

Kanonik Band Geçiren Filtreler

Fikret YÜCEL

Y. Müh.

PTT Araştırma laboratuvarı

ÖZET

Karşı endüktans ihtiva etmeyen ve pierdiven tipi devrelerle gerçekleştirilen LC filtreleri kanonik değildir. Zig-Zag BG filtreler ile bobin sayısı azaltılabilirse de, jbu ancak kondansatör sayışım arttırmak suretile mümkün olur; toplam eleman sayısı Tclasik tip fütrelerdekinin aynı Tcaltr.

Eleman sayısından ekonomi, ancak karşı endüktans bir devre elemanı olarak hesaba katmakla mümkün olur. Ancak bu suretle elde edilen devrelerdeki transformatörlerin tam kuplaj halinde ($k=1$) bulunmaları gerekir. Pratikte bu hale erişilememekle beraber, Karşı endüktanslı filtreler geniş kullanım yeri bulabilmektedir.

SUMMARY

Ladder type LC filter networks that do not incorporate mutual inductance are not of canonic construction. Although it is possible to achieve a reduction in the number of coils by the use of zig-zag BP filters, this is done at the expense of increasing the number of capacitors, the total number of components remaining the same as in the conventional type of filters.

Economy in the number of components can be achieved only by the use of mutual inductance as a circuit element. This requires, however, ideal magnetic coupling (unity coupling factor) between the transformer windings. Although this is not exactly realizable in practice, filters incorporating mutual inductance have found wide Application.

1 – GİRİŞ :

Frekans bandını bölme metodu ile çalışan (PD) mültipleks sistemlerinde büyük hızla artan kanal sayısı, bu sistemlerin hacmini küçültmek ve bilhassa her kanalda ayrı ayrı kullanılan kısımlarda maliyeti düşürmek üzere gayret sarfetmeyi gerektirmiştir. FD mültipleks sistemlerinde en büyük tasarrufun filtrelerde sağlanabileceğine şüphe yoktur.

Minimum endüktans ihtiva eden zig-zag band geçiren filtreler ([1], [2], [3], [4]) bu yolda atılmış bir adımdır. Bu filtrelerde toplam eleman sayısı klasik tip BG filtrelerdekine eşittir. Karşı endüktans ihtiva etmeyen merdiven tipi devrelerle gerçekleştirilen LC filtreler kanonik olmazlar. Yani, ihtiva ettikleri eleman sayısı minimum değildir.

Bir kanonik devrede eleman sayısı iç kritik frekans sayısından 1 fazladır [5].

Foster ve Cauer'in kanonik devre şekillerine mukabil LC filtrelerinin kanonik hale getirilmesi, karşı endüktansın bir devre elemanı olarak kullanılması ile mümkün olur.

Burada evvelâ Cauer parametrelili BG filtrelerin kanonik olarak elde edilmelerini göstereceğiz. Daha sonra, merdiven tipi devrelerle teşkil edilmiş muhtelif filtrelerde, karşı endük-

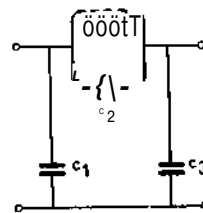
tans kullanmak suretile eleman sayısında azaltma yapılması hakkında örnekler vereceğiz.

2 – CAUER PARAMETRELİ KANONİK BG FİLTRELER :

Evvelce yayınlanan bir makalede minimum endüktanslı bir BG filtre elde etmek için, model olarak Şekil 1'deki gibi AG hücreleri alınmıştır [1]. Kanonik BG filtrelere varmak için, model olarak Şekil 1'deki AG'nin düali olan devreden hareket edilir. Şekil 2'de bu yolla elde edilen BG filtre görülmektedir.

Şimdi Şekil 3'deki Norton empedans dönüşümünü Şekil 2'nin sağ tarafındaki devrede $I_1 - c_1$ ve $I_2 - c_2$ kollarına tatbik edelim.

Bu suretle elde edilen devre Şekil 4'de gösterilmiştir.



$$\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} = 0$$

Şekil- 1

Şayet Şekil 2'nin sol tarafındaki devrede endüktanslar arasında, tam kuplaj şartı olan,

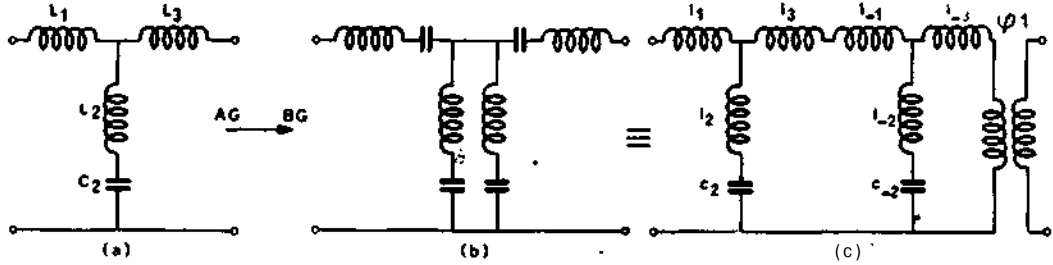
$$\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = 0 \quad (D)$$

bağıntısı mevcutsa ve

$$n = 1 + \frac{c_2}{L_2(1 + \omega_1^2)} = \frac{L_1 + L_2(1 + \omega_1^2)}{L_2(1 + \omega_1^2)} \quad (2)$$

$$\varphi_2 = \frac{(L_1 + L_2) d + \omega_1^2 L_1}{L_1 \omega_1^2 + L_2 + L_1 \omega_1^2} \quad (3)$$

seçilirse, BG filtre devresi Şekil 5c'deki durumu alır.



$$L_1 = L_1 n$$

$$L_3 = L_1 n^2 \varphi$$

$$L_2 = L_2 \omega_1^2 \varphi$$

$$L_2 = L_2 \varphi$$

$$L_3 = \frac{L_1^2}{L_2 \omega_1^2}$$

$$\text{veya } L_4 = L_3 + L_1 = -L_1 n^2$$

$$L_{-1} = L_4 - L_3$$

$$c_2 = \frac{1}{\omega_1^2 L_2}$$

$$c_2 = \frac{1}{\omega_1^2 L_2}$$

$$L_4 = \frac{L_2 L_3}{L_2 \omega_1^2 - L_3}$$

$$m = \frac{L_1}{L_2}$$

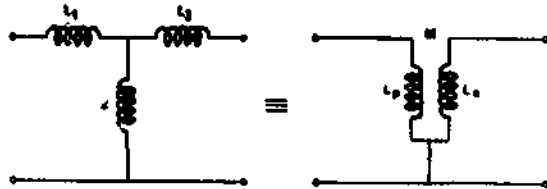
$$n = t - \omega_1^2$$

$$t = m + 14 m \omega_1^2$$

$$\omega_1^2 = \frac{1}{L_2} \left(\frac{L_1}{L_2} + 14 m \right)$$

Şekil 5

Görülüyor ki, şekil 5c'deki devrede, her iki bobin yıldızı da, (1) tam kuplaj şartını haizdir. Şekil 6'da bir bobin yıldızına teğdeğer transformator görülmektedir. Bu eşdeğerlik, çevre denklemleri yazılarak, kolayca gösterilebilir.



$$L_p = L_1 + L_2 > 0$$

$$L_s = L_2 + L_3 > 0$$

$$M = L_2$$

$$\varphi = 0 \text{ or } 180^\circ$$

Bobin yıldızının endüktans değerleri arasında bir bağıntının bulunmadığı bu genel balda kuplaj katsayısı,

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_p L_s}}$$

dir. Şayet

$$M = \sqrt{L_p L_s}$$

ise

$$k = 1$$

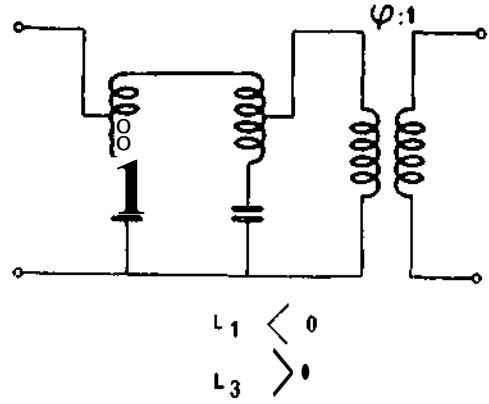
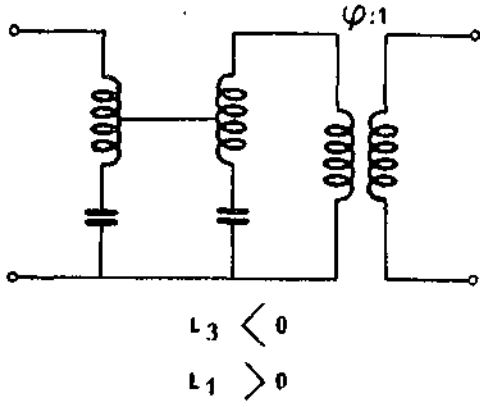
olur. Bu ise endüktanslar arasında (1) bağıntısının bulunması ile mümkündür.

Şekil 6'daki eşdeğerliği de göz önünde bulundurmak suretile, Şekil 5c devresi Şekil 7'deki hale gelir.

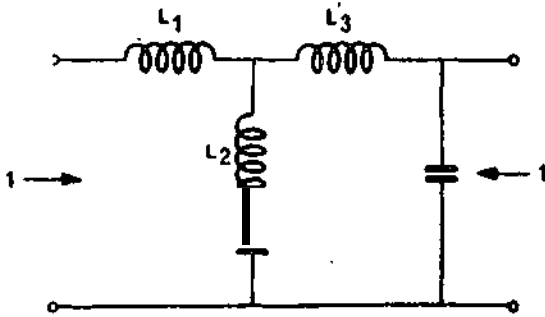
Şimdi, Cauer parametrelili bir kanonik BG filtresinin hesaplanmasında takip edilecek sırayı verelim :

a) Katalogdan (meselâ [4], [6]) model AG filtresinin seçilmesinde esas olacak hususlar hakkında bilgi [1]'deki makalede verilmiştir. Misal olarak Şekil 8'de gösterilen Cauer parametrelili 4. dereceden AG filtreye vasıl olduğunu farzedelim.

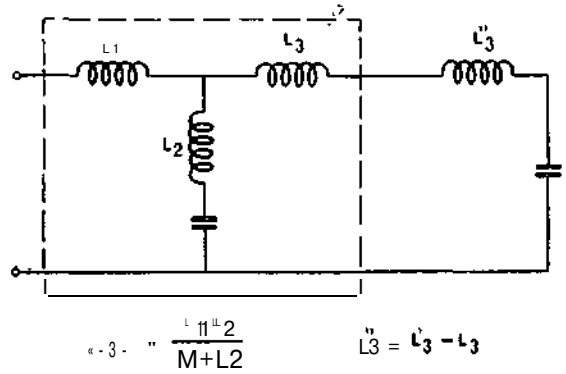
b) Bobin yıldızı (veya yıldızları) (1) şartını sağlayacak hale getirilir (Şekil 9).



Ştkil : 7



Şekil : 8



Şekil : 9

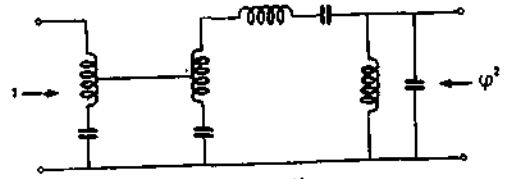
c) Şekil 2'deki AG → BG dönüşümü yapılır.

Elde olunan eleman değerleri $\frac{1}{b}$ ile çarpılır. Şe-

kil 9'da kesik çizgilerle sınırlanan devre kısmının (veya kısımlarının) dönüşümünün Şekil 5c'deki eşdeğeri kullanılır. Elemanların hesabında, aynı şeklin altında verilen denklemlerden faydalanılır. Elde olunan devre Şekil 10'da gösterilmiştir.

d) Şekil 6'daki eşdeğerlikten istifade ederek bobin yıldızları oto transformatörler haline getirilir. T_j transformatörü (veya transformatörleri) kaldırıldıktan sonra devre Şekil 11'deki hali alır.

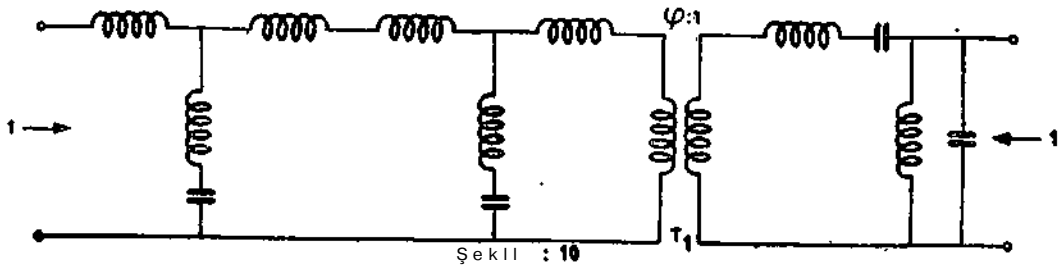
Tam kuplajlı bobin yıldızını (veya yıldızlarını) farklı şekilde almak suretile değişik devreler



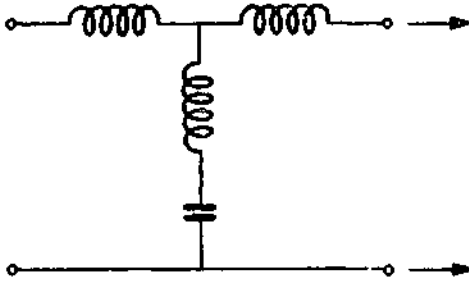
Ştkil : 11

elde edilebilir. Şekil 12'de Şekil 8'deki devreden elde edilen bir başka BG filtre gösterilmektedir.

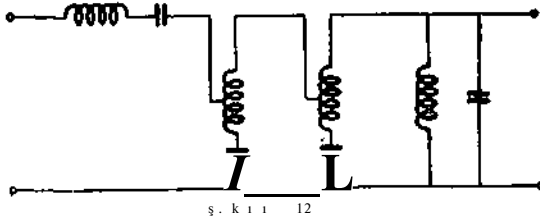
Cauer parametrelili zig-zag BG filtrelerine sonsuzda en az iki katlı transmisyon sıfırı olan AG filtrelerden vanlabildiği malumdur [1], Kanonik filtreler için, model olarak alınan AG filtre-



Şekil : 10



de, böyle bir sınırlama mevcut değildir. Bu sebeple, tek dereceli AG filtreleri model olarak kullanmak da kabildir. Şekil 13'de, 3. dereceden Caer parametrelili bir AG filtre ve tamdan türetilen kanonik BG filtreler gösterilmiştir.



Ş. K. I. 12

3 — REAKTANS DÖNÜŞÜMLERİ İLE KANONİK HALE GETİRME :

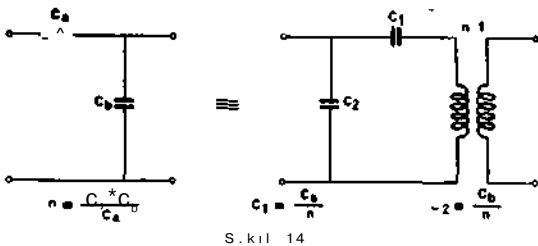
Muhtelif metotlarla hesap edilmiş filtre devrelerine bazı reaktans dönüşümleri uygulamak suretile bunları kanonik hale getirmek, hiç değilse eleman sayısında azaltma sağlamak mümkün olmaktadır. Bu maksatla J. Gaillard tarafından verilen reaktans dönüşümleri ile, bunların uygulama yollarından geniş ölçüde faydalanılmaktadır [7].

Evvelâ, İstifade edilecek reaktans dönüşümlerini gösterelim.

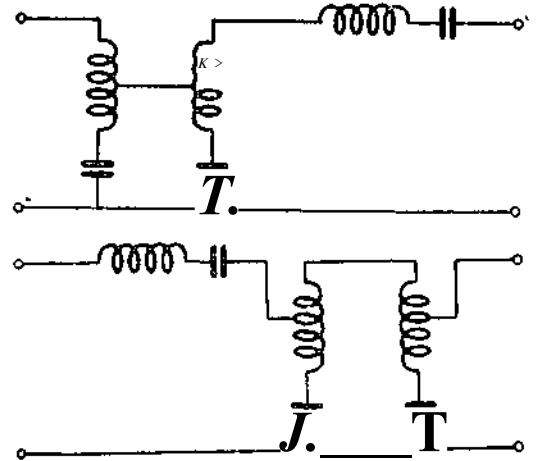
Şekil 14'deki eşdeğerhğin mevcudiyeti bir başka makalede [8] gösterilmiştir.

Bundan faydalanarak Şekil 15'deki eşdeğerlik görülebilir. Buna göre, Şekil 16'daki üç uçluya alt eşdeğerlik de mevcuttur.

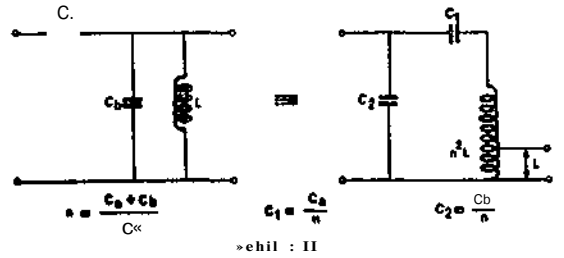
Şekil 17 i'de kesik çizgiler arasında gösterilen üç uçlu yerine, Şekil 16'daki eşdeğeri konarak Şekil 17 U elde edilir.



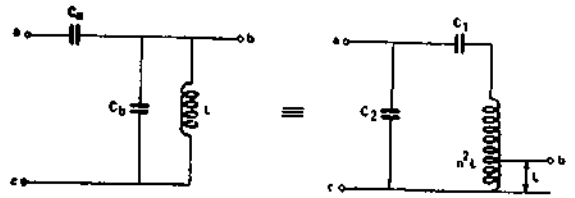
Ş. K. I. 14



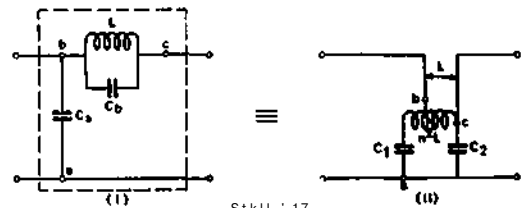
Şekil 13



Ş. K. I. 15



Ş. K. I. 16



Ş. K. I. 17

Şekil 18 a dakl devreye ait çevre denklemleri,

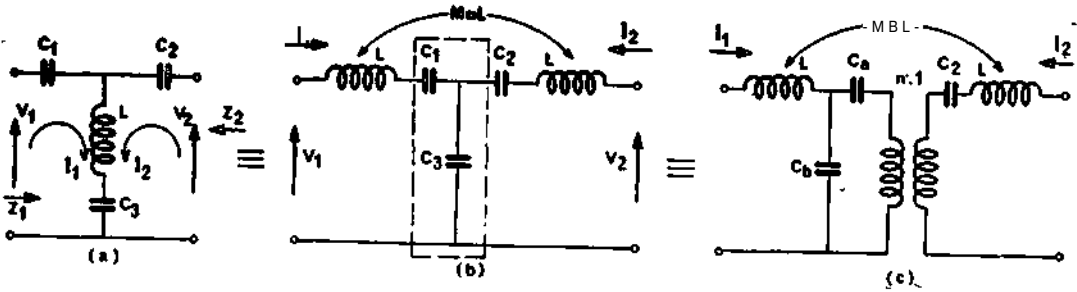
$$V_j = \left(\frac{1}{C_1 s} + L_1 s + \frac{1}{C_2 s} \right) i_1 + \left(\frac{1}{C_3 s} + L_2 s \right) I_2 \quad (4)$$

$$V_2 = \left(\frac{1}{C_1 s} + L_1 s \right) I_1 + \left(\frac{1}{C_2 s} + L_2 s + \frac{1}{C_3 s} \right) I_2$$

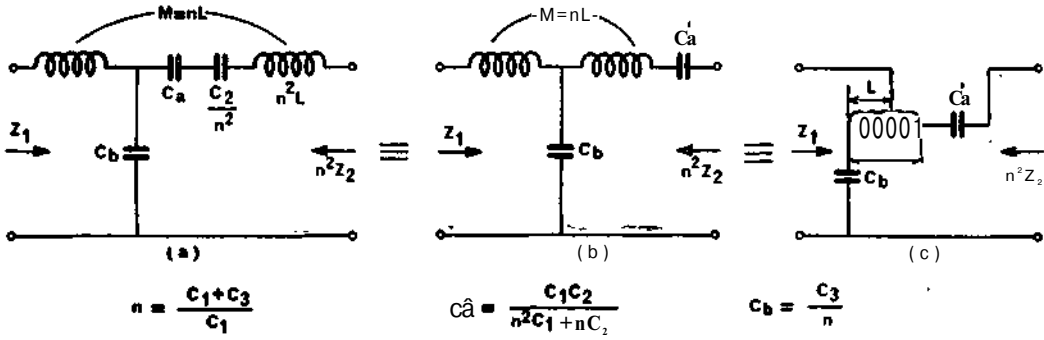
dir. İkl kapadı devre arasındaki ortak (L)'yi Şe-
kil 18b'deki gibi temin edebiliriz.

Şekil 18b'ye ait çevre denklemleri de (4)'ün
aynıdır. Bu devrede kesik çizgilerle çevrelenen
kısmı, Şekil 14'deki dönüşüm uygulanarak Şe-
kil 18c elde olunur.

Şekil 18c'deki trafo kaldırılarak Şekil 19a,
buradan da Şekil 19b ve nihayet Şekil 19c
elde edilir. Yani Şekil 18a devresinin eşdeğeri
Şekil 19c'dir.

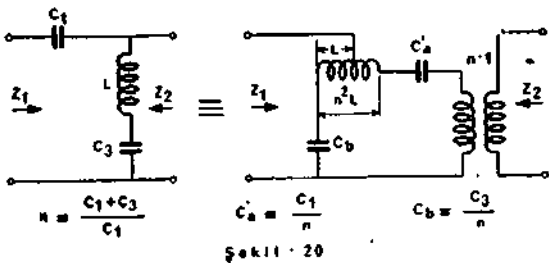


Şekil - 18'



Şekil : 19

$C_3 = \infty$ olması halinde eşdeğerlik Şekil 20'de
gösterildiği gibi olur.



Şekil - 20

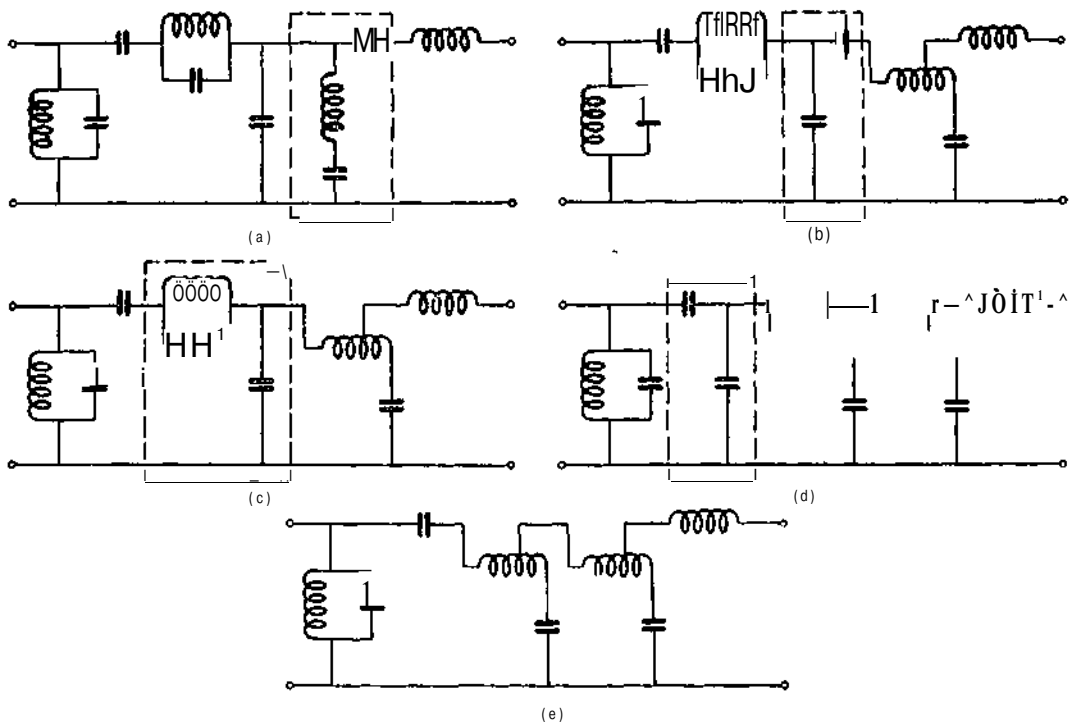
Şimdi, bu eşdeğer devrelerden faydalanarak
bazı filtrelerde eleman sayısında azaltma yapıl-
masını görelim :

Şekil 21'de, 4. dereceden bir zigzag BG filt-
re devresinde bu azaltmanın nasıl yapılacağı
gösterilmiştir. Reaktans dönüşümü tatbik edile-
cek kısımlar kesik çizgilerle çevrelenmek sure-
tile belirtilmiştir. Şekil 21a'ya evvelâ Şekil
20'deki dönüşüm tatbik edilir. Şekil 21b'ye İS3
Şekil 14'deki dönüşüm uygulanır. Şekil 21c'ye
de Şekil 17 tatbik edilmek suretile, Şekil 21d,
buradan da Şekil 14 deki eşdeğerlik kullanıla-
rak Şekil 21e bulunur.

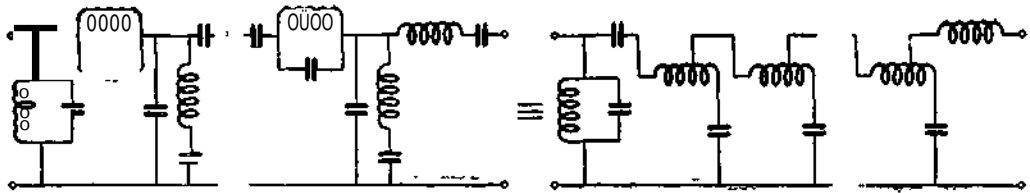
Şekil 22'de yüksek dereceli bir zig-zag BG
filtreye Şekil 21'deki dönüşümlerin tatbiki sure-
tile elde edilen devre gösterilmiştir.

Şekil 23a'da sıfırda 3, sonsuzda ibir katlı,
geçen bandın altında 2, üstünde 1 kutbu bulu-
nan genel parametrelili bir BG filtre görülüyor.
Bu filtreye 8 kondansatör yukardaki reaktans
dönüşümlerinden faydalanarak 5'e indirilebilir.
Böylece elde edilen devre Şekil 23b'dedir :

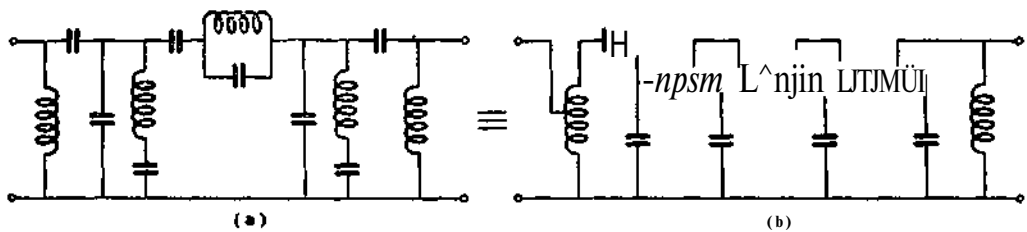
Şekil 24a'da ise bir parametrik BG filtre
gösterilmiştir. Bu filtreye evvelâ Şekil 14'deki
dönüşüm, tatbik edilerek Şekil 24b, sonra da
Şekil 18 ve Şekil 14'dan faydalanarak Şekil 24c
elde edilir. Şekil 25 ve Şekil 26'da AG ve ÜG
filtre devrelerinin reaktans dönüşümleri tatbik
edilmek suretile alacakları şekil görülmektedir.



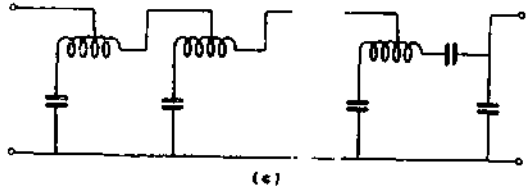
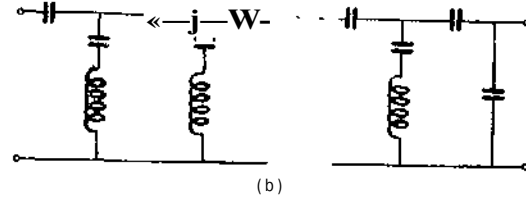
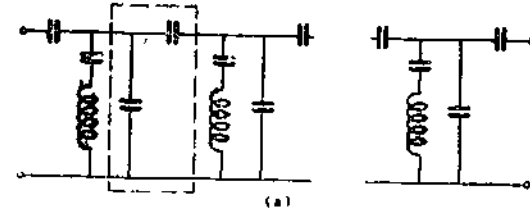
Şekil : 21



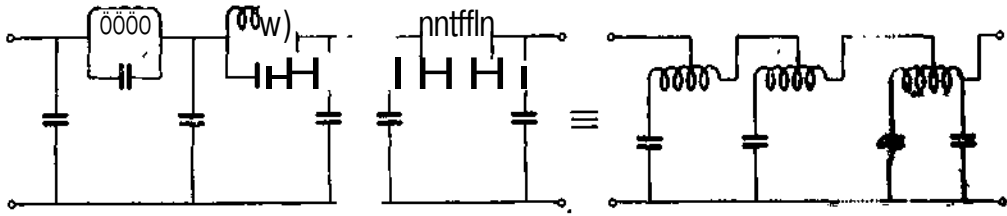
Şekil . 22



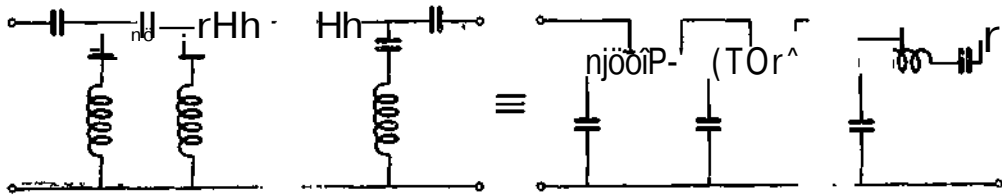
Şekil . 23



Şekil : 24



Şekil : 25



Şekil : 26

4 – BİTİRİRKEN :

Yukarıda misal olarak verilen karışık endüktanslı filtrelerde kullanılan oto transformatörlerin tam kuplaja sahip olmaları gerekmektedir. Pratikte bu şart ($k=1$), ancak yaklaşık olarak gerçekleştirilebilir. Bobinin imalinde k kuplaj katsayısını kabil olduğu kadar büyük yapmak için, icabına göre, bifil'ler ve tabakalı sarımlar kullanmak gibi tedbirler alınabilir. Fakat

bu tedbirlere başvururken dağılma kapasitesinin artmamasına da dikkat göstermek lâzımdır.

Bu güçlüğe rağmen karışık endüktanslı filtreler sağladığı büyük avantajlar dolayısıyla, pratikte çak kullanış yeri bulmaktadır.

Böyle filtrelerde devreye giren ideal transformatörleri kaldırırken elemanların bu transformatörlerin sarım sayısı oranları karesi veya

bunun tersi ile çarpılmasından ötürü gerçekleş-tirilmesi güç değerlerle karşılaşılması mümkündür. Bu durumda zayıflama kutuplarının teşkil sırasını değiştirerek daha uygun değerler bulunabilir. Bazan da adı geçen reaktans dönüşüm lerini devrenin uygun eleman, değerleri veren bir kısmına tatbik etmekle yetinilir.

BİBLİYOGRAFYA

- [1] Ejikret Yücel Cauer parametrelî Zig-Zag band geçiren filtreler, Elektrik Mühendisliği, Cilt 14, Sayı 164, Ağustos 1970.
- [2] T. Laurent, Rrequency Filter Methodtes, John Wiley and Sons, New York, 1964.
- [3] A. Ahacic, Über die Reaktanz transformation von Tiefpass - in Band pass - Kettensc haltungen, A. E. Ü. Cilt 12, Sayı 5 Sahife 203-208 Mayıs 1958.
- [4] A. I. Zverev, Bans book of Filter synthe-sis, John Wiley and Sons, Inc., 1967.
- [5] Von Valkenburg, Introductlon to Modern Network Synthesis, John Wiley and sons, Inc.,1960.
- [6] R. Saal, Der Entwurf von Filtern mit Hilfe des Kataloges normierter Tiefpasse, Telefunken GMBH, Backnang 1966.
- [7] J. Gaillars; Reducing the number of elements in ladder networks by the use of auto - transformers, Cables at Transmission, No 2, Sahife 123-131, 1962 ve Philips Telecommu-nication Review, CUt 24, No 2, Sahife 45-55 Mayıs 1963.
- [8] Fikret Yücel, Sücül Arıbaş, Dar Bandlı Band Geçiren UC filtreler Hakkında Bir Not, yayımlanıyor.

TEK GENEL MÜDÜRLÜĞÜNDEN

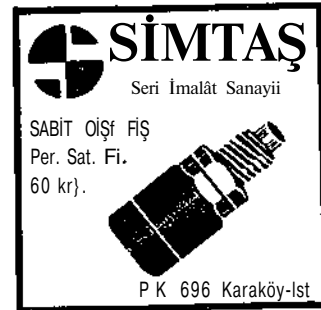
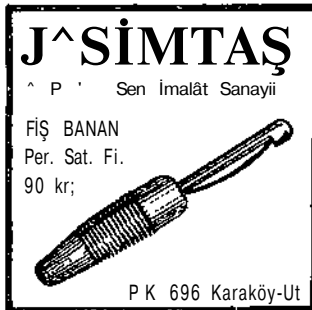
Daha evvel teklif istenmiş bulunan 75 adet 3 zonlu, 30 adet tek zonlu mesafe rölesi ve 50 adet tekrar kapama rölesine ait şartnameye bir ek çıkarılmıştır. Şartname eki Ankara Necatibey Cad. No. 11 de Enerji Mu-hasebe Müdürlüğümüzden bilâbedel temin edilebilir.

Teklif alma tarihi 7.12.1970, saat 14.00 olarak değiştirilmiştir. Tek-lifler Ankara Necatibey Cad. No. 3 de Kurumumuz Şebekeler Dairesine tevdi edilecektir.

Kurumumuz 2490 sayılı kanuna tabi değildir.

BASIN: A-15446

(E. M. — 377)



(E. M. — 865)