

Bild 3 Phasenvorleistung bei den tiefen Frequenzen

Bild 4 Phasennacheilung bei tiefen Frequenzen.

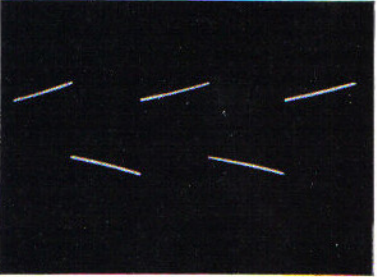


Bild 4 Phasennacheilung bei tiefen Frequenzen

Eine Wölbung im Rechteckdach deutet auf Amplitudenfehler hin. Ist das Dach nach oben gewölbt, so bedeutet das eine Hervorhebung der tiefen Frequenzen. Ist hingegen das Dach durchhängend, dann bedeutet das Abfall der tiefen Frequenzen. Resonanzen im Verstärker (Überschwingen) erscheinen als Schwingungen auf dem Rechteckdach, wie es Bild 5 zeigt.

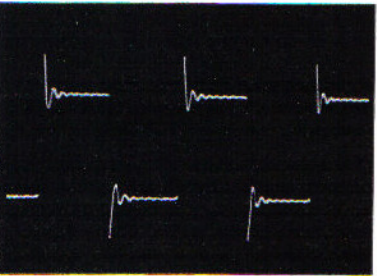


Bild 5 Überschwingen

Die Aufnahmen wurden mit einem Rechteckgenerator RG 3 und dem Grundig Oszillographen Typ G 4 in Verbindung mit einem Photovorsatz hergestellt. Es wurde ein normal empfindlicher Film 17/10° DIN verwendet, wobei zur Erhöhung der Schirmbildhelligkeit das Nachbeschleunigungsgerät Typ 6002 an den Kathodenstrahloszillographen angeschlossen war.

Der Einfluß des Frequenzganges sei im folgenden näher erläutert:

Ist der Einschwingvorgang, bezogen auf die halbe Sprungamplitude, nach oben und unten völlig symmetrisch (Bild 6), so

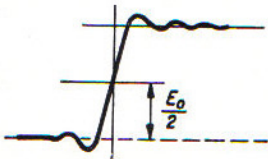


Bild 6 Symmetrischer Einschwingvorgang

ist das System frei von Phasenverzerrung. Der Phasenwinkel steigt linear mit der Frequenz an, d. h. die Phasenlauf-

zeit und die Gruppenlaufzeit sind konstant.

In den Abbildungen 7 a, 7 b und 7 c sind drei Oszillogramme wiedergegeben, die 7 a) den Einschwingvorgang eines normalen dreigliedrigen Tiefpasses, bei dem mit steigender Frequenz auch die Laufzeit zunimmt,



Bild 7 a

7 b) den des gleichen Tiefpasses mit nachfolgender Phasenkorrektur durch ein Brückenglied und



Bild 7 b

7 c) den Einschwingvorgang bei sehr großen nichtlinearen Verzerrungen zeigen.



Bild 7 c

Die Symmetrie des Einschwingvorganges ist daher eine gute und empfindliche Anzeige für konstante Phasenlaufzeit.

Die Anstiegszeit von 10% auf 90% des eingeschwungenen Zustandes bestimmt die obere Grenzfrequenz des Systems. Setzt man ein System mit linearem Phasengang oder nur geringen Phasenverzerrungen voraus, so kann man aus der Einschwingzeit τ , die bei Phasenlinearität etwa der Anstiegszeit von 10% auf 90% entspricht, die mittlere obere Grenzfrequenz f_m nach der Formel berechnen

$$f_m = \frac{1}{2\tau}$$

dabei ist, wenn man den Übertragungsfaktor mit $V = 1$ bei der Frequenz $f = 0$ ansetzt:

$$f_m = V_{(f)} df$$

(Siehe Bild 8).

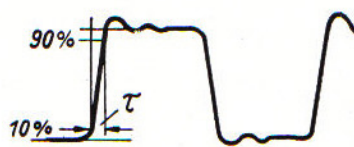


Bild 8

Bestimmt der Phasengang die Art des Anstiegs bezüglich der Symmetrie des oberen und unteren Teiles, so ist der Dämpfungsverlauf für die Art des Einschwingens (z. B. mit oder ohne Überschwingen) maßgebend.

Allgemein kann hierzu folgendes gesagt werden:

Fällt der Übertragungsfaktor bei verhältnismäßig tiefen Frequenzen beginnend langsam ab, wie z. B. bei einem RC-Verstärker ohne oder mit geringer L-Kompensation, so tritt kein Überschwingen auf (Bild 9). Ist er über einen



Bild 9

weiteren Frequenzbereich konstant, um dann sehr schnell abzusinken, oder besitzt er in der Nähe der Grenzfrequenz eine Resonanzstelle, so tritt mehr oder weniger starkes Überschwingen auf (Bilder 10 a und 10 b). Dieses Über-



Bild 10 a

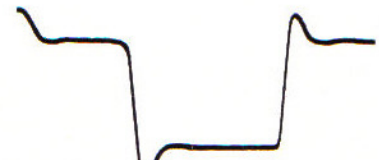


Bild 10 b

schwingen kann nach Art einer gedämpften Schwingung oder in Form einer e-Funktion abklingen, je nachdem sich die Frequenzanhebung auf einen schmalen oder breiten Frequenzbereich erstreckt.

Zeigen die Dächer der Rechteckspannung einen konvexen oder konkaven Verlauf, so kann auf eine Anhebung bzw. Absenkung des Übertragungsfaktors im Bereich der Rechteckgrundfrequenz geschlossen werden.

Ein linearer Abfall der Dächer in Richtung der Zeitachse deutet in erster Linie auf Phasenverzerrung der tiefen Teilfrequenzen der Rechteckwelle. Der Übertragungsfaktor bleibt dabei annähernd konstant (Bild 11).

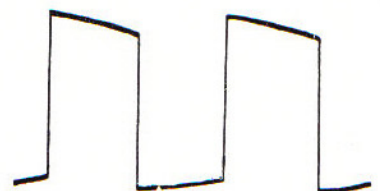


Bild 11 Phasenverzerrung bei tiefen Frequenzen

Erhält man am Ausgang des Verstärkers ein unverzerrtes Rechteck, so ist damit sichergestellt, daß in einem Bereich zwischen $f/10$ und $10 \cdot f$, wobei f die Rechteckfrequenz bedeutet, der Verstärker sowohl amplituden- als auch phasenrichtig arbeitet.

Die Bilder 12 bis 17 zeigen als praktische Beispiele die Prüfung der Hi-Fi-Stereo-Verstärker NF 1 und NF 2 mit Rechteckspannungen.