eignet. So erhält man bei einer Schwingkreiskapazität von 40 nF und 700 Wdg. 0.1 mm CuL eine Resonanzfrequenz von rund 1 kHz. Bei Spulenkerne anderen Fabrikates ergeben sich ähnliche Verhältnisse; die genannten Zahlen sollen nur einen Anhaltspunkt geben.

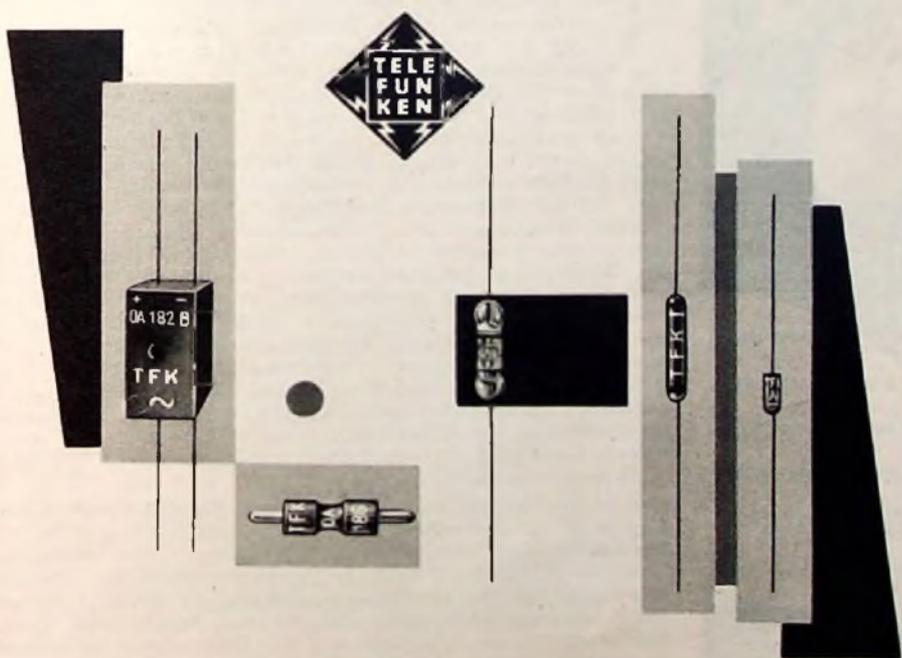
Der Aufbau derartiger Generatoren bietet dem Radiotechniker keine Schwierigkeiten. Die Speisespannung soll möglichst konstant sein. Ferner darf sich die Spule nicht nennenswert erwärmen, wenn man Frequenzverwerfungen vermeiden will. In ähnlicher Form lassen sich natürlich auch Transistor-Tongeneratoren bauen.

4.2 RC-Generatoren

RC-Generatoren haben den Vorteil, daß die verhältnismäßig teuren Ferritkerne nicht erforderlich sind und daß sich die Frequenz in weiten Grenzen regeln läßt, weil sie der Kapazität umgekehrt proportional ist (bei LC-Generatoren ist sie der Wurzel aus der Kapazität umgekehrt proportional). Trotzdem werden RC-Generatoren in der Fernsteuerpraxis kaum angewendet, da die Frequenz relativ stark von der Speisespannung abhängt. Das ist ein erheblicher Nachteil, denn besonders bei transportablen, aus Batterien betriebenen Anlagen muß man mit starken Speisespannungsschwankungen rechnen. RC-Generatoren kommen jedoch in Betracht, wenn zur Speisung stabilisierte Spannungen zur Verfügung stehen.

4.3 Schwebungsgeneratoren

Auch Schwebungsgeneratoren werden in der Fernsteuertechnik nicht verwendet, weil sie einen zu großen Aufwand erfordern (zwei Hochfrequenzgeneratoren und eine Mischstufe). Außerdem



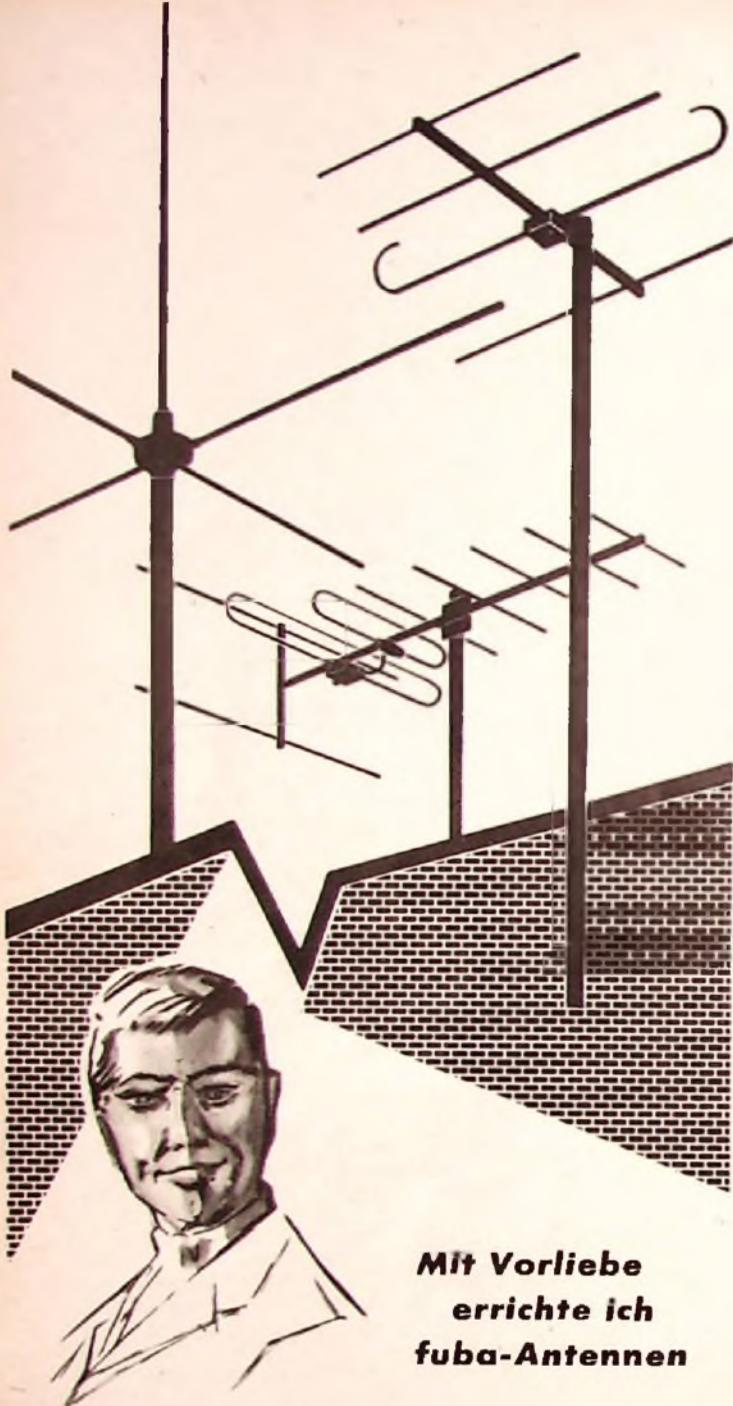
TELEFUNKEN

Germanium-Dioden

- OA 150 Universaldiode für mittlere Sperrspannung und mittleren Flußstrom
- OA 154 O Diodequartett für Ringmodulatoren und Gleichrichter in Graetz-Schaltung
- OA 159 Bei 39 MHz dynamisch geprüfte Diode, Regelspannungserzeuger in Fernsehgeräten
- OA 160 Bei 39 MHz dynamisch geprüfte Diode, Demodulator in Fernsehgeräten
- OA 161 Spezialdiode für hohe Sperrspannung mit großem Sperrwiderstand
- OA 172 Diodenpaar mit kleiner dynamischer Kapazität für Diskriminator- und Radiodetektorschaltungen
- OA 174 Universaldiode für mittlere Sperrspannung und mittleren Flußstrom
- OA 180 Golddrahtdiode mit besonders kleinem Durchlaßwiderstand, Schältdiode
- OA 182 Golddrahtdiode mit kleinem Durchlaß- und großem Sperrwiderstand
- OA 182 B Dioden-Quartett in Brückenschaltung für Meßgleichrichter
- OA 186 Diode für Einsatz in elektronischen Rechenmaschinen

Entwicklungsstellen der Industrie erhalten auf Anforderung Druckschriften über unsere Erzeugnisse mit genauen technischen Daten.

TELEFUNKEN
RÖHREN-VERTRIEB
ULM - DONAU



**Mit Vorliebe
errichte ich
fuba-Antennen**

Warum? Nun, die Gründe leuchten jedem Fachmann sofort ein: fuba-Antennen sind so handgerecht konstruiert, daß sie selbst mein jüngster Lehrling mühelos aufbauen kann. Und überdies zeichnen sie sich nicht nur durch hervorragende Empfangsleistung und zuverlässige Stabilität, sondern auch durch dauerhafte Korrosionsbeständigkeit aus. Diese besonders wertvolle Eigenschaft verdanken sie dem Oxydpanzer.

Mit einem Wort: fuba-Antennen sind technisch in jeder Beziehung auf der Höhe. Davon habe ich mich überzeugt. Und deshalb biete ich sie meinen Kunden vorzugsweise an. Aus Erfahrung weiß ich: Fernsehteilnehmer mit fuba-Antennen sind zufrieden. Sie bleiben meinem Geschäft treu — und vermitteln mir durch ihre Empfehlung neue Kunden.

Aufmerksame Marktbeobachter stellen immer wieder fest: Fortschrittliche Fachhändler führen fuba-Fernseh-Antennen



FUBA-ANTENNENWERKE HANS KOLBE & CO.
BAD SALZDETFURTH · GÜNZBURG · DONAU

Die hochfrequente Beeinflussung von Tonbandgeräten

In der letzten Zeit mehren sich Fälle, in denen Tonbandgeräte, wenn sie sich im Nahfeld oder Übergangsfeld eines leistungsstarken Hochfrequenzers befinden, gestört werden. Die Störungen treten in der Wiedergabeschaltung des Tonbandgerätes auf, wobei dem Modulationsinhalt des Tonbandes der Modulationsinhalt des Hochfrequenzers beziehungsweise seine Brummodulation aufgeprägt wird. Die Herkunft dieser sich durch äußere Einflüsse ergebenden Modulationsbeeinflussung des Tonbandes läßt sich in vielen Fällen von den Laien, bei denen die große Masse der Tonbandgeräte betrieben wird, nicht eindeutig feststellen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß sich bei kommerziellen Tonbandgeräten Beeinflussungen dieser Art infolge der etwas aufwendigeren Maßnahmen zur Schirmung im allgemeinen nicht zeigen.

Als Störer können Hochfrequenzgeneratoren für gewerbliche, industrielle oder medizinische Zwecke sowie sonstige Nachrichtenträger, zum Beispiel benachbarte Rundfunksender oder Amateurfunksender, in Erscheinung treten. Hochfrequenzgeneratoren stören besonders dann, wenn die Anodenspannung unmittelbar (also ohne Gleichrichtung und Siebung) dem Wechselstromnetz entnommen wurde. Als Störerscheinung macht sich beim Tonbandspielen eine Brummodulation bemerkbar. Bei benachbarten Nachrichtensendern — häufig sind es Amateurfunksender, die im gleichen Hause betrieben werden — stellen sich Modulationsverzerrungen durch Überdeckung der Fremdmodulation ein, die unter Umständen zu einer völligen Unbrauchbarkeit der Aufnahme führen können. Auch werden zuweilen ausgesprochene Clicks, wie sie im Rhythmus der getasteten Morsezeichen entstehen können, im Modulationsinhalt des Tonbandes beobachtet.

Die tiefere Ursache für das Entstehen dieser Störungen liegt in dem Auftreten einer hohen Hochfrequenzspannung am Eingang des Aufnahmeverstärkers, wenn sie zugleich einen bestimmten Modulationsinhalt enthält. Wird die Eingangsstufe übersteuert, dann wirkt die Gitter-Katodenstrecke der Eingangsröhre als Diode, so daß Gitterstrom fließen kann, der seinerseits eine Aufladung des Gitterkondensators bewirkt. Im Zuge der sich durch die Zeitkonstante von R und C ergebenden, im Rhythmus der NF des HF-Trägers schwankenden negativen Gittervorspannung stellt sich eine Gleichrichtung ein, die im Prinzip einer üblichen Audiongleichrichtung entspricht. Eine Abhilfe läßt sich im Regelfall durch Verbesserung der Schirmung der Eingangsstufe und gegebenenfalls der Mikrofonleitung und auch des Mikrofons herbeiführen. Reicht das jedoch nicht zur Beseitigung der Störungen aus, dann sind in die Eingangsschaltung Siebmittel einzuschalten, die mit Rücksicht auf die Beibehaltung des Frequenzganges des Aufnahmeverstärkers sehr sorgfältig auszuwählen sind. Es empfiehlt sich (mit Rücksicht auf den hohen Eingangswiderstand der Verstärkerstufe), von einer sogenannten Querentstörung mit Hilfe von Kondensatoren abzusehen und statt dessen eine sogenannte Längsentstörung mit Hilfe von HF-Drosseln vorzunehmen. Hierbei

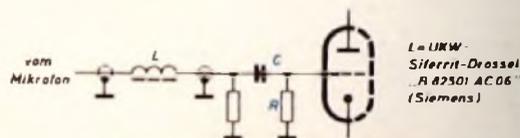


Bild 1. Unterdrückung einer hochfrequenten Beeinflussung eines Tonbandgerätes durch Längsdrossel in der Mikrofonleitung

ist die Kenntnis der Frequenz der am Gitter anstehenden HF-Spannung unbedingt erforderlich. Handelt es sich um Frequenzen oberhalb von 10 MHz, was häufig der Fall ist, dann werden vorzugsweise Drosselpulen mit Hochfrequenzkernen, die beispielsweise unter der Bezeichnung „Siferrit“, „Ferroxcube“ im Handel sind, erforderlich. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie für die Niederfrequenz einen niedrigeren und für die Hochfrequenz einen hohen Scheinwiderstand haben. Für Frequenzen unterhalb von 10 MHz empfiehlt sich die Verwendung von Luftdrosseln, deren gestreckte Drahtlänge = $1/4$ der zu bedämpfenden Hochfrequenz betragen soll. Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, wurde zur Unterdrückung einer durch einen Funkamateure hervorgerufenen Beeinflussung der Tonbandaufnahme ein Längsglied in die Mikrofonleitung eingeschleift, das aus einer UKW-Drossel mit Siferrit-Kern des Typs „B 82501 AC 06“ (Siemens) bestand. Die erste Resonanzfrequenz dieser Drossel war 30 MHz, so daß eine wirksame Bedämpfung der Störfrequenz (hier 28 MHz) erreicht wurde. Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß die Eingangsschaltung von Aufnahmeverstärkern hinsichtlich der Anfälligkeit für Beeinflussungen durch außenliegende hochfrequente Störträger sehr stark frequenzabhängig ist. Meistens handelt es sich nur um sehr schmale Frequenzbänder. Wer eine wirksame und zugleich schnelle Entstörung herbeiführen will, sollte sich — wie bereits angedeutet — unbedingt der Mühe unterziehen und die störende Frequenz bestimmen. Daß sich bei der praktischen Entstörung oft recht kuriose Erscheinungen einstellen können, ist nach den Erfahrungen mit der allgemeinen Funkentstörung nicht besonders verwunderlich. So ist es durchaus möglich, daß sich bei bestimmter Länge der Mikrofonleitung kritische Resonanzstellen ergeben können und durch Verkürzung um einige Zentimeter schon allein eine Störungsbesichtigung erreicht wird. In anderen Fällen können auch die Netzanschlußleitungen der Bandgeräte auf Grund ihrer besonderen Längenabmessungen oder ihrer Lage an dem Zustandekommen der Störungen beteiligt sein.

Lipp

H. RICHTER

Technik der Funk-Fernsteuerung



④

4. Modulations-Generatoren

Wie schon erwähnt, geht man von der einfachen Tastung unmodulierter Sender zu Gunsten des modulierten Betriebes mehr und mehr ab. Es sollen daher im folgenden die Tonfrequenz-Stromquellen besprochen werden, die zur Modulation der Sender erforderlich sind. Dabei wird die Wirkungsweise der verschiedenen Schaltungen als bekannt vorausgesetzt; sie sollen nur hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für Fernsteuerzwecke untersucht werden.

4.1 Sinusgeneratoren

Sinus-Tongeneratoren sind die geeignetsten Modulations-Stromquellen, weil sie oberwellenarme Spannungen bei guter Frequenzkonstanz abgeben können. Bild 16 zeigt eine einfache, aber für Fernsteuerzwecke völlig ausreichende Anordnung. Es handelt sich dabei um einen selbsterregten Generator in Meißner-Rückkopplungsschaltung mit dem Anodenschwingkreis L_1, C_1 und der Gitter-Rückkopplungsspule L . Außer der Gitterkombination R, C interessiert noch die Spule L_2 , die in Verbindung mit den Widerständen R_1, R_2 eine genaue Einstellung der Tonfrequenz ermöglicht. Man sollte nämlich die Schwingkreisspule mit ihren Hilfswicklungen stets auf einem Ferrit-Schalenkern unterbringen, wie er von verschiedenen Firmen, zum Beispiel Siemens, Steatit-Magnesia, Valvo usw., geliefert wird. Die Permeabilität der Kerne läßt sich durch Vormagnetisierung beeinflussen, so daß man mit R_1 die Induktivität genau einstellen kann. Mit diesem Widerstand wird ein Hilfsgleichstrom eingestellt, der für die erforder-

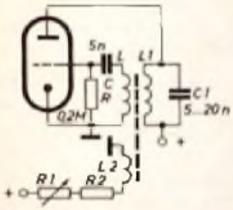


Bild 16. Schaltung eines Sinus-Tongenerators

liche Vormagnetisierung sorgt. Diese Regelung ist bei Kernen ohne Luftspalt, bei denen sich also das ganze Feld im ferromagnetischen Material befindet, besonders wirksam. Allerdings ergibt sich dann ein größerer Klirrfaktor als bei Spulen mit Luftspalt. Man muß sich also entscheiden, ob man die Induktivität wirksam regeln will oder ob man mehr Wert auf eine möglichst unverzerrte Schwingung legt. Eine gewisse Änderung der Induktivität läßt sich bei einigen Spulenkonstruktionen auch durch Abgleichstifte erreichen; der Regelbereich ist aber recht klein.

Die Herstellerfirmen geben für ihre Spulenkerne genaue Berechnungsvorschriften für die Windungszahlen an, so daß darauf verwiesen sei. Als Beispiel sei die Siemens-Siferrit-Spule „1100 N 22“ (23×17 mm, ohne Luftspalt, $A_L = 2900$) erwähnt, die sich zur Herstellung sehr guter NF-Kreise eignet. So erhält man bei einer Schwingkreiskapazität von 40 nF und 700 Wdg. $0,1$ mm CuL eine Resonanzfrequenz von rund 1 kHz. Bei Spulenkerne anderen Fabrikates ergeben sich ähnliche Verhältnisse; die genannten Zahlen sollen nur einen Anhaltspunkt geben.

Der Aufbau derartiger Generatoren bietet dem Radiotechniker keine Schwierigkeiten. Die Speisespannung soll möglichst konstant sein. Ferner darf sich die Spule nicht nennenswert erwärmen, wenn man Frequenzverwerfungen vermeiden will. In ähnlicher Form lassen sich natürlich auch Transistor-Tongeneratoren bauen.

4.2 RC-Generatoren

RC-Generatoren haben den Vorteil, daß die verhältnismäßig teuren Ferritkerne nicht erforderlich sind und daß sich die Frequenz in weiten Grenzen regeln läßt, weil sie der Kapazität umgekehrt proportional ist (bei LC-Generatoren ist sie der Wurzel aus der Kapazität umgekehrt proportional). Trotzdem werden RC-Generatoren in der Fernsteuerpraxis kaum angewendet, da die Frequenz relativ stark von der Speisespannung abhängt. Das ist ein erheblicher Nachteil, denn besonders bei transportablen, aus Batterien betriebenen Anlagen muß man mit starken Speisespannungsschwankungen rechnen. RC-Generatoren kommen jedoch in Betracht, wenn zur Speisung stabilisierte Spannungen zur Verfügung stehen.

4.3 Schwebungsgeneratoren

Auch Schwebungsgeneratoren werden in der Fernsteuertechnik nicht verwendet, weil sie einen zu großen Aufwand erfordern (zwei Hochfrequenzgeneratoren und eine Mischstufe). Außerdem

TELEFUNKEN

Germanium-Dioden

- OA 150 Universaldiode für mittlere Sperrspannung und mittleren Flußstrom
- OA 154 Q Diodenquartett für Ringmodulatoren und Gleichrichter in Graetz-Schaltung
- OA 159 Bei 39 MHz dynamisch geprüfte Diode, Regelspannungserzeuger in Fernsehgeräten
- OA 160 Bei 39 MHz dynamisch geprüfte Diode, Demodulator in Fernsehgeräten
- OA 161 Spezialdiode für hohe Sperrspannung mit großem Sperrwiderstand
- OA 172 Diodenpaar mit kleiner dynamischer Kapazität für Diskriminator- und Radiodetektorschaltungen
- OA 174 Universaldiode für mittlere Sperrspannung und mittleren Flußstrom
- OA 180 Golddrahtdiode mit besonders kleinem Durchlaßwiderstand, Schaltodiode
- OA 182 Golddrahtdiode mit kleinem Durchlaß- und großem Sperrwiderstand
- OA 182 B Dioden-Quartett in Brückenschaltung für Meßgleichrichter
- OA 186 Diode für Einsatz in elektronischen Rechenmaschinen

Entwicklungsstellen der Industrie erhalten auf Anforderung Druckschriften über unsere Erzeugnisse mit genauen technischen Daten.

TELEFUNKEN
RÖHREN-VERTRIEB
ULM - DONAU

Die neue RIM-Verstärker-Serie

in Bausatzform und betriebsfertig



30-Watt-Allzweck-Mischpult „Gigant“ ①

3 Eingänge: Mikrofoneingang mit Tonabnehmer- oder Tonbandeingang, mischbar. Umblendungsmöglichkeit von Schallplatte auf Tonband u. umgekehrt. Getrennte Höhen- u. Tiefenregelung. Sprechleistung: 30 Watt u. 12 Watt umschaltbar. Klirrfaktor: Bei 30 W 3% (1000 Hz); bei 12 W 1,4% (1000 Hz). Ausgang: 5 — 15 — 200 Ω und 100 Volt-Ausgang (400 Ω bei 25 W). Frequenzbereich: 30—15000 Hz. Röhren: EF 86, 2 x ECC 83, 2 x EL 34, GZ 34. Stromversorgung: 110—220—240 Volt ~. Abmessungen: Länge 380 mm, Höhe 212 mm, Breite 290 mm. Gewicht: 12 kg. **Preise:** Bausatz kpl. nur 245,—, Baumappe: 3,50, betriebsfertig: DM 345,—

45 Watt-Endstufe „Titan“ ②

Eingang: nieder- oder hochohmig umschaltbar. Eingangsempfindlichkeit: 1 V. Frequenzbereich: 30 Hz — 20 kHz. Ausgang: 5 — 15 — 200 — 400 Ω . Aussteuerungsanzeige; mit Drehspeuleninstrument. Sprechleistung: 45 W. Klirrfaktor: 5% bei 1000 Hz. Röhren: ECC 83, 2 x EL 34, GZ 34, OA 81. Trackengleichrichter. Stromversorgung: 110—220—240 V ~. Abmessungen: 300 x 215 x 160 mm. Gewicht: 10,5 kg. **Preise:** Bausatz kpl. nur 218,—, Baumappe: 3,50, betriebsfertig: DM 278,—

9-Watt-Vollstereo S12 ①

Schaltung: Zweikanalverstärker als Doppelverstärker zum Betrieb von 2 Stereolautsprechern für Monaural- u. Stereoschallplatten. Frequenzbereich: 50 Hz — 15 kHz. Sprechleistung: 2 x 4,5 W. Klirrfaktor: 5% bei 1000 Hz. Klangregelnetz: Getrennte Höhen- und Bassregelung. Röhren: 2 x ECC 83, 2 x EL 84, 1 x EZ 81. Stromversorgung: 110—130—150—220 V ~. Abmessungen: 225/200 x 150 x 125/115 mm. CGew. 1,9 kg. **Preise:** Bausatz kpl. nur DM 149,—, Baumappe: 2,50

4-Watt-Kleinmischpult (Geh. wie S12)

Eingänge: Mikrofon und TA bzw. Tonband. Frequenzbereich: 50 Hz — 15 kHz. Röhren: EF 86, ECC 83, EL 84, EZ 80. Klangregelnetzwerk: Getrennte Höhen- u. Bassregelung. Stromversorgung: 110—130—150—220V ~. Gewicht: 4,5 kg. **Preise:** Bausatz kpl. nur DM 149,—, Baumappe: 2,50

Sonderangebot: Tisch-Tonbandgerät 9,5 cm/s Geschw. mit Endstufe. Doppelspur, 15 cm-Spule, Frequenzbereich: 50—16000 Hz. Laufzeit: 2 x 60 min; 8 Vallauf Drucklasten nur DM 249,—

RIM-Bastelbuch 1960 ein Begriff für Radio-, Elektro- und Technikbastler. Inland DM 2,25 bei Vorkasse DM 2,65 bei Nachnahme. Ausland DM 2,50 nur Vorkasse (Postsch.-Kla. München 13753)

München 15
am Hauptbahnhof

RADIO-RIM

GMBH

Bayerstraße 25
Telefon 55 7211

genügt die Frequenzkonstanz über längere Zellen hinweg nicht, besonders wenn die Temperaturstabilisierung der Hochfrequenzgeneratoren nicht ausreicht und wenn man mit Spannungsschwankungen rechnen muß.

4.4 Kippgeneratoren

Kippgeneratoren in Form von Multivibratoren und Sperrschwingern werden häufig für Fernsteuerungszwecke empfohlen, da sie sich mit sehr geringem Aufwand verwirklichen lassen. Ihrer Anwendung in den einfachen Grundformen stehen jedoch erhebliche Bedenken im Wege, denn es dürfte jedem Radio- und Fernseh-techniker bekannt sein, daß die Frequenzstabilität zu wünschen übrigläßt. Das gilt insbesondere hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Schwankungen der Speisespannung. So sei daran erinnert, daß gerade diese Spannungsempfindlichkeit der Hauptgrund für die leichte Synchronisierbarkeit der Kippgeneratoren ist. Daher sollten diese Schaltungen nur dann verwendet werden, wenn auf der Empfängerseite keine Tonselktion zur Anwendung kommt. Handelt es sich zum Beispiel um einen einfachen Pendler mit nachfolgendem RC-Verstärker und anschließender Gleichrichtung der Tonfrequenzspannung, so kann man auch größere Tonfrequenzschwankungen unbedenklich zulassen. Bei einfachen Einkanalanlagen ist daher der Sperrschwinger oder der Multivibrator am Platz. Verwendet man jedoch in Mehrkanalanlagen Tonselktionen beziehungsweise Resonanzrelais, so sind unbedingt stabile Sinusgeneratoren erforderlich. Besonders bei den sehr selektiven Zungenrelais, die nur eine Bandbreite von wenigen Hertz haben, reicht die Frequenzkonstanz von Kipperschaltungen niemals aus.

Die frequenzbestimmenden RC-Glieder der Multivibratoren und Sperrschwinger werden so bemessen, daß sich die gewünschte Tonfrequenz von einigen hundert bis einigen tausend Hertz ergibt. Eventuell kann man die Frequenzkonstanz verbessern, indem man LC-Schwungradkreise einbaut, wie man sie zum Beispiel in der Fernsehtechnik verwendet. Dann ist jedoch der Aufwand bereits nicht mehr geringer als bei Sinusgeneratoren.

4.5 Besondere Anforderungen bei Simultanbetrieb des Fernsteuerungssenders

Der Betrieb einfacher Einkanal-Anlagen stellt die geringsten Anforderungen an die Modulations-Stromquelle. Verzerrungen und Frequenzabweichungen sind tragbar, solange sie sich in vertretbaren Grenzen halten. Ist der Empfänger tonselektiv, so müssen die Frequenzabweichungen natürlich innerhalb der niederfrequenten Bandbreite des Empfängers liegen. Mehrkanalanlagen haben oft eine recht erhebliche empfängerseitige Tonselktion, zum Beispiel in Form von Zungenrelais. Höhere Klirrfaktoren spielen jedoch auch hier praktisch noch keine Rolle.

Der Simultanbetrieb stellt wesentlich schärfere Anforderungen. Hier wird der Sender gleichzeitig mit mehreren Tonfrequenzspannungen moduliert, die dann zur gleichen Zeit im Empfänger die zugehörigen Resonanzrelais zum Ansprechen bringen müssen. Die Tonfrequenzspannungen dürfen sich nun im Sender (und natürlich auch im Empfänger) lediglich linear überlagern, wenn man unangenehme Störungen vermeiden will. Erfolgt nämlich an Stelle der einfachen Superposition eine Mischung (das ist bei Kennlinien-Nichtlinearitäten oder bei stark verzerrten Spannungen der Tongeneratoren möglich), so entstehen Kombinationsfrequenzen, die aus den Grund- und Oberwellen der Generatoren gebildet werden. Ein einfaches Zahlenbeispiel soll die Auswirkung verdeutlichen: Der Generator a habe die Frequenz 500 Hz, der Generator b soll 1000 Hz und der Generator c soll 1500 Hz erzeugen. Arbeiten nun nur die beiden Generatoren b und c und tritt eine Mischung ein, so ergibt sich u. a. die Differenzfrequenz 1500 - 1000 = 500 Hz, die der Frequenz des Generators a entspricht. Diese Frequenz wird daher das zugehörige Resonanzrelais im Empfänger erregen, ohne daß der entsprechende Generator a eingeschaltet wurde. Die Steuerung ist also nicht mehr eindeutig.

Die Möglichkeiten zur Bildung von Kombinationsfrequenzen steigen schnell mit zunehmender Kanalzahl. Daher muß man jede Verzerrung beziehungsweise jede Nichtlinearität strengstens unterdrücken. Nur dann sind die Voraussetzungen für einen ungestörten Betrieb gegeben. Man wird daher bei Simultanbetrieb der Tongeneratoren so bauen, daß der Klirrfaktor sehr klein ist. Man dürfen zur Überlagerung der Frequenzen, beispielsweise im Modulatorteil des Senders, nur lineare Schaltmittel verwendet werden.

Im Bild 17 ist eine zur Superposition von Schwingungen geeignete Anordnung dargestellt. Fünf verschiedene Tonfrequenz-

1) Dieses Beispiel zeigt auch die Gefahr des Auftretens von Oberwellen größerer Amplitude; im vorliegenden Fall könnte beispielsweise die zweite Oberwelle von a das Relais b erregen. Daher wird man die Frequenzen in der Praxis nie so wählen, daß ganzzahlige Vielfache der tieferen Frequenzen zur Auslösung von Relais führen können, die mit höheren Frequenzen arbeiten.

**FILMSPULEN
UND FILMDOSEN
MAGNETBANDSPULEN
WICKELKERNE-ADAPTER
ARCHIV-KASSETTEN
FÜR TONBAND UND FILM**

Schneider

**CARL SCHNEIDER
ROHRBACH-DARMSTADT 2
TELEFON OBER-ARMSTADT 310
FERNSCHREIBER 0419-304**

generatoren arbeiten über die Entkopplungswiderstände $R_1 \dots R_5$ auf einen gemeinsamen ohmschen Widerstand R . Die Entkopplungswiderstände verhindern eine gegenseitige Störung der Generatoren; die Verwendung ohmscher Widerstände schließt jede Nichtlinearität aus. Die an R auftretende Spannung kann nun beispielsweise der Modulatorröhre zugeführt werden, die ebenfalls möglichst linear arbeiten muß. Man darf sie also nur sehr wenig aussteuern und muß eventuell durch Gegenkopplungen für eine weitere Linearisierung sorgen. Ist eine Verstärkung

Bild 17. Schaltung zur linearen Superposition verschiedener Tonfrequenz-Wechselspannungen ▶

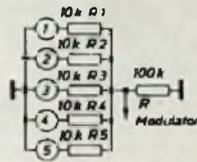
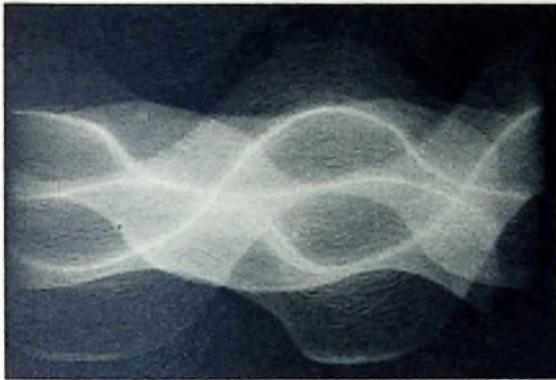


Bild 18. Oszillogramm mehrerer superponierter Schwingungen ▼



der superponierten Schwingungen erforderlich, so gilt für die Verstärkerröhre natürlich das gleiche. Außerdem darf man den Sender nicht zu stark modulieren. Da bei der Superposition von Schwingungen Phasenlagen auftreten können, bei denen sich alle Augenblickswerte gerade addieren, wird der Sender dann mit der n -fachen Modulationsspannung versorgt, wenn n die Anzahl der einzelnen Tongeneratoren gleicher Spannung bedeutet. Die Einzelspannung muß daher n -mal kleiner als die Spannung bei Einfachbetrieb sein, die zu dem gerade noch zulässigen Modulationsgrad führt. Auf jeden Fall sollte ein Höchst-Modulationsgrad von etwa 50% nicht überschritten werden. Das bedeutet zwar eine relativ schlechte Senderausnutzung, ist jedoch im Hinblick auf einen ungestörten Simultanbetrieb unbedingt erforderlich.

Bild 18 zeigt ein Oszillogramm von vier superponierten Sinusschwingungen. Sie sind tatsächlich linear überlagert, was sich fotografisch wegen des fehlenden Synchronismus zwischen den Spannungen leider nicht zum Ausdruck bringen läßt. Jede Übersteuerung ist im Oszillogramm durch helle obere und untere Begrenzungslinien bei den Maximalwerten leicht erkennbar. Die Einstellung einer Simultananlage sollte daher stets mit einem Oszillografen erfolgen.

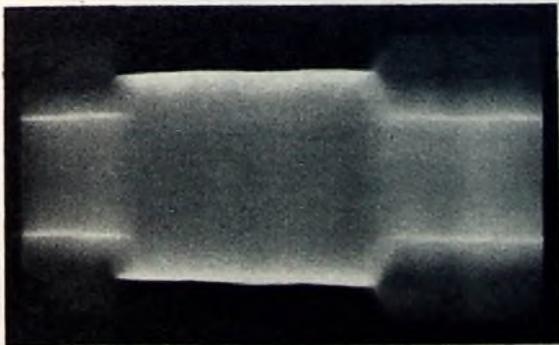
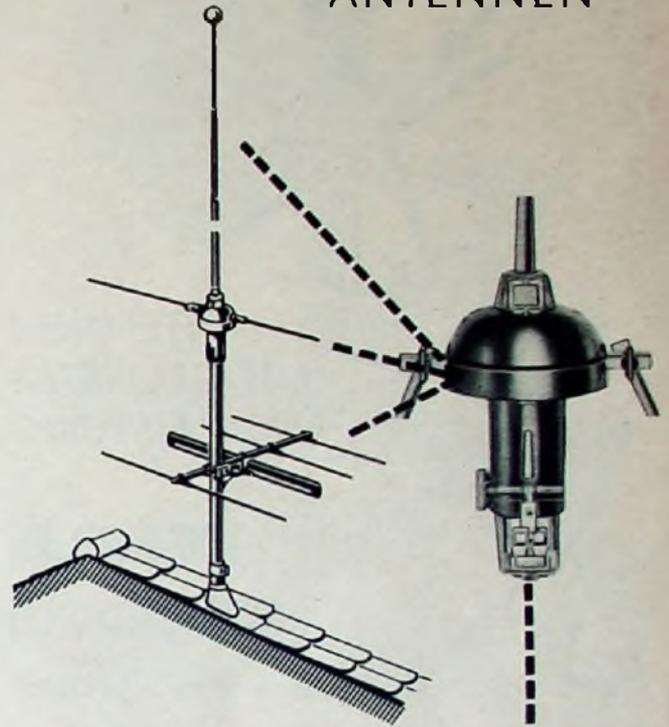


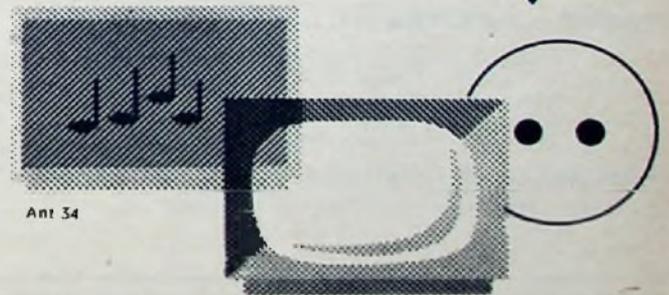
Bild 19. Oszillogramm einer mit Tonfrequenz modulierten Hochfrequenzschwingung bei teilweiser Austastung der Modulation

Das Oszillogramm eines modulierten Trägers mit Austastung durch einen für die Proportionalsteuerung erforderlichen Multivibrator-Impuls zeigt Bild 19. Links und rechts vom Mittelstück ist der Träger mit Tonfrequenz moduliert. In der Mitte, der Austastlücke des Multivibrators, fehlt die Modulation; hier ist nur noch der Träger vorhanden. Auch derartige Oszillogramme bilden eine gute Grundlage zur Beurteilung der Aussteuerungsverhältnisse. (Wird fortgesetzt)

SIEMENS
ANTENNEN



... mit der Weiche im Antennenkopf



Durch Zusammenschaltung der Rundfunk- und Fernsehbereiche im Antennenkopf nur eine Niederführung und keine zusätzliche Weiche am Fußpunkt der Antenne, daher einfache und billige Montage.

Verlangen Sie ausführliche Prospekte über Einzel- und Gemeinschaftsantennen, Verstärker und Zubehör von unseren Geschäftsstellen.

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT
WERNERWERK FÜR WEITVERKEHRS- UND KABELTECHNIK

Über das Lichtnetz arbeitender Fernschalter

Zur Fernsteuerung eines Schalters kann man die Leitungen des elektrischen Lichtnetzes als Verbindung zwischen einem Bedienungsgerät oder Geber und der eigentlichen Schaltvorrichtung ausnutzen. Dazu enthält der Geber einen Oszillator (Bild 1), der eine Trägerfrequenz von 60... 80 kHz erzeugt, die über einen Sperrkondensator an der nächstgelegenen Steckdose dem Lichtnetz zugeführt wird. Am Standort der Schaltvorrichtung entnimmt man die Trägerfrequenz wieder an einer Steckdose über einen Kondensator dem Netz und führt sie einem selektiven Empfänger zu, der sie gleichrichtet. Die gleichgerichtete Spannung wird verstärkt und steuert dann den eigentlichen Schalter, der als elektromagnetisches Relais ausgebildet ist. Wenn der Oszillator auf der Geberseite schwingt, spricht das Relais an und betätigt seinen Schaltkontakt. Arbeitet dagegen der Oszillator auf der Geberseite nicht, so fällt das Relais ab, weil dann der durch seine Spule fließende Strom auf einen sehr kleinen Wert absinkt.

Wenn man nicht zu große Entfernungen zwischen Geber und Schaltvorrichtung überbrücken will, können sowohl der Oszillator auf der Geberseite als auch der Empfänger der Schaltvorrichtung so einfach ausgeführt werden, daß man sich einen derartigen Fernschalter ohne Schwierigkeiten und großen Aufwand selbst bauen kann. Mit der beschriebenen Anlage läßt sich ein elektrisches Gerät, etwa ein Rundfunkempfänger, eine Beleuchtung usw., von einem anderen Zimmer oder sogar - in einem Mietshaus - von einer anderen Wohnung aus ein- und ausschalten. Unter günstigen Bedingungen kann der Fernschalter sogar von einem benachbarten Hause aus gesteuert werden. Die Reichweite hängt davon ab, wie stark das Netz in der nächsten Umgebung durch Lampen und sonstige Geräte belastet ist, da diese Belastung einen Nebenschluß für die die Trägerfrequenz vom Geber zum Empfänger führende Netzleitung darstellt.

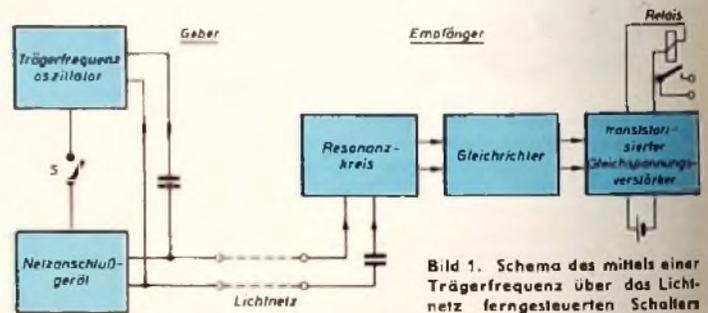


Bild 1. Schema des mittels einer Trägerfrequenz über das Lichtnetz ferngesteuerten Schalters

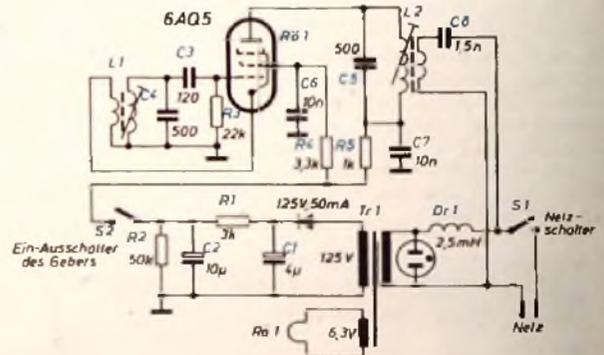


Bild 2. Vollständige Schaltung des Gebers mit dem Trägerfrequenz-Oszillator

Der Geber (Bild 1) besteht aus einem Röhrenoszillator, der seine Speisespannungen aus einem Netzanschlußgerät erhält. Durch den Schalter S wird die Anodenspannung (und damit der Oszillator) ein- und ausgeschaltet. Der Oszillatorausgang ist über einen Sperrkondensator mit dem netzseitigen Anschluß des Netzgerätes verbunden. Beim Entwurf des Empfängers mußte berücksichtigt werden, daß er möglichst ständig arbeitsbereit sein soll, um immer das Eintreffen oder Ausbleiben des Trägerfrequenzsignals feststellen und das Relais entsprechend betätigen zu können. Für den Gleichspannungsverstärker kam daher nur eine Transistorschaltung mit sehr geringem Stromverbrauch in Betracht.

Bild 2 zeigt die Schaltung des Oszillators und des Netzanschlußteiles. Der elektronengekoppelte Oszillator R61 mit einer Rückkopplung von der Katode auf das Steuergitter schwingt mit einer Frequenz von 60... 80 kHz. Diese Schaltung wurde gewählt, weil sie sehr stabil arbeitet und die Schwingfrequenz weitgehend unabhängig von Belastungsschwankungen des Oszillators ist. Da der Oszillatorausgang an das Lichtnetz gekoppelt ist, treten derartige Schwankungen zwangsläufig durch die stets wechselnde Belastung des Netzes auf. Die Schwingfrequenz wird durch den Gitterresonanzkreis L1, C4 bestimmt. Zur Vereinfachung und Verringerung des Aufbaus wurde für die Spule L1 die Zellen-Ablenkspule eines alten Fernsehempfänger-



ANTENNEN
MIT GROSSTER
LEISTUNG

5, RUE BOBILLOT

PARIS-13^e KEL.34-45

Ihre Berufserfolge

hängen von Ihren Leistungen ab. Je mehr Sie wissen, um so schneller können Sie von schlechtbezahlten in bessere Stellungen aufrücken. Viele frühere Schüler haben uns bestätigt, daß sie durch Teilnahme an unseren theoretischen und praktischen Fernkursen in

Radio - Fernsehen - Elektronik

mit Aufgabenkorrektur und Abschlußbestätigung (getrennte Kurse für Anfänger und Fortgeschrittene) bedeutende berufliche Verbesserungen erwirkt haben. Wollen Sie nicht auch dazugehören? Verlangen Sie den kostenlosen Prospekt! Gute Fachleute dieses Gebietes sind sehr gesucht!

FERNUNTERRICHT FÜR RADIOTECHNIK Abt. 3, Ing. Heinz Richter
Güntering - Post Hechendorf/Pilsensee/Obb.

MEIN ARBEITSFELD
KONSTANTE SPANNUNGEN

über 2 Jahrzehnte Erfahrung auf dem Gebiete der elektronischen und magnetischen Spannungsregelung für - und ~ Spannung über 100 Gerätetypen in

- HOCHKONSTANT-NETZGERÄTEN für Nieder- und Hochspannung
- MAGNETISCHE-GLEICHHALTER mit 0,1% und 0... 260 Volt kontinuierlich
- MAGNETISCHE-GLEICHHALTER mit ±1% und besser von 10-5000 Watt in Wand-, Tisch- u. Stahbauformen Tropenfeste und explosionsicher
- KONSTANT-TRAFOS in 20 Typen Anodenspannung, Schirmgitter- und Gitterspannung, div. Heizspannungen. Alle Spannungen besser ±1% konstant. Kein Netztrafo erforderlich

GENAUIGKEITSGRADE von 10⁻³...10⁻⁵

STEINLEIN-REGLER Rheinhausen Baden



gers verwendet. Die Abstimmung des Oszillators erfolgt durch Verschieben des Spulenkerns. Der Anodenresonanzkreis L 2, C 5 ist in ähnlicher Weise mit einer Zellen-Ablenkspule aufgebaut und auf die gleiche Frequenz wie der Gitterkreis abgestimmt. Über die Sekundärwicklung von L 2 gelangt die Schwingenergie in das Netz. Der Sperrkondensator C 8 verhindert einen Kurzschluß der Netzleitung durch die Sekundärwicklung von L 2, während die HF-Drossel Dr 1 dafür sorgt, daß der Oszillatorkreis nicht durch den Netztransformator Tr 1 kurzgeschlossen wird. Die vom Oszillator erzeugte Trägerfrequenz läßt sich durch den Schalter S 2 ein- und ausschalten, der in der Anodenspannungsleitung von R 5 liegt. S 2 ist also die eigentliche Bedienungsvorrichtung für den Fernschalter. Auf der Empfängerseite (Bild 3) gelangt das über das Lichtnetz übertragene Trägerfrequenzsignal zunächst zu dem auf die Trägerfrequenz abgestimmten Resonanzkreis L 3, C 10, der ähnlich wie die Kreise des Oszillators aufgebaut und vom Netz durch den Kondensator C 9 getrennt ist. Die Germaniumdiode D 1 richtet das Signal gleich, das dann die Basis des npn-Transistors T 1 (erste Stufe des Gleichspannungsverstärkers) steuert. Mit dem Widerstand R 7 läßt sich die Höhe der gleichgerichteten Spannung, also die Empfindlich-

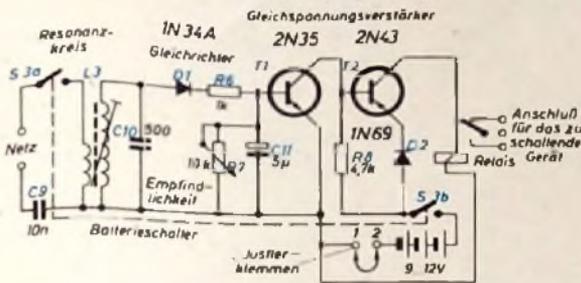


Bild 3. Vollständige Schaltung des auf die Trägerfrequenz abgestimmten Empfängers mit dem Schaltrelais

keit des Empfängers einstellen. Im Kollektorkreis von T 2 liegt die Wicklung des Schaltrelais, die einen Widerstand von etwa 8000 Ohm hat. Die Germaniumdiode D 2 im Emittierkreis von T 2 erzeugt am Emitter eine Sperrspannung, wenn kein Trägerfrequenzsignal vorhanden ist, und setzt damit den Stromverbrauch während der Wartezellen herab. Außerdem bewirkt D 2 eine gewisse Temperaturstabilisierung. Dadurch erreicht man, daß das Relais nur erregt wird, wenn das Trägerfrequenzsignal vorhanden ist und der Kollektorstrom von T 2 einen ausgeprägten Anstieg zeigt. Die normalerweise kurzgeschlossenen Klemmen 1 und 2 dienen zum Justieren des Empfängers auf die jeweils günstigste Empfindlichkeit.

Der Geber wird in ein Gehäuse von 18 x 12 x 5 cm, der Empfänger in ein Gehäuse von 12 x 8 x 5 cm eingebaut. Irgendwelche Schwierigkeiten können sich beim Aufbau nicht ergeben. Vor der Inbetriebnahme muß zunächst der Oszillator des Gebers abgeglichen werden, indem man den Anodenschwingkreis möglichst genau auf die Resonanzfrequenz des Gitterkreises abstimmt. Das erfolgt durch Messung des am Widerstand R 5 hervorgerufenen Spannungsabfalls mit einem Röhrevoltmeter; der Kern von L 2 wird so lange verschoben, bis sich ein Minimum für den Spannungsabfall ergibt, das bei den im Bild 2 angegebenen Werten bei etwa 4...5 V liegt. Die ungefähre Frequenz des Oszillators kann man mit einem Rundfunkempfänger finden; bringt man den Geber in die Nähe der in einem Rundfunkempfänger eingebauten Antenne, so tritt beim Durchdrehen der Abstimmung an mehreren Stellen der Skala ein stärkeres Netzbrummen auf; der frequenzmäßige Abstand zwischen zwei derartigen benachbarten Stellen entspricht etwa der Frequenz des Gebers.

Zum Justieren des Empfängers legt man ein Milliampereometer zwischen die Klemmen 1 und 2. Nach dem Schließen des Schalters S 3 muß ein Batteriestrom von etwa 0,1 mA fließen. Dann wird der Empfänger in der Nähe des Gebers mit dem Lichtnetz verbunden und der Oszillator des Gebers in Betrieb gesetzt. Jetzt verschiebt man den Kern der Spule L 3 so lange, bis das Milliampereometer seinen größten Ausschlag zeigt. Der Maximalausschlag darf aber keinesfalls 2 mA überschreiten, weil sonst die Transistoren überlastet werden; man muß also den Empfindlichkeitsregler R 7 rechtzeitig zurückdrehen. Der Resonanzkreis L 3, C 10 des Empfängers ist jetzt auf die Oszillatorfrequenz abgestimmt.

Wenn man Geber und Empfänger an den vorgesehenen Stellen an das Netz angeschlossen hat, muß bei eingeschaltetem Oszillator der Empfindlichkeitsregler R 7 des Empfängers so eingestellt werden, daß ein Batteriestrom von knapp 1 mA fließt. Dabei müssen alle elektrischen Lampen und Geräte in der Wohnung oder im Hause ausgeschaltet sein. Je mehr Lampen oder Geräte eingeschaltet sind, je stärker also das Netz belastet ist, um so niedriger wird der Kollektorstrom von T 2 bei einem eintreffenden Trägerfrequenzsignal. Solange dieser Strom aber nicht unter 1 mA sinkt, zieht das Relais sicher an.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß eine Anlage der beschriebenen Art unter die einschlägigen Bestimmungen des Gesetzes über Fernmeldeanlagen fällt. Die Inbetriebnahme ist deshalb nur erlaubt, wenn eine entsprechende Genehmigung der jeweils zuständigen Postbehörde vorliegt.

(S t o n e, D.: Tube-transistor carrier switch. Electronics Wld. Bd. 62 (1959) Nr. 4, S. 64)



PARIS
19 - 23
Februar
1960

3°

internationale Ausstellung elektronischer Bauelemente

Die grösste technische
Gegenüberstellung
der Welt
auf dem Gebiete
der Elektronik

Zugelassenes Reisebüro :
"Compagnie Internationale
des Wagons-Lits Cook"

FÉDÉRATION NATIONALE
DES INDUSTRIES ÉLECTRONIQUES
FRANÇAISES

(F.N.I.E.) 23, rue de Lübeck, PARIS 16^e
Tél. : Passy 01-16

METALLGEHÄUSE



PAUL LEISTNER HAMBURG
HAMBURG-ALTONA-CLAUSSTR. 4-6

Wo wollen Sie 1962 stehen?

Facharbeiter, die sich innerhalb zweier Jahren durch technischen Fernunterricht auf eine angesehene und besser bezahlte Techniker- oder Meisterstelle vorbereiten wollen, erhalten kostenlos das interessante Taschenbuch **DER WEG AUFWÄRTS**. Schreiben Sie gleich an das Technische Lehrinstitut Dr.-Ing. Christiani Konstanz - Postfach 1857



Radio- Ela- Elektronik- basteln

leicht und lehrreich mit

**RIM-
Bastelbuch 1960**
192 Seiten

Bei Vorkasse (Postch.-Kto. Mchn. 13753)
im Inland DM 2,25 - im Ausland DM 2,50

RADIO-RIM

München 15, Bayerstr. 25

FS - BANDKABEL

Transparent, Adern blank 50 m 7.20
Transparent, Adern veräilbart 50 m 8.45
Wasserfest, hellgrau, Adern veräilb. 50 m 9.00

Alle Europa- und USA-Röhren

HACKER

WILHELM HACKER KG
BERLIN-NEUKÖLLN
Am S- und U-Bahnhof Neukölln
Billbersteinstraße 5-7 - Tel.: 621212
Geschäftszeit: 8-17 Uhr, sonnabends 8-12 Uhr

Kaufgesuche

HANS HERMANN FROMM bittet um Angebot kleiner u großer Sonderposten in Empfangs-, Sende- und Spezialröhren aller Art. Berlin-Wilmersdorf, Fehrbelliner Platz 3, Tel. 87 33 95 / 96

Radioröhren, Spezialröhren zu kaufen gesucht. Intraco GmbH., München 2, Dacheuer Str. 112

Röhren aller Art kauft: Röhren-Müller, Frankfurt/M., Kaufunger Str. 24

Labor-Meßinstrumente aller Art. Charlottenburger Motoren, Berlin W 35

Radioröhren, Spezialröhren, Sende- röhren gegen Kasse zu kaufen gesucht. Szabebely, Hamburg-Gr. Flottbek, Grötenstraße 24, Tel.: 87 71 37

Verkäufe

Tonbandgerät zur Aufnahme von Sprache und Musik Bausatz ab 50,- DM. Prospekt freil. F. auf der Lake & Co., Mülheim/Ruhr

Alle Chemikalien und Spezialhauteile für gedruckte Schaltungen. Mayer K.-G., Bremen 1, Schließfach 678

TM 34

Dynamisches Richt-Mikrophon
geeignet für hochwertige
Tonbandaufnahmen, anschluß-
fertig, hoch- und
niederohmige Ausführung
Frequenzbereich: 50-13000 Hz
+ 3 db

DM 134.50
Metall-Stativ DM 9.50

**PEIKER
acoustic**

BAD HOMBURG V. D. H.

FUNK-TECHNIK

stets griffbereit

Vor Verlust und Beschädigung geschützt,
bilden die Hefte der
FUNK-TECHNIK
in den praktischen

Sammelmappen

mit Stabeinhängenvorrichtung für die Hefte des
laufenden Jahrgangs oder in den

Einbanddecken

für jeweils einen kompletten Jahrgang
*ein Nachschlagewerk von
bleibendem Wert*

Ausführung: Halbleinen mit Titelprägung
Preis: Sammelmappe 4,80 DM zuzüglich Versand-
spesen (Berlin: bis 2 Sammelmappen 40 Pf, bis 4 Sammelmappen 70 Pf; Bundesgebiet: bis 4 Sammelmappen 70 Pf). Einbanddecke 3,50 DM zuzüglich Versandspesen (Berlin: bis 2 Einbanddecken 40 Pf, bis 6 Einbanddecken 70 Pf; Bundesgebiet: bis 6 Einbanddecken 70 Pf)
Lieferung bei Voreinsendung des Betrages auf das Postcheckkonto **VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINO-TECHNIK GMBH**, Berlin West 76 64

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH
Berlin-Borsigwalde

Heathkit

RÖHRENVOLTMETER

V-7A

Ein Standardmeßgerät
mit 30 Meßbereichen für
vielseitige Anwendung in
der gesamten NF- und
HF-Technik.

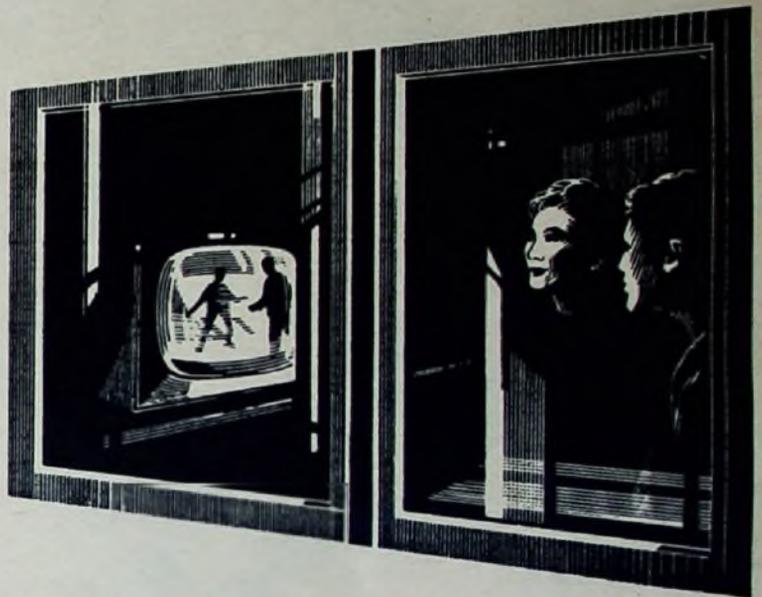
Messbereiche: 0 ... 1,5/5/15/50/150/500/1500 V_{eff}
0 ... 4/14/40/140/400/1400/4000 V_{ss}
0.1 ... 1000 M Ω (in 7 Stufen)
Frequenzgang: 42 Hz ... 7 MHz
Eingangswdstr.: 11 M Ω
Skalenlänge: 110 mm

DM 185.- als Bausatz
DM 249.- betriebsfertig

DAYSTROM ELEKTRO
G.M.B.H.
FRANKFURT/M., FRIEDENSSTRASSE 8-10, TEL. 91522/2472

Jede zweite Familie wird fernsehen

1957 gab es auf der Erde etwa 65 Millionen Fernsehgeräte... In England zählte man im Jahre 1950 auf 100 Einwohner bereits 17,4 Empfänger, in Belgien 3,8, in Frankreich 2,5. Mit hohen Zuwachsraten geht die Entwicklung weiterhin rapide aufwärts. - In zehn Jahren werden etwa 50% aller europäischen Familien einen Fernsehempfänger besitzen. Heute erscheint uns das vielleicht noch als kühne Pragnose - aber morgen!



Elektronenröhren - Weltwunder wurden Alltagswirklichkeit

61 Jahre vergingen, seitdem K. F. Braun die Katodenstrahlröhre entwickelte. Das sind sechs Jahrzehnte technischen Fortschritts und großartiger Leistungen der elektronischen Industrie... Schnell wuchs der Bedarf an Elektronenröhren für Fernsehgeräte. Der Handel mit diesen bedeutenden Bauelementen wurde zu einem interessanten Geschäftszweig am Weltmarkt. Die Röhrenwerke der Deutschen Demokratischen Republik liefern Ihnen hochwertige Empfängerröhren, Miniaturröhren, Langlebensdaueröhren u. a.

LEISTUNGSFÄHIG
FORTSCHRITTLICH
ZUVERLÄSSIG



RÖHRENWERKE

Vertreter für die Bundesrepublik:

Firma Dr. Hans Bürklin - MÜNCHEN, Schillerstraße 40

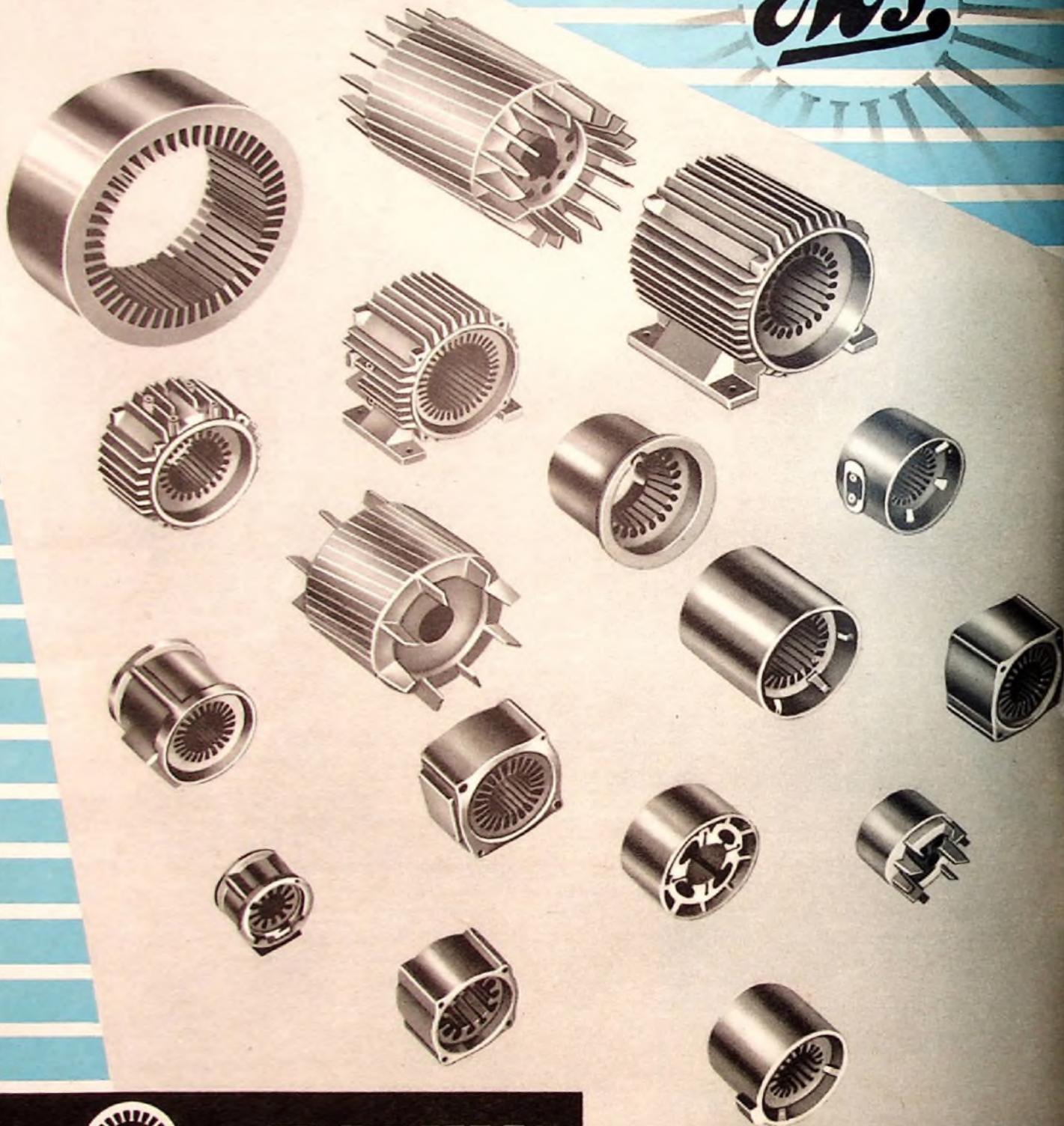
Der 294 Seiten starke Katalog kann kostenfrei angefordert werden



Besuchen Sie die Leipziger Frühjahrsmesse vom 28. Februar bis 8. März 1960

ABTLG. PRESSGUSS

ENZ



E. BLUM ^K_G

ENZWEIHINGEN · Ruf 643/44 · FS. 072/2093
WATTENSCHIED · Ruf 8323/24 · FS. 0825/866

Vertretungen:

Belgien, Olivier (P. & F.) SPRL, 103, Rue Charles-Martel, Herstal-Liège, Tel. 64 14
Dänemark, E. Friis Mikkelsen AS, Kopenhagen, Varmlandsgade 71, Tel. Sundby 6600
Holland, E. Blum K.-G., Aerdenhout, Generaal Spoorlaan 16, Tel. Haarlem 2643B
Norwegen, Helro Teknikk AS, Oslo, WM Thranesgt 1, Tel. 60 10 90
Italien, Siram, Torino, Corso Matteotti, 55, Tel. 47.804

Österreich, Josef Mathias Leeb, Wien, Stubanring 14, 11/4, Tel. R 29 4-65
Schweden, Jos. M. Marcus, Stockholm 6, Odengatan 4B, Tel. 32 24 61
Schweiz, Weller & Frey, Zürich, Oltikerstrasse 37, Tel. (051) 28 12 60
USA, Laminations Company, Stamford/Conn., P. O. Box 13, Tel. Fireside 8-1013
Berlin, E. Blum K.-G., Berlin W 15, Sächsische Strasse 6, Tel. 91 97 60