

Handout zum Thema "Elektrische Filter"

(Veselin Popov, Datum: 01.12.15)

Definition: Elektrische Filter sind Schaltungen, die Amplitude und Phase eines elektrischen Eingangssignals in Abhängigkeit von der Frequenz verändern können.

Hauptkriterien

Die Frequenzfilter können nach vier Hauptkriterien klassifiziert werden:

1. **Komplexität**
2. **Frequenzgang**
3. **verwendete Bauelemente**
4. **Berechnungsmethode**

Anwendungen

Anwendung finden die Filter in verschiedenen Gebiete, wie z.B.:

1. **Hörfunk/Rundfunk** – für den Empfang nur einer bestimmten Frequenz/eines bestimmten Frequenzintervalls
2. **Lautsprecherweiche** – die unterschiedlichen Frequenzen für die Töne werden an die entsprechenden Lautsprecher verteilt (Quelle: <http://de.wikipedia.org>)
3. **Netzfilter** – für Unterdrückung verschiedener elektrischer Störungen aus elektronischen Geräten in das Stromversorgungsnetz. (Quelle: <http://de.wikipedia.org>)

Übertragungsfunktion

Die Übertragungsfunktion spielt Schlüsselrolle beim Entwurf von Frequenzfiltern. Sie ist definiert als „den Zusammenhang von Eingangssignal und Ausgangssignal eines dynamischen Systems im Frequenzbereich“ (Quelle: <http://de.wikipedia.org>) und charakterisiert den Frequenzgang des Filters. Die allgemeine Formel für die Übertragungsfunktion lautet: $H(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ mit

$$s = \sigma + j\omega$$

$Y(s)$:= Laplace – Transformierte von Ausgangssignal

$U(s)$:= Laplace – Transformierte von Eingangssignal

Filtercharakteristiken

Die folgende Tabelle gibt Auskunft über die wichtigsten Filtercharakteristiken, die sich bezüglich des Frequenzgangs ergeben.

Filtercharakteristik	Eigenschaften
<i>Butterworth-Filter</i>	<i>flacher Verlauf des Betragsfrequenzganges im Durchlassbereich und steiler Verlauf oberhalb der Grenzfrequenz</i>
<i>Bessel-Filter</i>	<i>flacher Verlauf des Betragsfrequenzganges im Durchlassbereich und nicht besonders steiler Verlauf oberhalb der Grenzfrequenz</i>
<i>Tschebyscheff-Filter</i>	<i>sehr steiler Abfall oberhalb der Grenzfrequenz, weist Welligkeit im Durchlassbereich auf.</i>
<i>Inverses Tschebyscheff-Filter</i>	<i>sehr steiler Abfall oberhalb der Grenzfrequenz, weist Welligkeit im Sperrbereich auf.</i>
<i>Cauer-Filter</i>	<i>noch steilerer Abfall oberhalb der Grenzfrequenz, weist Welligkeit im Durchlass und im Sperrbereich auf.</i>

Ordnung

Weitere charakteristische Größe des Frequenzfilters ist seine Ordnung. Sie beschreibt die Dämpfung bzw. die Flankensteilheit des Filters oberhalb und unterhalb der Grenzfrequenz. Diese Größe ist auch in der Übertragungsfunktion enthalten:

$$H(S) = \frac{H(\omega = 0)}{\sum_{i=0}^n c_i S^i}$$

n – Ordnung des Filters

c_i – Koeffizienten des Filters

$$S = \frac{s}{\omega_g}$$

Selektionsverhalten

Bezüglich des Verhaltens (Durchlass- und Sperrbereich) unterscheidet man zwischen fünf Haupttypen, die in der folgenden Tabelle aufgezählt sind.

Filtertyp	Verhalten
<i>Tiefpass</i>	<i>lässt alle Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz möglichst unverändert und schwächt die Frequenzen oberhalb ab.</i>
<i>Hochpass</i>	<i>schwächt alle Frequenzen bis zur Grenzfrequenz ab und lässt alle höheren möglichst unverändert.</i>
<i>Bandpass</i>	<i>schwächt alle Frequenzen außerhalb eines Intervalls ab und lässt die Frequenzen innerhalb möglichst unverändert.</i>
<i>Bandsperre</i>	<i>schwächt Frequenzen innerhalb eines Intervalls ab und lässt alle anderen möglichst unverändert.</i>
<i>Allpass</i>	<i>lässt alle Frequenzen mit der gleichen Verstärkung, die Phasenverschiebung hängt von der Frequenz ab.</i>

Passive und aktive Filter

Bezüglich der verwendeten Bauelementen für den Aufbau wird zwischen zwei Filtertypen unterschieden:

1. **passive Filter** – sie sind nur aus passiven Bauelementen aufgebaut (R, L, C) und können die oben genannten Filtertypen realisieren.
2. **aktive Filter** – sie sind nicht nur aus passive sondern auch aus aktiven Bauelementen aufgebaut (Transistoren, Operationsverstärker)

Digitale Filter

Alle bisher genannten Filter sind analog, d.h sie verarbeiten nur zeit- und amplitudenkontinuierliche Signale. Eine andere Filterart stellen die digitalen Filter dar. Sie werden durch Logikbausteine (ASICs, FPGAs) oder als Programm mithilfe eines Signalprozessors realisiert. Gute Beispiele dieses Filtertyps sind FIR (Filter mit endlicher Impulsantwort) und IIR (Filter mit unendlicher Impulsantwort).

Andere Filtertypen

Es gibt noch weitere Filter, die für bestimmte Zwecke benutzt werden. Ein paar Beispiele davon sind:

1. **Quarzfilter** – als Schwingquarze
2. **Atom-filter** – die Schwingungen von Atomen und Molekülen werden ausgenutzt zur Realisierung von sehr hochfrequenten Filtern
3. **Switched-Capacitor-Filter** – ohmsche Widerstände werden durch Kondensatoren mit elektronischen Schaltern ersetzt.
4. **AOW-Filter** – basieren auf der Interferenz von Signalen unterschiedlicher Laufzeiten, werden hauptsächlich als Bandpässe in der mobilen Datenübertragung eingesetzt.