

Frequenzweichen-Simulation

„3Weg“

Schnelle und komfortable Berechnung von Frequenzweichen für 3-Weg-Lautsprecherboxen

Allgemeines

Das Frequenzweichen-Simulationsprogramm „3WEG“ dient zur schnellen Ermittlung des elektrischen Verhaltens von Standard-3-Wege-Lautsprecherboxen. Über die Funktionen zur reinen Berechnung der Frequenzweiche hinaus bietet das Programm „3WEG“ die Möglichkeit, Fehler oder Abweichungen in den Frequenzbereichen sowie deren mögliche Folgen zu zeigen.

Ziel der Softwareentwicklung war es, die sehr zeitaufwendigen Messungen von Spannungs- und Phasenverläufen durch eine gute Simulation auf den Rechner zu versetzen. Das Programm ermittelt die Spannungsverläufe an den drei Lautsprechern sowie die zugehörige Phasenlage zum Eingangssignal und darüber hinaus auch den Impedanzverlauf und dessen Phase.

Außerdem werden die Eigenschaften der Lautsprecher in Näherung mit Hilfe eines Ersatzschaltbildes simuliert. Bei geschlossenen Hoch- und Mittel-Lautsprechern können die Herstellerangaben übernommen werden. Für offene Lautsprechersysteme, bei denen das Volumen und die Bedämpfung der Box maßgeblichen Einfluß auf die Charakteristik haben, muß der Impedanzverlauf ermittelt werden, wenn

die Resonanzfrequenz und die Güte der Resonanzstelle unbekannt sind, um so zu einer optimal dimensionierten Frequenzweiche zu kommen.

Grundlagen

HiFi-Lautsprecher sollen möglichst ungerichteten Schall abstrahlen. Dies ist jedoch mit einem einzigen System über den gesamten Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz nur schwer zu erreichen. Die Größe des Lautsprechers hat, abhängig von der Wellenlänge zu hohen Frequenzbereichen hin, immer eine Bündelung der Schallenergie zur Folge. Eine großflächige Membran, die für die Tieftonwiedergabe notwendig ist, kann keine gleichmäßige Richtcharakteristik auf allen Frequenzen erzielen. Aus diesem Grunde ist eine Aufteilung des Übertragungsbereiches auf mehrere Lautsprecher erforderlich. Drei Lautsprecher stellen dabei einen guten Kompromiß zwischen Anzahl der Chassis und möglicher Fehler der Weiche dar. Auf diese Weise erreicht man eine Spannungsverteilung auf die für die Schallabstrahlung im Teil-Frequenzbereich jeweils optimal gestalteten Lautsprecher. Dabei unterscheidet man im wesentlichen zwischen Weichenarten erster, zweiter oder dritter Ordnung mit einer Flankensteilheit von 6, 12 bzw. 18 dB/Oktave.

Die Folgen dieser Aufteilung sind dann Amplituden- und Phasenfehler bei der Schallabstrahlung, da sich zum einen keine idealen Weichen mit unendlicher Steilheit, verbunden mit linearem Phasenverlauf realisieren lassen, zum anderen aber auch jeder Lautsprecher für sich einen anderen Phasen- und Amplitudenverlauf besitzt. Schallpegeladditionen mit unterschiedlichen Systemen führen dann zwangsläufig zu Pegelschwankungen im Übertragungsverhalten und zu Bündelungen oder Auslöschungen in Abhängigkeit vom Hörort.

Wichtiger als die Phasenfehler über den gesamten Frequenzbereich sind jedoch die Phasendifferenzen zwischen den einzelnen Lautsprechern an den beiden Grenzfrequenzen, da hier in jedem Fall ein relativ großer Überlappungsbereich entsteht.

Selbst wenn die Weiche optimal gestaltet wird, erzeugen die Fehler der Lautsprecher z. B. durch Resonanzstellen und Schwingspulen-Induktivitäten wiederum Amplituden- und Phasenfehler, die u. U. zu Überlastung der Schwingspule oder sogar zur mechanischen Zerstörung der Lautsprechermembran führen können.

Der hohe Widerstand an der Eigenresonanzstelle des Lautsprechers kann zu Spannungsüberhöhungen führen. Mit Hilfe des Frequenzweichen-Simulationsprogramms „3WEG“ ist es möglich, diese Gefahr zu erkennen und ggf. durch Ver-

schiebung der Grenzfrequenz oder durch zusätzliche Bedämpfung des Gehäusevolumens zu beseitigen.

Überdies ist besonderes Augenmerk auf den induktiven Anteil der Lautsprecherimpedanz zu legen. Die Weiche arbeitet nicht auf einem ohmschen Widerstand, sondern auf einen induktiven Anteil, der mit steigender Frequenz hochohmiger wird. Das gesamte Dämpfungsverhalten der Weiche kann sich dadurch verändern. Im Tieftonbereich ist dieses Verhalten relativ unkritisch, da der Kondensator des LC-Tiefpasses ohnehin für hohe Frequenzen nahezu einen Kurzschluß darstellt. Im Mitteltonbereich dagegen entsteht ein induktiver Spannungsteiler, der die Wirkung des Bandpasses außer Kraft setzt.

Um zu einer optimalen Dimensionierung einer Frequenzweiche zu kommen, sind, wie vorstehende Erläuterungen zeigen, vielfältige Parameter zu berücksichtigen, wobei ein modernes Simulationsprogramm gute Dienste leisten kann.

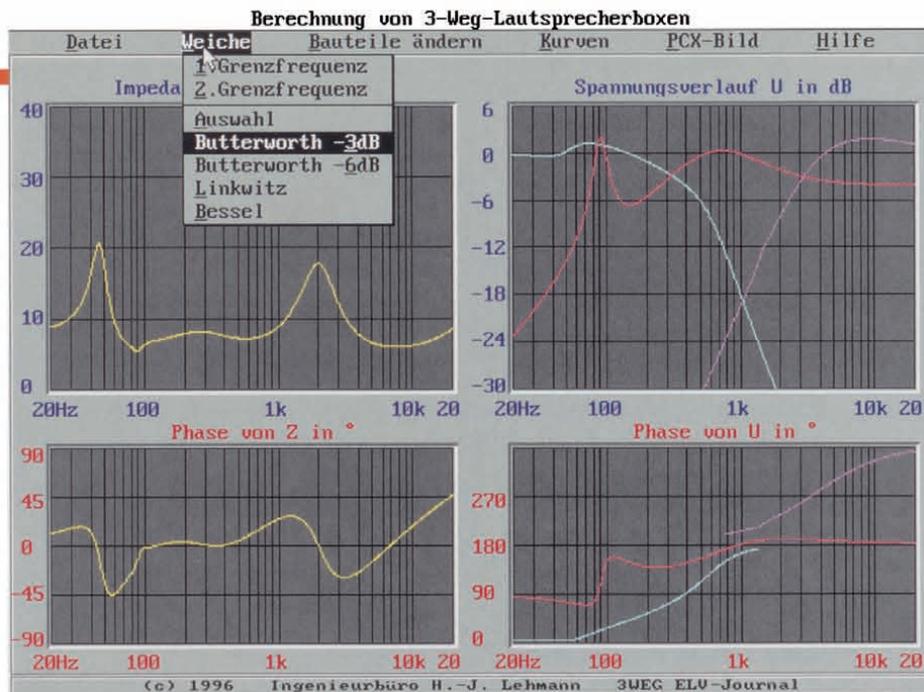
Berechnungen

Für die optimale Dimensionierung von Frequenzweichen steht auf dem Bildschirm das gesamte Schaltbild der Frequenzweiche sowie eine grafische Darstellung der Impedanz-, Phasen- und Spannungsverläufe an den Lautsprechern zur Verfügung. Die Verläufe ermöglichen dabei die sofortige Kontrolle der vorgenommenen Dimensionierung.

Für die Berechnung der Frequenzweiche müssen im ersten Schritt die gewünschten Grenzfrequenzen, z. B. 200 Hz und 4 kHz vorgegeben werden. Durch das selektive Verändern der RLC-Glieder direkt in der Schaltung, läßt sich nun die optimale Dimensionierung der Bauteile ermitteln. Hierzu wird das entsprechende Bauteil einfach mit der Maus ausgewählt und der neue Wert eingegeben. Die Auswirkung ist daraufhin sofort in den Impedanz-, Phasen- und Spannungsverläufen erkennbar. Die Realisierung von Filtern mit hoher Güte ist somit auch ohne große Vorkenntnisse sehr einfach und schnell möglich. Die Berechnung der Filter kann wahlweise nach dem Butterworth- (-3dB oder -6dB), Linkwitz- oder Besselverfahren erfolgen. Die so berechneten Filter verfügen dabei über eine unterschiedliche Flankensteilheit und Welligkeit sowie über einen entsprechenden Durchlaßbereich. In der Praxis wird häufig ein Butterworth-Filter eingesetzt.

Verläufe

Zur direkten Kontrolle der Dimensionierung werden die sich ergebenden Impedanz-, Phasen und Spannungsverläufe sofort in grafischer Form ausgegeben. Die



Darstellung kann dabei parallel zur Schaltung in verkleinerter Form oder auf dem gesamten Bildschirm erfolgen. Die Verläufe lassen sich schließlich auf Wunsch auch als PCX-Datei speichern. Dies ermöglicht eine problemlose Übernahme in andere Programme, beispielsweise zur Dokumentation der Berechnungen mit einer Textverarbeitung.

Mit dem Programm „3WEG“ lassen sich folgende elektrische Eigenschaften der Frequenzweichen in grafischer Form darstellen:

- Impedanzverläufe der drei Lautsprecher mit Entzerrer
- Impedanzverlauf von Z
- Phasenverlauf von Z
- Spannungsverläufe an den drei Lautsprechern
- Phasenverläufe der Spannungen an den drei Lautsprechern

Durch die direkte Gegenüberstellung der Schaltung mit den aus den Berechnungen resultierenden Verläufen ist das Programm „3WEG“ nicht nur ausgesprochen hilfreich, sondern auch hervorragend für Lernzwecke geeignet, da es die Zusammenhänge und Unterschiede der einzelnen Verfahren anschaulich verdeutlicht.

Installation

Das Programm „3WEG“ kann in kürzester Zeit auf dem PC eingerichtet werden. Hierzu wird auf der Programmdiskette einfach das Programm „Install“ gestartet. Daraufhin werden das Programm und einige Beispiele automatisch auf die Festplatte kopiert.

Start und Steuerung

Nach der Installation kann das Programm sofort durch die Eingabe „3WEG“ und Bestätigen mit der Enter-Taste gestartet

Bild 1: Darstellung der mit dem Programm erstellbaren Kurvenverläufe

werden. Danach werden die grafische Benutzeroberfläche aufgebaut und die Filterschaltung auf dem Bildschirm ausgegeben. Zusätzlich werden die Impedanz-, Phasen- und Spannungsverläufe in verkleinerter Form dargestellt. Für die Steuerung des Programms empfiehlt sich der Einsatz einer Maus, da hierdurch sehr schnell die Auswahl der einzelnen Bauteile in der Schaltung für eine Veränderung der Dimensionierung möglich ist. Über das Menüsystem lassen sich auf einfache Weise alle Einstellungen für Frequenzweichen laden und speichern. So können beispielsweise bestehende Frequenzweichen nachträglich weiter optimiert werden. Die Funktion „Weiche“ ermöglicht die komfortable Auswahl des Berechnungsverfahrens (Butterworth, Linkwitz, Bessel), um das Filter auf die eigenen Bedürfnisse optimal anzupassen.

Systemvoraussetzungen

Für den Einsatz des Programms „3WEG“ ist ein PC mit VGA-Grafikkarte erforderlich, damit die Schaltung und alle Verläufe in übersichtlicher Form dargestellt werden können. Für das schnelle Arbeiten mit der grafischen Benutzeroberfläche empfiehlt sich der Einsatz einer Maus. Das Programm kann aber auch über die Tastatur gesteuert werden. Die im Programm vorgenommenen Berechnungen sind nicht nur sehr hilfreich, sondern vermitteln gleichzeitig auch einen praxisbezogenen Einblick in die Zusammenhänge von passiven Filterschaltungen. Das Programm „3WEG“ eignet sich somit auch hervorragend für Lernzwecke. Durch die übersichtliche Gestaltung und die sehr komfortable Bedienung des Programms können dabei alle Funktionen in kürzester Zeit vollständig genutzt werden. **ELV**