

kuartz kristalli basit bir bant söndüren süzgeç

Fikret YÜCEL

UDK: 621.313.17-5

ÖZET

Frekans bandı bölme mültipleks sistemlerinde (FDM) telekontrol ve telemetre amacı ile kullanılan özel ölçü ve kumanda frekanslarını rahatsız edebilecek ve band içinde bulunan bazı işaretlerin gayet dar bantlı bant söndüren süzgeçlerle durdurulması gerekmektedir. Bu makalede bu amaçla kullanılmaya uygun basit bir bant söndüren süzgecin nasıl hesaplanacağı gösterilmiş ve Jbir örneğe uygulanmıştır.

SUMMARY

in frequency division multiplex (FDM) systems, it is required the in-band signals that are likely to disturb the measuring and control frequencies serving the purpose of remote measurement and control, by means of rather narrow band-stop filters. in this article, it has been described how to calculate a simple band-stop filter suitable for this purpose, illustrated with an application.

1. GİRİŞ

Frekans bandını bölme yöntemi ile çalışan mültipleks sistemlerinde (FDM) muhtelif haber kanalları demetlerine tekabül eden frekans bandlarına, haberler arası boşluklara, çeşitli telekontrol ve telemetre amacı ile pilot frekansları yerleştirilir, örneğin nakil ortamındaki değişiklikleri karşılamak üzere otomatik seviye ayarı ve ana osilatörler arası senkronizasyon sağlanması için birçok pilot frekansı kullanılmaktadır.

Haber demetlerine ait frekans bandları içinde, haberler arası boşluklarda, bunlara zarar vermeyecek derecede kaldıkça bulunmasına izin verilen bazı işaretler vardır. Bu banda yerleştirilen pilot frekanslarının doğru kumanda ve ölçü yapabilmeleri için aynı veya yakın frekansta işaretlerin pilot frekansı seviyesinin yeteri kadar altında olması sağlanmalıdır, örneğin bir pilot frekansının 20 dB- altında bulunan aynı frekanslı bir işaret bunun seviyesini en kötü halde +0,82 dB, 26 dB altında bulunan bir işaret ise +0,41 dB değiştirir.

Fikret Yücel, Y. Müh., PTT Araştırma Laboratuvarı, İstanbul.

Havai hat telefon kuranportör sistemlerinde bazı firmalar bu arada PTT Araştırma Laboratuvarı 4 kHz'in tam katı frekanslara sahip eğitim ve zayıflama pilotları kullanmaktadırlar. Kanallar arası boşlukta 4kHz'in tam katları olarak bulunan zahiri taşıyıcı sızmaları bu frekanslarla çakışır. Taşıyıcı sızmaları hakkında CCITT tarafından yapılan tavsiye (CCITT , Beyaz Kitap, Cilt III, G.225, Mar de Pla-ta, 1968) bunların her birinin seviyesinin -26 dBm0 yu geçmemesidir. Pilot seviyeleri hakkındaki tavsiye ise bunların -20 dBm0 olmasıdır. Görülüyor ki, bir havai hat sistemi hat teçhizatına uygulanan bir kanal transfer teçhizatı daha sonra zerkedilecek olan pilot frekanslarına eşit frekansta ve onlardan sadece 6 dB daha düşük seviyede taşıyıcı sızmalarına sahip olabilir. Bunun ise hatta uygulanan seviyesinin sabit kalması için özel tedbirler alınan pilot frekansları için, özellikle taşıyıcı ve pilot frekanslarının ayrı osilatörlerden temin edilmesi halinde, doğuracağı sakıncalar açıktır.

Başka örnekler grup ve süpergrup pilotlarıdır, işaretleşme için 3825 ve 3850 Hz gibi band dışı frekanslar kullanıldığı ve otomatik seçmede olduğu gibi bu frekanslar -10 Hz lik DA darbeler ile modüle edildiği halde B-ana grubu çıkışında 6 kanaldan (84 - 88 kHz) çağırma işareti gönderilmesi halinde 10 Hz lik darbelerin

harmoniklerinden ötürü grup pilot frekansına (84080 ve 84135 Hz) eşit veya yakın frekansta işaretler meydana gelir. Aynı durum ana süpergrup bandında 3. grubun 1 kanalından (308 - 312 kHz) otomatik işaretleşme yapılması halinde süpergrup pilotu (411,920 kHz) için de geçerlidir.

Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Genellikle kanal transfer teçhizatının bağlandığı daha sonraki cihaz kademesi girişinde, ilerde uygulanacak pilot frekansları ile aynı frekansa sahip rahatsız edici işaretler söndürülür. Bu amaçla çok dar bantlı band söndüren (BS) süzgeçlere ihtiyaç duyulur. Söndürülecek bandın faydalı bandın içinde bulunması dolayısıyla bu süzgeçlerin bir genlik bozulmasına sebep olmaması istenir. Öte yandan süzgecin söndürdüğü dar bantta çevre değişikliklerine karşı kararlılık aranır. Bütün bu şartlar bu süzgeçlerin kuartz kristalli olmasını gerektirmektedir. Genellikle, söndürülen bandda (*5 kHz) sağlanmak istenen efektif zayıflama 20 - 25 dB kadar olduğundan süzgecin en basit şekilde oluşturulması da arzu edilir.

Aşağıda bu amaçla kullanılabilecek basit bir kuartz kristalli süzgecin nasıl hesaplanacağı gösterilmekte ve bir örneğe uygulanmaktadır.

2. ÜÇ KESİM FREKANSLI SÜZGEÇ

Şekil 1 deki gibi bir iki kollu dörtüçlüde

$$Th^2 F = Z_j / (Z_x + Z_2) \quad (1)$$

$$z^2 = \quad (2)$$

$$Z_2 \{ 1 + (Z!/Z_2) \}$$

olduğu bilinmektedir. Burada F görüntü transfer katsayısı, Z_n ve Z_T ise iki tarafa ait görüntü empedanslarıdır.

Şekil 1.

Th T nin pay ve paydasının sıfırları kesim frekanslarıdır. Buna göre, Z_j , Z^+Z_2 ve $1/Z_2$ nin sıfırları kesim frekanslarını verir. Z_j ve Z_2 empedanslarının reaktif olduğunu varsayıyoruz.

Şekil 2.

Şekil 3.

Şekil 2 de bir kuartz kristalin eşdeğer devresi görülmektedir. $1 \setminus$ empedansının böyle bir kuartz kristal ile teşkili halinde şekil 3 teki iki kollu dörtüçlü ile üst geçiren (ÜG) tipi bir BS süzgeç elde edilir. Bu süzgece ait Z_1 ve $-Z_2$ empedans değişimleri ile buna göre saptanan görüntü zayıflaması değişimi şekil 4 tedir.

Buradan görülüyor ki, süzgecin $Z \setminus$ ve Z_1+Z_2 nin sıfırlarına tekabül eden f_1, f_2 ve f_3 gibi üç kesim frekansı vardır. Z_2 nin sınırlı kaldığı $f \gg$ noktasında Z_j bir kutba sahip olup bu, aynı zamanda zayıflama kutbudur. $Z \setminus$ bir kuartz kristal ile teşkil edildiğine göre, f_2 ve f_x birbirine çok yakındır.

Şekil 4.

Şekil 5.

Şekil 5 de alt geçiren (AĞ) tipi bir BS süzgeç görülmektedir. Buna ait empedans ve zayıflama değişimleri ise şekil 6 dadır. Bu da $1/Z_2$ ve Z_1+Z_2 nin sıfırları ile çakışan f_1 , f_2 ve f_3 gibi üç kesim frekansına sahip bir süzgeçtir. Z_2 nin sıfırını teşkil eden f^* , zayıflama kutbudur. Bu noktada Z_1 sıfırdan farklı sonlu bir değere sahiptir.

Elektrik Mühendisliği 209

Şekil 6.

Görülüyor ki birinci süzgeçte f_2 - f_3 bandı, ikinci süzgeçte ise f_1 - f_2 bandı söndürülmektedir. Üç kesim frekansına sahip iki kolluların sayısını çoğaltmak ve bunlardan başka süzgeçler türetmek mümkündür. Fakat burada gösterilen iki süzgeç bunların en basitleridir.

Tek bir kuartz kristali ile teşkil edilecek ir ve T hücreleri 1. de açıklanan amaçlar için çoğu zaman yeterlidir. Buna göre ÜG tipten bir BS süzgeç şekil 7a ve b deki, AĞ tipten bir BS süzgeç ise şekil 8a ve b deki gibi olur.

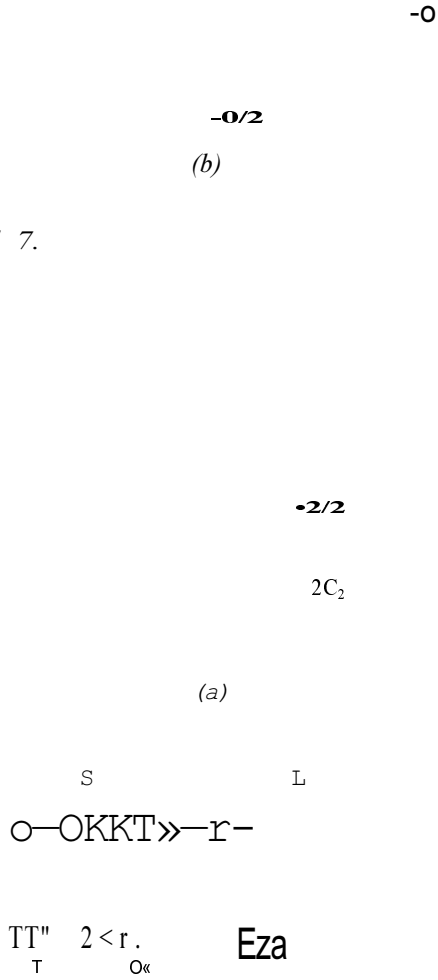
IP-11-1
M $c_{1/2}$ -
-<<-T

(*)

Şekil. 7

285

Şekil 7.



landığı frekanslardan yeteri kadar uzakta seçilmiş olması gerekir. Üçüncü kesim frekansı da haber demetine ait sınır frekansından yeteri kadar uzakta bulunmalıdır. ÜG tipte f_1 haberler bandının alt sınırından, AÇ tipte ise f_3 haberler bandının üst sınırından yeteri kadar uzakta olmalıdırlar. Bu suretle efektif zayıflamada empedans uygunsuzluğu dolayısıyla meydana gelebilecek genlik bozulması önlenmiş olur. ÜG tipte uçlardaki empedanslar Z^{\wedge} , AÇ halinde ise Z olduğundan şekil 9 ve şekil 10 da sırasıyla bunlara ait değişimler gösterilmiştir. Bu değişimler (2) ve (3) denklemleri ile şekil 5 göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. ÜG halinde f_1 ve AÇ halinde ise f_3 ün seçiminde bu değişimler göz önünde bulundurulur. Şekil 9 ve 10 da noktalı çizgiler empedansın sanal olduğu halde kullanılmaktadır.

Şekil 9.

ÇeJtil 8.

3. HESAP YOLU

Söndürülecek bant, haber demetine ait gelecek bandın içinde, haberler arası boşlukta bulunmaktadır. ÜG tipte bu bant f_2-f_3 , AÇ tipte ise f_j-f_2 sınırlarına sahiptir. Bu sebeple haberler arası boşlukta bulunması ve haberlerin fiilen kul-

Şekil 10.

a. ÜG tipte band söndüren süzgeç

Şekil 1, şekil 3 ve şekil 4 göz önünde bulundurularak

$$Z_2 = k_2 s \quad (5)$$

yazılabilir. Burada $s = j\omega$, k_1 ve k_2 ise pozitif gerçel katsayılarıdır.

(1) ifadesi ve şekil 4 e göre $s = j\omega_1$ ve $s = j\omega_3$ için $Z_1 = -Z_2$ olduğu göz önünde bulundurularak (4) ve

$$(5) \text{ den } f_3 \text{ için } - \left(f_1^2 - f_2^2 \right) + f_3 f_1 (f_3 - f_2) = 0 \quad (6)$$

denklemini bulunur. (6) dan ise

$$f_3 = \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_2 - f_1} \quad (7)$$

elde edilir. Seçilen f_1 , f_2 ve f_w yardımı ile hesap edilen f_3 frekansı söndürülmek istenen bandın içinde kalmalı ve haber tarafında kullanılan frekans bandından kâfi uzaklıkta olmalıdır.

Sabit K lı bir süzgeç elde etmek üzere örneğin haberlere ayrılan bandın iki sınırının veya f_1 ve f_3 frekanslarının geometrik ortalaması olarak seçilen bir ω_0 frekansında $Z_1 Z_2 = f$ şartı kullanılarak

$$\omega_0^2 - 0.2 - \omega_0^2 = 1 \quad (8)$$

$$\text{de } s = -Z_2 \text{ şartı kullanılarak}$$

$$k_2 = \frac{4(\omega_0^2 - 0.2)}{\dots} \quad (9)$$

elde edilir. (8) ve (9) denklemlerinden k_1 ve k_2 bulunduktan sonra şekil 3'deki devre elemanları

$$L_2 = k_2 \quad (10)$$

$$C_0 = 1 / k_1 \quad (11)$$

$$L_1 * k_j / \dots \quad (12)$$

$$= 1 / \dots \quad (13)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanır. Bundan sonra şekil 7a daki hücreye geçilir. Bu suretle elde edilen hücre empedansı, 2L1 bir kuartz kristal ile kolaylıkla elde edilebilecek bir değere sahip olacak şekilde yükseltilir. Genellikle süzgecin bağlanacağı devrenin empedansı bu empedans yanında küçük olacağından L_2 bobinleri birer transformatör şeklinde sarılmak suretiyle empedans uygunluğu sağlanır. $C_0/2$ kondansatörü, kuartz kristali paralel kondansatörünü hesap sonucu bulunan $C_0/2$ değerine tamamlar.

b. AĞ tipte band söndüren süzgeç

Bu halde şekil 1, şekil 5 ve şekil 6 göz önünde tutularak

$$= k_1 s \quad (14)$$

$$Z_1 = k_1 \frac{(s^2 + \omega_0^2)}{(s^2 + \omega_0^2) s} \quad (15)$$

yazılabilir. Şekil 6 dan $s = j\omega_1$ ve $s = j\omega_3$ için $Z_1 = -Z_2$ olduğu görülmektedir. Buna göre (14) ve (15) den faydalanılarak f_1 için

$$f_1 = \frac{f_0^2 - 0.2}{\dots} \quad (16)$$

bulunur. f_2 frekansı söndürülmek istenen bantın içinde kalmalı ve haber tarafından kullanılan frekans bantından kâfi uzaklıkta olmalıdır.

Empedans şartından ÜG tipte süzgece benzer şekilde

$$k_1 k_2 (\omega_0^2 - \omega^2) / (\dots) = 1 \quad (17)$$

$s = j\omega_3$ de $Z_1 = -Z_2$ olması şartından da

$$\omega_0^2 - 0.2 = \dots \quad (18)$$

bulunur. Son iki denklemden k_j ve k_2 eldt edildikten sonra şekil 5 deki devreye ait eleman değerleri

$$C = 1/k_2 L_2 = k_2 \quad (19)$$

$$C_2 = -u^2 \quad (20)$$

(2V>

(22)

ü ü ü
(2)

CV2C (2)

P
2

ü

P
2

ü ü 0 2 0

()
0 0

0

ü

ü

:

2 ü ü

20

î

ü

P

ü

ü

0

'

ü

ü

o

0

2

0

()

3 0 0 2

$$f - f_2 = C_1/2C_0 \quad (23)$$

bağıntısı göz önünde bulundurularak
f2'yi seçerken Co'm bir kuartz kristal ile
el-

ü

ü

ü

2

2

TT

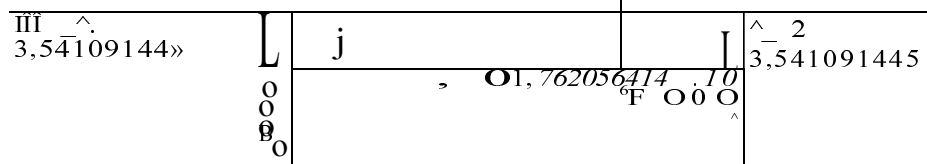
ü

2

Şekil 11.

288

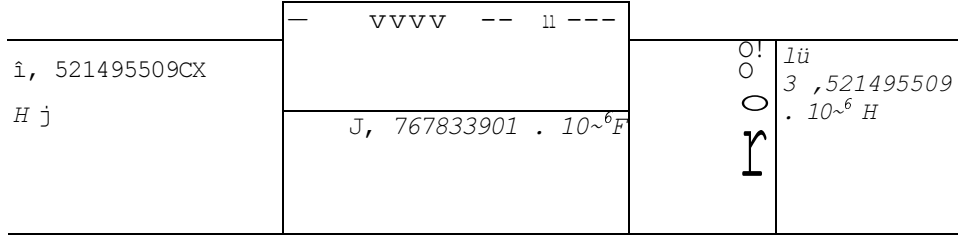
6,914589. 19 •10 ~rK7\rr\ ...3.393400379 .10~'F



1 , 493420838. 10⁻⁹ H

.4,15065449 .10⁻⁹F

Şekil 12.



30

Seri kollarda kuartz kristal kullanılmasını mümkün kılmak üzere süzgeç empedansları $Z=15$ kfi'a yükseltilmiştir. Bu durumda birinci hücre için kristal endüktansı 10,4 H ikinci hücre için ise 22,4 H bulunur.

Şekil 11 ve şekil 12'deki hücrelere ait teorik zayıflama eğrileri şönt bobinler için $Q=300$, kuartz kristaller için 30.000 alınmak koşulu ile sırasıyla Şekil 13 ve 14'deki gibi elde edilmektedir.

Bu iki süzgeç peşpeşe bağlandıktan sonra 150 ii'luk giriş ve çıkış empedanslarını elde etmek üzere iki uçtaki şönt bobinler birer transformator haline getirilmiştir. Şekil 15'de 64 ve 104 kHz frekanslarını söndüren süzgeç görülmektedir.

dB

0

35

30

25

20

10 s

10 20 30 40 50 60 70 «O 90 100VJPV110 kHz

Şekil 13.

d8

35

30

25

20

15

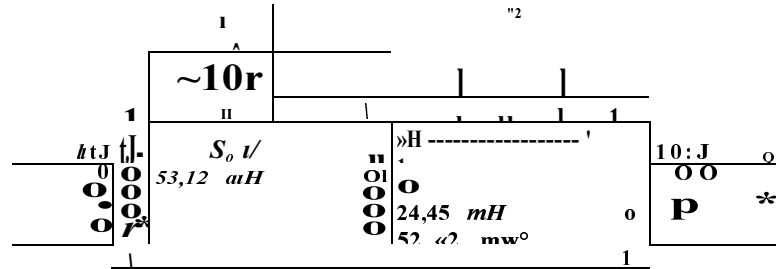
10

5

0 10 20 30 40 50 60 | 995 01 • - ^ ~ 80
90 100 110

150

^_150



Şekil 15.

K) ve K; kristalleri sırasıyla endüktansları 11, A ve 22,4 H olan ve rezonans frekansları 3.900 Hz ve 63.925 Hz'e ayarlanmış bulunan kuartz kristallerdir. Mevzu bahis frekans bandında bu kristaller x5° kesitinde elde olunurlar, madeni muhafaza için bulunmaktadırlar.

C'oi/2 ve C02/2 kondansatörleri kristal paralel kapasitansını hesap sonucu bulunan değere tanımlı olarak paralel rezonans frekansının 104 kHz ve 64 kHz'de bulunmasını sağlar.

PTT Araştırma Laboratuvarında yukarıda anlatılan metotla hesap edilerek geliştirilen

bu süzgeçler başarı ile kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- {1} Colin, J.E.t "Structures de Filtres a Deux Bras et a Trois Pulsations de Coupure ", Cables et Transmission 1957 N.3.
- {2} Colin, J. E.; ve P. Alemandou, "Filtres coupe-Bande Speciaux a Cristaux Piezoelectriques". Cables et Transmission 1962, N.4.

