

DC90 in additiver Mischschaltung

Mit den steigenden Forderungen in Qualität und Leistung des Rundfunk- Empfängers im UKW-Bereich wurde der Geräte-Entwickler genötigt, das Mischproblem bei UKW anders als im normalen Wellenbereich (Kurz, Mittel, Lang) zu lösen.

Während sich nach wie vor in dem zuletzt genannten Wellengebiet die multiplikative Mischung als die bestgeeignete behauptet hat, ist man bei UKW von diesem im Anfang ebenfalls benutzten Mischverfahren in stärkerem Masse zur additiven Mischung übergegangen. Die multiplikative Mischung hat besondere Bedeutung beim Einsatz für breite Durchstimmbereiche. Im UKW-Betrieb ist aber lediglich eine Durchstimmbarkeit um etwa 10% erforderlich, deshalb machen sich gewisse allgemeine Nachteile der additiven Mischung hier nicht bemerkbar, während umgekehrt ihre Vorteile voll ausgenutzt werden können.

Die wichtigsten Vorteile der additiven Mischung bestehen im folgenden:

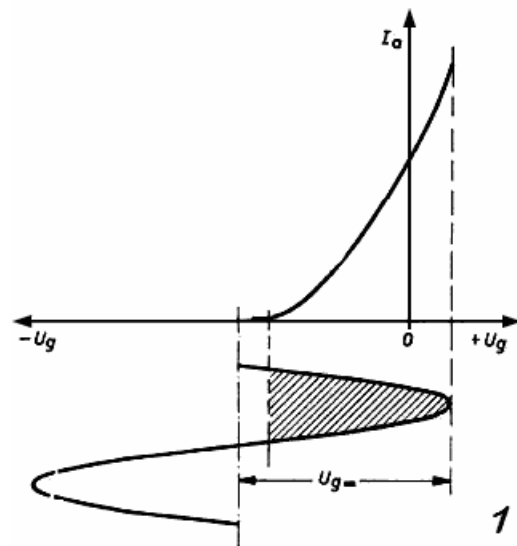
a) Der äquivalente Rauschwert ist bei additiver Mischung wesentlich kleiner als bei multiplikativer. Einen wichtigen Anteil am Röhrenrauschen bildet ja das Stromverteilungsrauschen. Dieses fällt aber bei Trioden - Mischung vollständig und bei Pentoden - Mischung zum großen Teil — verglichen mit der Hexoden - Doppelsteuerung — weg.

Beispiel:

ECH 81 multiplikativ-äquivalenter	
Rauschwert bei Kurz, Mittel, Lang	$R_{\bar{a}} = 70 \dots 75 \text{ k}\Omega$,
im UKW-Bereich	$R_{\bar{a}} = 35 \text{ k}\Omega$,
ECH 81 — Triode	
additiv	$R_{\bar{a}} = 7 \text{ k}\Omega$.

b) Der Eingangswiderstand einer additiven Mischung ist grösser als der einer multiplikativen. Das ergibt sich aus folgenden Überlegungen. Der Eingangswiderstand ist in erster Näherung dem im Steuergitterraum fließenden Elektronenstrom umgekehrt proportional. Das ist ohne weiteres verständlich, denn wenn z. B. die Röhre durch hohe negative Vorspannung gesperrt wird, also kein Elektronenstrom fließt, entfällt die durch Laufzeit und Katodeninduktivität bedingte Dämpfung.

Bei der Hexode ist unabhängig von der Phase der Oszillatorspannung der Stromdurchtritt im Raum des 1. Steuergitters praktisch konstant. In einer additiven Mischschaltung dagegen fließt ein Elektronenstrom nur in einem kleinen Teil der positiven Halbwelle der Oszillatorspannung (Abb. 1). Aus diesem Grunde ist im Mittel — über eine Periode gesehen — der Strom kleiner, also die Eingangsdämpfung geringer.



Zur Erklärung des Eingangswiderstandes. Die Nulllinie der Oszillatorspannung liegt jenseits des Fußpunktes der I_a-U_g -Kennlinie, nur im gestrichelten Teil der positiven Halbwelle der Wechselspannung fließt Anodenstrom

c) In der additiven selbstschwingenden Mischschaltung ist normalerweise der Oszillatorspannungsbedarf kleiner als bei multiplikativer Mischung. Es hat seinen Grund darin, dass bei multiplikativer Mischung die Steuerfähigkeit des 3. Gitters nicht so groß wie die eines 1. Gitters sein kann. Mit Rücksicht auf möglichst geringe Ausstrahlung der Oszillatorfrequenz und ihrer Oberwellen ist es von hohem Wert, wenn mit kleinerer Oszillatorspannung gearbeitet werden kann.

d) Die additive Mischung erlaubt es, mit vergleichsweise einfachen Röhrensystemen (Triode, Pentode einerseits; Hexode, Heptode andererseits) zu arbeiten. Damit lassen sich leichter die Forderungen nach kleinen Abständen, d.h. hohen Steilheiten erfüllen. Das ist ein Grund, weshalb bei den für additive Mischung verwendeten Röhrentypen sich z.B. wesentlich höhere Mischsteilheiten als bei den

für multiplikative Mischung geeigneten erzielen lassen.

ECH 42 multiplikativ	S_c 0,7 mA/V,
ECH 81 (Triode) additiv	S_c 1 mA/V,
EC 92 additiv	S_c 1,9 mA/V.

e) Die Frequenzwanderung des Oszillators während der ersten 30 Minuten ist bei additiver Mischung erheblich kleiner als bei multiplikativer Mischung (höhere Wärmekapazität des größeren Systems). Im ersten Fall beträgt sie 100...200 kHz. wenn die Röhre ECH42 verwendet wird, im zweiten Fall gelingt es ohne große Schwierigkeiten mit 5...20 kHz Frequenzwanderung bei Verwendung der EC92 auszukommen Dieser beträchtliche Unterschied ist durch die Schaltung einerseits und durch die Röhrendaten andererseits bedingt.

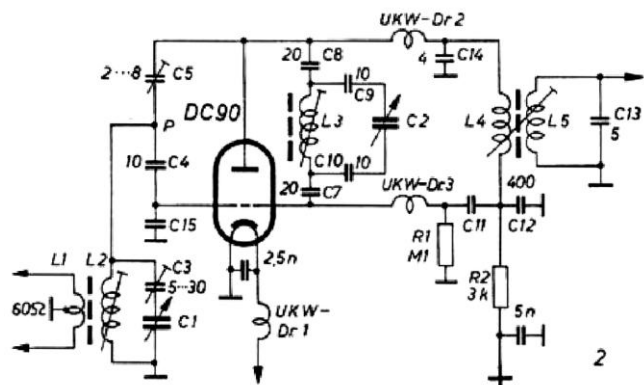
f) Da im UKW-Band der Durchstimmbereich nur relativ klein ist, lässt sich leicht die notwendige Konstanz der Oszillatorspannung beim Durchstimmen erreichen. Das ermöglicht aber Oszillator und Mischung in einer Röhre — selbstschwingende Trioden- oder Pentoden-Mischstufe — zusammenzufassen. Statt der bei multiplikativer Mischung benötigten 2 Systeme wird hier die entsprechende Aufgabe im UKW-Teil mit einem Röhrensysteem erreicht.

Um dieser Vorteile willen ist für die Batteriegeräte der Typ [DC90](#) entwickelt worden. Sie wird als Pico-7-Röhre mit den im **radio mentor** 1953, Heft 1, S.10 veröffentlichten Daten gebracht.

Ein Vergleich der Triode DC90 mit der für Netzgeräte vorgesehenen EC92 zeigt, dass man bei den Batterieröhren nur mit einer wesentlich niedrigeren Steilheit rechnen kann, denn es waren ja bei ihrer Entwicklung die allgemeinen für alle Batterieröhren geltenden Forderungen nach möglichst sparsamem Stromverbrauch (Anodenstrom sowie Heizstrom) zu berücksichtigen. Bei kleinen Strömen ist aber nur eine entsprechend reduzierte Steilheit zu erwarten. Entsprechend dieser Tatsache lässt sich die Mischschaltung, wie sie bei der EC92 angewendet wird nur im Prinzip übernehmen und sie muss mit Rücksicht auf die geringe Steilheit abgewandelt werden. Gleichzeitig ist hierbei zu beachten, dass weder Anoden- noch Heizspannung konstante Werte besitzen, sondern je nach Verbrauch der

Batterien in weiten Grenzen schwanken. Setzt man neue Batterien voraus, so liegt die obere Grenze der Spannungen $U_a = 90$ V, $U_f = 1,5$ V. Im entladenen Zustand der Batterien sinken die Spannungen auf $U_a = 40$ V, $U_f = 1,1$ V. Betrachtet man ferner die relativ geringe Steilheit von $S = 1$ mA/V, so muss man in dem Frequenzgebiet von 100 MHz wegen der oben angegebenen Spannungsschwankungen statt der induktiven Rückkopplungsschaltung eine Dreipunktschaltung verwenden. Gleichzeitig muss diese Schaltung, falls keine Vorstufe benutzt wird, so dimensioniert sein, dass die für die Störstrahlung der Oszillatorfrequenz geltenden Grenzwerte erfüllt werden, und muss die Möglichkeit bieten, den Innenwiderstand der Mischtriode, welcher parallel zum ersten ZF-Filter liegt, zu entdämpfen, damit für die Verstärkung und Selektion ein Optimum erreicht wird und sie praktisch wie eine Pentode wirkt.

Diese Forderungen werden in der Schaltung Abb. 2 erfüllt.



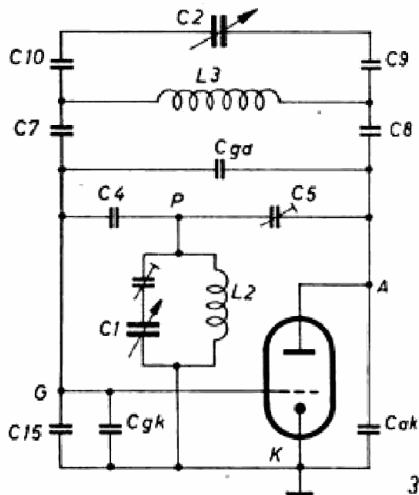
2. Additive Schaltung der DC90

Oszillator-Dreipunkt-Schaltung

Zunächst sei die Dreipunkt-Schaltung des Oszillators näher beschrieben. Durch die beiden UKW-Drosseln Dr2, und Dr3, wird die rechte Seite der Schaltung für die Oszillatorfrequenz abgetrennt, so dass die nach den Drosseln folgenden Schaltelemente keinen Einfluss mehr auf Gitter und Anode ausüben und den Oszillatorkreis in keiner Weise mehr dämpfen können.

Zwischen Gitter und Anode liegt der Schwingkreis für die Oszillatorfrequenz. Die Rückkopplung zur Schwingungserzeugung wird durch kapazitive Teilung erreicht.

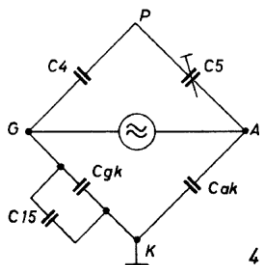
In Abb. 3 sind alle wesentlichen Schaltelemente für den HF-Teil der Schaltung dargestellt. Die Schaltelemente L_3 ; C_9 , C_2 , C_{10} ; C_8 , C_{ga} , C_7 ; C_4 , C_5 ; C_{15} , C_{gk} , C_{ak} bilden den Oszillatorkreis. Durch das Kapazitätsverhältnis $\frac{C_{15} + C_{gk}}{C_{ak}}$ ist der Grad der Rückkopplung gegeben. Da C_{gk} und C_{ak} Röhrenkapazitäten sind. Ist man nur durch die Wahl des Kondensators C_{15} in der Lage, die gewünschte Oszillatortension einzustellen.



3. Dreipunktschaltung der DC90

Eingangs - Brückenschaltung

Zur Entkopplung des Eingangskreises (L_2 ; C_3 , C_1) und des Oszillatorkreises, sowie zur Beseitigung der Oszillatorstrahlung, verwendet man wie bei der Standardschaltung der EC92 eine sogenannte „Oszillator-Brücke“.

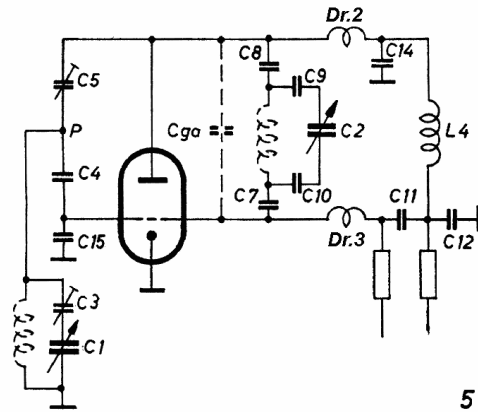


4. Oszillatorbrücke

In Abb. 3 und 4 sind diese Verhältnisse übersichtlich dargestellt. Der Punkt P erhält durch Wahl der Kapazitäten C_4 und C_5 in bezug auf die Katode das gleiche Potential. Wenn dies vorausgesetzt wird, so kann man nach Abb. 4 die Brückenbedingung aufstellen. Danach ist $C_4 : C_5 = (C_{gk} + C_{15}) : C_{ak}$. Zwischen die Punkte P und K legt man den Eingangskreis, an dem noch ein kleiner Rest der Oszillatortension steht.

An das Gitter der DC90 gelangt über den Kondensator C_4 die Eingangsspannung f_e und nach der besprochenen Dreipunktschaltung auch die für den selbstschwingenden Betrieb der DC90 erforderliche Oszillatortension f_0 .

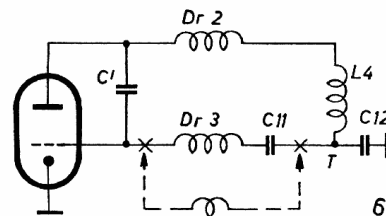
Im Anodenkreis bildet sich dann außer vielen anderen Frequenzen auch die Frequenz $f_o - f_e = f_z$, die Zwischenfrequenz.



5. Zf-Schaltung der DC90

ZF - Brückenschaltung

Die Abb. 5 zeigt die für die Gewinnung der Zwischenfrequenz wesentlichen Schaltelemente, wobei die Induktivität L_z aus $L_4 + Dr_2 + Dr_3$ besteht. Die beiden UKW-Drosseln besitzen immerhin eine Selbstinduktion, die für den Zwischenfrequenzkreis nicht vernachlässigt werden darf. Die Abb. 5 zeigt deutlich, welche Kapazitäten für die Zwischenfrequenz bestimmend sind. Der Übersichtlichkeit halber wird in Abb. 6 die besondere Eigenart der Schaltung gezeigt. Dabei stellt der Kondensator C' die wirksame Kapazität des ZF-Kreises dar,



6. Zf-Entdämpfung bei der DC90

die sich ergibt, wenn sämtliche für den ZF-Kreis mitbestimmenden Kapazitäten auf die Punkte Gitter-Anode transformiert werden. Der Punkt T wird über C_{12} an Erde gelegt. Lässt man in Gedanken den Kondensator C_{11} weg, so würde die DC 90 auch auf der Zwischenfre-

quenz als Dreipunktschaltung schwingen. Würde der Kondensator C_{11} nach der Bedingung

$$\omega_z \cdot Dr_3 = \frac{1}{\omega_z C_{11}}$$

(ω_z = Kreisfrequenz der Zwischenfrequenz) gewählt, so liegt das Gitter über der Serienresonanz Dr_3 , C_{11} am geerdeten Punkt T.

Der Kondensator C_{11} muss eine solche Grösse erhalten, dass die durch ihn hervorgerufene ZF - Rückkopplung den Innenwiderstand R_i der Röhre auf etwa $R_i = \infty$ entdämpft. Dieser Betriebszustand ist nicht etwa mit dem Einsatzpunkt des Schwingens auf der ZF der Schaltung zu vergleichen, sondern mit Wirkung der DC90 als Pentode.

Mit einer Versuchsanordnung, die in der beschriebenen Weise dimensioniert wurde, erzielte man bei einer Anodenspannung zwischen 60 und 90 Volt eine 45-fache Gesamtverstärkung vom Antenneneingang bis zum Gitter der ersten ZF-Röhre. Hierbei wurde ein normaler Dipol mit einem Fusspunktwiderstand von 60Ω zugrunde gelegt, der für Batteriegeräte wohl in erster Linie verwendet wird. Die Verstärkung teilt sich in dieser Schaltung in „Antenne - Gitter DC90“ 5-fach und „Gitter DC90 - Gitter erste ZF-Röhre“ 9-fach auf. An dieser Stelle sei nochmals als Vergleich gegenüber der Netzhöhre ECH42 in multiplikativer Mischung erwähnt, dass diese etwa die gleiche Verstärkung im UKW-Band gibt wie die DC90.