

### Technische Einführung Quarzfilter

Die hohe Frequenzstabilität und Güte von Schwingquarzen wird zur Realisierung von Quarz-Bandfiltern, Quarz-Bandsperren und Sonderfiltern, wie quarzverteilerten Hoch- und Tiefpässen und Kammfiltern, ausgenutzt.

TELE QUARZ entwickelt und fertigt Quarzfilter im Frequenzbereich von 60 kHz bis 200 MHz bevorzugt nach Kundenspezifikationen. Mit Hilfe von umfangreichen CAE- und CAD-Programmen für Synthese, Analyse und Optimierungen wird für jede Spezifikation direkt am Rechnerbildschirm ein optimales Filterdesign ermittelt.

### 1. Quarz-Bandfilter

Bei dieser häufigen Form von Quarzfiltern unterscheidet man je nach Anwendungsfall zwischen reinen Selektionsfiltern, Phasenlinearfiltern und Übergangscharakteristiken sowie impulsformenden Filtern.

#### a) Selektionsfilter

Bei diesen soll ein schmales Frequenzband möglichst wirkungsvoll aus einem Frequenzgemisch herausgefiltert werden. Geeignete Filter haben einen möglichst flach verlaufenden Durchlaßbereich, steil abfallende Flanken und hohe Sperrdämpfung. Die gebräuchlichsten Filtercharakteristiken sind (nach aufsteigender Selektivität) Butterworth-, Legendre-, Tschebyscheff- und Cauer- (sog. "elliptische") Filter. Die erzielbare Flankensteilheit ist um so größer, je mehr Quarze verwendet werden (höhere Polzahl). Abb. 1 zeigt den Dämpfungsverlauf von Tschebyscheff-Filtern, der gebräuchlichsten Selektionsfiltercharakteristik – von 2 Pol bis 12 Pol. Bei Schmalbandfiltern entspricht die Polzahl der Zahl der verwendeten Quarze. Abb. 1 kann zur Abschätzung des Aufwandes verwendet werden.

### Technical introduction crystal filters

The combination of excellent frequency stability and the high 'Q' values inherent in the quartz crystal are the basis for the application of quartz crystals in band-pass, band-stop, high-pass or low-pass and comb filters.

TELE QUARZ develops and manufactures quartz crystal filters in the frequency range 60 kHz to 200 MHz. Our extensive computer facilities allow the synthesis, analysis and optimization of each filter circuit to meet the specification requirement before production commences.

### 1. Band-pass filters

There are three main divisions to be considered:

- High selectivity filters
- Linear phase filters
- Selective linear phase filters showing a compromise response. Transfer characteristics and pulse-shaping filters.

#### a) Selectivity filters

These filters are used to allow a selected narrow frequency band to be passed through the network while the unwanted parts of the spectrum are withheld from the following circuits. The main requirements for this type of filter are that the passband be effectively as flat as possible, the sides of the filter be as steep as possible and the attenuation of unwanted signals outside the pass-band (i.e. in the stop band) be as high as possible. In ascending order of selectivity, these filter characteristics are known by names as follows: Butterworth, Legendre, Chebyshev and Cauer types, the latter type also being known as elliptical filters.

The steepness of the sides (i.e. the transition bands) of the filter characteristic is a function of the number of crystals contained in the filter network, i.e. the more crystals (or poles) employed, the steeper will be the transition bands.

### Introduction technique

La stabilité de fréquence et le coefficient de surtension élevés des cristaux de quartz permettent de réaliser différents types de filtres à quartz : filtres passe-bande, coupe-bande, filtres spéciaux très sélectifs tels les filtres passe-bas, passe-haut et filtres en peigne.

TELE QUARZ développe et fabrique des filtres à quartz de 60 KHz à 200 MHz, principalement en fonction des spécifications des clients. Les moyens en CAD dont nous sommes dotés nous permettent de mener à bien la synthèse, L'analyse et l'optimisation de nos filtres directement sur écran.

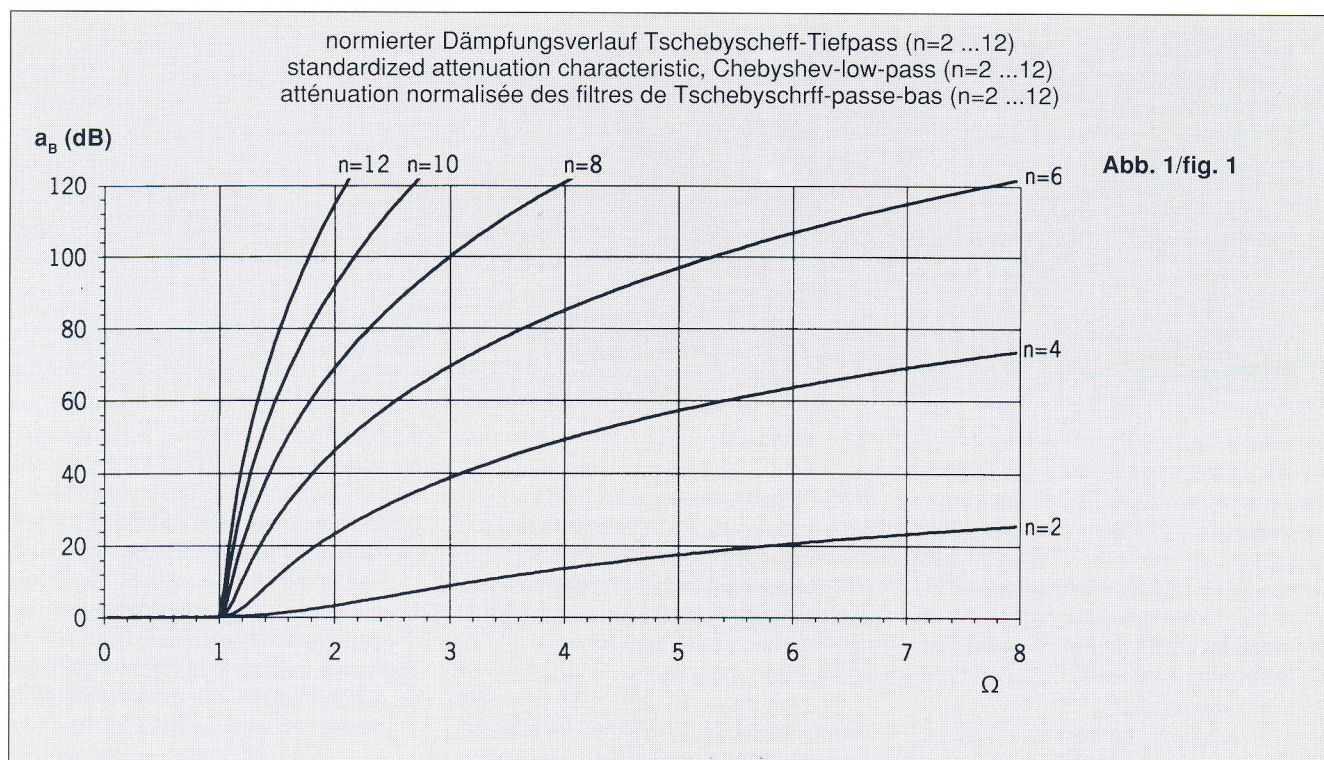
### 1. Filtres passe-bande à quartz

Ce type de filtres, le plus répandu, se subdivise en fonction des diverses applications: filtres purement-sélectifs, filtres linéaires en phase et filtres à fonctions particulières de transfert ainsi que filtres formateurs d'impulsions.

#### a) Filtres sélectifs

Ils ont pour fonction d'extraire une étroite bande de fréquences d'un spectre donné. On s'efforce de les doter d'une bande passante aussi plate que possible, de flancs très raides et de maximiser la réjection hors bande. Les synthèses les plus courantes, par ordre de sélectivité croissante sont: Butterworth, Legendre, Tschebyscheff et Cauer (appelée également filtre "elliptique"). La pente des flancs de ces filtres croît avec le nombre de quartz qu'ils emploient (nombre de pôles supérieur). La fig. 1 montre l'atténuation typique des filtres de Tschebyscheff, la caractéristique de sélectivité des filtres les plus courants, de 2 à 12 pôles. Dans le cas des filtres à bandes étroites, le nombre de pôles correspond au nombre de quartz utilisés. La fig. 1 permet de procéder à une étude préalable du filtre.





Bei höchsten Selektionsanforderungen werden Cauer (elliptische) Filter eingesetzt, die jedoch wegen ihrer größeren Empfindlichkeit einen höheren Abgleichaufwand erfordern.

Für die meisten Anwendungen sind 2- bis 8-Pol-Filter ausreichend, für Sonderanwendungen können Filter höherer Ordnung (z. B. bis 16 Pol) realisiert werden.

Die kleinstmögliche Bandbreite ist durch die Güte und den Temperaturgang der Quarze bestimmt. Bei nicht thermostatisierten Filtern sollte die Relativbandbreite  $20 \cdot 10^{-6}$  nicht unterschreiten. Die größtmögliche Bandbreite ergibt sich durch die Güte und den Temperaturgang der Spulen,

sowie das  $\frac{C_0}{C_1}$  - Verhältnis

und die Nebenresonanzen der Quarze.

Je nach Charakteristik sind folgende maximalen Relativbandbreiten möglich:

Figure 1 shows the attenuation characteristic of Chebyshev filters, the most conventional high-selectivity filter characteristic – from 2-pole to 12-pole. In the case of narrow-band filters, the number of poles corresponds to the number of crystals used. Figure 1 can be used to estimate the effort and expense.

Elliptical filters are employed for specifications requiring the highest selectivity, but their sensitivity requires careful and hence expensive individual alignment procedures.

For most practical applications, filters containing between two to eight crystals are sufficient, for special purposes however up to 16 poles or even more can be used.

The narrowest possible pass band width is determined by the 'Q' factor of the crystals employed and their temperature coefficient over the appropriate temperature band. Filters in ambient temperature situations should achieve not less than  $20 \cdot 10^{-6}$  pass bandwidth. Where wide pass bandwidths are required, the limitations imposed are mainly due to the combination of the 'Q' factor and the temperature coefficients of the coils in the network,

Les filtres de Cauer (filtres elliptiques) offrent la meilleure sélectivité, mais leur réalisation est plus délicate vu leur sensibilité supérieure.

Les filtres de 2 à 8 pôles suffisent à la plupart des applications, mais il est parfois nécessaire de recourir à des filtres d'ordre supérieur, le cas échéant jusqu'à 16 pôles.

La bande minimale réalisable dépend du facteur de surtension et de la dérive thermique des quartz. Lorsque l'on n'envisage pas de thermostater le filtre, il ne faut pas chercher à obtenir une bande passante relative inférieure à  $20 \cdot 10^{-6}$ . La bande maximale dépend du facteur de surtension et du comportement thermique des bobinages utilisés, ainsi que du rapport  $\frac{C_0}{C_1}$  -

et des, résonances parasites des quartz.

Le tableau ci-dessous indique les limites minimales et maximales de la bande passante relative en fonction du type de synthèse adopté:



Charakteristik Characteristics Caracteristiques	Grundwelle Fundamental mode Fondamentale 1 MHz – 40 MHz	3. Oberton 3rd overtone partiel 3 20 MHz – 110 MHz	5. Oberton 5th overtone partiel 5 40 MHz – 180 MHz
Butterworth	20 ... 30 · 10 <sup>-4</sup>	2 ... 3 · 10 <sup>-4</sup>	0,8 ... 1 · 10 <sup>-4</sup>
Legendre	20 ... 40 · 10 <sup>-4</sup>	2 ... 4 · 10 <sup>-4</sup>	1,2 ... 1,5 · 10 <sup>-4</sup>
Tschebyscheff (0,001 dB ... 1 dB)	30 ... 50 · 10 <sup>-4</sup>	2 ... 5 · 10 <sup>-4</sup>	1,2 ... 2,0 · 10 <sup>-4</sup>
Cauer	20 ... 50 · 10 <sup>-4</sup>	2 ... 5 · 10 <sup>-4</sup>	0,8 ... 1,5 · 10 <sup>-4</sup>

Bei Grundwellenfrequenzen zwischen 20 und 40 MHz können wegen Nebenresonanzen unter Umständen die angeführten Maximalbandbreiten nicht erreicht werden.

Between 20 and 40 MHz the presence of spurious responses in the resonators prevents the theoretical maximum pass-band widths being achieved.

Avec des fréquences fondamentales situées entre 20 et 40 MHz des résonances parasites peuvent éventuellement empêcher d'atteindre les largeurs de bande maximales mentionnées.

Bei etwas degradierten Filtereigenschaften können Quarzfilter größerer Bandbreite, als in der Tabelle angegeben, realisiert werden.

Mit einem speziellen Breitbanddesign sind bei Grundwellenquarzen Butterworth- und Tschebyscheff-Filter mit Relativbandbreiten zwischen  $80 \cdot 10^{-4}$  bis  $200 \cdot 10^{-4}$  möglich.

the capacitance ratio  $\frac{C_0}{C_1}$  –

of the crystals themselves and the actual spurious responses present in the individual crystal resonators. In the above table the maximum realizable bandwidth possibilities for the various named characteristics are shown.

Crystal filters with a bandwidth wider than specified in the table can be implemented with somewhat downgraded filter characteristics.

With a special design, Butterworth and Chebyshev filters with relative pass bandwidths up to  $80 \cdot 10^{-4}$  and  $200 \cdot 10^{-4}$  are possible.

Au prix d'une légère dégradation des caractéristiques du filtre, il est possible de réaliser des filtres à quartz dont la bande passante est supérieure à celle figurant dans le tableau.

Une conception spéciale nous permet de réaliser des filtres Butterworth et Tschebyscheff dont la largeur de bande relative atteint  $80 \cdot 10^{-4}$  à  $200 \cdot 10^{-4}$ .

#### b) Phasenlinear-, Übergangsfiler und impulsformende Filter

Bei der Übertragung von klirrfreien Signalen und digitalen Daten können Filter mit den bisher genannten Charakteristiken nicht verwendet werden, da bei diesen sich die Gruppenlaufzeit im Durchlaßbereich sehr stark ändert.

#### b) Lineare -phase, selective-linear and pulse-shaping filters

The group delay of a highly selective filter varies considerably within the pass-band. This introduces distortion into digital data and low noise transmission signals.

#### b) Filtres de transmission, à phase linéaire et filtres formateurs d'impressions

Le temps de propagation de groupe des filtres cités ci-dessus varie fortement dans la bande passante. Il est donc impossible de les employer pour le filtrage de signaux digitaux ou analogiques à faible distorsion.





Gruppenlaufzeit:

Group delay:

Temps de propagation de groupe:

$$t_g = \frac{d\phi}{d\omega} \quad \begin{matrix} \phi \text{ in rad.} \\ \omega \text{ in sec}^{-1} \end{matrix}$$

$$t_g \text{ (in sec)} = \frac{\Delta\phi \text{ (grad/degrées)}}{360 \cdot \Delta f \text{ (in Hz)}}$$

Für eine möglichst unverzerrte Übertragung sind Quarzfilter mit linearem Phasengang im Durchlaßbereich, d.h. Gauß- und Besselfilter, notwendig, die jedoch eine relativ geringe Selektivität besitzen.

Da sich grundsätzlich hohe Selektivität und ein linearer Phasengang (konstante Gruppenlaufzeit) nicht gleichzeitig realisieren lassen, gibt es die sogenannten Übergangscharakteristiken, bei denen die Gruppenlaufzeit im Durchlaßbereich geebnet ist, und erst außerhalb stärker ansteigt, wodurch relativ steile Flanken erreicht werden können.

Die Namen einiger gebräuchlicher Übergangscharakteristiken sind:  
 Ulbrich-Piloty-Filter ("equiripple linear phase")  
 Transitional-Gauß-Filter (12 dB)  
 Transitional-Gauß-Filter ( 6 dB)  
 Rakovich-Filter ("selective linear phase")  
 Feistel-Unbehauen-Filter

Im Prinzip kann jede Zwischenform zwischen Selektions- und Phasenline- arfilter erzeugt werden.

For a very low distortion transmission crystal filters with a linear phase response in the pass-band –i.e. Gaussian and Bessel filters – are required, which, however, possess rather low selectivity.

Filters with the above-mentioned characteristics cannot be used to transfer low-distortion signals and digital data. The group delay in the pass-band changes very greatly on these filters.

As because of fundamental laws, very high selectivity and linear phase (i.e. constant group delay) cannot be realized at the same time, so-called compromise characteristics were invented, which show nearly flat group delay response within the main portion of the pass-band and – at the same time – arrive at rather steep slopes of attenuation in the transition band apart from the pass-band.

The names of some of the most commonly used selective linear phase characteristics are:

Ulbrich-Piloty filters (equiripple linear phase)  
 Transitional-Gauss filters (12 dB)  
 Transitional-Gauss filters ( 6 dB)  
 Rakovich filters  
 Feistel-Unbehauen filters

In principle, any intermediate form between selective-linear and linear-phase filters can be produced.

Pour la transmission à très faible distorsion, il est nécessaire d'utiliser des filtres à réponse en phase linéaire dans la bande passante, c'est-à-dire des filtres de Gauss et de Bessel. Etant donné que sélectivité et linéarité de phase (ou temps de propagation de groupe constant) sont antinomiques, il existe des caractéristiques de transfert pour lesquelles le temps de propagation de groupe est linéarisé dans la bande passante et ne varie qu'en dehors de celle-ci, les flancs étant relativement raides.

Les types les plus usuels sont:  
 Filtre d'Ulbrich-Piloty (on "equiripple linear phase")  
 Filtre de Gauss-transitionnel (12 dB)  
 Filtre de Gauss-transitionnel ( 6 dB)  
 Filtre de Rakovich  
 (ou "selective linear phase")  
 Filtre de Feistel-Unbehauen

En principe, il est possible de produire chaque forme intermédiaire comprise entre les filtres sélecteurs et les filtres à phase linéaire.



Maximal mögliche Bandbreiten sind:

Maximum possible band widths are:

Les largeurs de bandes maximales réalisables sont les suivantes:

Charakteristik Characteristics Caractéristiques	Grundwelle Fundamental mode Fondamentale 1 MHz – 40 MHz	3. Oberton 3rd overtone partiel 3 20 MHz – 110 MHz	5. Oberton 5th overtone partiel 5 40 MHz – 180 MHz
Gauß	5 ... $6 \cdot 10^{-4}$	0,5 ... $0,6 \cdot 10^{-4}$	0,2 ... $0,25 \cdot 10^{-6}$
Bessel	6 ... $8 \cdot 10^{-4}$	0,6 ... $0,8 \cdot 10^{-8}$	0,25 ... $0,30 \cdot 10^{-4}$
Ulbrich Piloty	12 ... $16 \cdot 10^{-4}$	1,2 ... $1,6 \cdot 10^{-4}$	0,4 ... $0,6 \cdot 10^{-4}$
Transitional-Gauß (12 dB)	14 ... $18 \cdot 10^{-4}$	1,4 ... $1,8 \cdot 10^{-4}$	0,5 ... $0,7 \cdot 10^{-4}$
Transitional-Gauß ( 6 dB)	20 ... $25 \cdot 10^{-4}$	2 ... $2,5 \cdot 10^{-4}$	0,8 ... $1,0 \cdot 10^{-4}$
Rakovich	20 ... $30 \cdot 10^{-4}$	2 ... $3 \cdot 10^{-4}$	0,8 ... $1,2 \cdot 10^{-4}$
Feistel-Unbehauen	15 ... $20 \cdot 10^{-4}$	1,5 ... $2 \cdot 10^{-4}$	0,6 ... $0,8 \cdot 10^{-4}$

Bei Grundwellenfrequenzen zwischen 16 und 40 MHz können wegen Nebenresonanzen unter Umständen die genannten Maximalbandbreiten nicht ausgenutzt werden.

For fundamental mode crystal filters between 16 and 40 MHz the presence of spurious responses in the resonators prevents the theoretical maximum pass-band widths being achieved.

Avec des fréquences fondamentales situées entre 16 et 40 MHz des résonances parasites peuvent éventuellement empêcher d'atteindre les largeurs de bande maximales mentionnées.

Abb. 2a und 2b zeigen die Selektion und die normierte Gruppenlaufzeit für Besselfilter unterschiedlicher Polzahl.

Figures 2a and 2b show the selection and the standardized group delay for Bessel filters with various number of poles.

Les fig. 2a et 2b représentent la sélection et le temps de propagation de groupe normalisé des filtres de Bessel avec différents nombres de pôles.

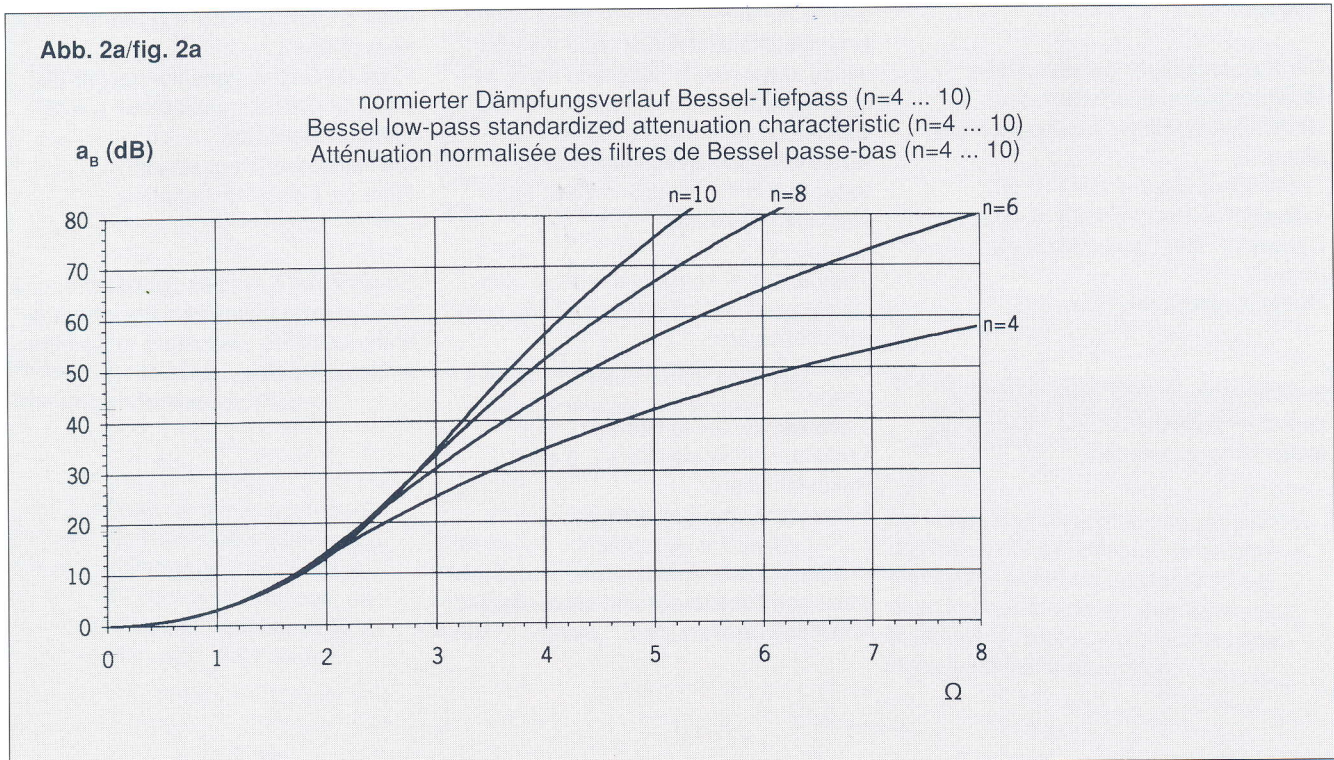
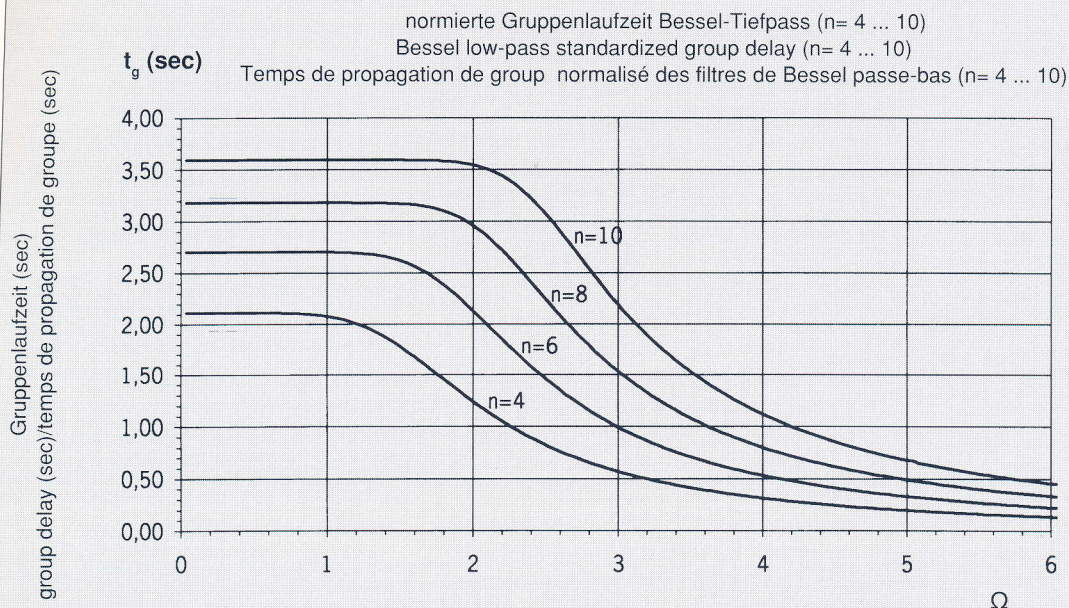






Abb. 2b/fig. 2b



Phasenlinearfilter sind bis zur 10. Ordnung möglich, allerdings steigt die Empfindlichkeit und der Abgleichaufwand stark an.

Für Filteranwendungen bei Signalen mit getasteter Amplitude, Phase oder Frequenz, sind oft Filter erforderlich, die ein geringes Überschwingen und ein kurzes An- und Ausklingen aufweisen. Hierzu können entweder die bereits beschriebenen Phasenlinear- und Übergangfilter oder spezielle sogenannte impulsformende Charakteristiken, verwendet werden. In Abb. 3 ist das unterschiedliche Verhalten von Selektions-, Phasenlinearfiltern und impulsformenden Filtern im Zeitbereich gegenübergestellt.

In Abb. 4 sind die Selektionskurven und die Gruppenlaufzeit zusammen mit den wichtigsten Benennungen dargestellt.

Linear-phase filters are realizable up to 10th order, but achieving the sensitivity and the difficulty in adjustment increases dramatically for higher orders.

For filter applications with signals with keyed amplitude, phase or frequency, filters which have a low overshoot and short build-up and decay are frequently required. Either the already described linear-phase and selective-linear filters or special so-called pulse-shaping characteristics can be used for this. In Figure 3, the different behaviors of selective-linear, linear-phase and pulseshaping filters are compared on the basis of time.

Figure 4 shows the selection curve and group delay together with the most important nomenclature.

Il est possible de réaliser des filtres à phase linéaire jusqu'au 10ème ordre, mais leur sensibilité et les difficultés d'alignement augmentent fortement.

Pour les applications faisant appel à des signaux modulés en amplitude, en phase ou en fréquence, il est fréquemment nécessaire de recourir à des filtres présentant une suroscillation faible et un temps de montée et de descente court. Pour ce faire, il est possible d'utiliser soit les filtres à phase linéaire ou les filtres de transmission déjà décrits, soit des filtres spéciaux (formateurs d'impulsions). La fig. 3 permet de comparer le comportement différent des filtres sélectifs, des filtres à phase linéaire et des filtres formateurs d'impulsions en fonction du temps.

La fig. 4 montre la courbe de sélectivité et le temps de propagation de groupe et illustre les termes les plus importants.



Abb. 3 / fig. 3

normiertes Impulsverhalten verschiedener Charakteristiken (n=8) im Zeitbereich  
 standardized pulse behavior of various characteristics (n=8) in the time range  
 Comportement impulsionnel normalisé des filtres de différentes caractéristiques (n=8) en fonction du temps

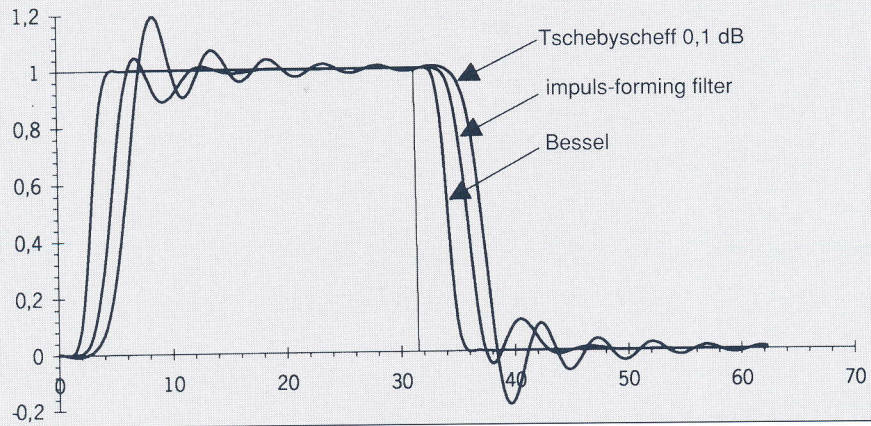


Abb.4a / fig 4a

Spezifikation Dämpfung  
 Specification of attenuation  
 Spécification de l'atténuation

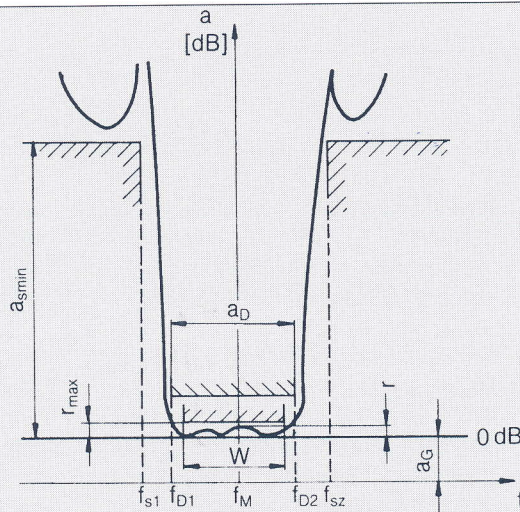
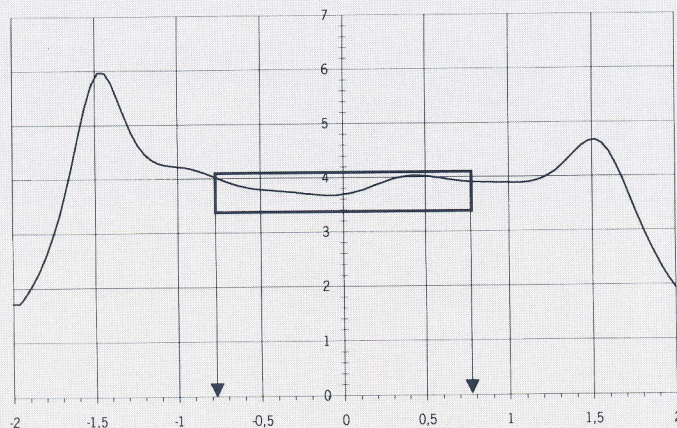


Abb. 4b / fig. 4b

Spezifikation Gruppenlaufzeit normiert  
 Specification, group delay standardized  
 Spécification du temps de propagation de groupe normalisée







## 2. Quarzbandsperrren

Mit Quarzbandsperrren können schmale Frequenzbänder aus einem breiten Frequenzbereich unterdrückt werden.

TELE QUARZ entwickelt und fertigt Quarzbandsperrren nach Kundenspezifikation im Frequenzbereich zwischen 60 kHz bis 200 MHz.

Die relativen Sperrbandbreiten können im Grundtonbereich bis zu  $20 \cdot 10^{-3}$  im Bereich des 3. Obertons bis zu  $1 \cdot 10^{-3}$  und im 5. Oberton bis zu  $5 \cdot 10^{-4}$  betragen.

Die erzielbare Sperrtiefe kann je nach Sperrbandbreite und Schaltungsaufwand zwischen 20 dB und 90 dB erreichen. Wegen der großen Vielzahl unterschiedlichster Anforderungen sind die erzielbaren Daten im Einzelfall bei TELE QUARZ anzufordern.

In Abb. 5 sind die wichtigsten Spezifikationspunkte für Quarzbandsperrren zusammengestellt.

## 2. Quartz crystal band stop filters

Quartz crystal band stop filters (or notch filters, as they are sometimes known) are designed to allow a narrow frequency band to be suppressed from a wide incoming spectrum.

TELE QUARZ develops and manufactures stop bandfilters in the frequency range 60 kHz to 200 MHz.

The following relative rejection band width can be achieved:

Fundamental: up to  $20 \cdot 10^{-3}$

Third overtone up to  $1 \cdot 10^{-3}$

Fifth overtone up to  $5 \cdot 10^{-4}$

The rejection level is dependent upon the stop band width required and can vary between 20 and 90 dB. Because of the large variety of different demands, please enquire at our engineering department for more specific requirements.

Figure 5 shows the most important specification points for a stop band filter.

## 2. Filtres à quartz coupe-bande

Les filtres à quartz coupe-bande permettent d'atténuer d'étroites plages de fréquence dans un spectre donné.

Nous réalisons ces filtres sur spécifications particulières pour une plage de fréquences comprises entre 60 kHz et 200 MHz. Les largeurs de bandes atténuées maximales sont, en valeurs relatives, les suivantes:

Fondamentale  $20 \cdot 10^{-3}$

Partiel 3  $1 \cdot 10^{-3}$

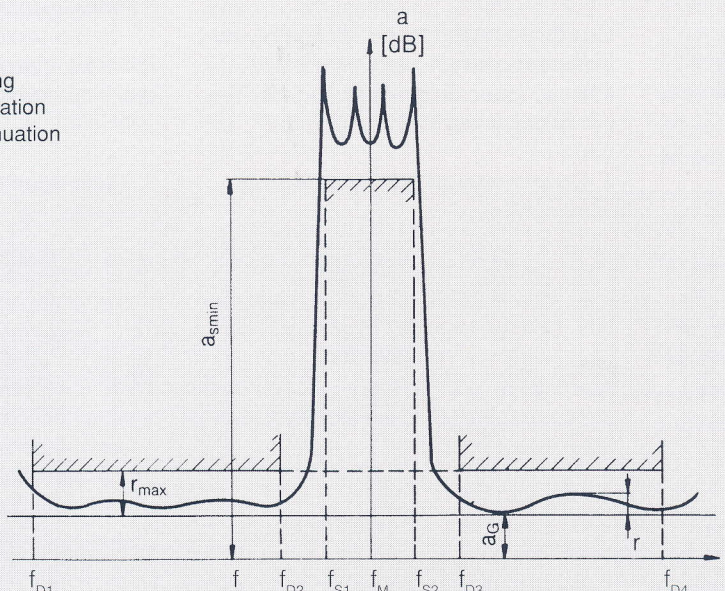
Partiel 5  $5 \cdot 10^{-4}$

La réjection dépend de la largeur de bande atténuée et de la complexité du filtre; elle peut varier entre 20 et 90 dB. Les possibilités de réalisation étant très variées, nous vous conseillons de vous mettre en rapport avec nous pour définir le cahier des charges.

La fig. 5 résume les points les plus importants dans la définition des filtres coupe-bande.

Abb. 5 / fig 5

Spezifikation Dämpfung  
Specification of attenuation  
Spécification de l'atténuation



$f_{S1}, f_{S2}$  ... Eckfrequenzen des Sperrbereichs  
 $a_{smin}$  ... Sperrdämpfung  
 $f_{D1}, f_{D2}, f_{D3}, f_{D4}$  ... Eckfrequenzen der Durchlaßbereiche  
 $a_G$  ... Grunddämpfung  
 $r_{max}$  ... max. zulässig Welligkeit  
 $f_M$  ... Mittenfrequenz des Sperrbereichs

$f_{S1}, f_{S2}$  ... cut-off frequencies of the stop band  
 $a_{smin}$  ... stop-band attenuation  
 $f_{D1}, f_{D2}, f_{D3}, f_{D4}$  ... cut.off frequencies of the pass-bands  
 $a_G$  ... pass-band attenuation  
 $r_{max}$  ... residual ripple  
 $f_M$  ... center frequency of the stop-band

$f_{S1}, f_{S2}$  ... Fréquences de coupure de la bande atténuée  
 $a_{smin}$  ... Atténuation  
 $f_{D1}, f_{D2}, f_{D3}, f_{D4}$  ... Fréquences de coupure des bandes passantes  
 $a_G$  ... Atténuation fondamentale  
 $r_{max}$  ... Ondulation max. admissible  
 $f_M$  ... Fréquence centrale de la bande atténuée



### 3. Sonderfilter

Bei den Sonderfiltern sind folgende Typen hervorzuheben:

#### Antennenfilter

Quarzbandfilter mit guten Großsignalverhalten, hoher Intermodulationsfestigkeit und minimaler Grunddämpfung bei hoher Nachbarkanalsektion.

Mittelfrequenzen im Kurzwellenbereich bzw. im VHF-Bereich sind realisierbar bis 200 MHz. Diese Filter sind lieferbar mit allen handelsüblichen Koaxialanschlüssen (BNC, N, SMA usw.)

#### Filterpaare und -sätze mit angepaßtem Amplituden- und Phasenverlauf

**Kammfilter** mit einem gemeinsamen Eingang und bis zu ca. 20 Bandfilterausgängen mit gestaffelten Mittelfrequenzen.

**Mehrbereichsbandsperrern** mit mehreren Sperrbereichen.

**Quarzversteilerte Tief, Hoch- und Allpässe** für Sonderanwendungen und Laufzeitentzerrer.

#### 4. Quarzfilter-Meßtechnik

Übertragungsverhalten von Amplitude, Phase, Gruppenlaufzeit von Quarzfiltern werden an einem Netzwerkanalysator gemessen. Dazu ist es in der Regel erforderlich, die Filterabschlußimpedanzen an die Impedanz des Meßsystems anzupassen.

### 3. Special filters

We would like to draw our clients' attention to the following special filters:

#### Antenna filters (front-end filters)

These pass-band filters have of necessity the ability to accept high input signal levels, with minimum intermodulation distortion and with low insertion losses while at the same providing high rejection of adjacent channel signals.

Centre frequencies up to 200 MHz can be realized and these filters are available with all commonly used commercial coaxial connectors (BNC, N-type, SMA, etc.)

#### Filter sets with matched phase and amplitude characteristics

**Comb filters** with one input and up to about 20 pass band filter outputs with graduated centre frequencies.

**Multi-stage band stop filters** giving various levels of attenuation.

**Quartz crystal filters with high-pass, low-pass and all-pass characteristics** for special applications and group delay equalizers.

#### 4. Quartz crystal filter measuring techniques

The transmission characteristic amplitude, phase, group delay of crystal filters are measured by means of a network analyzer. It is therefore very necessary to match the terminating impedance of the filter to the impedance of the measuring system.

### 3. Filtres spéciaux

On peut citer parmi ceux-ci:

#### Filtres d'antenne

Leurs caractéristiques principales sont: possibilité d'accepter de forts signaux d'entrée en conservant une faible distorsion d'intermodulation, faible perte d'insertion et importante réjection des canaux adjacents.

Les fréquences centrales réalisables couvrent la bande des ondes courtes jusqu'à la gamme VHF. Ces filtres sont disponibles avec tous les connecteurs coaxiaux courants (BNC, N, SMA etc.)

#### Filtres appariés en amplitude et en phase

**Filtres en peigne**, avec une entrée et jusqu'à environ 20 sorties aux fréquences centrales étagées.

**Filtres coupe-bande multiples**, présentant plusieurs plages d'atténuation.

**Filtres à quartz passe-haut, passe-bas et passe-tout** pour applications spéciales.

#### 4. Techniques de mesure des filtres à quartz

On mesure les caractéristiques de transmission (amplitude, phase, temps de propagation de groupe) des filtres à quartz en utilisant un analyseur de réseau. C'est pour cela qu'il est généralement nécessaire d'adapter les impédances terminales du filtre à l'impédance du matériel de mesure.

Abb. 6 / fig. 6

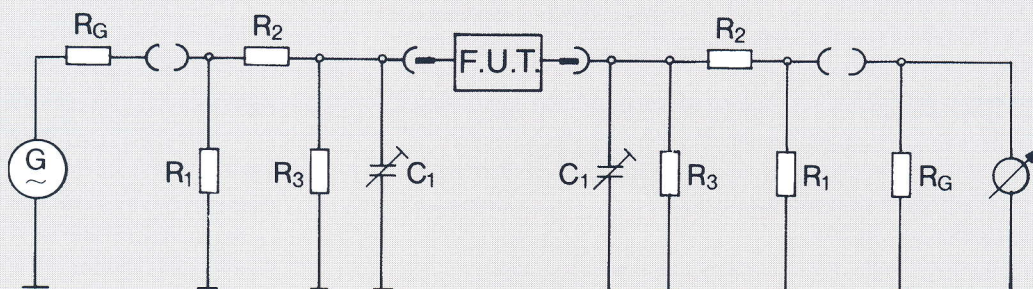






Abb. 6 zeigt die allgemein gebräuchliche Schaltung mit ohmschen Anpaßwiderständen. Für eine Filterabschlußimpedanz  $R_F // C_F$  errechnen sich die Anpaßwiderstände:

Figure 6 shows the most commonly used resistance matching network, for a filter terminating impedance  $R_F // C_F$ ; the matching resistance is calculated as follows.

La fig. 6 représente le schéma habituel avec résistance d'adaptation ohmiques. L'impédance du filtre étant  $R_F // C_F$  les résistances d'adaptation sont calculées comme suit:

mit/with/avec  $K = 10 \frac{a \text{ (dB)}}{10}$

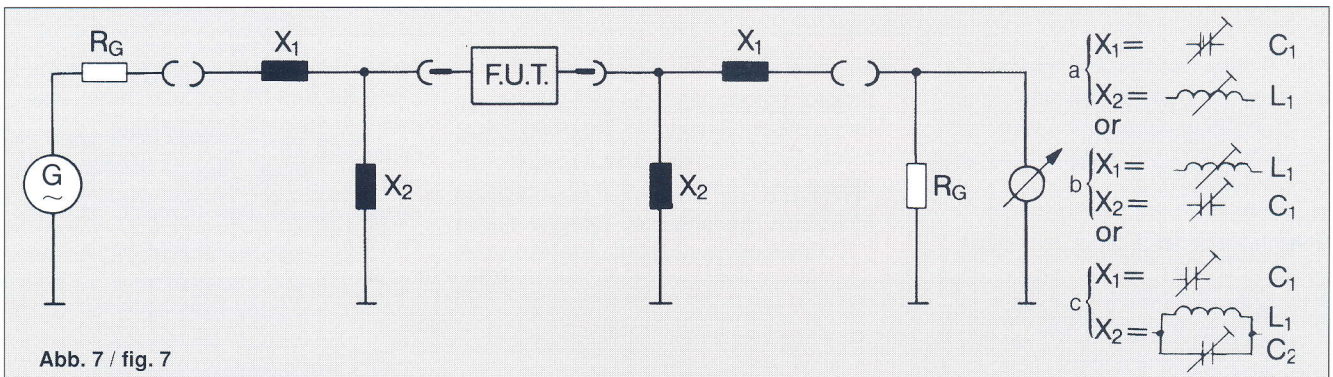
$$K_{\min} = 2 \frac{R_F}{R_G} - 1 + 2 \cdot \sqrt{\frac{R_F}{R_G} \left( \frac{R_F}{R_G} - 1 \right)}$$

<p><b>minimale Dämpfung (<math>K=K_{\min}</math>):</b>  <b>minimum damping (<math>K = K_{\min}</math>):</b>  <b>atténuation minimale (<math>K = K_{\min}</math>):</b></p> $R_1 = \frac{R_G}{\sqrt{1 - \frac{R_G}{R_F}}}$ $R_2 = R_F - \frac{R_G}{1 + \sqrt{1 - \frac{R_G}{R_F}}}$ $R_3 = \infty$	<p><b>Dämpfung <math>a &gt; a_{\min}</math> (<math>K &gt; K_{\min}</math>):</b>  <b>damping <math>a &gt; a_{\min}</math> (<math>K &lt; K_{\min}</math>):</b></p> $R_1 = \frac{(k-1) \cdot R_G}{(k+1) - 2 \sqrt{k \cdot \frac{R_G}{R_F}}}$ $R_2 = \frac{k-1}{2} \sqrt{\frac{R_G R_F}{k}}$ $R_3 = \frac{(k-1) \cdot R_F}{(k+1) - 2 \sqrt{k \cdot \frac{R_F}{R_G}}}$
--	---

Für hohe Anschlußimpedanzen ergeben sich bei dieser Schaltung hohe Zusatzdämpfungen, in diesem Fall (und für  $C_F < 2 \text{ pF}$ ) wird die Schaltung mit LC-Transformation nach Abb 7 bevorzugt.

For high terminating impedances and when  $C_F$  is less than 2 pF, this circuit introduces high attenuations, making accurate measurement more difficult and it is then preferable to use one of the LC circuits shown figure 7.

Ce circuit présente l'inconvénient d'entraîner une forte atténuation supplémentaire lorsque l'impédance terminale du filtre est élevée. Dans ce cas, et lorsque  $C_F < 2 \text{ pF}$ , on préfère employer le schéma de la fig. 7 (adaptation par circuit LC).



Die Reaktanzen  $X_1$ ,  $X_2$  wie in der Abbildung dargestellt, können unterschiedlich ausgeführt werden und ergeben sich aus den Beziehungen:

The reactances  $X_1$  and  $X_2$  as shown on the graph, can be realized differently and result from the following equations:

Les réactances  $X_1$  et  $X_2$  peuvent être exprimées de plusieurs manières; elles sont données par les équations suivantes:



$$X_1 = \sqrt{R_G (R_F - R_G)}$$

$$X_2 = \frac{R_F}{\omega_0 R_F C_F + \sqrt{\frac{R_F}{R_G} - 1}}$$

$$(a), (b): L_1 = \frac{X_1}{\omega_0} \quad C_1 = \frac{1}{\omega_0 X_1}$$

$$(c): C_1 = \frac{1}{\omega_0 X_1} \quad L_2 = \frac{1}{\omega_0^2 C_2 - \frac{\omega_0}{X_2}}$$

Die Reflexionsdämpfungen bzw. das VSWR am Eingang oder Ausgang des Filters werden wie in Abb. 8 dargestellt, gemessen.

Return attenuation is measured by means of the circuit shown in figure 8 where the VSWR is measured at the input or output terminals.

L'atténuation des réflexions ou le taux d'ondes stationnaires à l'entrée et à la sortie du filtre se mesure conformément à la fig 8.

Abb. 8 / fig. 8

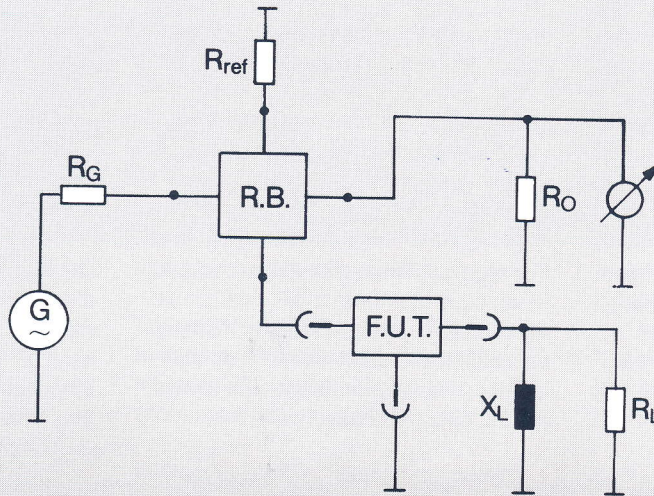
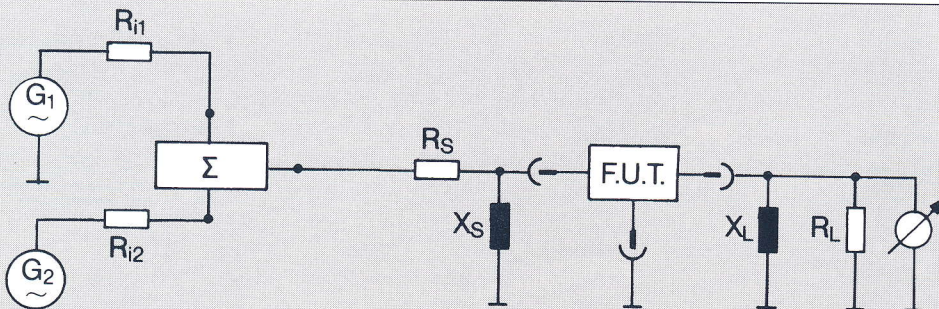


Abb. 9 zeigt das Prinzipschaltbild für die Intermodulationsmessung. Wenn nichts anderes angegeben wird, wird bei Quarzfiltern die sogenannte Außerband-Intermodulation 3. Ordnung mit 2 äquidistanten Meßfrequenzen im Sperrbereich des Filters gemessen.

Figure 9 shows the basic circuit employed for the measurement of intermodulation. Usually the 3rd order intermodulation resulting from 2 signals situated equidistantly in one of the stop bands is measured.

La fig. 9 montre le schéma de principe d'une mesure d'intermodulation. Sauf mention spéciale, on mesure l'intermodulation hors bande de 3ème ordre en employant deux signaux équidistants situés dans la bande atténuée du filtre.

Abb. 9 / fig. 9







Die zwei Signale ergeben aufgrund von nichtlinearen Effekten in den Filterbauelementen unerwünschte Mischprodukte, wobei die Produkte 3. Ordnung, d.h.  $(f_{1-2} f_2)$  bzw.  $(f_{2-2} f_1)$  in den Durchlaßbereich des Filters fallen. Bei der Messung ist zu beachten:

1. Beide Generatoren müssen über den Leistungssummierer ausreichend entkoppelt sein, ggf. über zusätzliche Dämpfungsglieder. Die durch den Meßaufbau selbst produzierte Intermodulation muß deutlich geringer als die zu messende Intermodulationsverzerrung sein.
2. Die Oberwellen und Nebenwellen der Generatoren müssen ausreichend unterdrückt sein. Es sind Generatoren mit geringem Phasenrauschen zu verwenden.
3. Der aus dem Intermodulationsabstand berechnete Interceptpunkt (IP3) kann von der Wahl der Meßpegel abhängen. Daher ist der Pegel der beiden Meßsignale am Filtereingang bei abgetrenntem Filter und korrektem Abschluß genau zu spezifizieren. Ebenfalls ist anzugeben, ob der Intermodulationsabstand auf den Filtereingang oder den -ausgang bezogen wird (im allgemeinen auf den Ausgang).

Der genaue Meßaufbau bei Intermodulationsmessung sollte zwischen TELE QUARZ und dem Anwender vereinbart werden.

Weitere Einzelheiten zu Begriffen, Meßtechnik usw. siehe (DIN) IEC 368 Publikationen.

**Die folgenden Datenblätter sind eine Auswahl einiger typischer realisierter Filtermodelle. Sie stellen eine verkürzte Fassung der ausführlicheren Originaldatenblätter dar, weitere Informationen auf Anfrage.**

The two signals produce undesirable mixture products owing to non-linear effects in the filter components, whereby the products of the third order, i.e.  $(f_{1-2} f_2)$  or  $(f_{2-2} f_1)$  coincide with the pass-band of the filter. Note the following when measuring:

1. Both generators must be adequately decoupled via the power totalizer or via additional attenuators. The intermodulation produced by the test set-up itself must be clearly lower than the intermodulation distortion to be measured.
2. The harmonics and spurious resonances of the generators must be adequately suppressed. Generators with low phase noise must be used.
3. The intercept point (IP3), calculated from the intermodulation spacing, may depend upon selection of the test levels. Consequently, the level of the two test signals at the filter input must be specified precisely with filter separated and with correct termination. Likewise, it must also be specified whether the intermodulation spacing is referred to the filter input or the filter output (in general to the output).

Where intermodulation measurements are specified it is vital that the measurement method must be agreed between TELE QUARZ Technical Department and the user.

Please refer to (DIN) IEC 368 publications for further details of the definitions and measuring technique, etc.

**The following data sheets are a selection of certain typical filter models implemented. They represent an abridged version of the more detailed original data sheets. Further information available on request.**

Pour de raisons de non linéarité des composants du filtre, les deux courbes font apparaître des produits d'intermodulation, des produits du troisième ordre c'est-à-dire  $(f_{1-2} f_2)$  ou  $(f_{2-2} F_1)$  entrant dans la bande passante du filtre. Au cours des mesures, tenir compte des points suivants:

1. Les deux générateurs doivent être découplés suffisamment par l'additionneur de puissance et le cas échéant, par des atténuateurs supplémentaires. L'intermodulation produite par le dispositif de mesure lui-même doit être nettement inférieure à la distorsion par intermodulation qu'il s'agit de mesurer.
2. La réjection des harmoniques et des ondulations parasites des générateurs doit être suffisante. Utiliser des générateurs à faible bruit de phase.
3. Le point d'intersection (IP3) calculé à partir du coefficient d'intermodulation peut dépendre du niveau retenu pour la mesure. Il est par conséquent nécessaire de spécifier précisément le niveau des deux signaux de mesure à l'entrée du filtre, celui-ci étant déconnecté, et avec une charge correcte. Indiquer également si le coefficient d'intermodulation est rapporté à l'entrée ou à la sortie du filtre (il est en général rapporté à la sortie).

Si vous désirez spécifier l'intermodulation de vos filtres, il est important d'en définir avec nous les conditions de mesure exacte.

Pour plus d'indications concernant les termes, la technique de mesure employés, etc., voir les publications (DIN) CEI 368.

**Les fiches techniques qui suivent sont une sélection de réalisations de filtres typiques. Il s'agit d'un condensé des fiches techniques originales plus complètes, des informations plus détaillées étant fournies sur simple demande.**



## 5. Standards for piezoelectric filters

### (DIN) IEC-Standards:

(DIN) IEC	368: 368-1 (1992)	– Piezoelectric filters. Part 1: General information, standard values and test conditions.	– Filtres piézoélectriques. Première partie: Informations générales, valeurs
	368-2:	Part 2: Guide to the use of piezoelectric filters.	Deuxième partie: Guide d'emploi des filtres piézoélectriques.
	368-2-1 (1988)	Section One - Quartz crystal filters.	Section un - Filtres à quartz.
	368 B (1975)	Second supplement.	Deuxième complément.
	368-3 (1991)	Part 3: Standard outlines.	Troisième partie: Encombrements normalisés.
IECQ publications:	in Vorbereitung	in preparation	en préparation

### MIL-Standards:

MIL-F-18327 E:	Military specifications filters; High pass, low pass, Band pass, Band suppression and dual functioning
----------------	--

### CECC publications and European standards

CECC 67000 (EN 167000)	Fachgrundspezifikation: piezoelektrische Filter	Generic specification: piezoelectric filters	Spécification générique: filtres piézoélectriques
CECC 67100 (EN 167100)	Rahmenspezifikation: piezoelektrische Filter	Sectional specification: piezoelectric filters	Spécification intermédiaire: filtres piézoélectriques
CECC 67101 (EN 167101)	Vordruck für Bauart- spezifikation: piezoelektrische Filter	Blank detail specification: piezoelectric filters	Spécifications particulière cadre: filtres piézoélectriques
CECC 67200 (EN 167200)	Rahmenspezifikation: piezoelektrische Filter (Bauartzulassung)	Sectional specification: piezoelectric filters (Qualification approval)	Spécification intermédiaire: filtres piézoélectriques (Homologation)
CECC 67201 (EN 167201)	Vordruck für Bauartspezifikation: piezoelektrische Filter (Bauartzulassung)	Blank detail specification: piezoelectric filters (Qualification approval)	Spécification particulière cadre: filtres piézoélectriques (Homologation)
CECC 00200	Liste der zugelassenen Erzeugnisse	Qualified product list	Liste de produits préférés
CECC MUAHAG	Liste bevorzugter Produkte	Preferred product list	Liste préférentielle de composants électroniques



# Quarz-diskriminatoren

# Quartz crystal discriminators

# Discriminateurs à quartz

## Technische Einführung

Quarzdiskriminatoren erzeugen in einem schmalbandigen Frequenzabschnitt eine Gleichspannung, die proportional zur Eingangsfrequenz ist. Die lineare Spannungs-Frequenz-Kennlinie ist quarzstabil und weist eine wesentlich höhere Steilheit auf, als sie mit L-C-Diskriminatoren möglich ist. TELE QUARZ entwickelt und fertigt Quarzdiskriminatoren mit Nennfrequenzen zwischen 1 MHz und 180 MHz; in Sonderfällen auch ab 60 kHz.

Der ausnutzbare lineare Frequenzbereich ist nach unten durch die erreichbare Quarzgüte und die temperaturabhängige Frequenzstabilität begrenzt. Bezogen auf die Mittenfrequenz (Null-durchgangs-Frequenz) beträgt der kleinstmögliche Höckerabstand  $0,5 \dots 1 \cdot 10^{-4}$ . Die Obergrenze wird durch die Nebenresonanzen der Schwingquarze und durch die maximal mögliche Spulengüte bestimmt.

Folgende Werte sind zu erreichen:

## Technical introduction

The function of a quartz crystal discriminator is to produce a DC-output voltage which is directly proportional to the input frequency of a narrow frequency spectrum. The output voltage vs. frequency curve is stabilized by the quartz crystal which gives substantially steeper characteristics than is possible with L.C.-discriminators.

TELE QUARZ develops and produces crystal discriminators with nominal frequencies between 1 MHz and 180 MHz, in special cases also starting from 60 kHz.

The usable linear frequency range is limited in the lower direction by the attainable Q of the crystal and its temperature coefficient. The minimum frequency band that can be realized is between  $0.5$  to  $1 \cdot 10^{-4}$  of the centre frequency. The limitations in the maximum frequency band are imposed by the spurious resonances of the quartz crystal resonators and the Q of the coils employed in the circuit.

The following table outlines the realizability:

Frequenzbereich Frequency range/gamme de fréquence	max. linearer Bereich maximum linear range/plage linéaire maximale
1 MHz – 40 MHz (Grundwelle/fund. mode/fondamental)	$150 \cdot 10^{-4}$
20 MHz – 120 MHz (3. Oberton/3. overtone/partiel 3)	$15 \cdot 10^{-4}$
40 MHz – 200 MHz (5. Oberton/5. overtone/partiel 5)	$5 \cdot 10^{-4}$

Wegen Nebenresonanzen kann unter Umständen der angegebene Maximalbereich nicht erreicht werden.

Due to spurious resonances of the crystals employed it may not be possible to achieve the upper limits indicated.

Les raies parasites peuvent dans certains cas empêcher d'atteindre les valeurs maximales mentionnées dans ce tableau.

Abb. 1 / fig. 1

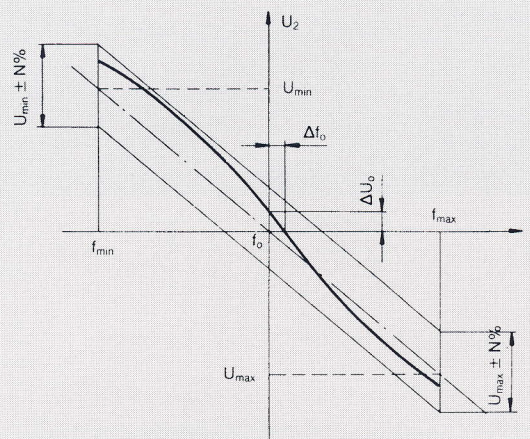




Abb. 1 zeigt eine typische Diskriminator-Kennlinie. Ihre Steigung wird als Diskriminator-Steilheit S bezeichnet:

Figure 1 shows the typical characteristic of a quartz crystal discriminator slope S:

La fig. 1 illustre une courbe de démodulation typique d'un discriminateur. Sa pente vaut:

$$S = \frac{d U_2}{d f}$$

Die Abweichung der Kennlinie von einer Geraden wird als Nichtlinearität definiert:

The deviation of the curve from the line is defined as non-linearity.

La déviation de la caractéristique par rapport à une droite est définie comme non-linéarité.

$$\text{Nichtlinearität/Nonlinearity/Défaut de linéarité } \lambda = \left( \frac{\frac{\Delta U_2}{\Delta f}}{S} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Gesamtlinearität: Beschreibung durch Toleranz-Parallelogramm (siehe Abb. 1)

Total linearity. This is described by the parallelogram which encloses the non-linear characteristic in figure 1.

Linéarité globale: décrite par le gabarit de tolérance de la fig. 1.

Klirrfaktor:  
Nonlinear harmonic distortion coefficient  
Taux de distorsion :

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^h A_i^2}{\sum_{i=1}^h A_i^2}}$$

A<sub>i</sub> ... Effektivspannung der i-ten Harmonischen  
A<sub>i</sub> ... effective voltage of the i-th harmonic  
A<sub>i</sub> ... tension efficace de l'harmonique de range i

Die Meßschaltung für Quarzdiskriminatoren ist in Abb. 2 dargestellt. Zu beachten ist, daß alle spezifizierten Werte auf eine konstante Eingangs-EMK bezogen sind.

The circuit employed for the measurement of crystal discriminators shown in figure 2. It should be noted that all measurements are related to a constant input EMF.

Le schéma de mesure des discriminateurs à quartz est représenté fig. 2. A remarquer que toutes les valeurs spécifiées supposent une f.é.m. d'entrée constante.

Abb. 2 / fig. 2

