

Bemessung von Tonfrequenzfiltern

So wie im letzten Jahrzehnt die Ansprüche gestiegen sind, die die Hörer an die Tonwiedergabe durch Lautsprecher stellen, haben sich die Konstrukteure zum Einbau von Regeleinrichtungen verstehen müssen, die die Beeinflussung des Frequenzganges von Nf-Verstärkern gestatten. In Anlehnung an entsprechende Einrichtungen bei Orgeln bezeichnet man die Knöpfe, mit denen der Frequenzgang dem jeweiligen Bedarf angepaßt werden kann, als Baß- und Höhenregister.

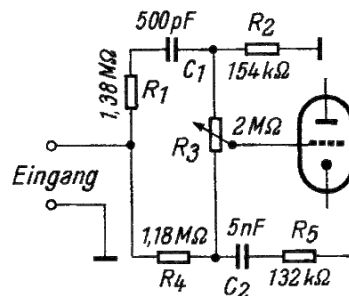
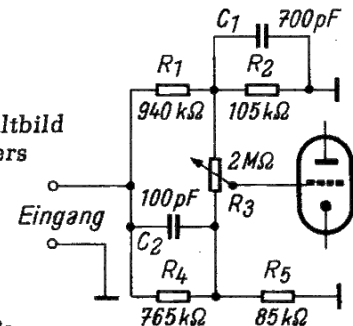
In der Regel sind solche Register so ausgelegt, daß der Frequenzgang beiderseits der mittleren Tonfrequenz (800 Hz) bis zu gewissen Grenzen beliebig einreguliert werden kann. Mit den Einzelheiten der dabei auftauchenden Fragen hat sich F. Kühne in Nr. 85 der Radio-Praktiker-Bücherei, „Hi-Fi-Schaltungs- und Baubuch“, eingehend auseinandergesetzt. Anschauliche Beispiele für die Schaltung und Bemessung solcher Register geben Bild 1 für ein Höhenregister und Bild 2 für ein Baßregister. Die Eingangsspannung gelangt hierbei an frequenzabhängige Spannungsteiler. In der Schaltung Bild 1 bilden ein Tiefpaßfilter aus R_1 , R_2 und C_1 und ein Hochpaßfilter aus R_4 , R_5 und C_2 den Spannungsteiler, an dem mit Hilfe des Potentiometers R_3 eine Spannung mit dem gewünschten Frequenzgang abgenommen werden kann. In der Schaltung Bild 2 bilden R_1 , R_2 und C_1 ein Hochpaßfilter und R_4 , R_5 und C_2 das Tiefpaßfilter.

In den Bildern 3 bis 6 sind die vier vorkommenden Arten von Filtern einzeln dargestellt. Die Anordnung in Bild 3 unterscheidet sich vom einfachen Hochpaßfilter (C und R_2) dadurch, daß der Kondensator C durch den Widerstand R_4 überbrückt ist. Bei tiefen Frequenzen ist der kapazitive Widerstand von C so groß, daß er nicht in Betracht zu ziehen ist; dann bilden R_1 und R_2 einen ohmschen Spannungsteiler, der frequenzunabhängig ist. Erst wenn mit steigender Frequenz der kapazitive Widerstand von C sinkt und in die Größenordnung von R_2 gelangt, ändert sich der Frequenzgang der Ausgangsspannung

insofern, als jetzt hohe Tonfrequenzen mit höherer Spannung an den Ausgang gelangen als zuvor. Diejenige Frequenz, bei der der kapazitive Widerstand von C gleich dem Widerstand von R ist, bezeichnet man als Grenzfrequenz f_g , von der an hohe Tonfrequenzen mit wesentlich höherer Spannung an den Ausgang gelangen als zuvor. Aus diesem Ansatz lassen sich Tonfrequenzfilter berechnen:

$$R = R_c = \frac{1}{2 \pi f_g C}, \quad C = \frac{1}{2 \pi f_g R}, \quad f_g = \frac{1}{2 \pi R C}.$$

Rechts: Bild 1. Schaltbild eines Höhenregisters



Links: Bild 2. Schaltung eines Baßregisters

Bild 3. Schaltung und Berechnungsunterlagen für ein Filter zur Höhenanhebung

$$C = \frac{A_n - A}{2 \pi f R_2 (A - 1) (A_n - 1)}$$

$$R_2 = \frac{A_n - A}{2 \pi f C (A - 1) (A_n - 1)}$$

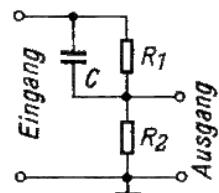
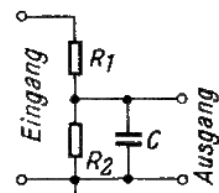


Bild 4. Schaltung und Berechnungsunterlagen für ein Filter zur Dämpfung der Höhen

$$C = \frac{A_n - A}{2 \pi f R_2 (A_n - 1)}$$

$$R_2 = \frac{A_n - A}{2 \pi f C (A_n - 1)}$$



Zur Berechnung von Hoch- und Tiefpaßfiltern nach den Bildern 3 bis 6, wie sie in Bild 1 und 2 verwandt sind, dient als Ausgangspunkt die erforderliche Eingangsimpedanz, die in der Regel durch den erforderlichen Anodenkreiswiderstand einer voraufgehenden Röhre oder den Innenwiderstand einer anderen Tonfrequenzquelle gegeben ist. Sie beträgt im Anodenkreis einer voraufgehenden Röhre etwa 1 MΩ, so daß die Summe von R₁ und R₂ diesen Betrag ergeben muß. Da jeweils zwei solcher Filter parallelgeschaltet sind, beträgt die wirksame Impedanz 500 kΩ bei der mittleren Tonfrequenz 800 Hz.

In der Praxis hat sich ergeben, daß eine Anhebung der Tonfrequenzen bzw. ihre Dämpfung etwa 6 dB je Oktave betragen soll, damit die erwünschte Wirkung erzielt wird. Unter dieser Voraussetzung sind

$$A = \frac{U_e}{U_a}, \quad A_n = \frac{R_1 + R_2}{R_2}, \quad R_1 = 9 \cdot R_2,$$

wobei mit U_e die Eingangsspannung und mit U_a die Ausgangsspannung der Filter bezeichnet ist; f ist diejenige Frequenz, deren Spannung am Ausgang konstant bleibt. Sie wurde weiter oben aus Gründen der praktischen Erfahrung mit 800 Hz empfohlen.

Die Durchrechnung eines Beispiels einer Höhenanhebung mit der Schaltung nach Bild 3 und der Mittelfrequenz von 1000 Hz ergibt für die Kapazität des Kondensators C einen Wert von 85,4 pF, für R₂ erhält man 85 kΩ und für R₁ einen solchen von 765 kΩ. Diese Werte findet man im Hochpaßfilter R₄, R₅, C₂ der Schaltung nach Bild 1 wieder, wobei die Größe der Kapazität auf 100 pF aufgerundet ist, um einen handelsüblichen Kondensator verwenden zu können. Durch diese Aufrundung verschiebt sich die Mittelfrequenz von 1000 auf 1040 Hz.

Dr. A. Renardy

Bild 5. Schaltung und Berechnungsunterlagen für ein Filter zur Baßanhebung

$$C = \frac{A-1}{2 \pi f R_2 (A_n - A)}$$

$$R_2 = \frac{A-1}{2 \pi f C (A_n - A)}$$

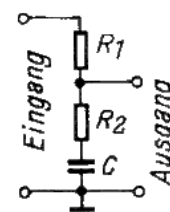
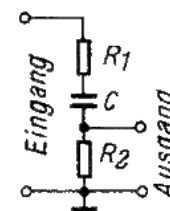


Bild 6. Schaltung und Berechnungsunterlagen für ein Filter zur Dämpfung der Bässe

$$C = \frac{1}{2 \pi f R_2 (A_n - A)}$$

$$R_2 = \frac{1}{2 \pi f C (A_n - A)}$$



Literatur

Schwan, H. A.: RC Filter Tone Controls. Radio & TV News, 1958, März, Seite 61

Kühne, F.: Hi-Fi-Schaltungs- und Baubuch. RadioPraktiker-Bücherei Nr. 85, Franzis-Verlag, München

Renardy, A.: RC-Hoch- und Tiefpaßfilter. FUNKSCHAU, 1957, Heft 14, Seite 385
