

ler im Ausgang den Klang stark zu verdunkeln, um Klirrverzerrungen damit nahezu unhörbar zu machen. Die geringere Empfindlichkeit des Verstärkers für die höheren Saiten wird dadurch wettgemacht, daß der Tonabnehmer den hohen Saiten näher steht als den Tiefen. Wir hatten so zum Beispiel Gelegenheit, einen Gitarristen im Rahmen eines Sextettes zu hören, der mit einer CL 4 als Endröhre und unter Berücksichtigung dieser Tatsachen tadellos mit der erzielbaren Lautstärke auskam, während in einer Bar, zwei Häuser weiter, ein 25-Watt-Verstärker zu leise war und außerdem miserabel klang.

Die größte Schwierigkeit bereitet der unbedingt erforderliche Allstrombetrieb. Es gibt nämlich, besonders in Süddeutschland, noch eine ganze Anzahl von Gleichstromnetzen und darunter sogar solche zu 110 V. Selbst im Zentrum von München, Stuttgart und Regensburg findet man sie. Der Musiker, der in solch einer Stadt gastiert, muß aber die Gewähr haben, daß seine Anlage auch dort einwandfrei arbeitet, denn der Einsatz eines Umformers ist für ihn zu kompliziert. Es muß also ein Verstärker geschaffen werden, der beispielsweise bei 110 V Gleichstrom noch mindestens 4 Watt Sprechleistung abzugeben in der Lage ist. Bei einer zur Verfügung stehenden Anodenspannung von rund 110 V ist dies aber mit $2 \times CL 2$, CL 6 oder 25 L 6 durchaus möglich. Dabei verhalten sich die europäischen Fünfpolendrühen günstiger als die amerikanischen Tetraden, da deren Klirrfaktorkurve sehr steil ansteigt. Schaltet man 2×2 dieser Endröhren in Gegentakt, dann erzielt man bei nur rund 110 V Anodenspannung volle 8 Watt, und das ist für einen Gitarrenverstärker schon eine recht schöne Leistung. Der Aufwand von 4 Endröhren gegenüber beispielsweise einer einzigen EL 12 bei gleicher Leistung in einem Wechselstromverstärker wird in diesem Ausnahmefall durch den geforderten Allstrombetrieb voll gerechtfertigt.

Wir haben nun einen solchen kleinen Allstromgitarrenverstärker entworfen und gebaut, und es hat sich gezeigt, daß sich auch die übrigen gestellten Forderungen sehr elegant verwirklichen lassen. Durch die Verwendung einer Gegentaktstufe (Bild 2) erübrigt sich eine Netzdrosele. Die Anodenspannung wird vielmehr direkt am Ladekondensator abgegriffen. Dadurch aber entfällt auch der sonst recht fühlbare Spannungsverlust an der Drossel. Da man sich von vornherein für 110 V Anodenspannung entscheidet, werden die erforderlichen Kondensatoren sehr klein und die ganze Anordnung einfach, billig und leicht. An Stelle eines Gegentakt-Eingangsträgers wird eine Phasenumkehreröhre verwendet. Eine Doppeltriode enthält in einem Kolben diese Umkehrstufe und die Steuerstufe für die Vor- röhre. Die erste Röhre, eine Fünfpolröhre, bringt die erforderliche Vorverstärkung. Als Netzgleichrichter findet ein Selengleichrichter Verwendung. Wegen der hohen Belastung von etwa 110 mA wurde ein Scheibendurchmesser von 35 mm gewählt, es sind jedoch nur 9 Scheiben erforderlich. Das Gerät ist, wie gesagt, für 110 V Anodenspannung entwickelt. Bei Netzen höherer Spannung muß die überschüssige Spannung in einem Vorwiderstand vernichtet werden. Dieser Vorwiderstand ist bei dem Mustergerät mit zahlreichen Anzapfungen versehen, so daß sich das Gerät an Netzen von 110, 125, 135, 150, 180, 200 und 220 V betreiben läßt. Diese Maßnahme, die wiederum aus der Praxis des Musikers herleitbar ist, hat ihren guten Grund. Viele Stadtnetze führen in den Hauptarbeitsstunden des Musikers, nämlich abends, starke Unterspannung, so daß die einwandfreie Funktion der Anlage in Frage gestellt wäre, wenn es nicht möglich ist, durch entsprechendes Umschalten das Gerät der jeweiligen Spannung anzupassen. Deshalb ist vor dem zweipoligen Netzschalter ein einfaches Weicheisenvoltmeter angeordnet, das eine dauernde Kontrolle der Netzspannung erlaubt. Der Musiker braucht, auf irgendeinem Podium angekommen, nichts zu tun, als bei ausgeschaltetem Netzschalter sein Gerät mit der nächsten Steckdose zu verbinden. Mittels des umsteckbaren Bügels (Bild 3), der die Netzspannung wählt, steckt er dann auf die vom Voltmeter angezeigte Spannung um. Um die Stromart braucht er sich überhaupt nicht zu kümmern. Der kleine Verstärker ist ferner mit zwei überblendbaren Eingangskanälen versehen. Einer der beiden Eingänge kann zum Anschluß eines geeigneten Mikrophones, beispielsweise eines Tauchpulsmikrofons, zur Übertragung von Refraingensang verwendet werden. Vollständig ausreichend für den gedachten Zweck ist z. B. der auch als Tauchpulsmikrofon verwendbare neue Kleinstlautsprecher „PUCK“. Um die einfache Überblendschaltung zuverlässig zu machen und aus Anpassungsgründen wird hier ein kleiner Übertrager verwendet. Es eignet sich vorzüglich einer der aus kommerziellem Ausbau stammenden Übertrager 1:25, notfalls sogar ein kleiner Lautsprecherübertrager von ca. 12 000 Ω auf 4 Ω . Dieser soll in einen Abschirmbecher eingebaut werden, der mit dem Gestell Verbindung hat. Der Kern soll jedoch nach Möglichkeit an die Null-Leitung geschaltet werden. Die Primärseite ist durch zwei Kondensatoren gleichfalls nach Null symmetriert, wodurch sich eine Abschirmung der Mikrofonleitung erübrigt. Das Chassis des Verstärkers ist spannungsfrei gehalten und steht mit der Null-Leitung über einen kleinen Kondensator in Verbindung. Werden amerikanische Stahlröhren verwendet, bei denen der Massenanschluß getrennt herausgeführt ist, dann ist es aus Gründen der Berührungssicherheit empfehlenswert, diesen ebenfalls über einen kleinen Kondensator an Null zu legen. Zum Anschluß des Tonabnehmers ist Abschirmkabel erforderlich, dessen Mantel aus Gründen der Berührungssicherheit nach außen isoliert ist. Aus dem gleichen Grund ist auch eine Ausführung des Gitarrenabnehmers empfehlenswert, die aus Preßmasse besteht. Das Kabel ist einadrig und die Abschirmung kann als Rückleitung dienen.

An Stelle der zufällig vorhandenen amerikanischen Röhren läßt sich der Bau auch mit deutschen Typen (EF 12, EDD11 und 2 [bzw. 4] und CL 6) durchführen. Ing. F. Kühne

(Schluß von Seite 64)

oder 0,5 cm haben. Am besten ist es, wenn man die Kondensatoren unmittelbar zwischen die beiden zu verbindenden Teile löten kann. Es ergeben sich dann praktisch überhaupt keine Verbindungsleitungen.

Inbetriebnahme

Wenn der Nf-Teil einwandfrei arbeitet, beginnt man mit der richtigen Abstimmung des Diskriminators. Zu diesem Zweck trennt man die Steuergitterleitung der Begrenzeröhren vorübergehend auf und legt zwischen den Nullpunkt und das Steuergitter die Spannung eines Meßsenders. Nun werden in bekannter Weise die Kreise L_7 , L_9 und L_{10} genau abgeglichen, so daß absolute Symmetrie herrscht. Ist der Meßsender amplitudenmoduliert, so erkennt man die richtige Einstellung an einem scharfen Minimum der Nf-Spannung. Im allgemeinen genügt die natürliche Bandbreite der Kreise, um bei einem Frequenzhub von 75 kHz ein verzerrungsfreies Arbeiten des Diskriminators zu gewährleisten.

Es folgt die Einstellung der Begrenzerstufe. Man stellt zunächst den Meßsender auf den genauen Wert der Zwischenfrequenz ein und überbrückt einen Schwingungskreis des Diskriminators. Nun gibt man so viel Zwischenfrequenzspannung auf das Gitter der Begrenzeröhre, daß bereits etwas Gitterstrom fließt. Ist der Lautstärkeregel voll aufgedreht, so muß der Nf-Teil des Empfängers gerade voll austegusteuert sein. Treten Übersteuerungen auf, die sich durch einen entsprechend großen Klirrfaktor äußern, so ist die Ausgangsspannung des Begrenzers noch zu groß. Man muß dann an dem Potentiometer P eine so kleine Spannung abgreifen, daß die Übersteuerung verschwindet. Ein weiteres Erhöhen der zwischenfrequenten Eingangsspannung am Gitter der Begrenzeröhre darf nunmehr keine Lautstärkerhöhung bzw. keine Übersteuerung des Nf-Teiles bewirken. Durch einige Versuche erhält man bald das Gefühl für die richtige Einstellung.

Abgleichen des Zf-Teiles

Arbeiten Begrenzer und Diskriminator zufriedenstellend, so kann man die erste Zwischenfrequenzstufe abstimmen. Zu diesem Zweck stellt man die vorher unterbrochene Verbindung im Gitterkreis des Begrenzers wieder her und trennt dafür die Gitterleitung der Zwischenfrequenzröhre auf. Die Ausgangsspannung des Meßsenders wird, wie vorher, an das Steuergitter dieser Röhre gelegt. Man ist nun in der Lage, das Bandfilter mit den Spulen L_5 und L_6 abzugleichen. Sind Mischstufe und Zwischenfrequenzstufe abgeglichen, so ist bereits ein großer Teil der Arbeit beendet. Sollte der Zf-Teil Schwingneigung zeigen, so muß man die Ursache hierfür auffindig machen. Oft ist irgendeine Leitung ungünstig verlegt oder es besteht sonst an irgendeiner Stelle eine schädliche Kopplung zwischen Eingang und Ausgang. Mit einem erderten Blechstreifen, den man zwischen die in Betracht kommenden Stellen schiebt, lassen sich derartige Fehler schnell finden und beseitigen. Wenn die Nullpunkte einwandfrei angeordnet sind, wird man beim Abgleichen des Zwischenfrequenzteils auf keine nennenswerten Schwierigkeiten stoßen. Es sei noch erwähnt, daß man während aller bisher beschriebenen Abgleicharbeiten die Oszillatorröhre am besten vollenkommen außer Betrieb setzt, um absolut eindeutige Verhältnisse zu haben.

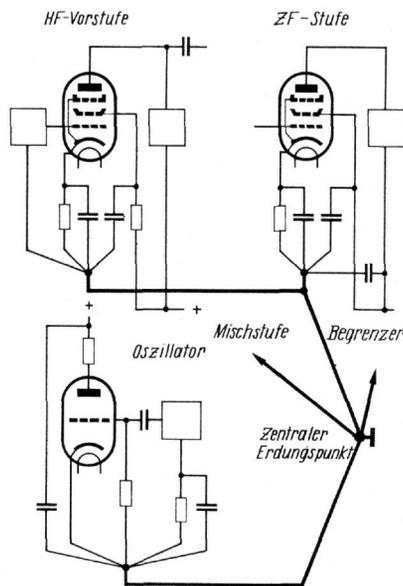


Bild 7. Zur Verdrahtung der Massepunkte

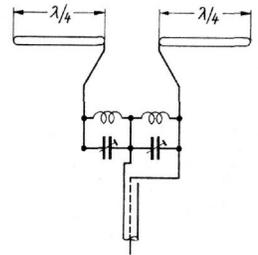


Bild 8. UKW-Empfangsantenne (Dipol-Anordnung)

Oszillatoreinstellung

Wir kommen nun zur Einstellung des Oszillators. Selbst wenn die vorgeschriebenen Daten der Oszillatordspulen und des Drehkondensators genau eingehalten werden, ist damit zu rechnen, daß der Frequenzbereich des Oszillators ein wenig streut. Man sollte daher wenigstens für die erste Abgleichung einen kleinen Resonanzfrequenzmesser (z. B. das Gerät WAD von Rohde & Schwarz) zur Verfügung haben. Dieser Frequenzmesser ist empfindlich genug, um auch noch bei kleinen Hochfrequenzspannungen einen brauchbaren Ausschlag zu geben. Man soll den Frequenzmesser im Interesse einer ausreichenden Rückwirkungsfreiheit nicht fester ankopplern, als es zur Ablebung der Resonanzanzeige unbedingt erforderlich ist. Das richtige Schwingen des Oszillators beobachtet man am besten durch Einschalten eines Milliampereometers in den Anodenkreis des Oszillators hinter dem 0,03-Megohm-Widerstand. Arbeitet der Oszillator richtig, so geht der Anodengleichstrom bei schwingendem Oszillator auf etwas weniger als die Hälfte des Stromes im nichtschwingenden Zustand zurück. Der Anodenstrom darf sich beim Durchdrehen des Kondensators C_3 nicht oder nur ganz wenig ändern. Werden die vorgeschriebenen Daten genau eingehalten, so muß der Oszillator einwandfrei arbeiten.

Die Koppelschleife L_{13} befindet sich in einem Abstand von etwa 0,5 cm von der Oszillator-Schwing-spule. In diesem Fall wird in der Mischstufe eine hinreichend große Oszillatorspannung wirksam.

Für das genaue Abgleichen der Vorstufe ist ein Meßsender erforderlich, der bis etwa 2,5 m herunterreicht. Ein solches Gerät werden nur wenige zur Verfügung haben. Es sind jedoch heute Meßsender bis etwa 30 MHz auf dem Markt. Ist der Zwischenfrequenzteil des Empfängers bereits richtig eingestellt, so kann man sich der dritten Oberwelle von 30 MHz bedienen, die meist in einer solchen Intensität vorhanden ist, daß sie zum Abgleichen der Vorstufe genügt. Man stellt den Meßsender auf höchste Ausgangsspannung und schließt ihn an der Antennenanzapfung der Spule L_1 an. Hat die Grundwelle z. B. eine Frequenz von 30 MHz und dreht man den Oszillator langsam durch, so wird die Modulationsfrequenz des Meßsenders bei einer bestimmten Stelle des Oszillatorkondensators deutlich im Lautsprecher zu hören sein. Man kann nun die Kreise L_1 , C_1 und L_2 , C_2 genau auf Resonanz, also auf ein Maximum an Lautstärke, abgleichen. Das ist nicht ganz einfach; meist sind kleine Korrekturen an den Spulen oder an den Schwingkreis-kapazitäten erforderlich. Wenn man diese Arbeiten jedoch einmal durchgeführt hat, bieten Einstellmaßnahmen an anderen Empfängern keine Schwierigkeiten mehr.

Der Meßsender kann für diese Arbeiten ohne weiteres amplitudenmoduliert sein, wenn man den einen Kreis des Diskriminators vorübergehend kurzschließt. Wichtig ist, daß beim Abgleichen der Begrenzer noch nicht in Tätigkeit tritt. Ist das einmal der Fall, so werden unscharfe Resonanzmaxima der UKW-Kreise vorge-täuscht. Das gilt übrigens auch bezüglich des Abgleichs der Zf-Filter.

Ist auch der Abgleich der Vorstufe beendet, so kann man den Empfang des nächstgelegenen UKW-Senders versuchen. Zu diesem Zweck schließt man an die Anzapfung der Spule L_1 ein konzentrisches Kabel von etwa 70 Ω Wellenwiderstand an und verbindet das andere Ende unter Zwischenschaltung eines Symmetriegliedes mit einem $\lambda/2$ -Dipol, der horizontal angebracht wird. In Bild 8 ist die Anordnung des Dipols dargestellt. Die beiden Hälften sind etwas kürzer als der vierte Teil der zu empfangenden Wellenlänge. Die Enden des Dipols werden mit der Reihenschaltung zweier Spulen L verbunden, denen jeweils zwei Trimmer C parallel gelegt werden. Die so entstehenden Schwingungskreise sind annähernd auf Resonanz abzugleichen. Die Kabelmasse wird mit dem einen Ende des Dipols, der Kabelmantel mit der Mitte der beiden Schwingungskreise verbunden. Die so erreichte Symmetrierung ist zwar nicht ganz exakt, genügt jedoch in der Praxis in den meisten Fällen.

Um einen Anhaltspunkt für die Empfindlichkeit des Gerätes zu geben, sei gesagt, daß der Versuchsempfänger bei einer Eingangsspannung von 50 μ V, die mit einer Tonfrequenz von 500 Hz bei einem Frequenzhub von 75 MHz frequenzmoduliert war, an einem Außenwiderstand von etwa 8000 Ω eine Tonfrequenzspannung von 40 V effektiv abgab. Das entspricht einer Tonfrequenzleistung von 0,2 W, die eine gute Zimmerlautstärke liefert. Es genügen also bereits verhältnismäßig kleine Feldstärken, um einen UKW-Sender zu empfangen. Der Verfasser hatte Gelegenheit, den Empfänger auf dem Turm des Münchener Fabrikgebäudes der Firma Rohde & Schwarz zu erproben. Die dort auftretenden Feldstärken lagen in der Größenordnung von etwa 900 μ V. Ing. H. Richter