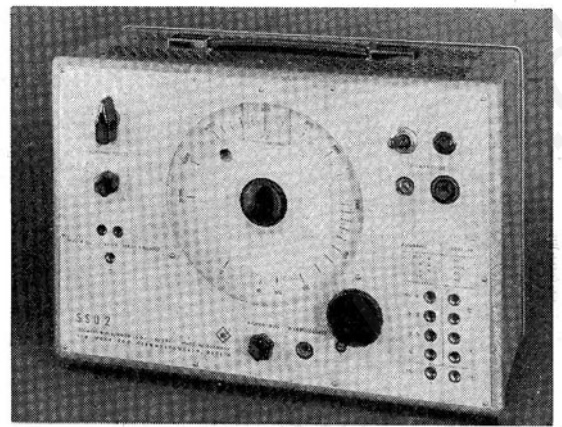


# Schwebungssummer SSU 2

GÜNTER MEHLICH

Mitteilung aus dem VEB Werk für Fernmeldewesen Berlin

Im allgemeinen unterscheidet man bei Tongeneratoren zwischen den Schwebungssummern und den RC-Generatoren. Keiner dieser Generatoren besitzt einen absoluten Vorteil, sondern der jeweilige Vorteil ist zweckentsprechend. So ist z. B. die durchlaufende Skala des Schwebungssummers bei Mikrofon- und Lautsprecherprüfungen vorteilhaft; dagegen ist der RC-Generator durch seine mehrmals unterteilte Skala genauer in seiner Einstellung. In bezug auf die Frequenzkonstanz ist zu sagen, daß für Frequenzen unter 300 Hz der RC-Generator und für höhere Frequenzen der Schwebungssummer vorteilhaft ist, der im folgenden beschrieben wird.



## Schaltung des Oszillators

Schaltung des Hochfrequenzoszillators zeigt Bild 1. Der Festoszillator schwingt auf 125 kHz, der Gleitoszillator zwischen 125 und 105 kHz. Die Schaltung ist eine Abwandlung der Eco-Schaltung, die besonders stabil arbeitet. Hinter jeder Oszillatordröhre liegt ein Röhrensystem als Trennröhre, womit ein geringer Klirrfaktor, der beim SSU 2 unter 1% liegt, und ein gutes Anschwingen bei tiefen Frequenzen erreicht wird. Erst dadurch ist es möglich, den Generator bei 0 Hz zu eichen. Die übliche 50-Hz-Eichung hat den Nachteil der zwei Einstellungen, von denen häufig die falsche gewählt wird. Die Anodenspannungen für die Oszillatoren sind durch eine Röhre stabilisiert. Als Schwingspulen werden Ferritspulen verwendet.

## Temperaturkompensation

Wie bekannt ist, liegt der Hauptnachteil des Schwebungssummers im Fortlaufen

der Frequenz. Dies ist hauptsächlich durch die Spulen bedingt, deren Induktivitäten sich mit zunehmender Erwärmung ändern und dadurch die Frequenz verschieben. Die Haupterwärmung erfolgt in der ersten Stunde. Nach dieser Zeit ist das Gerät so durchgewärmt, daß größere Frequenzverschiebungen nicht mehr zu erwarten sind. Ein Schwebungssummer ist in zwei Arten in der Temperatur zu stabilisieren, absolut und relativ. Bei der absoluten Stabilisation sorgt man durch Kompensation dafür, daß keiner der beiden Kreise in seiner Frequenz wegläuft. Das bedeutet aber einen hohen Aufwand an Prüffeldarbeit, und die zeitliche Konstanz einer absoluten Kompensation ist nicht sehr hoch. Es wurde deshalb das zweite Prinzip gewählt und relativ kompensiert. Hier können beide Generatoren fortlaufen, denn durch konstruktive Maßnahmen wird erreicht, daß sich beide im gleichen Verhältnis erwärmen und dadurch um den gleichen Betrag fortlaufen.

Dieses Prinzip läßt sich in der Fertigung leichter und genauer durchführen. Neben dem Temperatureinfluß der Spulen wirken noch folgende Faktoren auf die Frequenzkonstanz ein:

1. Mechanische Toleranzen im Getriebe und im Drehkondensator (Umspringen der Frequenz bei Erwärmung).
2. Der Temperaturkoeffizient des Drehkondensators, der von der Stellung des Drehkondensators abhängig ist.
3. Das unterschiedliche Verhalten der Röhren und Bauelemente bei Erwärmung.
4. Unterschiedliche Temperaturkoeffizienten der Festkondensatoren.
5. Unterschiedliche Temperaturkoeffizienten der Spulen.
6. Temperaturkoeffizient des Eichtrimmers.
7. Ungleichmäßigkeiten der Erwärmung der beiden Kammern des Oszillators.
8. Ungleichmäßigkeiten der Wärmeübertragung an die Spulen, z. B. durch ungenaue Befestigung oder Luftblasen in der Vergußmasse.

Es ist ersichtlich, daß eine große Anzahl von Faktoren zu beachten ist. Diese Faktoren streuen mit gewissen Werten in der Fertigung, und jedes aus der Fertigung kommende Gerät wird einen anderen Summenwert haben. Wollte man alle diese Faktoren konstant halten, so käme man zu einem untragbaren Umfang der Prüffeldarbeit. Es ist deshalb notwendig, die Werte nur innerhalb bestimmter Toleranzen und möglichst verschieden in der Richtung (positive und negative Temperaturkoeffizienten) schwanken zu lassen. Damit ergibt sich bei einer normalen Fertigung ein recht kleiner Streubereich, bei dem nur wenige Geräte von den in den technischen Daten angegebenen Werten abweichen. Der Summenwert aller Temperatureinflüsse ist beim Schwebungssummer mit einem einzigen Aus-

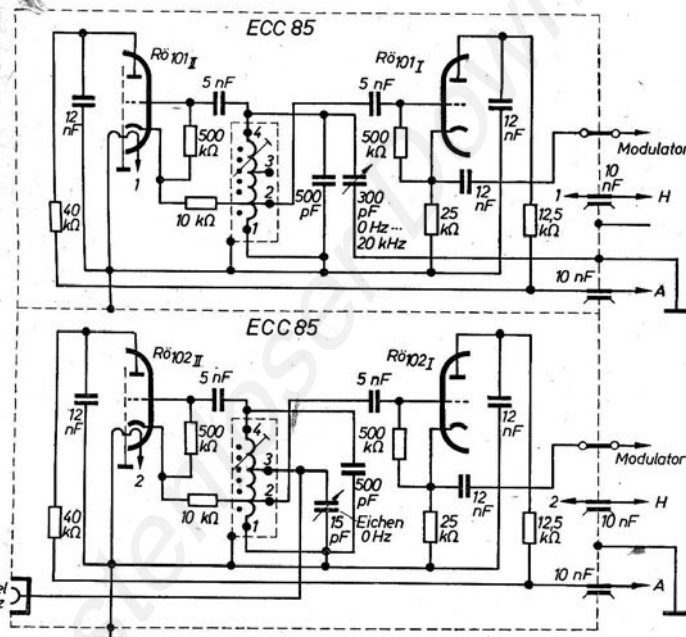


Bild 1: Schaltbild des Oszillators

gleichkondensator mit hohem Temperaturkoeffizienten kompensiert. Die technischen Daten zeigen auch ein gutes Ergebnis. Außerdem wurden beide Oszillatoren (Fest- und Gleitoszillator) voll abgeschirmt und das Gehäuse nicht aus Eisen, sondern aus dem besser wärmeleitenden Aluminium gefertigt. Da eine Seite des Oszillators an den stark wärmeerzeugenden Netzteil angrenzt, wurde hier durch Luftkammern für eine genügende Isolierung gesorgt. Für diese wurde ein Abschirmblech verwendet, dessen oberer Teil die Schichtung Kunststoffolie — Mu-Metall — Kunststoffolie — Mu-Metall — Kunststoffolie zur Abschirmung des Streufeldes und dessen unterer Teil statt Mu-Metall wärmeisolierende Luftkammern besitzt.

**Modulator**

Beide Hochfrequenzen werden über Transformatoren in einem Kupferoxydul-Ringmodulator gemischt (Bild 2). Die feste Frequenz ist in ihrer Amplitude einstellbar, so daß die am Ausgang des Modulators herrschende Amplitude auf genau 50 mV einstellbar ist. Nach einem Röhrenwechsel oder nach Reparaturen ist dieser Wert wieder einzustellen. Dem Modulator schließt sich ein Tiefpaß an, der die Nutzfrequenz von der restlichen Hochfrequenz reinigt. Die gesiebte Spannung mit Frequenzen zwischen 3 und 20000 Hz und einem niedrigen Klirrfaktor ist den anschließenden Ausgangsbuchsen zu entnehmen. Der Feinregler im Modulator gestattet sowohl die Änderung der Ausgangsspannung am Modulatorausgang, als auch die der Eingangsspannung für den nachfolgenden Verstärker.

**Verstärker**

Es handelt sich um einen sehr stark gekoppelten 4-Röhrenverstärker mit einer Leistungsröhre von 1 W (Bild 3). Durch die starke Gegenkopplung und einem guten Ausgangstrafo ergibt sich ein niedriger Klirrfaktor von < 1%. Der Frequenzgang des Verstärkers ist linear

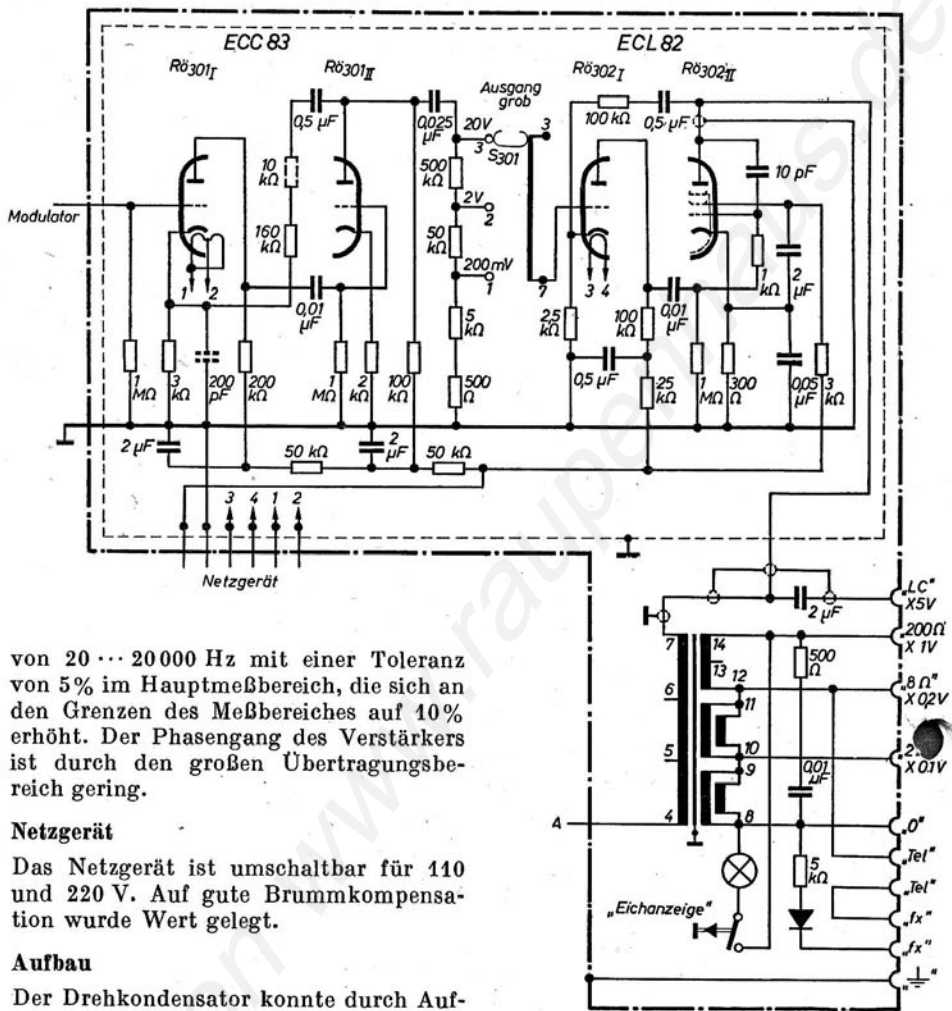


Bild 3: Schaltbild des Verstärkers

von 20 ... 20000 Hz mit einer Toleranz von 5% im Hauptmeßbereich, die sich an den Grenzen des Meßbereiches auf 10% erhöht. Der Phasengang des Verstärkers ist durch den großen Übertragungsbereich gering.

**Netzgerät**

Das Netzgerät ist umschaltbar für 110 und 220 V. Auf gute Brummkompensation wurde Wert gelegt.

**Aufbau**

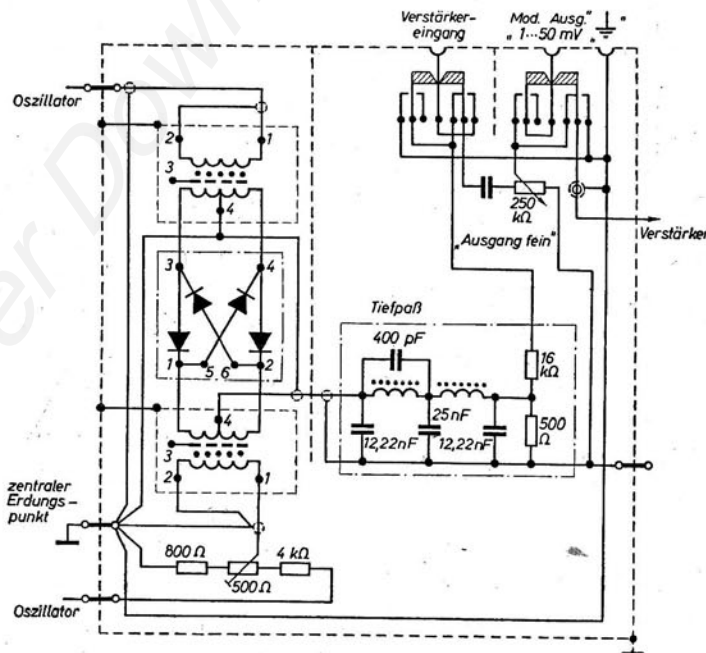
Der Drehkondensator konnte durch Aufbau auf eine durchlöchernte Platte thermisch entlastet werden. Er ist mit dem Oszillator fest verbunden. Damit das Chassis möglichst leicht von allen Seiten zugänglich ist, wurden in der Mitte die weniger stör anfälligen Teile (Drehkondensator, Ausgangstransformator) angeordnet. Um diese Teile sind vier nach außen offene Chassis angeordnet; unten die Oszillatoren mit dem fest angebauten Drehkondensator, seitlich der Modulator sowie das Netzgerät und oben

der Verstärker. Die einzelnen Bausteine sind durch diese Anordnung gut gegeneinander abgeschirmt. Die vier Bausteine sind an einer Trägerplatte, vor der noch die Frontplatte angeordnet ist, leicht lösbar montiert. In der Formgestaltung ist dieses Gerät das erste Stück einer neuen Serie, die in Zusammenarbeit mit der Hochschule für angewandte Kunst, Berlin-Weißensee ein ästhetisch befriedigendes und gleichmäßiges Bild zeigt.

**Eichung**

Wegen der eindeutigen Eichanzeige wurde eine Eichung bei 0 Hz gewählt. Sie wird vom Werk so eingestellt, daß sie mit dem Endanschlag der Hauptskala zusammenfällt. Die Eichung ermöglicht ein kleiner Drehkondensator, der die Frequenz um etwa 100 Hz verschiebt. Als eingebaute Eichanzeige dient eine sogenannte Fahrradrücklichtlampe 6 V, 50 mA. Der Verstärker ist so ausgelegt, daß er in der Nähe von 0 Hz noch einen Teil der Spannung überträgt. Nachdem die Hauptskala auf 0 Hz eingestellt ist, wird durch Betätigen der Eich-taste die Lampe eingeschaltet und mit dem Eichdrehkondensator anschließend gelöscht. Der Grobregler soll auf 20 V stehen. Die Fahrradrücklichtlampe ist nicht überlastet, wenn die Spannung in der Nähe von 0 Hz liegt und 6 ... 10 V beträgt. Es ist nicht zu empfehlen, die Eich-

Bild 2: Schaltbild des Modulators



lampe bei höheren Frequenzen einzuschalten, da sie sonst leicht durchbrennt. Für größere Eichgenauigkeit schaltet man ein Vielfachinstrument an den 200- $\Omega$ -Ausgang, mit dem zuerst im Bereich 30 V~ Stromlosigkeit eingestellt wird. Dann ist mit Vorsicht der kleinstmögliche Gleichstrombereich zu wählen und das Gerät so einzustellen, daß die Pendelbewegung des Zeigers aussetzt. Ebenso kann ein Kopfhörer (an den 200- $\Omega$ -Buchsen angeschlossen) zur Eichung benutzt werden. Hierbei ist auf das langsamste „periodische Rauschen“ einzustellen.

### Hinweise für die Anwendung

#### Tiefe Frequenzen

Die Oszillatoren erzeugen bereits Schwebungen unter einem Hz. Die tiefsten Frequenzen besitzen allerdings einen recht großen Klirrfaktor, der erst von etwa 3 Hz an ein erträgliches Maß annimmt. Da der Verstärker ab 20 Hz linear verstärkt, sollte man tiefe Frequenzen zweckmäßigerweise am Oszillatorausgang abnehmen. Die Einstellung tiefer Frequenzen aber ist schwierig, da die Eichpunkte in Abständen von 10 Hz liegen. Unter Umständen lassen sich Eichfrequenzen durch Lissajous-Figuren am Oszillografen einstellen. Da in der NF-Technik im allgemeinen Frequenzen erst ab 20 Hz benutzt werden, konnte man auf eine verteuerte Einstellung der unteren Frequenzen verzichten.

#### Ausgangswege

Alle Spannungsabgaben beziehen sich auf Leerlauf. Auf der Frontplatte befindet

sich eine kleine Tabelle für die Multiplikatoren der Spannungen der verschiedenen Ausgänge. Die maximale Spannung am LC-Ausgang beträgt 100 V, die maximale Spannung am 200- $\Omega$ -Ausgang 20 V. Diese Spannung sinkt bei Belastung mit 1 W auf 14 V ab. Die Ausgänge für 200, 8 und 2  $\Omega$  reichen für alle elektroakustischen Anwendungen aus. Zweckmäßig wählt man den Ausgangswiderstand des Generators kleiner als den Eingangswiderstand des Meßobjektes; er soll so klein sein, wie es die gewünschte Spannung zuläßt.

#### Klirrfaktor

Der Klirrfaktor liegt im Hauptmeßbereich zwischen 30 und 10000 Hz unter 1%. Am Modulatorausgang besitzt er etwa nur den halben Wert.

#### Ausgangswiderstände

Der Innenwiderstand des Ausganges beträgt für eine Belastung mit 200  $\Omega$  80  $\Omega$ . Diesem Ausgang kann eine Leistung von 1 W (14 V) entnommen werden. Der LC-Ausgang besitzt einen inneren Widerstand von etwa 1000  $\Omega$  und der 8- bzw. 2- $\Omega$ -Ausgang einen Innenwiderstand von etwa 4 bzw. 1  $\Omega$ . Die beiden letztgenannten Ausgänge lassen sich bevorzugt bei der Messung von Lautsprechern verwenden. Auch hier kann bei Belastung mit dem Nennwert 1 W entnommen werden. Der Innenwiderstand am Modulatorausgang ist von der Stellung des Reglers abhängig.

#### Eingangswiderstand

Der Eingangswiderstand an den Eingangsbuchsen des Verstärkers ist ebenfalls von der Stellung des Reglers abhängig.

#### Frequenzvergleich

Das Gerät läßt sich auch als Frequenzmesser für NF-Frequenzen durch Vergleich nach dem Schwebungsverfahren verwenden. Hierzu ist zunächst durch Vergleich mit dem Kopfhörer und wechselseitiges Abhören der beiden Frequenzen die angelegte Frequenz festzustellen und der SSU 2 auf etwa die gleiche Frequenz einzustellen. Ebenso ist die Amplitude des SSU 2 (Anschluß an den 8- $\Omega$ -Buchsen) ungefähr auf die gleiche Lautstärke einzuregulieren. Danach wird der Kopfhörer an das Buchsenpaar für Kopfhörer, die zu messende Frequenz an das Buchsenpaar  $f_x$  angeschlossen und Schwebungsnull eingestellt. Die zu untersuchende Spannung soll unter 10 V liegen. Der vorherige grobe Vergleich der Frequenzen ist notwendig, um nicht auf Oberwellen abzugleichen.

#### Wobbeln

An der Frontplatte befindet sich eine Buchse für den möglichen Anschluß eines Wobbelzusatzes. Dieser ist ein motorisch angetriebener Drehkondensator (Drehzahl  $\approx$  300 U/min, Wobelfrequenz  $\approx$  5 Hz, Kapazität 0...10 und 0 bis 100 pF), der die Frequenz periodisch verändert. Er wird besonders bei Prüfungen von Lautsprechern und Mikrofonen benutzt, wo ein Einschwingen auf mechanische Resonanzen vermieden werden soll.

### Technische Daten

Frequenzbereich: 20...20000 Hz  
Einstellbereich (ohne definierte Amplitude und Kurvenform): 3...20000 Hz  
Eichung bei 0 Hz: mit eingebauter Eichlampe  
Frequenzwanderung:  
< 5 Hz/h nach einer Stunde Einlaufzeit (in der ersten Stunde Nacheichung erforderlich)  
Netzspannungsabhängigkeit bei 10% Schwankung (die Amplitude zeigt keine Abhängigkeit):  
< 2 Hz  
Ausgangsleistung: 1 W  
Leerlaufspannung bei voll aufgedrehtem Feinregler und Grobregler auf 20 V:  
Modulatorausgang 50 mV; 2- $\Omega$ -Ausgang 2 V;  
8- $\Omega$ -Ausgang 4 V; 200- $\Omega$ -Ausgang 20 V; LC-Ausgang 100 V  
Grobregler auf 2 V:  
Modulatorausgang 50 mV; 2- $\Omega$ -Ausgang 0,2 V;  
8- $\Omega$ -Ausgang 0,4 V; 200- $\Omega$ -Ausgang 2 V, LC-Ausgang 10 V  
Grobregler auf 0,2 V:  
Modulatorausgang 50 mV; 2- $\Omega$ -Ausgang 20 mV  
8- $\Omega$ -Ausgang 40 mV; 200- $\Omega$ -Ausgang 0,2 V;  
LC-Ausgang 1 V  
Spannung bei 1 W Belastung und Grobregler auf 20 V:  
2- $\Omega$ -Ausgang 1,4 V; 8- $\Omega$ -Ausgang 2,8 V; 200- $\Omega$ -Ausgang 14 V  
Frequenzgang der Ausgangsspannung (Leerlauf)  
bei 50 Hz...8000 Hz: < 5%  
bei 20...50 Hz und 8000...20000 Hz: < 10%  
Klirrfaktor bei 30 Hz...10 kHz: < 1%  
Störabstand (bei jedem Spannungsbereichsendwert)  
Brumm: 1: 300, HF: 1: 500  
Abmessungen in mm: 305 x 217 x 196  
Gewicht: 11 kp  
Röhrenbestückung:  
2 x ECC 85, ECC 83, ECL 82, EZ 80, 6SR 108/30