Der Tonschwankungsmesser

Ein Gerät für die Untersuchung von Störmodulationen bei Tonträger-Geräten

Unvollkommenheiten bei Magnetton-Geräten, Schallplatten- und Schallband-Abspielmaschinen sowie Lichtton-Anlagen ergeben Frequenz- und Amplituden-Störmodulationen in der Wiedergabe-Spannung, die mit steigender Qualität der Tonträger als immer unangenehmer empfunden werden. Für die verschiedenen Geräte-Gruppen und Anwendungsbereiche sind unterschiedliche Höchstwerte für diese Störmodulation genormt. Es ist also notwendig, derartige Modulationen sowohl bei der Entwicklung von Tonträger-Geräten als auch in der Studio-Praxis dauernd zu überwachen. Hierfür dienen spezielle Messgeräte, wie zum Beispiel der Tonschwankungsmesser der Wilhelm Franz K.G., dessen neueste Ausführung nicht nur Frequenz-, sondern auch Amplituden-Störmodulationen messen kann und ausserdem zur oszillografischen Anzeige des Schwankungsverlaufes geeignet ist. Das erweitert den Anwendungsbereich wesentlich, denn so kann man nicht nur die Fehlergrösse selbst bestimmen, sondern auch die Fehlerursache erkennen.

Frequenz-Störmodulation

Tonhöhen-Schwankungen oder Frequenz-Störmodulationen findet man bei allen Tonträger-Geräten in verschiedener Größe. Studio-Geräte haben Tonhöhen-Schwankungen um 1 ‰, Geräte für mittlere Ansprüche solche unter 1 % und einfache Diktiergeräte Werte bis 5 %. Alle diese Angaben sind Scheitelwerte. Das menschliche Ohr stören Tonhöhen-Schwankungen aber nicht nur durch ihre absolute Höhe, sondern bewertet nach ihrer Frequenz. Die langsamsten Frequenz-Änderungen mit Frequenzen unter 1 Hz, wie sie durch Schlupf entstehen, wirken nur auf das Erinnerungsvermögen für Töne. Solche Störungen werden in der Praxis nur von Beobachtern mit absolutem Gehör wahrgenommen. Die höchste Empfindlichkeit gegenüber Tonhöhen-Schwankungen findet man zwischen 1 und 4 Hz, dem Gebiet des „wow". Oberhalb von 4 Hz im Gebiet des „flutter" nimmt die Empfindlichkeit mit steigender Frequenz ab. Über die Steilheit dieser Abnahme liegen Untersuchungen mit verschiedenen Ergebnissen vor. Die Messwerte bewegen sich zwischen − 3 dB und − 6 dB je Oktave. Dabei wurden − 3 dB bei Untersuchungen mit Kopfhörern, die höheren Werte bei solchen mit Lautsprechern im normierten Wohnraum erhalten. Starke höherfrequente Anteile, wie sie zum Beispiel bei Magnettongeräten durch Bandschwingungen entstehen können, erzeugen eine störende Rauhigkeit der Wiedergabe.

Wie schon erwähnt, gibt man für Tonhöhen-Schwankungen neuerdings allgemein Scheitelwerte, genauer Spitze-Spitze-Messwerte, an. Beim Vergleich von Messungen mit verschiedenen Geräten ist es jedoch notwendig, nicht nur auf gleichartige Definitionen des Messwertes zu achten, sondern auch darauf, wie dieser Messwert erhalten wurde und welche Zeitkonstanten in der Gleichrichter-Schaltung wirksam sind. Unterschiede in der Gewinnung des Messwertes können zu oft schwer verständlichen Differenzen in den Resultaten führen.

Bei oszillografischer Darstellung der Tonhöhen-Schwankungen, wie sie mit dem EMT-Tonschwankungsmesser möglich ist, kann man aus Frequenz- und Kurvenform des Verlaufes auf die Entstehungs-Ursache der Schwankung schliessen. Wenn zum Beispiel eine Schallplatten-Abspielmaschine einen Motor mit 1500 U/min hat, so werden 25-Hz-Störanteile vom Motor kommen. Treibt der Motor über ein Reibrad mit 300 U/min den Plattenteller, so werden 5-Hz-Störungen im Zwischenrad ihre Ursache haben. Bei Normalplatten mit 78 U/min haben 1,3-Hz-Störungen die Periode des Plattentellers selbst. 50-Hz-Störungen wären bei diesem Beispiel auf Vibrationen des Motors zurückzuführen, wobei die doppelte Frequenz durch Ummagnetisierung auftritt. Sinusförmige Störungen deuten auf Exzentrizitäten, impulsförmige auf Lagerfehler. Sogar so geringfügig erscheinende Fehler, wie eine einzige rostige Kugel in einem Lager, hat man bereits durch oszillografische Beobachtung ausfindig machen können.

Amplituden-Störmodulation

Durch den Übergang auf langsamere Tonträger-Geschwindigkeiten und die steigende Verwendung perforierter Magnetbänder erhalten Amplituden-Schwankungen bei Magnetbandgeräten mehr und mehr Bedeutung. Niedrige Amplituden-Störmodulationen kann man nur dann erzielen, wenn der Kontakt zwischen Tonträger und Abtastorgan vollkommen einwandfrei ist. Dabei kann dieser Kontakt bei Aufnahme im Freien und niedrigen Temperaturen unabhängig von der Geräte-Konstruktion und den im Normalfall einwandfreien Eigenschaften des Bandes zusätzlich leiden. Es ist keineswegs so, wie manchmal behauptet wird, dass die Amplituden-Störmodulationen grundsätzlich gegenüber Tonhöhen-Schwankungen zu vernachlässigen seien.

Die Schaltung

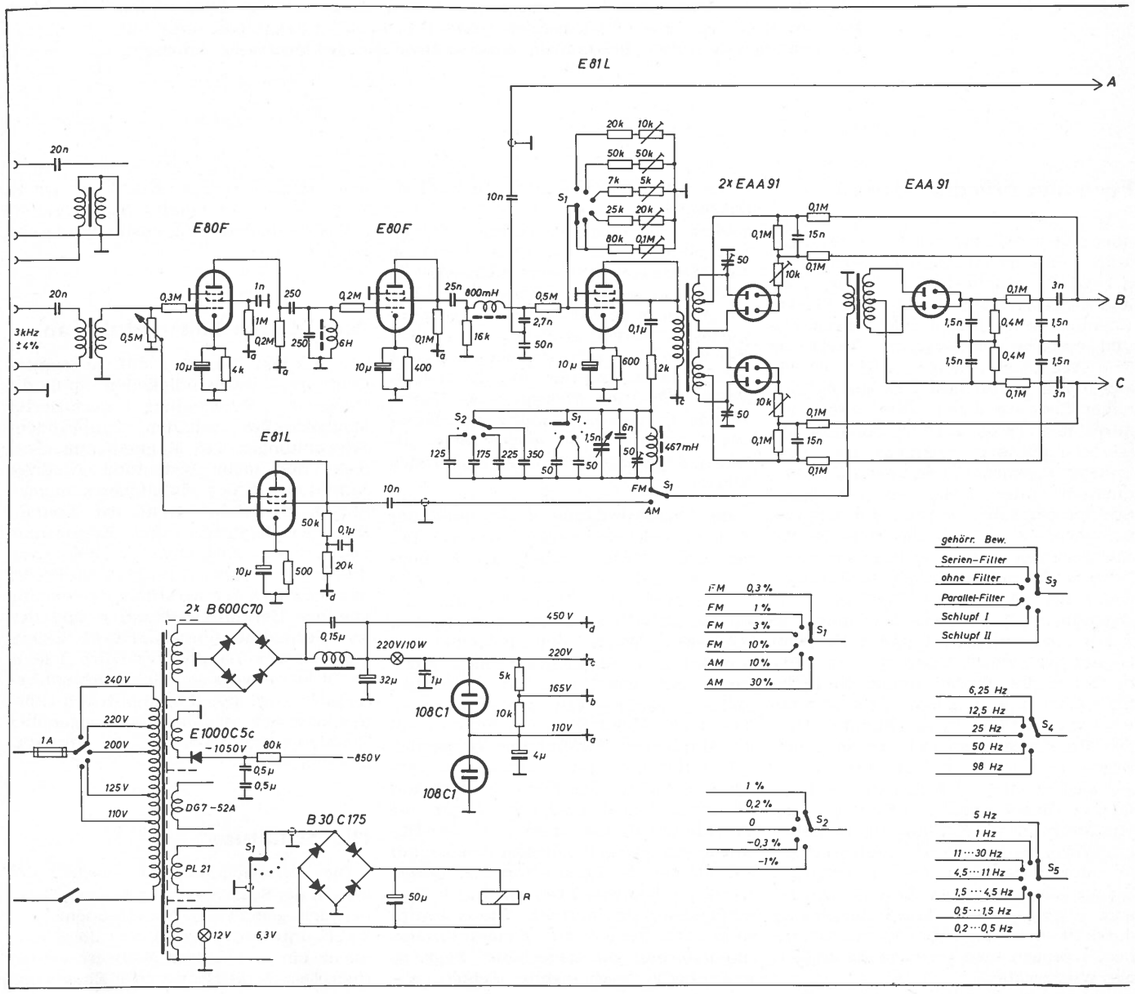
Die Tonschwankungen werden mit dem in der Schaltung dargestellten Gerät bei der genormten Messfrequenz von 3 kHz untersucht. Dabei darf diese Frequenz um ± 4 % vom Sollwert abweichen. Das Gerät ist mit zwei Eingängen,

einem symmetrischen für 600 Ohm und einem unsymmetrischen von zirka 0,5 MOhm Eingangswiderstand, versehen. Dabei soll die Spannung an dem niederohmigen Eingang zwischen 30 mV und 2 V, am hochohmigen zwischen 200 mV und 20 V liegen. Die beiden ersten Röhren des Verstärkers zur Tonhöhen-Schwankungs-Messung, zwei Pentoden EF 80, sind als Begrenzer geschaltet und geben eine konstante Eingangsspannung für den Flanken-Demodulator. Seine frequenzabhängige Ausgangsspannung wird in einem Zweiweg-Gleichrichter gleichgerichtet, gesiebt und auf die Gegentakt - Endstufe mit den beiden Röhren E 80 L gegeben. Dabei kann die Mittenfrequenz des Flanken-Demodulators mit dem 1,5-nF-Drehkondensator der Testfrequenz angepasst werden. Der Stufenschalter S_2 ermöglicht kleine definierte Verstimmungen, wie sie für Eichmarken bei der Registrierung zweckmässig sind. Um eine ausreichende Stabilität der Messanordnung zu erzielen, wird aus der Eingangsspannung des Flanken - Demodulators die Nullpunkt-Gleichspannung der Gegentakt-Endstufe erzeugt. Am Eingang der E 81 L, der letzten Röhre des Verstärkers bei Tonhöhen-Schwankungs-Messungen, liegt mit dem Schalter S_1 die Umschaltung für die Messbereiche. Störfrequenz-Modulation kann in vier Bereichen mit 0,3 ... 10 % Vollausschlag gemessen werden.

Im Signalverlauf parallel und in der Zeichnung unter dem Messkanal für Tonhöhen-Schwankungen liegt ein linearer Verstärker für die Untersuchung der Amplituden - Störmodulation. Die Ausgangs - Wechselspannung dieser E 81 L wird in der EAA 91 gleichgerichtet, so dass ihre Amplituden-Schwankungen ebenfalls auf den Eingang der Gegentakt - Endstufe gelangen. Mittelwert und damit Nullpunkt ist hierbei die konstante aus dem Begrenzer gelieferte Spannung, die auch im Tonhöhen-Kanal als Vorspannung für die Endstufe diente. Mit ihr werden an S_1 auch die beiden AM-Bereiche umgeschaltet.

Auf die Gegentakt - Endstufe folgen der Anzeigeteil und der Katodenstrahl-Oszillograf. Hierbei können wahlweise Filter zwischengeschaltet werden. Die Filter - Frequenzbereiche werden mit dem Schalter S_4 zwischen 6,25 und 98 Hz gewählt, wobei 98 Hz der Mittelwert zwischen der doppelten Netz- und Perforations-Frequenz ist. Mit dem Wahlschalter S_3 kann die Bewertungsart gewählt werden, indem nämlich das Filter entweder in Serie oder parallel verwendet wird. Weiterhin können mit S_3 als Schlupffilter Tiefpässe mit Grenzfrequenzen von 0,5 Hz beziehungsweise 1,5 Hz eingeschaltet werden. Dabei ist die 0,5-Hz-Grenzfrequenz für Schlupfmessungen an Magnetband - Apparaturen, die höhere Grenzfrequenz für wow-Untersuchungen an Schallplatten-Laufwerken wichtig. Ein weiteres Filter ermöglicht die gehörrichtige Bewertung der Tonhöhen - Schwankungen. Dieser Tiefpass hat oberhalb von 4 Hz einen Abfall von zirka 3 dB je Oktave und entspricht somit den obenerwähnten Eigenschaften des menschlichen Ohres.

Die Ausgangsspannung des gewählten Filters wird mit einer EAA 91 gleichgerichtet und dann mit einem 0,5-mA-Drehspul - Instrument angezeigt. Zwischen Gleichrichtung und Anzeige liegt als Gleichstrom-Verstärker eine E 80 CC.

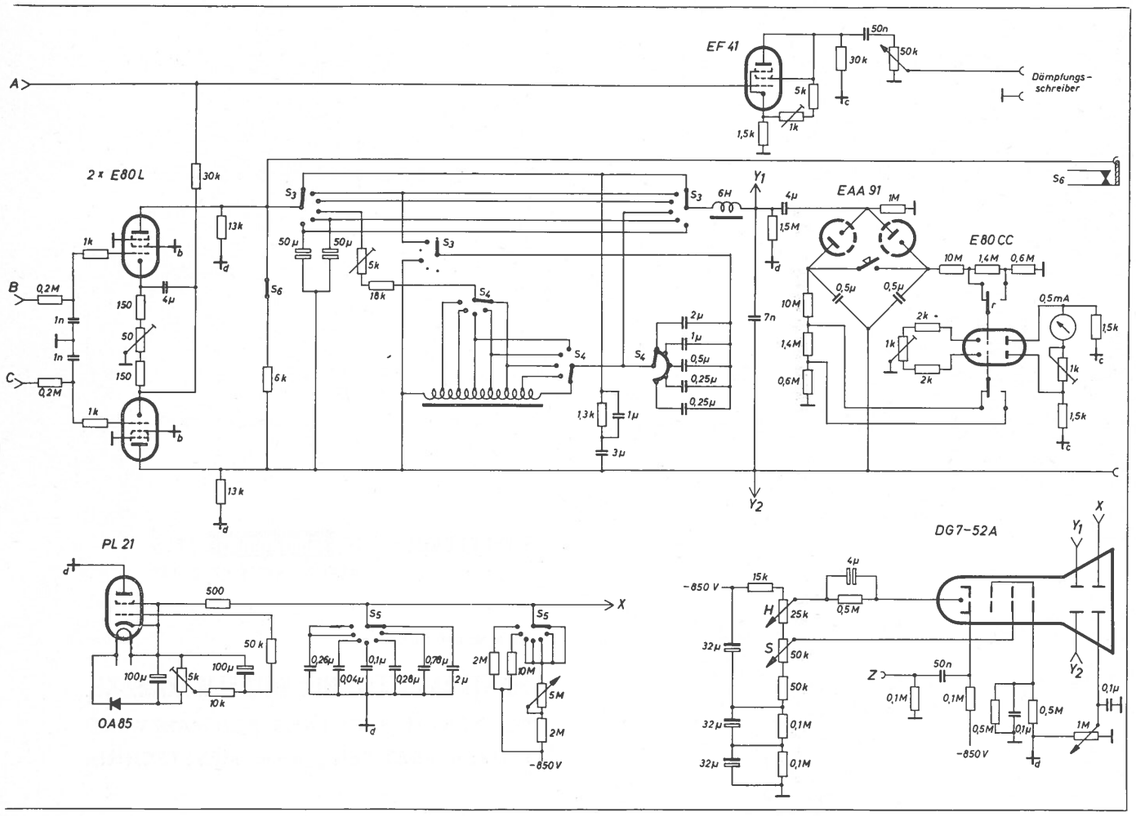


Das Instrument ist hierbei wie üblich zwischen beiden Trioden-Anoden angeordnet. Am Eingang der beiden Systeme finden sich Wechselkontakte des Relais *R*, die in der empfindlichsten Stellung bei Messung von Frequenz-Störmodulationen die Spannungsteilung zwischen Gleichrichter und Gleichspannungs-Verstärker reduzieren.

Der Messwert kann aber nicht nur am eingebauten Instrument angezeigt, sondern auch mit anzuschliessenden Messgeräten registriert werden. An das Buchsenpaar lässt sich ein Schleifen-Oszillograf oder ein ähnliches Gerät anschliessen, das maximal 8 mA Strom entnehmen darf. An diesem Ausgang wird der gesamte Frequenzbereich ohne Beeinflussung durch die eingebauten Filter endend mit der oberen Grenzfrequenz des Gerätes von 350 Hz registriert. Mit dem Schaltkontakt an einer der beiden Buchsen wird die Leitung zwischen den beiden Anoden der Gegentakt-Endstufe aufgetrennt, so dass der dort normalerweise liegende Belastungs-Widerstand von 6 kOhm unwirksam wird. Damit die Eichung des Gerätes unbeeinflusst bleibt, muss der Innenwiderstand des angeschlossenen Registrier - Gerätes ebenfalls 6 kOhm betragen.

Ein weiterer Ausgang ermöglicht den Anschluss eines Pegel-Schnellschreibers. Auch mit ihm werden FM- und AM-Störfrequenzen mit ihren Gleichspannungs-Komponenten ohne Wirkung der Filter registriert, wobei die obere Grenzfrequenz vom verwendeten Pegelschreiber bestimmt wird. Er wird über eine zusätzliche Verstärkerstufe gesteuert, an deren Gitter eine konstante 3000-Hz-Wechselspannung liegt. Diese wird dem kapazitiven Spannungsteiler vor der E 81 L im Begrenzer-Verstärker entnommen. Ausserdem wird das Gitter der EF 41 durch die der Störmodulation entsprechende Spannung aus der Endstufe des Gerätes gesteuert. Somit ergibt sich eine der Störgrösse proportionale Anoden - Wechselspannung von 3000 Hz, die den Dämpfungsschreiber steuert. Da ein solcher im allgemeinen mit einem logarithmischen Potentiometer ausgestattet ist, wurde für diesen Zusatz-Verstärker mit der EF 41 eine Exponentialröhre vorgesehen. Ein 25-dB-Potentiometer auf dem Schreiber ergibt dann eine lineare Anzeige für die Störmodulation. Das Ausgangs - Potentiometer von 50 kOhm vor den Buchsen für den Dämpfungsschreiber ermöglicht eine Anpassung der Ausgangsspannung an die Empfindlichkeit des nachgeschalteten Gerätes.

Schliesslich kann der Verlauf der Messgrösse, wie oben schon erwähnt, am eingebauten Katodenstrahl - Oszillografen beobachtet werden. Seine beiden Messplatten werden vom Ausgang der umzuschaltenden Filteranordnung gesteuert. Für den Katodenstrahl-Oszillografen ist ein Thyratron-Kippgerät eingebaut, dessen Kippfrequenzen mit dem Schalter S_5 in sieben Stufen gewählt werden können. Zwei der Stufen geben feste Frequenzen von 1 Hz und 5 Hz, die fünf übrigen kontinuierlich einstellbare Frequenzen zwischen 0,2 und 30 Hz. Am Wehnelt-Zylinder ist über die Buchse Z eine Helligkeits-Modulation möglich.



Messplatte und Messband

Natürlich muss für Tonschwankungs-Messungen ein entsprechender Tonträger mit geringen Eigenfehlern zur Verfügung stehen. Seine Eigenfehler sollten eigentlich eine Grössenordnung unter den zu messenden Fehlern der Wiedergabe - Einrichtung liegen. Solche Tonträger sind noch recht schwer zu realisieren. Bei Magnetband-Geräten kann man sich dadurch helfen, dass man das zu prüfende Gerät erst als Aufnahme- und dann als Wiedergabe-Gerät verwendet. Dabei addieren sich die Fehler bei Aufnahme und Wiedergabe unter Berücksichtigung ihrer Phasenlage. Im allgemeinen kann man annehmen, dass beide Fehler gleich gross sind. Für Schallplatten - Laufwerke braucht man eine gute Messplatte. Um die Fehler der Messplatte von denen der Apparatur zu trennen, wird man mehrere Messungen ausführen, bei denen man die Platte jeweils um bestimmte Winkel gegenüber dem Plattenteller verdreht. Selbstverständlich muss auf einwandfreie Zentrierung der Platte auf dem Teller geachtet werden, wozu man sich spezieller Justierteller bedienen kann. C. R.

SONDERDRUCK AUS radio mentor 1958
HEFT 11 · SEITEN 743-745

Überreicht durch:

ELEKTROMESSTECHNIK WILHELM FRANZ KG.
POSTFACH 327, LAHR/SCHWARZWALD
Telefon: 2053 Telegramm: MESSTECHNIK