

**EINSTECK-TIEFPASSFILTER
FILTRÉS PASSE-BAS ENFICHABLE
LOW-PASS PLUG-IN FILTERS**

Type

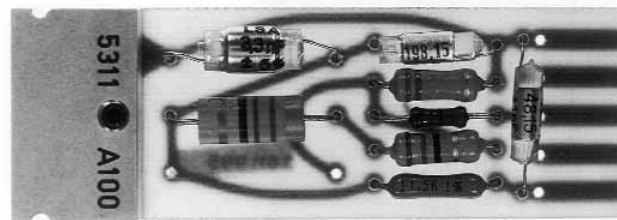
5311, 5311A..., 5313A...

Steckfilter zu Ladungsverstärker 5001 und Folgetypen zur Anpassung des Frequenzganges an das Messproblem oder den verwendeten Aufnehmer ohne Beeinflussung der Ausgangsimpedanz des Ladungsverstärkers. Diese Filter unterdrücken die Aufnehmerresonanz, beschneiden die Bandbreite oder dämpfen unerwünschte Störschwingungen.

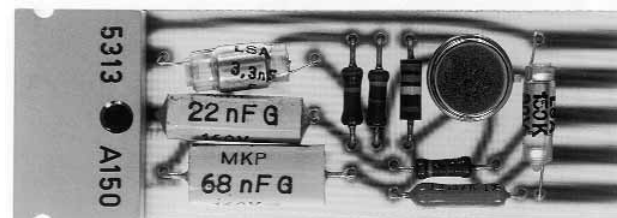
Filtres enfichables destinés à l'amplificateur de charge 5001 et types dérivés pour l'adaptation de la réponse en fréquence au problème de mesure ou au capteur utilisé, sans que l'impédance de sortie de l'amplificateur de charge s'en trouve influencée. Ces filtres limitent la résonance du capteur, coupent la largeur de bande ou amortissent les oscillations parasites non désirables.

Plug-in filters for charge amplifiers 5001 and later types, for adapting the frequency response to the measuring problem or the transducer being used, without affecting the output impedance of the charge amplifier. These filters suppress the transducer resonance, cut the band width or damp undesirable parasitic oscillations.

passives Tiefpassfilter
filtre passe-bas passif
passive low-pass filter

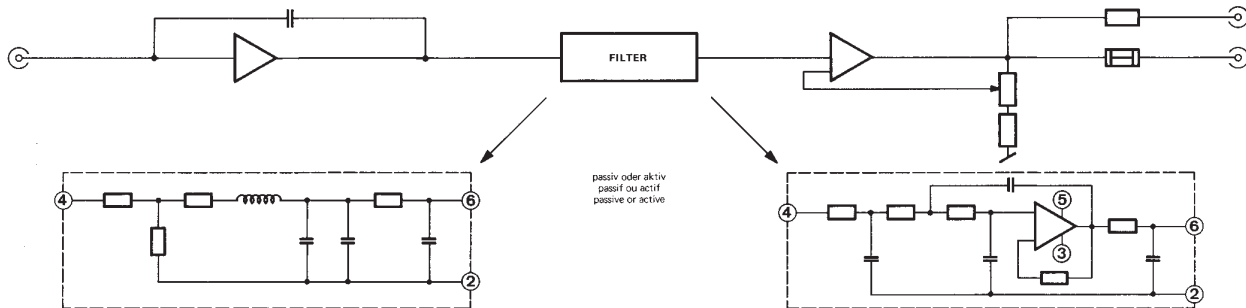


aktives Tiefpassfilter
filtre passe-bas actif
active low-pass filter



000-319m-10.76 (DB12.011m)

Standardfilter 180 kHz	filtre standard 180 kHz	standard filter 180 kHz	Type	5311
Filter , Reihe E6, ... = f_c in kHz	filtre , série E6, ... = f_c en kHz	filter , series E6, ... = f_c in kHz	Type	5311A...
Grenzfrequenz f_c :	fréquence limite f_c :	limiting frequency f_c :	kHz	1 ... 330
(1– 1,5– 2,2– 3,3–4,7–6,8– 10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330)	(1– 1,5– 2,2– 3,3–4,7–6,8– 10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330)	(1– 1,5– 2,2– 3,3–4,7–6,8– 10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330)		
Filter , Reihe E6, ... = f_c in Hz	filtre , série E6, ... = f_c en Hz	filter , series E6, ... = f_c in Hz	Type	5313A...
Grenzfrequenz f_c :	fréquence limite f_c :	limiting frequency f_c :	Hz	10 ... 680
(10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330–470–680)	(10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330–470–680)	(10– 15– 22– 33– 47– 68– 100–150–220–330–470–680)		
Filter, unbestückt , für passive Schaltung	filtre, non équipé , pour branchement passif	filter, unfitted , for passive circuit	Type	5311A0
Filter, unbestückt , für aktive Schaltung	filtre, non équipé , pour branchement actif	filter, unfitted , for active circuit	Type	5313A0
Verstärkung im linearen Frequenzbereich	amplification dans la gamme linéaire des fréquences	amplification in linear frequency range	—	0,8899±0,1%
Frequenzgang	réponse en fréquence	frequency response		
– 1% (–0,1 dB)	– 1% (–0,1 dB)	– 1% (–0,1 dB)	f_c (Hz)	0,54±20%
–30% (–3 dB)	–30% (–3 dB)	–30% (–3 dB)	f_c (Hz)	1±10%
–90% (–20 dB)	–90% (–20 dB)	–90% (–20 dB)	f_c (Hz)	2,6±20%
Resonanzüberhöhung	surélévation de résonance	resonant rise	%	+3 ... –1
Dämpfung	amortissement	damping	—	0,76
Phasendrehung	déphasage	phase shift	°	≈120
Sprungantwort	réponse par impulsion carrée	step response	%	+5
Abfall	chute	drop	dB/oct.	12
max. Nullpunktverschiebung ($f_c < 10$ kHz)	dérive max. du point zéro ($f_c < 10$ kHz)	max. zero displacement ($f_c < 10$ kHz)	mV	±2
max. Rauschspannung ($f_c < 10$ kHz)	tension max. de bruit ($f_c < 10$ kHz)	max. noise voltage ($f_c < 10$ kHz)	mV rms	0,3
Betriebstemperaturbereich	température ambiante	ambient temperature range	°C	0 ... 50
Gewicht	poids	weight	g	14



FILTERWAHL

Die Auswahl des Filters hängt von der Art des zu dämpfenden Signals ab. Massgebend sind u.a. folgende Kriterien:

1. *Frequenzabstand* zwischen Messsignal und Störsignal: In diesem Fall muss die Filter-Grenzfrequenz f_c zwischen Signalfrequenz und Störfrequenz liegen. Das Frequenzverhältnis sollte mindestens 1:3 betragen, um eine gute Wirkung zu ergeben. Details können dem Diagramm Fig. 1 entnommen werden; es zeigt u.a. das Toleranzband, innerhalb welchem die Charakteristiken sämtlicher Filter liegen.

2. *Filter mit steiler Abfall-Charakteristik* erzeugen ein Überschwingen, wenn die Anstiegszeit t_i des Messsignals, verglichen mit der Anstiegszeit t_f des Filters, kurz ist (Fig. 2a). Die Anstiegszeit des Filters ist: $t_f = 0,35/f_c$. Bei einem Verhältnis $t_i/t_f = 0,5$ tritt noch starkes Überschwingen auf (siehe Fig. 2b). Ist die Signalsteilheit gleich gross wie die Filtersteilheit, ist das Überschwingen unbedeutend (siehe Fig. 2c).

Bei $t_i/t_f \geq 2$ tritt praktisch kein Überschwingen mehr auf (siehe Fig. 2d).

In den meisten Fällen tritt das Überschwingen nicht störend in Erscheinung; sollte es stören (z.B. bei Spitzenwertmessungen), kann man durch ein RC-EingangsfILTER Abhilfe schaffen.

3. *Die Verflachung des Signal-Anstiegs* nimmt mit abnehmender Filter-Frequenz zu. Je niedriger die Grenzfrequenz f_c eines Filters ist, umso grösser wird seine Anstiegszeit: $t_f = 0,35/f_c$. Ein Filter mit tiefer Grenzfrequenz dämpft nicht nur die Störschwingung, sondern verflacht auch gleichzeitig den Signalanstieg, wie in Fig. 3a bis 3d gezeigt wird (Fig. 3c dürfte in den meisten Fällen den besten Kompromiss darstellen).

4. *Dämpfung der Resonanzüberhöhung* eines Quarzkristall-Messwertaufnehmers: Im Idealfall hat das Filter die komplementäre Charakteristik zum Aufnehmer. Diese ist jedoch mit einfachen Filtern nicht erreichbar. Fig. 4 zeigt, wie sich die Frequenzgang-Charakteristik eines Aufnehmers in Abhängigkeit von der Filter-Grenzfrequenz ändert. Fig. 3a bis 3d zeigt im Vergleich dazu die Dämpfung bei einer Aufnehmer-Anregung durch Sprungfunktion.

5. *An einem Anwendungsfall aus der Praxis* zeigt Fig. 5 die Wirkung von Tiefpassfiltern mit unterschiedlicher Grenzfrequenz:

- a) Druckverlauf in einem Kompressor: Das Störsignal wird durch den Ventilschlag erzeugt; die Schockwelle regt als Körperschall die Eigenfrequenz ($f_0 \approx 25$ kHz) des Druckaufnehmers an.
- b) Das Filter mit $f_c = 6,8$ kHz dämpft zwar die Störschwingung, lässt aber noch keine genaue Auswertung des Druckverlaufes zu.
- c) Das Filter mit $f_c = 2,2$ kHz lässt eine einwandfreie Auswertung des Druckverlaufes zu. Die Störschwingung ist völlig verschwunden, die Signalform bleibt voll erhalten.
- d) Das Filter mit $f_c = 470$ Hz dämpft zu stark und verfälscht dadurch den Druckverlauf.

CHOIX DE FILTRE

Le choix du filtre dépend de la nature du signal à amortir. Parmi les principaux critères on distinguera:

1. *Ecart entre la fréquence du signal de mesure et celle du signal parasite*: dans ce cas, la fréquence limite du filtre f_c doit se situer entre la fréquence du signal et la fréquence parasite. Pour garantir une bonne efficacité, le rapport des fréquences devrait au moins être de l'ordre de 1:3. Le diagramme de la figure 1 donne davantage de détails et montre, entre autres, la bande de tolérances dans laquelle se situent les caractéristiques de tous les filtres.

2. *Les filtres ayant une caractéristique* qui présente une chute rapide engendrent une sur-oscillation lorsque le temps d'établissement t_i du signal de mesure est court par rapport au temps de montée t_f du filtre (fig. 2a). Le temps de montée est tel que $t_f = 0,35/f_c$. Lorsque le rapport $t_i/t_f = 0,5$, la sur-oscillation est encore plus importante (voir fig. 2b). Si l'inclinaison de la courbe du signal est aussi grande que celle de la caractéristique du filtre, la sur-oscillation est négligeable (fig. 2c). Lorsque $t_i/t_f \leq 2$, il n'apparaît plus aucune sur-oscillation (voir fig. 2d).

Dans le plupart des cas, la sur-oscillation n'engendre pas de perturbation; s'il ne devait toutefois pas en être ainsi (par exemple lors de la mesure des valeurs de pointe), il serait possible d'y remédier par la mise en place d'un filtre d'entrée.

3. *La pente de la courbe du signal s'atténue* lorsque la fréquence du filtre diminue. Plus la fréquence limite f_c d'un filtre est faible, plus le temps d'établissement est grand: $t_f = 0,35/f_c$. Un filtre à fréquence limite basse n'amortit pas seulement les oscillations parasites, mais aplatit en même temps l'établissement du signal, comme le montrent les figures 3a à 3d (la fig. 3c représente ce qui, dans la plupart des cas, devrait constituer le meilleur compromis).

4. *Amortissement de la surélévation de résonance* d'un capteur à cristal de quartz: dans le cas idéal, le filtre présente des caractéristiques complémentaires à celles du capteur. Cette condition n'est toutefois pas réalisable avec les filtres simples. La figure 4 montre comment varie la caractéristique de la réponse en fréquence en fonction de la fréquence-limite du filtre. Les figures 3a à 3d montrent en comparaison la courbe d'amortissement lors de l'excitation d'un capteur par impulsions carrées.

5. *La figure 5 représente, pour un cas concret*, l'effet de filtres passe-bas à différentes fréquences limites:

- a) évolution de la pression dans un compresseur: le signal parasite est provoqué par la fermeture des soupapes; l'onde de choc excite, par suite de phénomènes sonores dans le corps, le capteur à sa fréquence propre ($f_c \approx 25$ kHz).
- b) le filtre ayant $f_c = 6,8$ kHz amortit bien l'oscillation parasite, mais ne permet pas d'exploiter avec précision l'évolution des pressions.
- c) le filtre ayant $f_c = 2,2$ kHz permet une étude parfaite de l'évolution des pressions. L'oscillation parasite a complètement disparu et la forme du signal est conservée.
- d) le filtre ayant $f_c = 470$ Hz amortit trop et fausse ainsi l'évolution des pressions.

CHOICE OF FILTER

The choice of filter depends on the nature of the signal to be damped. Among others the following criteria operate:

1. *Frequency separation* between measuring and interfering signals: In this case the filter limiting frequency f_c must lie between the signal and noise frequencies. To yield a good effect the frequency ratio should be at least 1:3. Details can be obtained from Fig. 1, which among other things shows the tolerance band within which the characteristics of all filters are located.

2. *Filters with steep drop characteristic* cause overshwinging if the rise time t_i of the measuring signal is short compared with the rise time t_f of the filter (Fig. 2a). The rise time of the filter is $t_f = 0,35/f_c$. Severe overshwinging still appears with a ratio of $t_i/t_f = 0,5$ (see Fig. 2b). If the signal has the same steepness as the filter, the overshwinging is insignificant (see Fig. 2c).

With $t_i/t_f \geq 2$, there is virtually no overshwing (see Fig. 2d).

Overswinging does not constitute a serious trouble in most cases. Where it does (e.g. in peak value measurements), remedy can be obtained by using an RC input filter.

3. *The flattening of the signal rise* increases with diminishing filter frequency. The lower the limiting frequency f_c of a filter is, the longer its rise time $t_f = 0,35/f_c$ will be. A filter with low limiting frequency not only damps the parasitic oscillation but also flattens the signal rise at the same time, as shown in Figures 3a-3d. In most cases Fig. 3c probably represents the best compromise.

4. *Damping the resonant rise* of a quartz transducer: Ideally the filter has the complementary characteristic to the transducer, but this is unattainable with simple filters. Fig. 4 shows how the frequency response characteristic of a transducer varies as a function of the limiting frequency of the filter. By way of comparison, Figures 3a-3d show the damping with a transducer excited by step function.

5. *Fig. 5 shows the effects of low-pass filters* with different limiting frequencies, taken from an application in practice.

- a) Pressure curve in a compressor: The interfering signal is generated by the valve knocking; as sound conducted through solids its shock wave excites the resonant frequency ($f_c \approx 25$ kHz) of the pressure transducer.
- b) While the filter with $f_c = 6,8$ kHz damps the parasitic oscillation it does not allow exact evaluation of the pressure curve.
- c) The filter with $f_c = 2,2$ kHz allows perfect evaluation of the pressure curve. The parasitic oscillation has disappeared completely, while the signal shape is retained intact.
- d) The filter with $f_c = 470$ Hz damps excessively, falsifying the pressure curve.

000-319m-10.76 (DB12.011m)

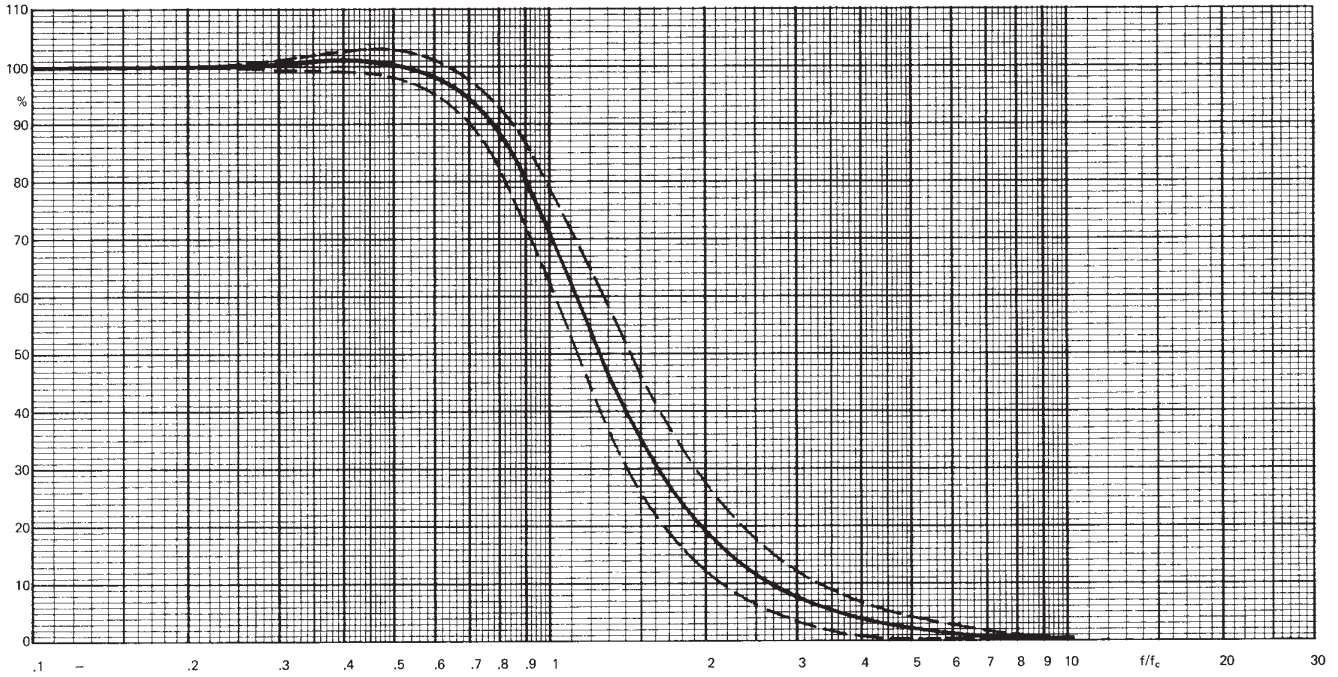


Fig. 1: Frequenzgang mit Toleranzband für die gesamte Filter-Reihe
Réponse en fréquence avec bande de tolérances pour toute la série des filtres
Frequency response with tolerance band for the whole series of filters

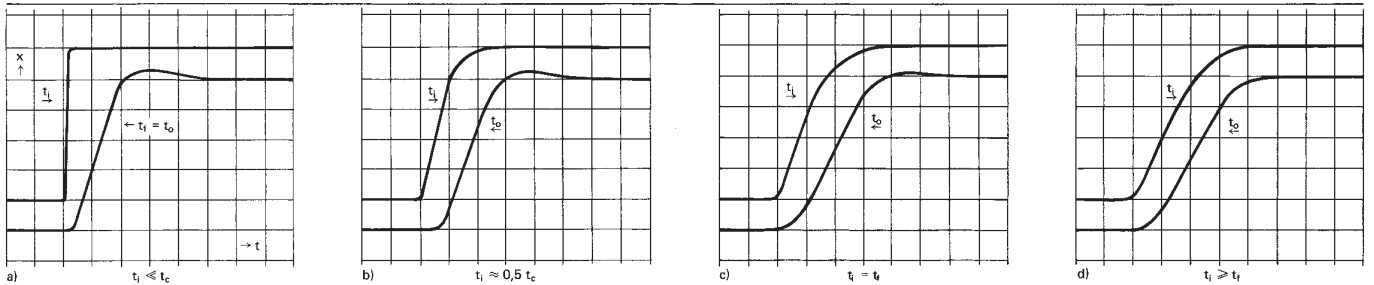


Fig. 2: Wiedergabe einer Sprungfunktion am Filter-Ausgang (t_o = Zeitkonstante am Ausgang) in Abhängigkeit von Signalzeitkonstante t_i und Filterzeitkonstante t_f ($t_f = 0,35/f_c$; f_c = Grenzfrequenz des Filters)
Réponse du filtre à une fonction unité à l'entrée (t_o = constante de temps à la sortie) en fonction des constantes de temps du signal d'entrée (t_i) et du filtre (t_f) ($t_f = 0,35/f_c$; f_c = fréquence limite du filtre)
Reproduction of a step function at the filter output (t_o = time constant at output) depending on signal time constant t_i and filter time constant t_f ($t_f = 0,35/f_c$; f_c = cut-off frequency of filter)

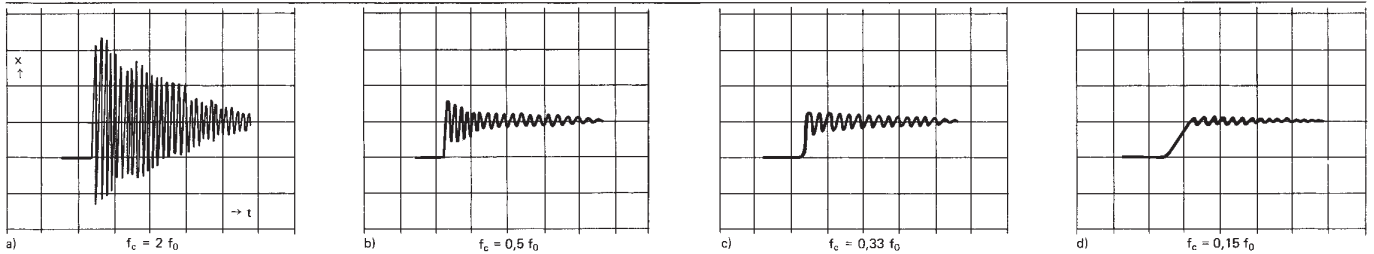


Fig. 3: Sprungantwort mit Aufnehmer, in Abhängigkeit von der Filter-Grenzfrequenz f_c (f_0 = Eigenfrequenz des Aufnehmers)
Réponse à la fonction unité avec capteur, en fonction de la fréquence limite du filtre f_c (f_0 = fréquence propre du capteur)
Step function response including transducer, as a function of the cut-off frequency of the filter f_c (f_0 = resonant frequency of the transducer)

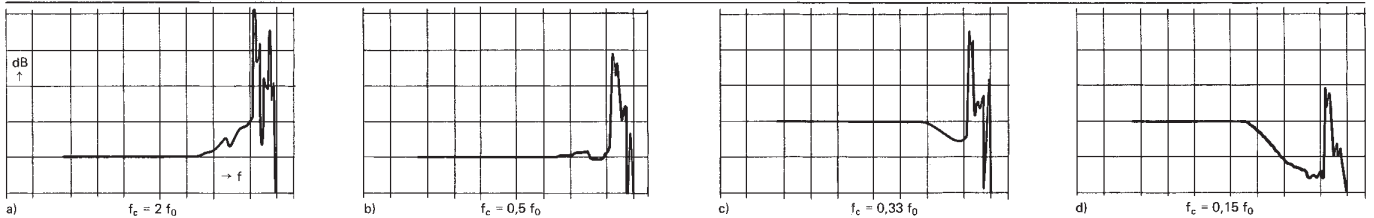


Fig. 4: Frequenzgang mit Aufnehmer, in Abhängigkeit von der Filter-Grenzfrequenz f_c (f_0 = Eigenfrequenz des Aufnehmers)
Réponse en fréquence avec capteur en fonction de la fréquence limite du capteur f_c (f_0 = fréquence propre du capteur)
Frequency response including transducer, as a function of the cut-off frequency of the filter f_c (f_0 = resonant frequency of the transducer)

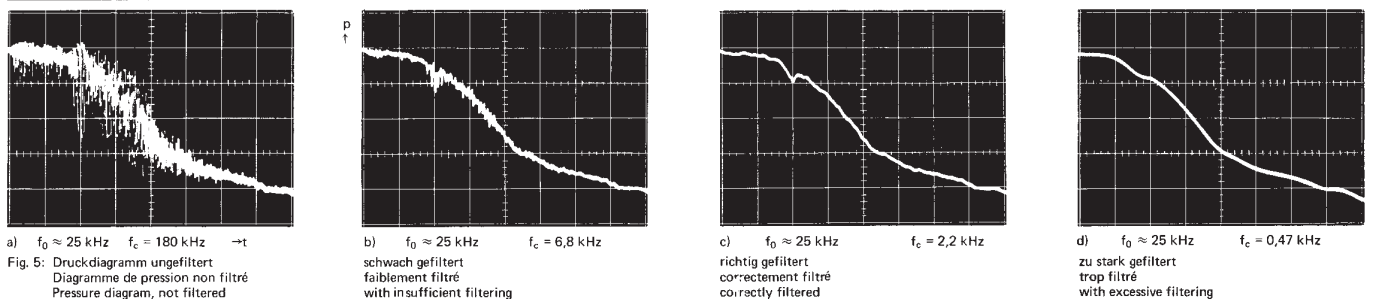


Fig. 5: Druckdiagramm ungefiltert
Diagramme de pression non filtré
Pressure diagram, not filtered
a) $f_0 \approx 25 \text{ kHz}$ $f_c = 180 \text{ kHz}$ $\rightarrow t$
b) $f_0 \approx 25 \text{ kHz}$ $f_c = 6,8 \text{ kHz}$
schwach gefiltert
faiblement filtré
with insufficient filtering
c) $f_0 \approx 25 \text{ kHz}$ $f_c = 2,2 \text{ kHz}$
richtig gefiltert
correctement filtré
correctly filtered
d) $f_0 \approx 25 \text{ kHz}$ $f_c = 0,47 \text{ kHz}$
zu stark gefiltert
trop filtré
with excessive filtering

000-319m-10.76 (DB12.011)m

BESCHREIBUNG

Die Einsteck-Tiefpassfilter der Serien 5311A... und 5313A... sind, je nach Grenzfrequenz f_c , passive oder aktive Tiefpassfilter mit Butterworth-Charakteristik. Sie zeichnen sich durch einen sehr flachen Frequenzgang unterhalb der Grenzfrequenz f_c und einen steilen Abfall von 12 dB/Okt. oberhalb von f_c aus. Die Zahl nach dem Buchstaben A in der Typennummer stellt die Grenzfrequenz f_c dar. Bei der Serie 5311A... erfolgt die Angabe in kHz, bei der Serie 5313A... in Hz. Eine Rechteckfunktion wird von einem Butterworth-Filter mit ca. 5% Überschwingen wiedergegeben.

Alle Filter sind auf den neuen Ladungsverstärker 5001 und die Folgetypen abgestimmt. Die in den technischen Daten angegebene Verstärkung ist durch den Ladungsverstärker bedingt, sie ist nötig, damit der am Verstärker angezeigte Messbereich eingehalten wird.

FILTERBETRACHTUNGEN

Filter werden für verschiedenste Zwecke eingesetzt, so z.B. zur Unterdrückung der Resonanzfrequenz eines Aufnehmers, zur Beschneidung der Bandbreite oder zur Dämpfung einer Stör-schwingung.

In vielen Fällen ist ein niederfrequentes Nutz-signal von einem hochfrequenten Störsignal überlagert. Erzeugt wird dieses Störsignal z.B. durch Körperschall, der die Eigenfrequenz des Aufnehmers anregen kann, da Quarzkristall-Messwertaufnehmer prinzipiell sehr schwach gedämpft sind. Die Verwendung eines Filters bringt in solchen Fällen einwandfreie Resultate, wie Fig. 5c zeigt.

Noch besser als ein Filter zu verwenden ist es, dafür zu sorgen, dass der Messwertaufnehmer Körperschall-isoliert eingebaut wird. Da der Betrieb eines Aufnehmers in Resonanz eine starke mechanische Belastung darstellt, bedeutet dies vielfach eine Verkürzung der Lebensdauer (z.B. der Membrane eines Druckaufnehmers).

Körperschall-Isolierungen können beispielsweise wie folgt erreicht werden: Druckaufnehmer: Einbau in Kunststoff-Montageadapter. Kraftaufnehmer: Verwendung von Kunststofffolien als Zwischenlage. Beschleunigungsaufnehmer: Montage des Aufnehmers auf einem Stück Kunststoff oder Hartholz.

Da im übrigen keine allgemein gültigen Auswahlregeln gegeben werden können, bleibt es zuletzt immer der Erfahrung des Messingenieurs (und der Durchführung eines Versuches) vorbehalten, das richtige Filter zu wählen.

EINBAU

Der Einbau erfolgt durch einfaches Einstecken des gewählten Filters anstelle des Standardfilters auf der Frontplatte des Ladungsverstärkers (z.B. Typ 5001).

Zur Aufbewahrung werden die Filter in einem Kunststoffgehäuse geliefert. Dessen Schwalbenschwanzführungen erlauben es, mehrere Filter zu einem Block zusammenzuschieben.

DESCRIPTION

Les filtres passe-bas enfichables de la série 5311A... et 5313A... sont, selon leur fréquence f_c , soit passifs, soit actifs à caractéristique Butterworth. Ils se distinguent par une réponse en fréquence de forme très plate en dessous de la fréquence limite f_c et une chute rapide (12 dB/Oct.) au-delà de f_c . Le chiffre qui suit la lettre A dans la désignation du type représente la fréquence limite f_c . Dans la série 5311A..., l'indication est faite en kHz, dans la série 5313A... en Hz. Une fonction à impulsions carrées est restituée par un filtre Butterworth avec une suroscillation de l'ordre de 5% environ.

Tous les filtres sont adaptés au nouvel amplificateur de charge 5001 et aux types dérivés. L'amplification indiquée dans le tableau des données techniques est conditionnée par l'amplificateur de charge; cette valeur est nécessaire afin que la gamme de mesure indiquée à l'amplificateur de charge puisse être respectée.

CONSIDERATIONS SUR LES FILTRES

Les filtres sont mis en oeuvre pour les raisons les plus diverses, ainsi par exemple pour réduire la fréquence de résonance d'un capteur, pour réduire la largeur de bande ou amortir une oscillation parasite.

Dans bien des cas, un signal parasite à haute fréquence se superpose à un signal utile à basse fréquence. Le premier peut être, par exemple, engendré par des phénomènes sonores dans le corps pouvant exciter le capteur à sa fréquence propre; les capteurs à cristal de quartz ne sont, en effet, que très faiblement amortis. Dans ce cas, l'utilisation d'un filtre conduit à des résultats impeccables comme le montre la figure 5c.

Mais plutôt que d'utiliser un filtre, il vaut encore mieux assurer le montage du capteur de telle sorte qu'il n'y ait pas apparition de phénomènes sonores. L'utilisation d'un capteur dans sa plage de résonance entraînant d'importantes sollicitations mécaniques, il en résulte souvent une diminution de sa durée de vie (par exemple détérioration de la membrane d'un capteur).

Une isolation efficace contre les phénomènes sonores peut être obtenue grâce à l'utilisation d'un adaptateur en matière plastique dans le cas des capteurs de pression et d'une feuille de plastique entre les faces de montage dans le cas des capteurs de force. Les accéléromètres pourront être protégés efficacement en étant placés sur un morceau de plastique ou de bois dur.

Mais comme il n'est pas possible d'établir de règles générales pour le choix d'un filtre, ce seront, en dernier lieu, toujours l'expérience de l'ingénieur de mesure et un essai pratique qui permettront de déterminer le filtre qui convient.

MONTAGE

Pour mettre en place le filtre choisi, il suffit de retirer le filtre standard du panneau frontal de l'amplificateur de charge (par exemple type 5001) et d'enficher à sa place le filtre choisi.

Pour leur stockage, les filtres sont livrés dans un boîtier en matière plastique dont la rainure en queue d'aronde permet l'assemblage de plusieurs filtres en un seul paquet.

DESCRIPTION

Depending on the limiting frequency f_c the low-pass plug-in filters of the 5311A... and 5313A... series are passive or active low-pass filters with Butterworth characteristic. They are distinguished by a very flat frequency response below the limiting frequency f_c , and a steep drop from 12 dB/oct. above f_c . The number after the letter A in the type designation represents the limiting frequency f_c . This is given in kHz with the 5311A... series and in Hz for the 5313A... series. A rectangular function is reproduced by a Butterworth filter with about 5% overshooting.

All filters are matched to the new 5001 charge amplifier and later types. The amplification stated in the technical data is governed by the charge amplifier, and is necessary to ensure that the measuring range shown on the amplifier is maintained.

REGARDING FILTERS

Filters are employed for a variety of duties, such as suppressing the resonant frequency of a transducer, cutting the band width or damping parasitic oscillations.

Often a high-frequency noise signal is superimposed on a low-frequency wanted signal. This interfering signal may be generated for example by sound transmitted through solids, which is capable of exciting the resonant frequency of the transducer since quartz transducers have very weak damping in principle. In such cases the use of a filter brings irreproachable results, as shown in Fig. 5c.

Better than using a filter, however, is to ensure that the transducer is installed insulated against sound conducted through solids. Operating a transducer in resonance imposes a severe mechanical load, which often means shortening its working life (e.g. damaging the diaphragm on a pressure transducer).

Insulation against sound transmitted through solids may be effected as follows for example: Pressure transducers — by mounting in plastics adaptors. Force transducers — by employing plastics films as interlays. Accelerometers — by mounting the transducer on a piece of plastics or hardwood.

Since no general rules can be laid down for selecting filters, the choice must be made on the strength of the measuring engineer's experience, assisted by trials.

INSTALLATION

Installation is simply a matter of plugging-in the selected filter in place of the standard filter on the front of the charge amplifier (e.g. type 5001).

For safe keeping the filters are supplied in a plastics housing, which has a dovetail guide allowing several filters to be pushed together forming a block.