

Dar Bandlı Band Geçiren LC Filtreler Hakkında Bir Not

FIKRET YÜCEL • SÜCÜL ARIBAŞ
PTT Araştırma Laboratuvarı

ÖZET

LC filtrelerinde beklenen efektif zayıflama karakteristiğinin elde edilebilmesi için kullanılan bobinlerin çalışılan frekans bandında iyi Q -faktörü sağlayacak endüktans değerlerine sahip olması icap eder. Uygulanan bazı reaktans dönüşümleri ile bir filtrede bütün endüktansların iyi bir Q -faktörü elde etmeyi temin edecek şekilde seçilen bir ortak değere getirilmeleri mümkün olmaktadır. Aşağıdaki makalede bu reaktans dönüşümleri ile bunların uygulandığı bir örnek verilmektedir.

SUMMARY

To be able to realise the calculated effective attenuation characteristic of LC filters, the coil inductances used should possess values that are amenable to securing high Q -factors in the frequency range concerned. Through the application of certain reactance transformations, it is made possible to bring the values of all the inductances of a filter to a selected common value.

These reactance transformations are described in the following article and a demonstrative application is given.

1. GİRİŞ

Hangi metot ile hesap edilirse edilsin, dar bandlı BG filtrelerde hesap sonucu bulunan eleman değerleri arasında büyük farklar mevcuttur. Kuarz kristal kullanılmasına ihtiyaç bulunduğu hallerde, kristal eşdeğer devresindeki elemanlara benzerliğini temin için, bazı kolları ait elemanların diğerlerinden büyük ölçüde farklı olmasına gayret sarfedilir. Ancak, lüzumsuz yere kristal kullanmaktan kaçınmak ve/veya mevzu bahis frekans bandında aynı kalitede bobinler elde etmek için bunların değerlerinin aynı merbeden ve kolay gerçekleştirilebilir olması sağlanmak istenir.

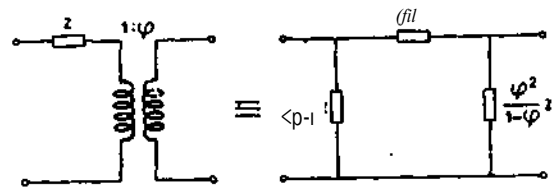
Filtrelerde kullanılan kondansatörleri, bilhassa polistren film kondansatörleri, taşıyıcı akım sistemleri frekans bandlarında, ekseriya 10 oktavlık veya daha fazla bir değer sahası içinde, aynı kalitede elde etmek mümkündür. Halbuki bobinler için bu alan çoğu zaman bir kaç oktavı geçemez. Aynı bir filtre içinde muhtelif değerdeki bobinlerin aynı Q -faktörünü haiz olmaları için; muhtelif boyutta ve efektif permeabilitede çekirdekler kullanılabilirse de, bazen farklar o kadar büyük olabilir ki, bu tedbirde kâfi gelmez. Ayrıca böyle bir çözüm ekonomik olmadığı gibi, seri imalâtta büyük zorluklar gösterir.

Bu sebeple aynı bir filtre içindeki bobinlerin endüktanslarının aynı değerde olmasını temin

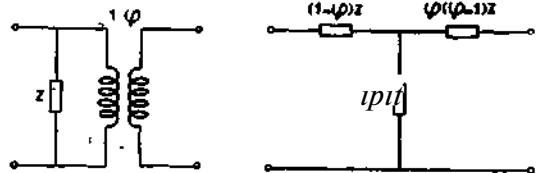
etmek üzere, filtreye muhtelif reaktans dönüşümleri tatbik edilir. Endüktansların bu ortak değeri, mevzu bahis frekans bandında kullanılacak çekirdekle elde edilebilecek maksimum Q -faktörüne tekabül eden değere eşit olarak seçilir. Bu suretle, filtreden beklenen sonuca erişilebilirliği gibi, büyük imalât kolaylığı da sağlanmaktadır.

2. REAKTANS DÖNÜŞÜMLERİ

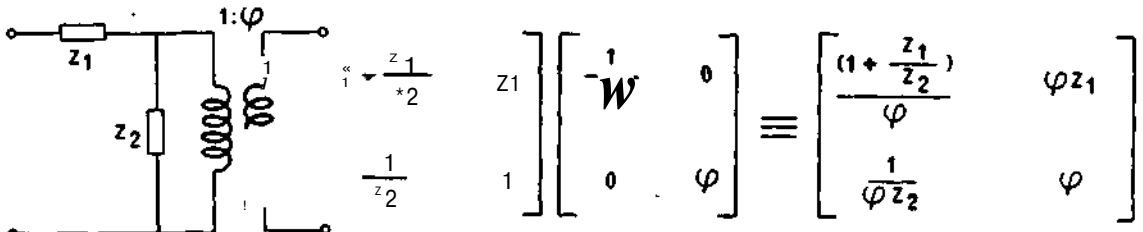
Şekil 1 ve Şekil 2'de Norton empedans dönüşümleri gösterilmiştir. Bu dönüşümlerden endüktans değerlerini eşit kılarken geniş ölçüde faydalanılır.



Ş. k 11 : 1



Ş. k 112



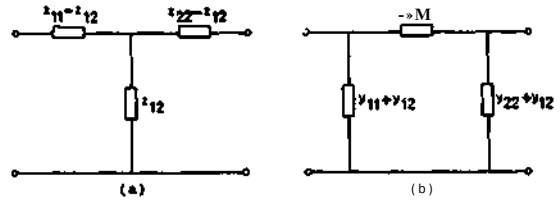
Şekil: 3

Diğer taraftan Şekil 3'deki devrenin eşdeğerini elde etmek için buna alt zincir matrisinden istifade edilir. Bu devreye ait zincir matrisin yukardaki gibi olduğu kolayca gösterilebilir. Zincir matris ile empedans matrisi arasındaki bağıntılardan faydalanılarak empedans matrisi elemanları :

$$z_{11} = \frac{A}{C} = Z_1 + Z_2$$

$$z_{12} = \frac{1}{C} = Z_2 \cdot \varphi$$

$$z_{22} = \frac{D}{C} = Z_2 \cdot \varphi^2$$



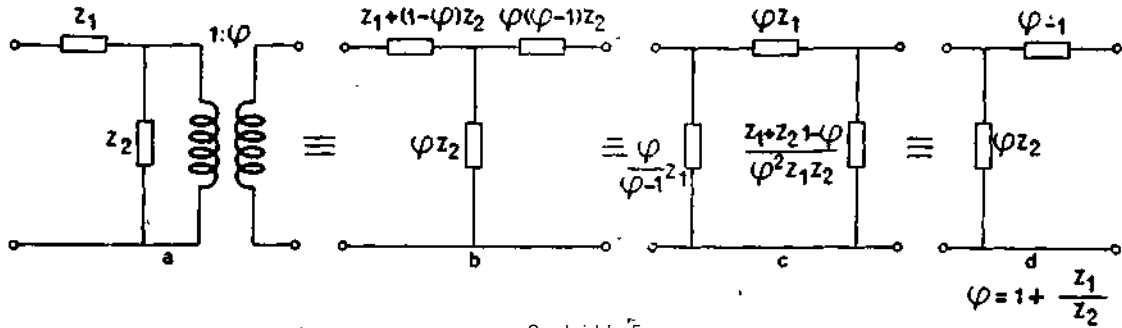
Şekil: 4

Buna göre Şekil 3'deki devreye eşdeğer T ve n devreleri Şekil 5 b ve c'dedir.

Eğer
$$\varphi = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$$

Seçilirse eşdeğer devre Şekil 5'deki hali alır.

bulunur.



Şekil: 5

Aynı şekilde admitans matrisi elemanları :

$$y_{11} = \frac{D}{B} = \frac{1}{Z_1}$$

$$y_{12} = \frac{1}{B} = -\frac{1}{\varphi \cdot Z_1}$$

$$y_{22} = \frac{A}{B} = \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2}\right) / Z_1 \cdot \varphi^2$$

olarak elde edilir.

Empedans matrisi elemanları bilinen bir dört uçlunun T-, admitans matrisi elemanları bilinen bir dört uçlunun n- eşdeğer devresi Şekil 4 a ve 4b'de gösterilmektedir.

Bu dönüşümde eleman değerlerinin pozitif olması için :

$$1 < \varphi < 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$$

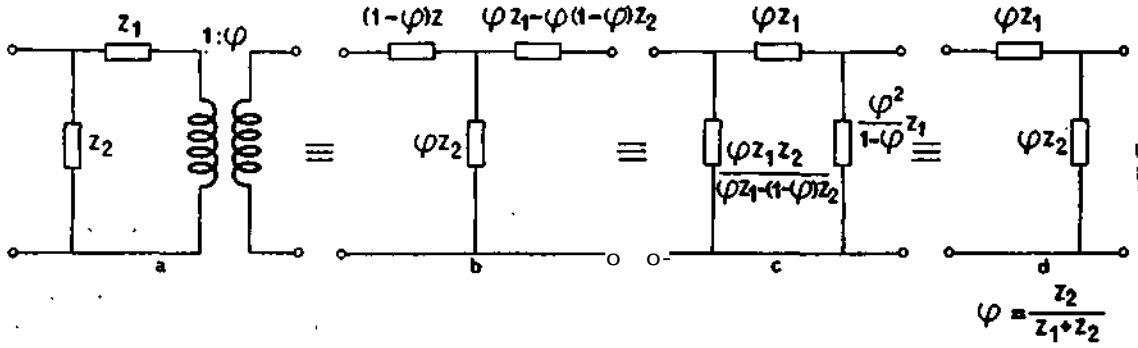
seçilmelidir.

Benzer olarak, Şekil 6'daki devrelerin eşdeğer şekilde gösterilebilir.

Bu dönüşümde de eleman değerlerinin pozitif olması için :

$$\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} < \varphi < 1$$

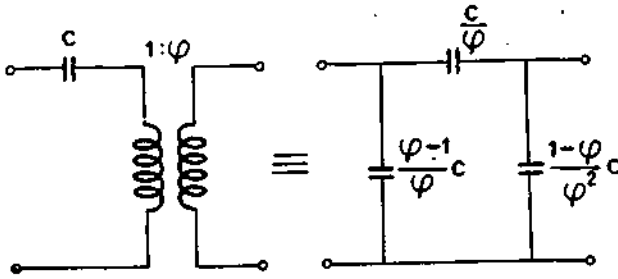
olmalıdır.



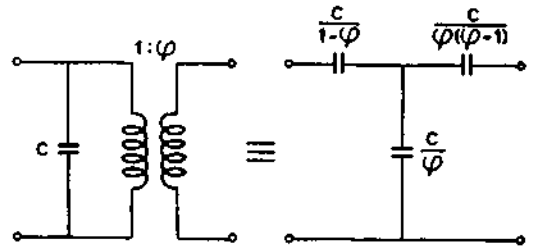
Şekil . 6

Şekil 7, 8, 9 ve 10'da, Şekil 1, 2, 5 ve 6'daki empedans dönüşümlerinde empedansların bir kapasiteden ibaret olması halî gösterilmiştir.

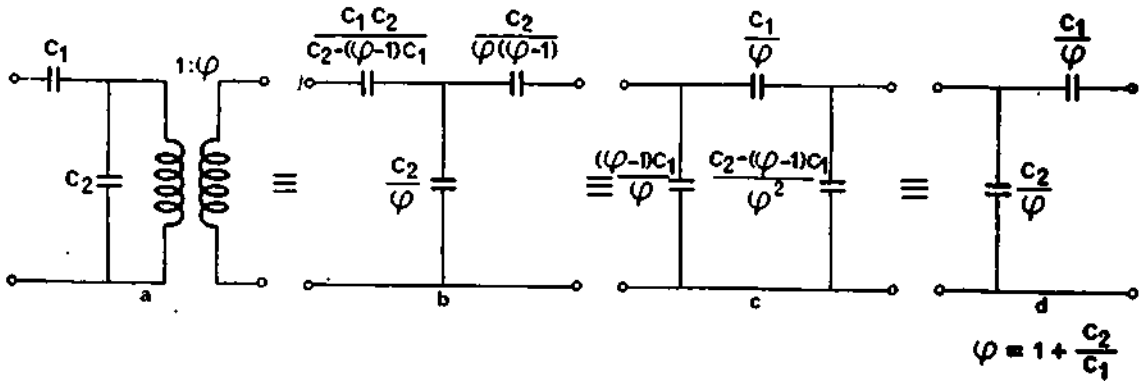
Bu dönüşümler pratikte çok kullanılırlar. Biz de aşağıda vereceğimiz örnekte, endüktansları istenen bir değere getirmek maksadı ile bu dönüşümlerden faydalanacağız.



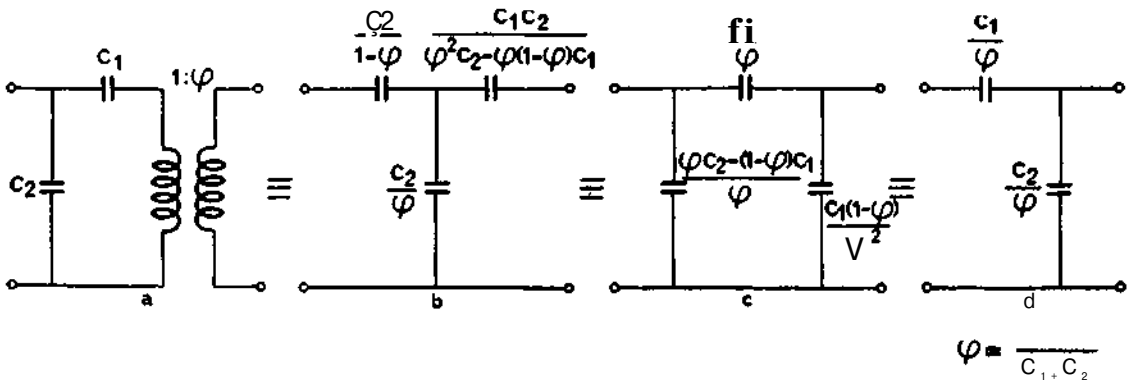
Şekil : 7



Şekil 8



Şekil 9

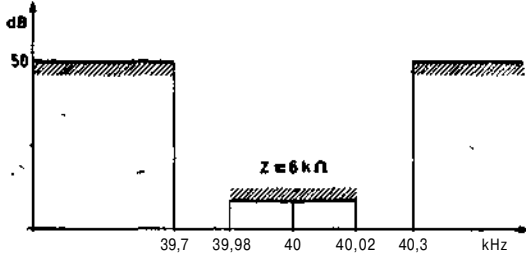


Şekil : 10

3. ÖRNEK

örnek olarak PTT Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilen 6 kanallı stackable telefon kuranportör sisteminin pilot alıcı filtrelerinden birisini alacağız.

Hesaplamak istenilen filtreye ait veriler Şekil 11'de gösterilmiştir.



S a k i l - 1 1

Geçirilmek istenen band, pilot frekansı bir kristalli osilâtörden temin edildiğine göre oldukça dar ± 20 Hz dir. Fakat filtreye kristal kullanmaksızın LC elemanlarla stabiiüyeti temin için emniyet payının tamamını geçen bandı genişletmek maksadı ile kullanıp alt ve üst kesim frekanslarını:

$$f_1, (\text{kHz}) = \sqrt{40.02 \times 40.3} = 40.150 \text{ kHz}$$

$$f_2, (\text{kHz}) = \sqrt{39.7 \times 39.98} = 39.850 \text{ kHz}$$

olarak almak uygun olur.

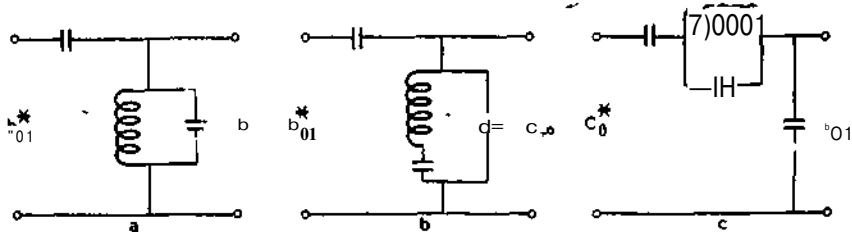
Zobel tipi band geçiren hücreler 2'de verilen reaktans dönüşümlerini kullanmaya çok elverişlidir.

Filtreyi Şekil 12'de gösterilen minimum elemanlı hücrelerle teğkl edebiliriz ([2] , [3]). Şekil 12'de, bu hücrelerin empedansları da belirtilmiş olup aralarında yansıma olmayacak şekilde bağlanarak filtre, söndürülen bandda istenen zayıflamayı temin etmek üzere, Şekil 13'deki gibi teşkil olunabilir.

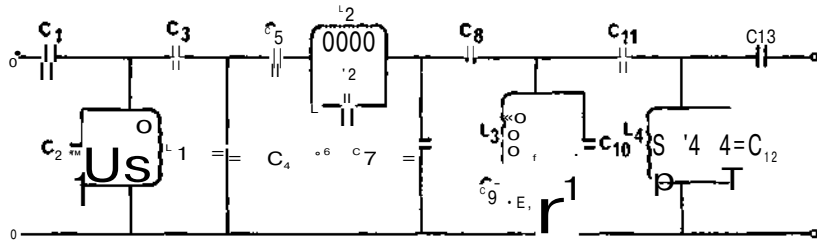
Şekil 13'de kapasiteler pikofarad cinsinden en düktanslar ise milihenry cinsinden verilmiştir.

Görülüyor ki, tou filtreye en büyük ve en küçük endüktansların oranları 3465,6 olup bobinleri bu alanda aynı kalitede elde etmek çok zordur. Filtre, tou eleman değerleri ile gerçekleştirilmek istenirse, beklenen sonuca varılamaz.

2'deki reaktans dönüşümleri tatbik edilerek endüktansların bir ortak değere gelmeleri sağlanır. Filtrenin teşkilinde PhUips 22/13,3 Hl. $\mu e = 68$ potcore'ları kullanılmak istendiğine ve

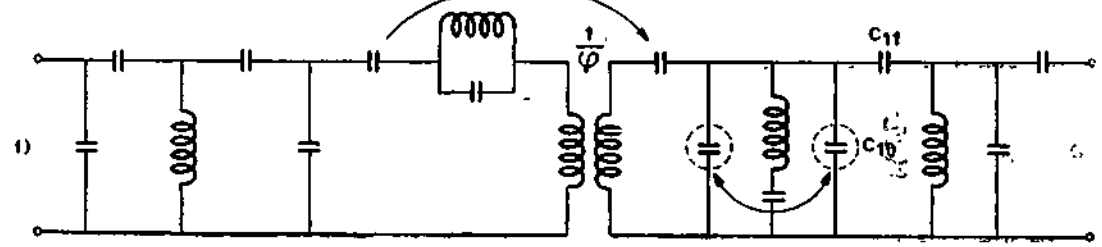
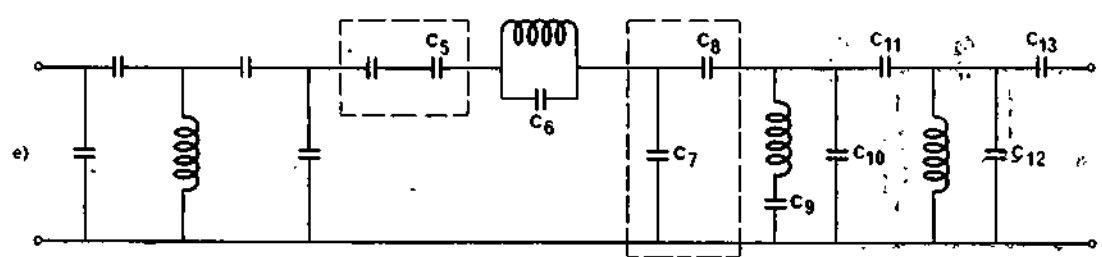
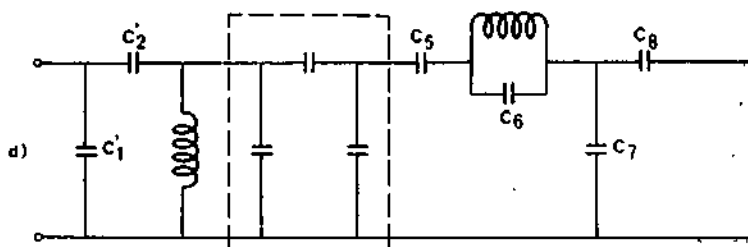
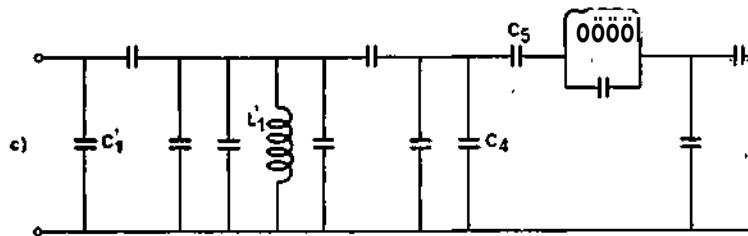
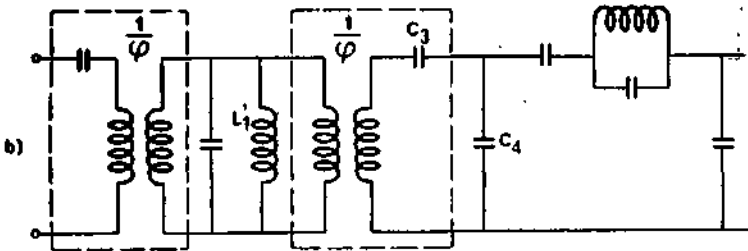
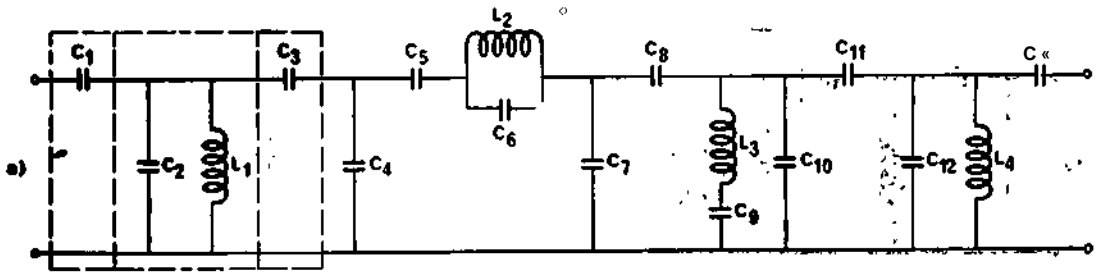


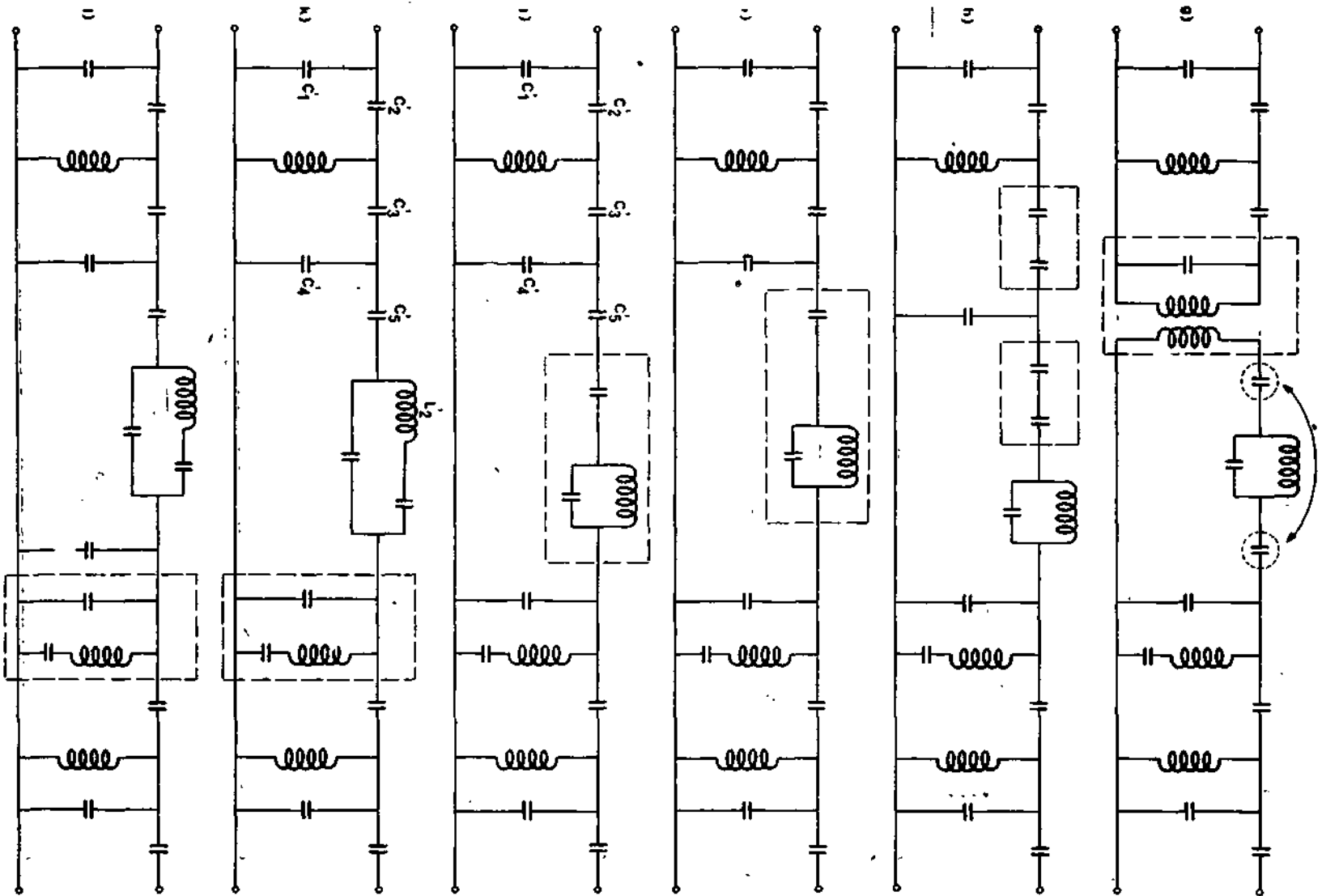
S e k i l 1 2

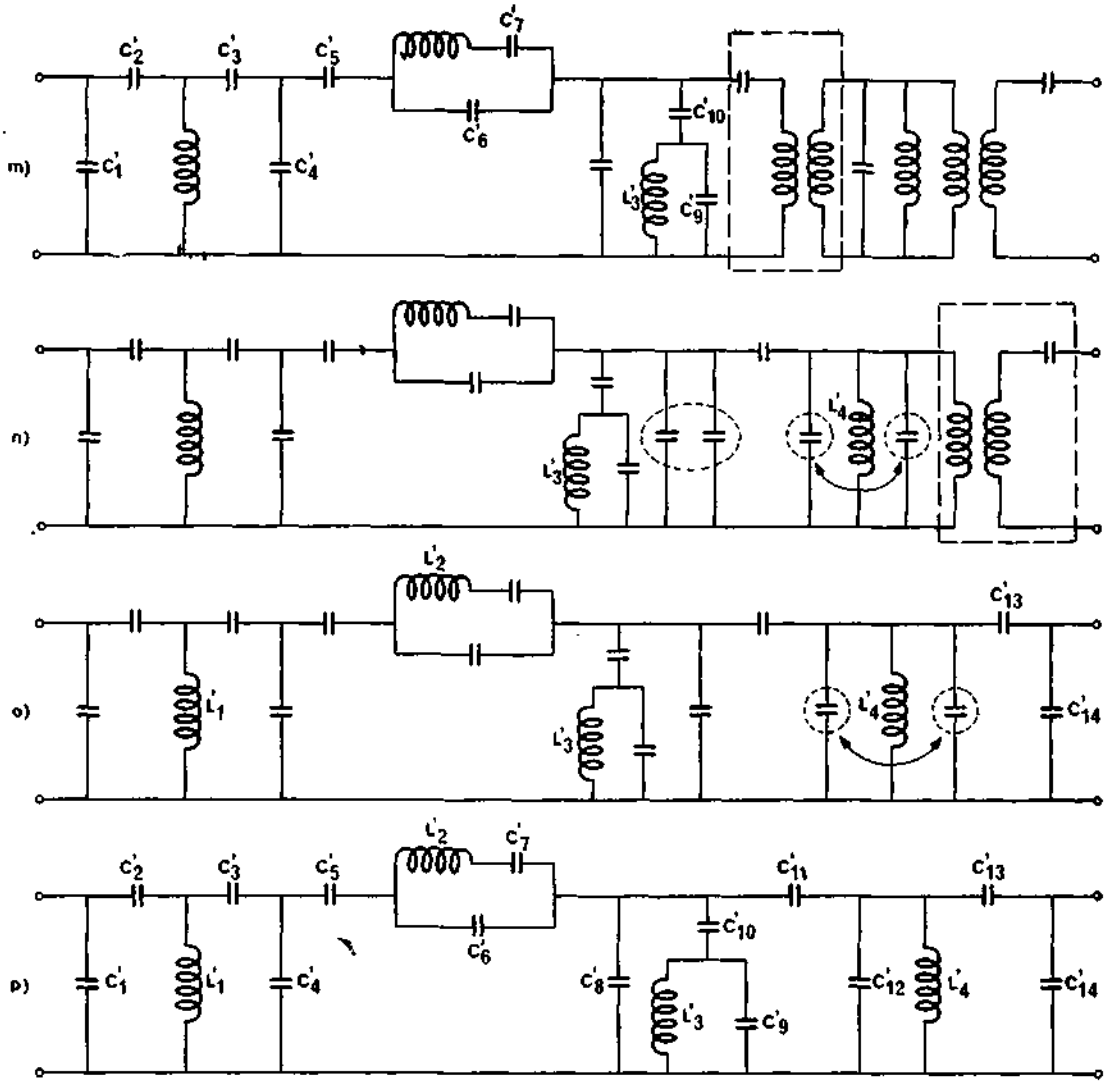


$C_1 =$	668,141	$C_6 =$	1150,57	$L_1 =$	0,17769
C_{2s}	8843,06	$C_g =$	26,0985	$L_2 =$	0,907874
C_{3a}	668,141	$C_{10} =$	1144,70	$L_3 =$	615,808
$C_4 =$	383,578	$C_{11} =$	422,686	$L_4 =$	0,17769
$C_5 =$	390,117	$C_{12} =$	88430,6	$f_1 =$	40000
$C_6 =$	17179,26	$C_{13} =$	668,141	$f_2 =$	40300
$C_7 =$	383,578			$\alpha_3 =$	39850
				$f_4 =$	40000

S e k i l 1 3







Şekil .14

maksimum Q faktörü bobini, 35x0,05 mm'lik litz teli ile sarmak şartı ile 2,63 «1H için temin edildiğine göre, bu ortak değer olarak 2,63 mH alınır.

Şekil 14'de rteaktans dönüşümlerinin filtreye tatbik kademeleri gösterilmiştir.

Ara transformasyonlar esnasında Şekil 14j'-den Şekil 14 k'ya ve Şekil 14 l'den Şekil 14 m'ye geçerken, Şekil 15'de verilen dönüşümler uygulanmıştır.

Ayrıca yer yer, Şekil 16'da verilen $n-T$ ve tersi dönüşümlerinden de faydalanılmıştır.

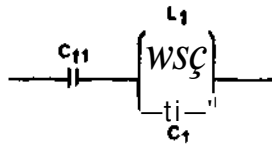
Şekil 14'de elde edilen nihaî devrenin eleman değerleri şöyledir :

$$\begin{aligned} C_1 &= 494,47 \text{ pF} & L'_1 &= L'_2 = L'_3 = L'_4 \text{ 2,63 mH.} \\ C'_2 &= 173,67 \text{ pF} \\ C'_3 &= 7518,65 \text{ pF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C'_4 &= 26629,0 \text{ pF} & C'_{10} &= 399,36 \text{ pF} \\ C'_5 &= 134,82 \text{ pF} & C'_{11} &= 109,73 \text{ pF} \\ C'_6 &= 7569,83 \text{ pF} & C'_{12} &= 5501,82 \text{ pF} \\ C'_7 &= 27380,3 \text{ pF} & C'_{13} &= 173,67 \text{ pF} \\ C'_8 &= 1371,93 \text{ pF} & C'_{14} &= 494,47 \text{ pF} \\ C'_9 &= 5711,93 \text{ pF} \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi, Şekil 13'deki fütreye ait 13 kondansatörün toplam değeri 199946 pikofarad olduğu halde Şekil 14 p'de erişilen son filtrenin 14 kondansatörünün toplam değeri sadece 83663 pikofarad olmaktadır. Buda filtrenin maliyetinin düşürülmesinde gözönünde tutulması gereken bir husustur.

Yukarıda ele alınan örnekte L_2 endüktansı 2,63 mirden daha büyük • olsa idi Şekil 14 e'de yapılan dönüşümde γ münasip değerde seçilerek,



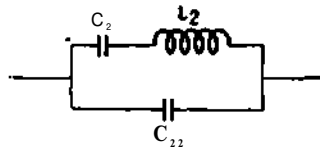
$$L_1 = \frac{L_2}{\left(1 + \frac{C_{22}^2}{C_2}\right)}$$

$$C_{11} = C_2 \left(1 + \frac{C_{22}^2}{C_2}\right)$$

$$C_{11} = C_2 \left(1 + \frac{C_{22}^2}{C_2}\right)$$

$$\omega_x = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1(C_1 + C_2)}}$$



$$L_2 = L_1 \left(1 + \frac{C_1}{C_{11}}\right)^2$$

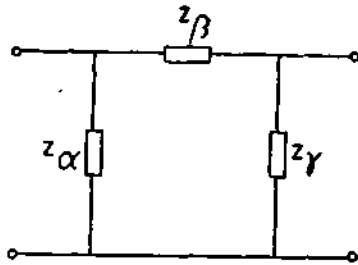
$$C_2 = \frac{C_{11}}{1 + \frac{C_1}{C_{11}}}$$

$$C_{22} = \frac{C_1}{1 + \frac{C_1}{C_{11}}}$$

$$\omega_x = \sqrt{\frac{C_2 + C_{22}}{L_2 C_2 C_{22}}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

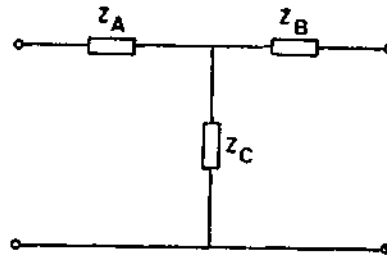
Şekil 15



$$z_a = \frac{z_A z_B + z_A z_C + z_B z_C}{z_B}$$

$$z_\beta = \frac{z_A z_B + z_A z_C + z_B z_C}{z_C}$$

$$z_\gamma = \frac{z_A z_B + z_A z_C + z_B z_C}{z_A}$$



$$z_A = \frac{z_\alpha \cdot z_\beta}{z_C + z_\alpha + z_\beta}$$

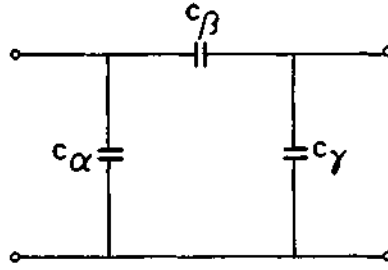
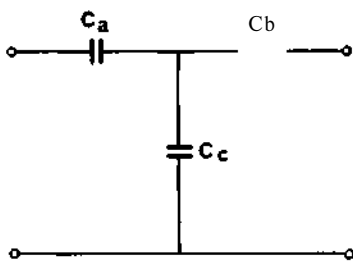
$$z_B = \frac{z_\alpha \cdot z_\beta}{z_C + z_\alpha + z_\beta}$$

$$z_C = \frac{z_a - z_\alpha - z_\beta}{z_\alpha + z_\beta + z_\gamma}$$

Özel hal olarak

$$Z_m = \frac{1}{jC\omega}$$

alınırsa



$$C_a = \frac{C_\alpha C_\beta + C_\alpha C_\gamma + C_\beta C_\gamma}{C_\gamma}$$

$$C_\alpha = \frac{C_b C_c}{C_a + C_b + C_c}$$

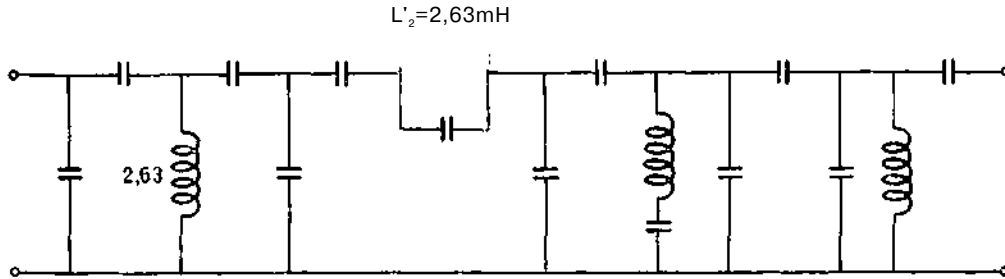
$$C_b = \frac{C_\alpha C_\beta + C_\alpha C_\gamma + C_\beta C_\gamma}{C_\alpha}$$

$$C_\beta = \frac{C_a C_c}{C_a + C_b + C_c}$$

$$C_{c_m} = \frac{C_\alpha C_\beta + C_\alpha C_\gamma + C_\beta C_\gamma}{C_\alpha + C_\beta + C_\gamma}$$

$$C_\gamma = \frac{C_a C_c}{C_a + C_b + C_c}$$

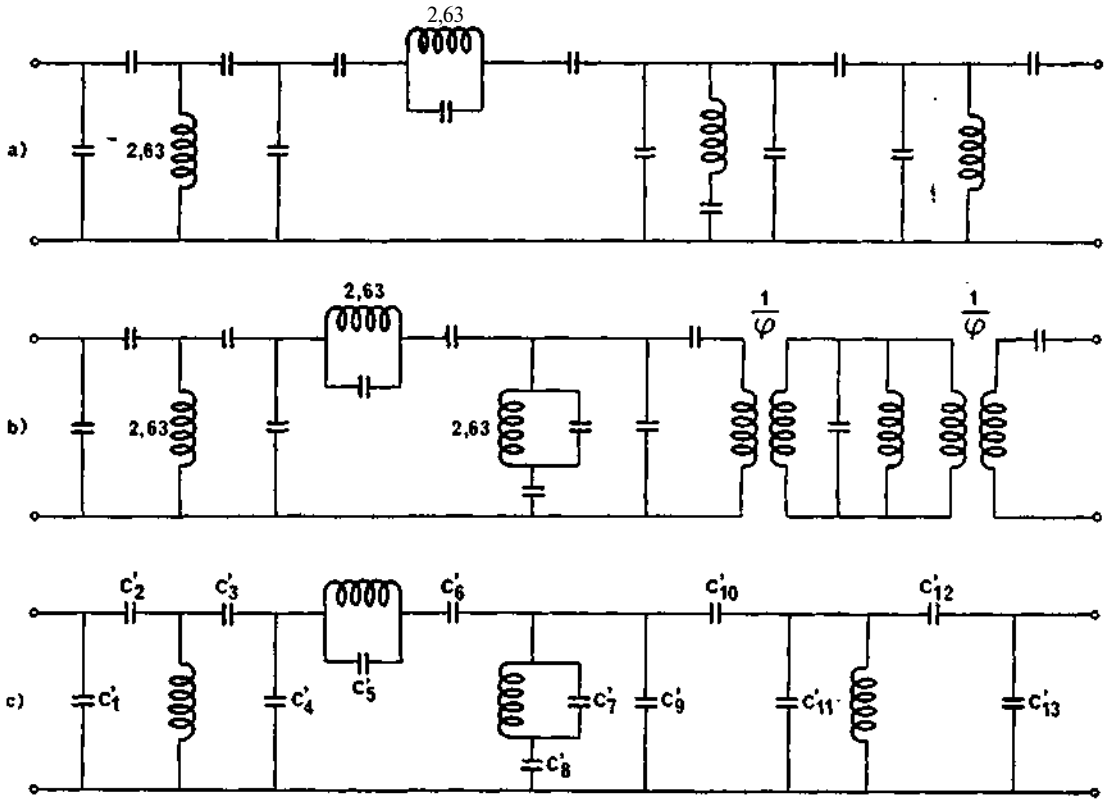
Şekil : 16



Şekil - 17

1^ selfendüktans değerinin $L_2 = 2,63 \text{ mH}$ olması sağlanır ve Şekil 17'deki devre elde edilebilirdi.

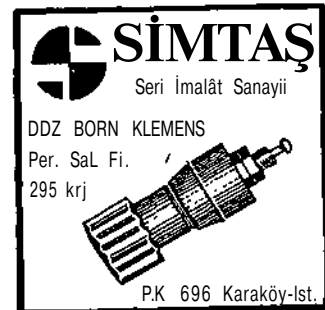
Bu noktadan itibaren yapılacak dönüşümler ve elde edilecek devre Şekil 18'de gösterilmiştir. Görülüyor ki, bu suretle toplam kondansatör sayısı 13'dür.



Şekil : 18

BİBLİYOGRAFYA

1. Valkenburg Introduction to modern Network syntheais John - Wiley and Sons, Inc., 1962.
2. D. Starynkevitch, Note sur quelques nSallsa-Uon de filtres éleçrtiques en échelle, résul-tata obtenus et rvéthodes de calcul. Cables et Transmission No : 1, janvier 1953.
3. J. OswaJd, Fütres en échelle «emantaires, Cables et Transmlssion No: 4, octobre 1953.



(E. M. — 460)