

# Köprülü T ve Bode Egalizörleri

CELÂL ALATAS

PTT Araştırma Laboratuvarı

## ÖZET

Transmisyon hatlarında zayıflamanın frekansla değişimini (hat meylini) karşılamak üzere alış tarafına hat egalizörleri koymak icap eder.

Ancak karşılanacak meyü hem hat boyu ile hem de fiziki şartlarla değişebildiğinden, bu egalizörlerin de değişken olması zarureti vardır.

Bu makalede köprülü T tipi sabit egalizörler ve bundan türetilmek suretiyle elde edilen BODE değişken egalizörleri için ana prensipler ve hesap metodları anlatılmaktadır.

## SUMMARY

Line equalisers are required at the receiving end of a transmission line in order to compensate for the frequency dependent attenuation characteristics (attenuation slope) of the line. However, as the line attenuation characteristics varies with ambient conditions as well as with the length of line, variable equalisers are needed.

In this article principles and calculation methods are explained for the bridged-T type fixed equalisers together with BODE variable equalisers derived thereon.

## 1. GİRİŞ

İki nokta arasında telekomünikasyonu temin eden bir irtibat zincirinde Frekans - Genlik karakteristiğinin frekansla değişmemesi, bu haberleşmenin bir genlik distorsiyonuna uğramadan iletilmesi bakımından ideal şarttır.

Ancak, irtibatı temin eden kablo veya havai hatlarda zayıflama frekansla arttığı gibi, zincirdeki modülâtör, diskriminatör, filtre gibi eleman, lardada ilâve değişimler meydana gelir.

Alış tarafında bütün bu değişimleri muhtelif egalizörlerle kompanse ederek her frekanstaki seviyeleri, bir tolerans dahilinde, eş kılmak gerekmektedir. Filtre, modülâtör, diskriminatör gibi sabit ünitelerde meydana gelecek genlik distorsiyonlarını SABİT EGALİZÖR'lerle düzeltmek kabildir. İrtibat ortamının zayıflama karakteristiği ise ortamın boyuyla ve sıcaklıkla değişir. Havai hatlarda bu değişim sebeplerine atmosferik ve mekanik etkenler de ilâve olur. Bu bakımdan irtibat ortamının frekans karakteristiğini düzelten egalizörlerin değişken olması zarureti vardır.

Belli bir boydaki yer altı kablusunda zayıflama karakteristiği hemen hemen sabittir. Muhit sıcaklığında meydana gelen değişimler yer altına büyük bir ataletle intikal ettiğinden, ortalama sıcaklık değişiminden meydana gelecek karakteristik farkları mevsimlik tashihlerle bile karşılanabilir.

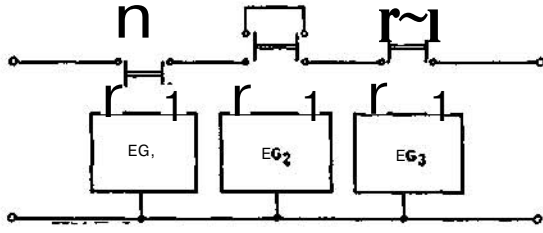
Havai hatlarda ise hem sıcaklık hem rutubet değişiklikleri günün her saatinde bir tashihi icab ettirecek etkiler meydana getirebilir.

Kablolarda gerek boy gerek sıcaklık değişiklikleri sonunda, orijinal Frekans - Zayıflama karakteristiklerine benzer (Orijinaliyle orantılı) eğri aileleri meydana gelir. Havai hatlarda ise bu değişiklik biraz daha oynaktır. Ve önceden tahmin edilemez. Bu sebepten havai hatlar daha kaba bir toleransla egalize edilirler ve 12 kanallık bir ana grubun işgal edeceği 48 Kc/s lik sahada zayıflama karakteristiğinin doğrusal olacağı faraziyesinden hareket edilerek gene orantılı egalizasyon eğri aileleri temin edilmeğe çalışılır.

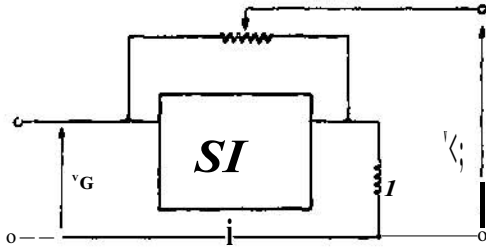
Değişken egalizasyonu temin için önceden hazırlanmış egalizörleri devreye sokup çıkarma (meselâ Şekil 1.1. deki 3 sabit egalizörle 8 kombinasyon yaparak 8 eğri elde etmek kabildir), veya bir egalizörden, prizleme suretiyle, farklı eğriler elde etme (Şekil 1.2) yolları kullanılabilir.

Bu yazımızın konusu E. W. BODE tarafından senelerce evvel bulunup uygulanan ve terminalstor elemanlarının inkişafıyla bugün bütün taşıyıcı akım sistemlerinde tercih edilen BODE egalizörlerinin prensip ve hesap yollarının tanıtılmasıdır.

BODE egalizörleri bir tek değişken eleman (bir direnç) kullanmak suretiyle orantılı karakteristikler temin etmek imkânını verdiği için, hem malzeme iktisadı, hem kumanda kolaylığı sebebiyle en fazla kullanılan tip haline gelmiştir.



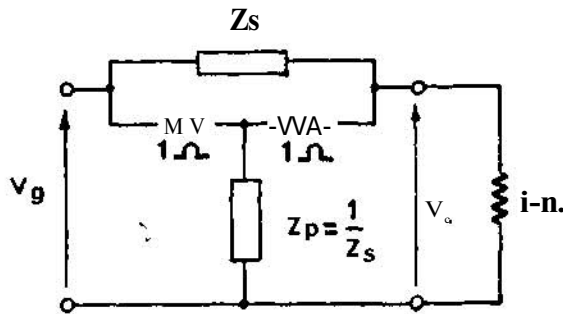
Şkil 1.1 • üç »d«t Sabit epalitorle 8 kombinon temini



Şkil = 1.2 Prizleme suretiyle farklı eğriler elde etme

## 2. KÖPRÜLÜ T TİPİ SABİT EGALİZÖRLER

### 2.1 — NormaJize hücrenin özellikleri :



Şkil: 2.1 Normalize edilmiş köprülü T devresi

Şkil 2.1'de gösterilen normalize Köprülü T hücrede, seri kolu köprüleyen  $Z_s$  empedansıya, paralel kolu teşkil eden  $Z_p$  empedansları envers seçilmişse, bu 4 uçlunun bütün frekanslarda, görüntü empedansı resistlf 1 Ohm'dur. Devrenin görüntü empedansını istenen bir değere getirmek için bütün empedanslar bu değerle çarpılmalıdır.

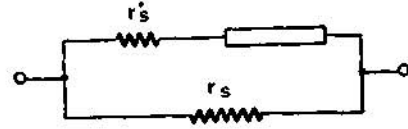
Hücrenin giriş ve çıkışı arasında gerilim oranı:

$$(2.1) K = \frac{V_o}{V_g} = 1 + Z_s$$

dB olarak zayıflama ise :

$$(2.2) N = 20 \log_{10} [1 + Z_s] \text{ olurlar.}$$

Çok özel egalizasyon halleri hariç,  $Z_s$  empedansı, Şkil 2.2 deki gibi, değişken bir reaktans ve sabit iki direncin kombinonunu gibi olur. Bir çok egalizör hesabında böyle devreler ihtiyacı karşılamaya kâfi gelir.



Şkil = 2.2  $Z_s$  empedansının genel halı

Bu takdirde gerilim oranı ve zayıflama formülleri :

$$(2.3) K = \frac{(r_s \cdot r'_s + r_s + r'_s) + j(r_s + 1) X_s}{(r_s + r'_s) + jX_s}$$

$$(2.4) N = 10 \log_{10} \frac{(r_s \cdot r'_s + r_s + r'_s)^2 + (r_s + 1)^2 X_s^2}{(r_s + r'_s)^2 + X_s^2}$$

halini alırlar.

Bu formüllerden de görüleceği gibi zayıflama ve gerilim oranları :

$$- X_s = 0 \text{ olduğu zaman } N_o = 20 \log_{10} \left( \frac{r_s \cdot r'_s}{r_s + V} \right)$$

$$\text{ve } K_o = 1 + \frac{r_s \cdot r'_s}{r_s + V} \text{ minimum değerlerini}$$

$$- X_s = \infty \text{ olduğu zaman}$$

$$N_{\infty} = 20 \log_{10} (1 + r_s)$$

ve  $K_m = r_s + 1$  maksimum değerlerini alırlar.

—  $X_s$ 'in herhangi bir değerinde bu iki limit arasında  $X_s$ 'le aynı yönde değişirler.

Şkil 2.3 de  $X_s$ 'in muhtelif tipleri için zayıflama değişimleri hülâsa olarak verilmiştir.

Eğer  $Z_s$ 'i teşkil eden devrede (Şkil 2.2)  $r'_s = 0$  alınırsa devre ve formüller daha da basitleşir. pratikte saf bir reaktans elde etme'i kabil olmadığından  $r'_s$ 'nün sıfır olması her ne kadar İmkansızsa da, rezonans frekansına yakın sahalarda kullanılmadığı hallerde, — ki bu yakınlığı  $X_s$  devresinin Q faktörü tayin eder —  $r_j$  nün ihmalinden doğacak hata 0.1 dB'in altına düşebilir.

Bu durumda zayıflama ve gerilim oranı ifadeleri :

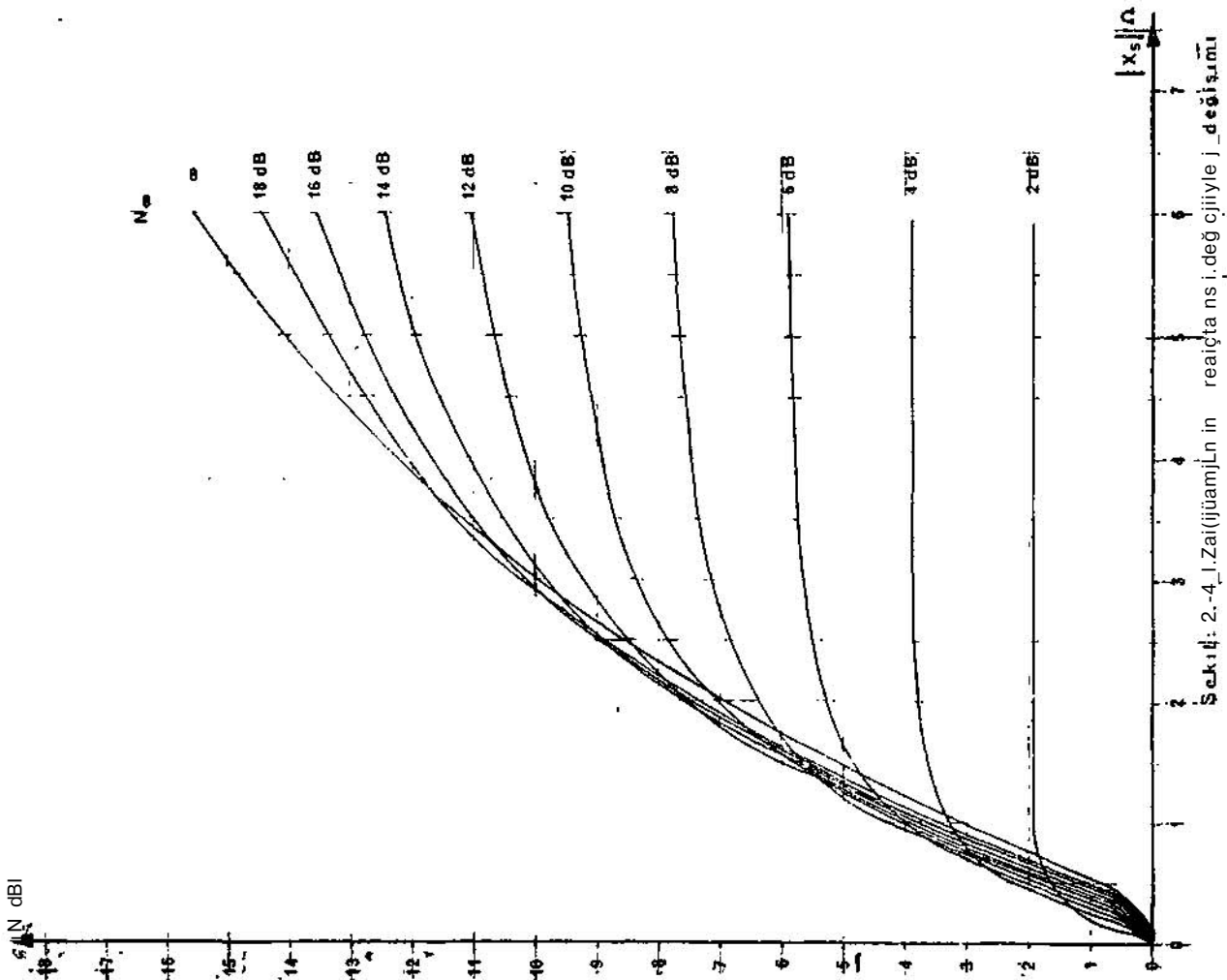
$$(2.5) K = \frac{r_s + j(r_s + 1) X_s}{r_s + jX_s}$$

$$(2.6) N = 10 \log_{10} \frac{r_s^2 + (r_s + 1)^2 X_s^2}{r_s^2 + X_s^2}$$

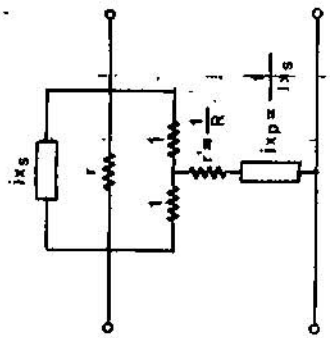
şeklinde basitleşir ve minimum zayıflama da  $N_o = 0$  dB'e düşer.



$\epsilon N$  dBI

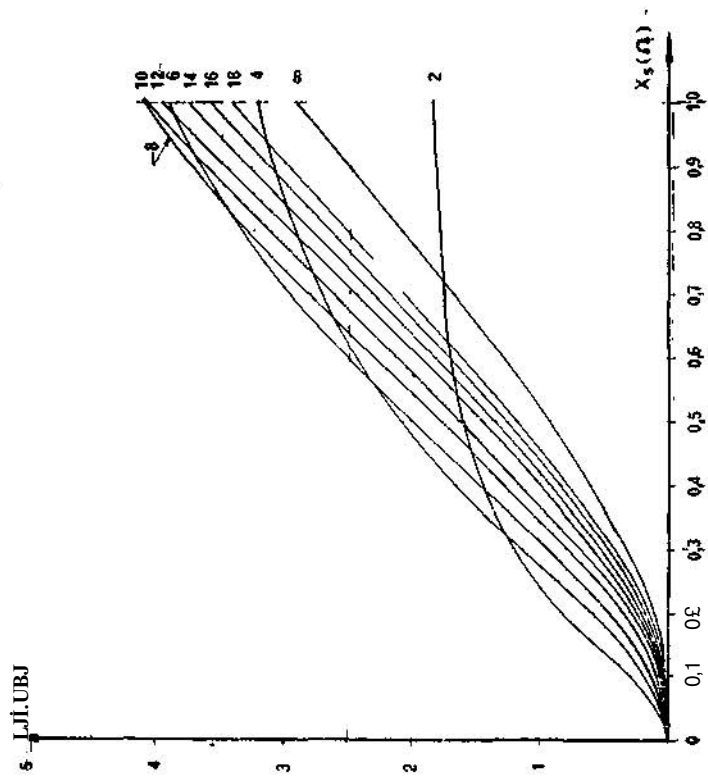


Секция: 2.-4.1.Zai(jiium)Ln in reacta ns i, deg cijlye j\_deg i sumu

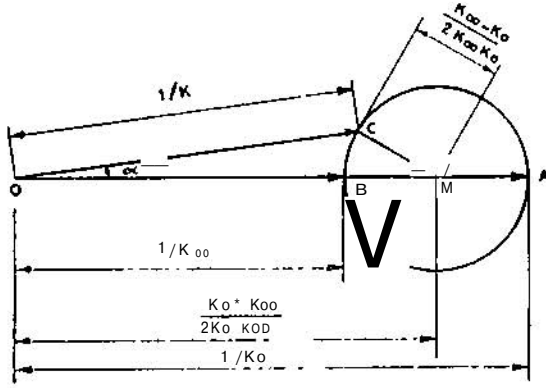


$$N_\infty = R$$

$$N_\infty \approx 2.0 \log_2(f+1)$$



Şekil 2.4'de  $N_0 = 0$  dB olan devrelerde, inuh-tellf  $N^{\wedge}$ lar için zayıflamanın  $X_s$ 'le değişimini gösteren eğriler verilmiştir.



Şekil : 2.5 Kop rü l u T egalizörde  
(az açısı)

Şimdiye kadar gerilim oranı vektörünün modülünü tetkik etmiş bulunuyoruz Giriş çıkış gerilimleri arasında bir faz dönmesi de mevcuttur ve bu faz açısı hücrede meydana gelen zayıflamanın fonksiyonu olarak hesap edilebilir.

Filhakika, aynı eksen üzerinde

$$OA = \frac{1}{K_0} \cdot OB = \frac{1}{K_{\infty}}$$

olacak şekilde A ve B noktalarını işaretlersek, herhangi bir orana tekabül eden  $1/K$  vektörünün C ucu AB çaplı daireyi çizer (Şekil 2.5)'.  
OMC üçgeninin çözümünden :

$$(2.7) \cos \alpha = -\frac{K^2 + K_0 \cdot K_{\infty}}{K(K_0 + K_{\infty})} \text{ olarak hesaplanır.}$$

$r_s$ ' direnci ihmal edildiği hallerde  $K_0 = 1$  olduğundan, bu ifade :

$$(2.8) \cos \alpha = \frac{K^2 + K_{\infty}}{K(1 + K_{\infty})} \text{ şeklinde basitleşir.}$$

2.2 — Devre elemanlarının hesabına alt bir misal :

12 -108 kHz arasında, zayıflaması frekansla lineer olarak artan ve bandın iki ucu arasında 16 dB'lik bir fark meydana getiren (16 dB m'e-yill) yüksek frekans kablosunu tashih edecek egalizörün elemanlarını hesaplayalım.

a) Egalizörün zayıflaması frekansla lineer olarak azalmalı ve 108 kHz'deki zayıflamaya nazaran 60 kHz'de 8 dB, 12 kHz'de 16 dB daha fazla zayıflama meydana gelmelidir.

Rezonanstan کافی miktarda uzaklaşabilmek ve bu suretle  $r_s$ ' direncini ihmal edebilmek için

108' Kc/s'deki zayıflamayı 1,2 dB alalım. Bu suretle egalizör eğrimize ait şu üç noktayı buluruz.

Nokta	Absis	Ordinat	$K^*$
A	12 Kc/s	17.2 dB	52.48
B	60 »	9.2 »	8.318
C	108 »	1.2 »	1.318

b) Bu üç noktayı ve bu noktalardan geçecek hayali egalizör eğrisini ölçekli bir kâğıtta gösterelim (Şekil 2.6).

c) Eğrinin gidişinden  $X_s$  reaktansı olarak, bir seri rezonans devresinin rezonanstan evvelki sahasını kullanmak için ettiği anlaşılacağından, egalizörümüz Şekil 2.7'deki gibi olmalıdır.

Bu devrede 3 bilinmeyen vardır, buna mukabil (2.6) dan türetilen :

$$(2.9) K^2 = \frac{T/2 + (r_s + 1)2 X_s^2}{r_s^2 + X_s^2}$$

ifadesinde 3 referans noktasının koordinatlarını yerleştirmek suretiyle 3 denklem elde edilir. Ancak bu denklemler sistemini çözmek oldukça zordur.

d) Daha kolay bir yol  $N_m$ 'u tahmin ettikten sonra İki referans noktasının koordinatlarından istifade ederek  $L_s$  ve  $C_s$ 'i basit iki lineer denklemlerle hesaplamaktır.

Şekil 2.6'daki hayali eğri ordinat eksenini 18 dB civarında kesmektedir.

$N_{00} = 18$  dB alırsak

$$r_s + 1 = \text{Antilog } N_{00}/20 = 7,9433 \text{ ve}$$

$$r_s = 6,9433 \text{ bulunur.}$$

$r_s$  bilindiğine göre (2.9)'dan türetilen :

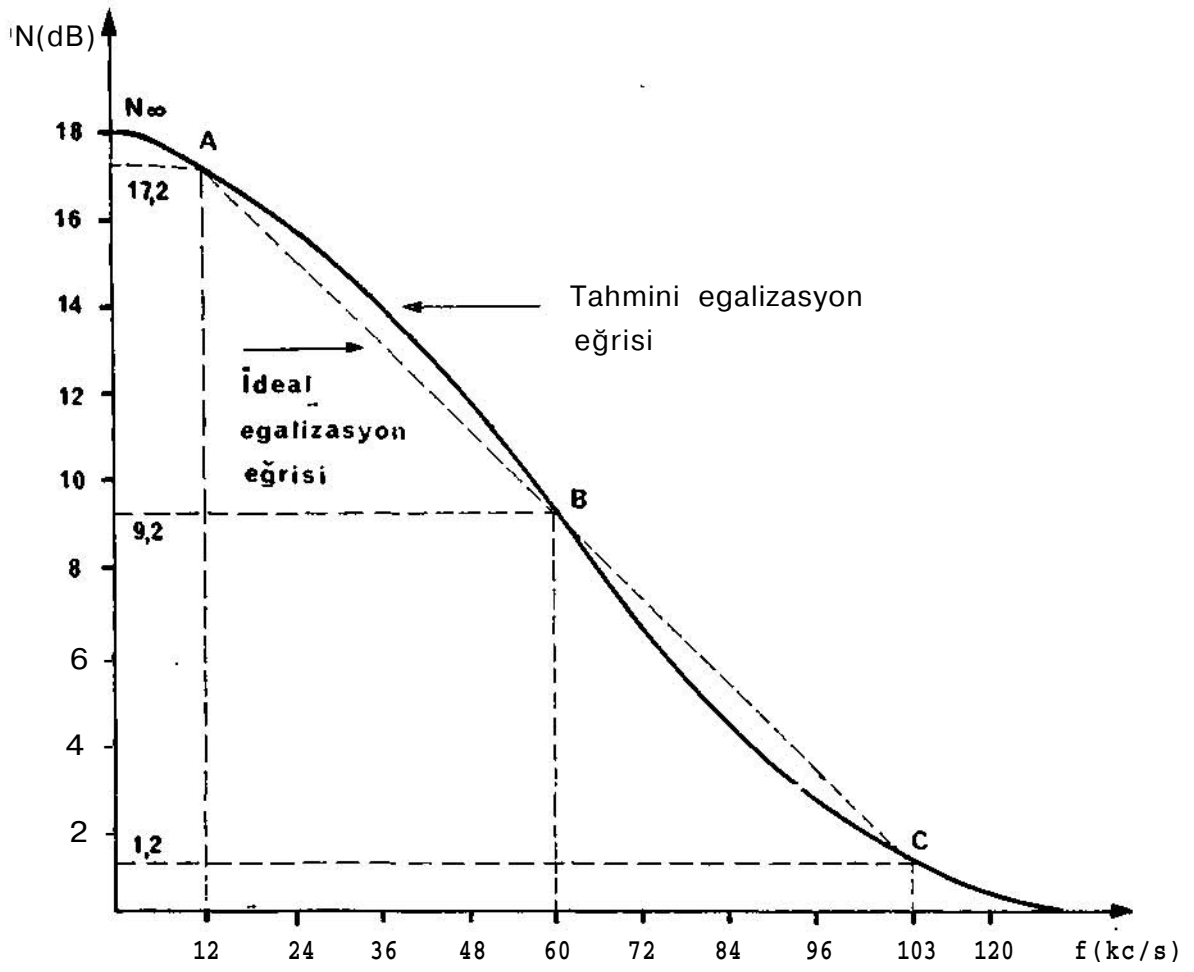
$$(2.10) X_s = \frac{r_s^2 (K^2 - 1)}{(r_s + 1)2 - K^2}$$

ifadesiyle reaktansı hesaplamak mümkündür.

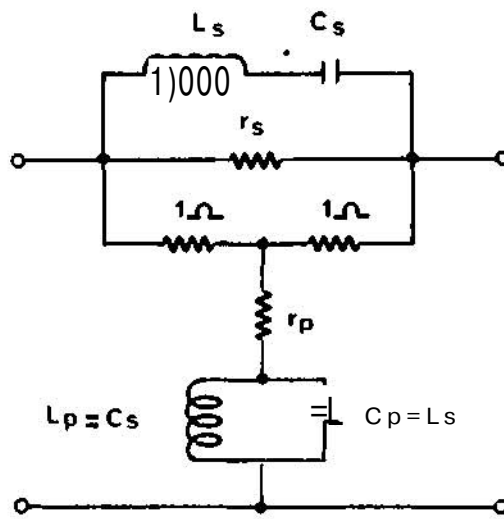
A noktasının ordinatı  $N_0^{\wedge}$ 'a çok yakın olduğundan, referans noktaları olarak B ve C noktalarını alalım! ve (2.10)'a göre bu frekanslardaki reaktansları hesaplayalım (bu arada rezonans frekansından evvel reaktansın negatif olacağını da göz önünde tutalım) :

Nokta	Frekans	K	$X_s$ (Ohm)
B	60 Kc/s	8.318	- 2,538
C	108 >	1.318	- 0,4984

değerleri bulunur. Bu değerleri, eğer elde varsa, Şekil 2.4'deki eğrilerden veya evvelce hazırlanmış cetvellerden de hesaba lüzum kalmaksızın bulmak kabildir.



Şekil: 2.6



Şekil : 2.7

$L_s$  ve  $C_{in}$  1 Kc/s'deki reaktanslarının mutlak değerlerine 1 ve c, herhangi bir frekansdaki reaktanslarının mutlak değerlerine  $X_s$  ve  $X_c$  dersek :

$$X_s = X_L - X_c = f \cdot 1 - c/f \text{ olacağından}$$

$$108 \cdot 1 - c/108 = -0,4984$$

$$60 \cdot 1 - c/60 = -2,538 \text{ sistemini gözerek}$$

$$1 = 0,012209$$

$$c = 196,232 \text{ bulunur.}$$

e) Eleman değerlerinin hesabına geçmeden evvel bazı ön kabuller neticesinde bulduğumuz bu devrenin her frekanstaki teorik zayıflamasını ve bu zayıflamanın ideal doğrudan ne kadar uzaklaştığını görmek lâzımdır Bunun için aşağıdaki 7 sütunlu cetveli yaparız.

1	2	3	4	5	6	7
(Kc/s)	$X_c$ (Ohm)	$X_s$ (Ohm)	$X_t = X_c - X_L$	$N_t$ (dB)	$N_{id}$ (dB)	N (dB)
1	196.23	0.012209				
12	16.3625	0.1465	16.20	17.3	17.2	+ 0.1
24	8.1762	0.2930	7.88	15.55	15.2	+ 0.35
36	5.4508	0.4395	5.01	13.5	13.2	+ 0.3
48	4.0881	0.5860	3.50	11.35	11.2	+ 0.15
60	3.2075	0.7325	2.54	9.2	9.2	0
72	2.7254	0.8790	1.8464	7.05	7.2	- 0.15
84	2.3361	1.0255	1.3106	5.00	5.2	- 0.2
96	2.0441	1.1721	0.8720	2.95	3.2	- 0.25
108	1.8169	1.3186	0.4983	1.2	1.2	0

— 1'inci sütun frekansları göstermektedir.

— 2 ve 3'üncü sütunların birinci sırasında kapasitans ve endüktansın 1 kHz'deki c ve l değerleri yazılır.

— 2'nci sütunu c'yi frekansa bölerek,

— 3'üncü sütunu l frekansla çarparak tamamlayınız,

— 2 ve 3'üncü sütun farkları  $X_s$  reaktans modülünü verir, bunu 4'üncü sütuna yazılır.

— Şekil 2.6'dan veya, varsa cetvellerden doğrudan doğruya, yahut da 2.6 formülünden hesap yoluyla  $X_s$  empedansını meydana getireceği teorik zayıflama ( $N_t$ ) bulunarak 5'inci sütuna,

— A - B - C noktalarından "geçen doğruya ait ideal zayıflamalar 6'ncı sütuna,

— Teorik ve ideal zayıflamaların farkı  $AN = N_t - N_{id}$  7'nci sütuna yazılarak cetvel tamamlanır.

Bu son sütundan görüleceği gibi düşünüle devre, - 0,25 ilâ + 0,35 dB takribiyetle egalizasyon yapabilmektedir. Bu toleranslar şayanı

kabulse eleman hesabına geçilir. Değilse ikinci bir tatolman yapılır. Meselâ C noktasındaki zayıflama 1,2 yerine 1,7 veya 2,2 dB'e, buna mukabil  $N_{id}$ da 18,5 veya 19 dB'e çıkarılarak hesap ve cetvel tekrarlanır.

f) Teorik zayıflamadaki tolerans tatminkâr bulunmuşsa 1 Ohm'luk devreye ait elemanlar hesaplanır, herhangi bir  $R_0$  empedansındaki hücreyi elde etmek için L ve R değerleri  $R_0$ 'la çarpılır, C değerleri  $R_0$ 'a bölünür.

Böylece normalize devre elemanları olarak :

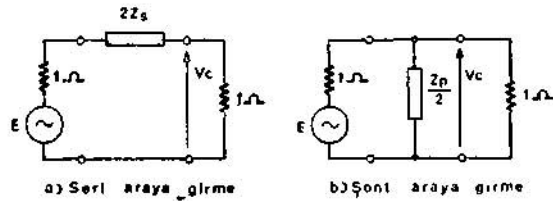
$$C_s = L_p = \frac{1}{2000 \omega C} = 0,81106 \cdot 10^{-4} \text{ F/H}$$

$$L_s = C_p = \frac{l}{2000 \omega} = 1,943 \cdot 10^{-4} \text{ H/F}$$

$$r_s = 6,9433 \text{ Ohm}$$

$$r_p = 1/r_s = 0,14402 \text{ Ohm bulunur.}$$

2.3 — Eleman azaltma :



Şekil = 2.8

1 Ohm iç dirençli bir kaynakla 1 Ohm'luk rezistif bir yükü besleyecek olursak, yükün ucunda E/2 gerilimi meydana gelir. Eğer yükte kaynak arasına  $2Z_s$  gibi bir empedansı seri sokar veya yükü  $Z_p/2$  gibi bir empedansla şöntlersek, yük ucundaki gerilim  $V_c$  gibi bir değere düşer, ilâve empedanslardan dolayı meydana gelen araya girme zayıflaması,

(2.12) Seri araya girme halinde :  
 $N = 20 \log_{10} (E/2 V_c) = 20 \log_{10} (1 + Z)$

(2.13) Paralel araya girme halinde ise :

$$N = 20 \log_{10} \left( \frac{1 + Z_p}{Z_p} \right)$$

$Z_p$  yerine  $1/Z_c$  koyarsak bu son ifade :

$$(2.14) N = 20 \log_{10} (1 + ZJ) \text{ haline gelir.}$$

Şu halde kaynakla yük arasında köprülü T devresinin sert kol empedansının 2 katını' seri sokmak, veya yükü aynı devrenin paralel kol empedansının yarısıyla şöntlemek suretiyle köprülü T devresindeki eş tir araya girme zayıflaması temin etmek mümkündür. Bu yol tercih edildiği takdirde yarı yarıya malzeme iktisadı temin edilir.

Buna mukabil bu son çözümün doğru olabilmesi için kaynak ve yük empedanslarının rezistif olması elzemdir. Diğer taraftan kaynak artık köprülü T'de olduğu gibi sabit ve rezistif bir empedansla kapanmadığından meydana gelecek yansımalar toplam zayıflama karakteristiğinde dalgalanmalar doğurabilir.

Transmisyon hatlarının egallasyonunda, hatın sabit bir empedansla kapatılması mühim bir faktör olduğundan köprülü T egalizör tercih edilir. Filtre karakteristiklerinin kesim frekanslarına yakın sahalardaki kıvrıklığı düzeltmek için araya girme empedansları kullanılması tercih edilirse de, böyle bir devre realize edildikten sonra filtreye bağlanarak toplam zayıflama ölçülmeli ve netice teorik toplamdan çok farklıysa devre yeniden hesaplanmalı veya köprülü T egalizör kullanılmalıdır.

Köprülü T egalizörde iki adet bir,  $R_1$  ve  $R_2$ 'nin teşkil ettiği zayıflatıcı yerine  $1/f_j$  empedanslı ve  $N < 0$  zayıflatıcı bir T tipi zayıflatıcı konularak direnç sayısını bir azaltmak mümkün olur.

### 3. BODE EGALİZÖRLERİ

#### 8.1 — Ana prensipler :

Teorem : İki pasif dörtüçlüyü bir seri Z empedansı üzerinden kaskat bağlayalım, Z empedansını değişken \*; empedansıyla şöntleyelim. Birinci dörtüçlünün girişinden ikinci 4 uçlunun çıkışına kadar gerilim tahvil oranı,

$\hat{K}$  herhangi bir değeri için  $K$   
 $f = 0$  iken (kısa devre hali)  $K_k$   
 $f = \infty$  iken (açık devre hali)  $K_a$  ise :

$$(3.1) K = \frac{K \cdot Z + K_a}{f + Z}$$

$$= \sqrt{K_a \cdot K_k} \cdot \frac{\sqrt{K_a/K_k} + Z \sqrt{K_k/K_a}}{f + Z} \text{ olur.}$$

Eğer dörtüçlular ve Z empedansını,  $\hat{K}$  'in özel bir  $z_0$  değeri için,

(3.2)  $Z = z_0 \sqrt{K_k/K_a}$  bağıntısını sağlayacak şekilde seçersek, (3.1) ifadesi de :

$$(3.3) K = \sqrt{K_a \cdot K_k} \cdot \frac{1 + \frac{Z}{z_0} + \frac{f}{z_0}}{\frac{Z}{z_0} + \frac{f}{z_0}}$$

şekline girer.

Bu formülde :

$f$ ,  $z_0$ 'a tekabül eden ortalama tahvil oranı :

$K_0 = \sqrt{K_a \cdot K_k}$  dan, ortalama zayıflama  $N_0 = 20 \log_{10} K_0$  veya  $f = \dots$  halindeki maksimum ilâve tahvil oranı :

(3.5)  $K_2 = Z/z_0 = \sqrt{K_a/K_k}$  dan, maksimum ilâve zayıflama  $N_2 = 20 \log_{10} K_2$  ve

(3.6)  $f/z_0 = m$  vaz ederek (3.3) formülünü :

$$(3.7) K = K \frac{1 + mK_2}{m + K_2} \text{ şekline getirebiliriz.}$$

Bu zayıflama oranının dB cinsinden ifadesi ise :

$$(3.8) N_n = N_0 + 20 \log_{10} \frac{1 + m \cdot K_2}{m + K_2} \text{ olur}$$

Yukarıdaki ifadenin logaritmik kısmı seriyeye açılırsa  $N_n$ 'nin ufak değerleri için büyük bir yaklaşıklıkla :

$$(3.9) N_n = N_0 + N_2 \frac{m-1}{m+1}$$

şeklinde toasleştirilebileceği görülür.

Filhakika:

$$20 \log_{10} \left[ \frac{1 + mK_2}{m + K_2} \right] = \frac{m-1}{m+1} 20 \log_{10} K_2$$

$[1 + f_2(m) \cdot KJ + f_4(m) \cdot K_2^4 + f_{2n}(m) \cdot K_2^{2n}]$  açılımında,  $KJ$ 'nin küçük değerleri için çarpanı teşkil eden  $[f(m) \cdot K^m]$  ifadelerinin toplamı  $f$ 'in yanında ihmal edülebilir. (3.8) ve (3.9) formülleri  $m$ 'in 0,1 ve  $\infty$  değerleri için tamamen intibak ederler. Ayrıca her iki formül dB  $m$ 'in envers değerleri için ( $m$  ve  $1/m$  için)  $N_0$ 'a nazaran simetrik eğri çiftleri vermektedir.

Şu halde  $m$  parametresi 0'la  $\infty$  arasında değişirken,  $N_0 + N_2$  ve  $N_0 - N_n$  limit eğrileri arasında kalan ve  $N_0$  ortalama zayıflamasına nazaran simetrik, eğri ailesi meydana gelir (Şekil 3.1).



(3.9) yaklaşık formülünü kullanmakla meydana geleceği  $\Delta N = N_v - N_h$  hata miktarının,  $m$  ve  $N_2$  ile değişimi Şekil 3.2'de  $N_h = N_0$  ilâve zayıflamasının  $N_2$  ile değişimi Şekil 3.3'de verilmiştir.

Bu şekillerden de görüleceği gibi, en fazla hata  $3 < m < 5$  bölgesinde meydana gelmekte ve bu hata  $N_2$ 'nin değeri 8 dB'i geçtikten sonra süratle artmaktadır.

Filhakika maksimum hata :

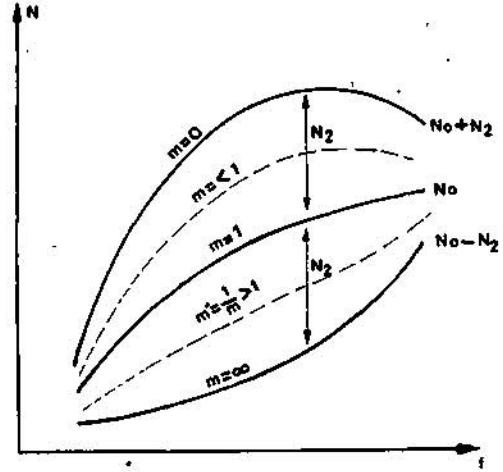
$N_2 = 8$  dB için  $0,4$  dB iken

$N_2 = 10$  dB için  $0,4$  dB

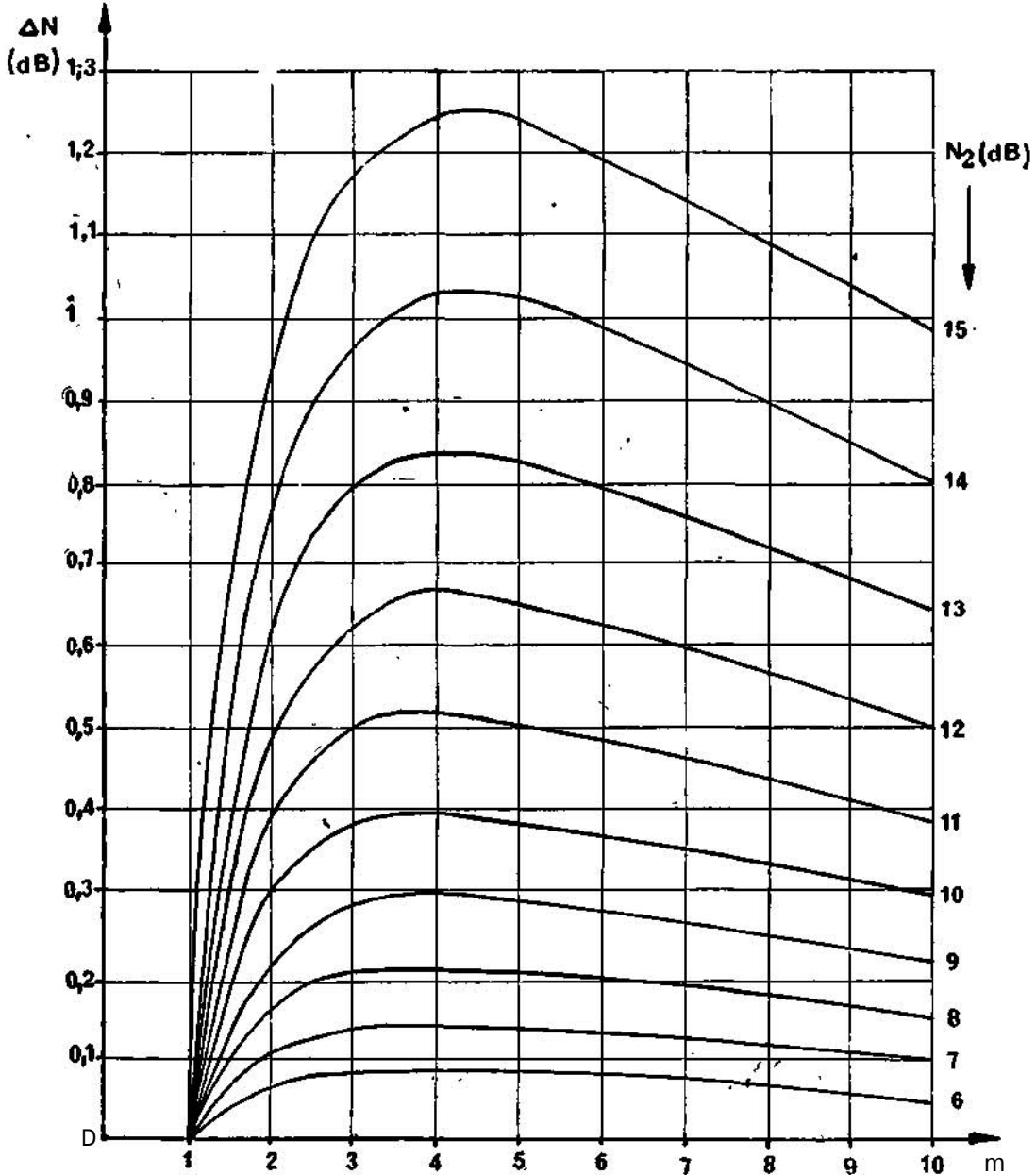
$N_2 = 12$  dB için  $0,7$  »

$N_2 = 15$  dB için,  $1,25$  dB'e yükselmektedir.

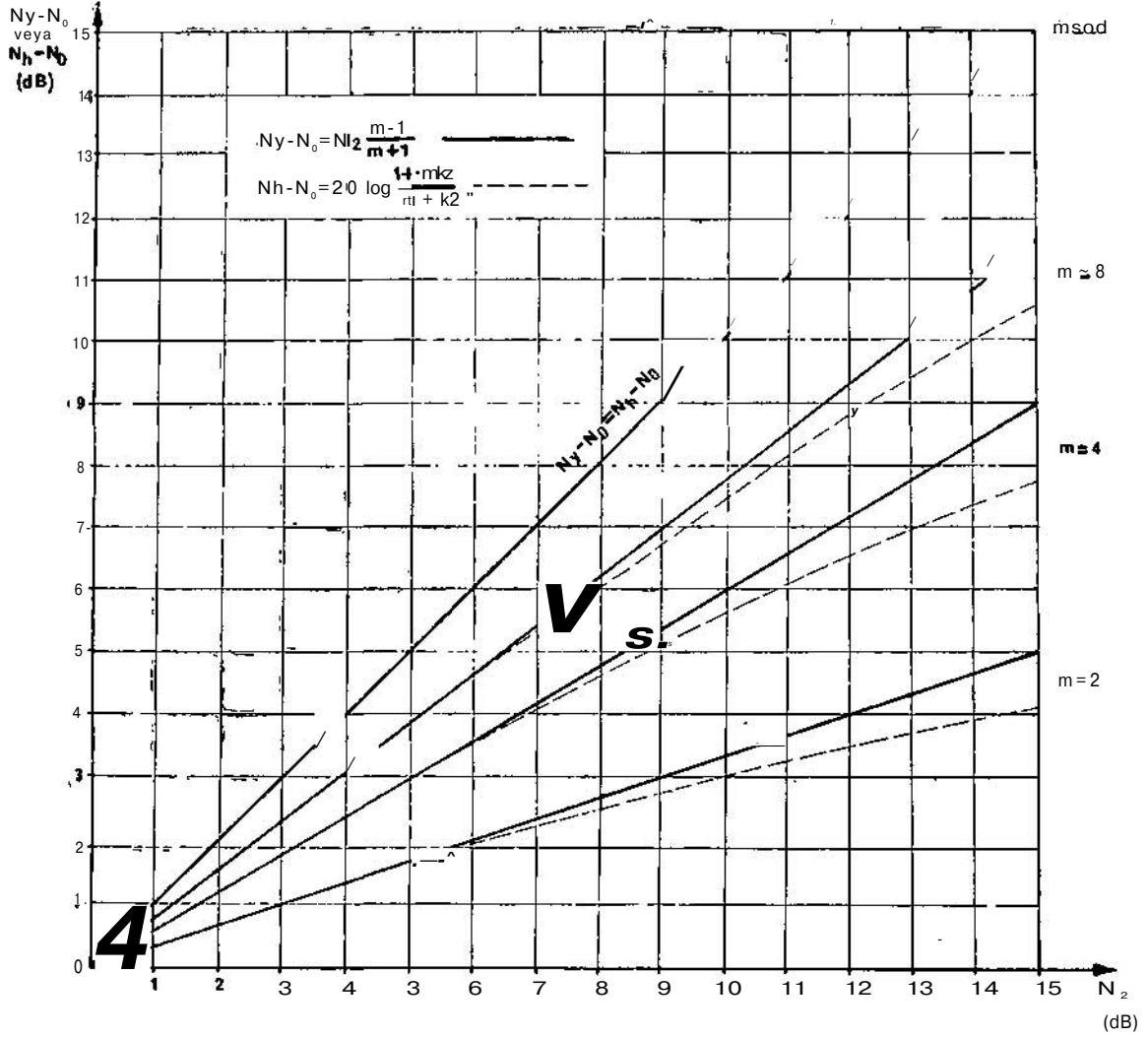
Bu sebepten  $N_2$ 'nin 8-10 dB'den yüksek değerleri için yaklaşık formülü uygulamak doğ-



Şekil 3.1: BODE dövesinde zayıflama eğrileri



Şekil 3.2 : Yaklaşık formülle hata miktarı.



Şekil 3.3 : Yaklaşık ve hakiki formüllere göre zayıflama eğrileri

ru olmaz Zaten  $N_2$  ilâve zayıflaması  $N_0$  ortalama değerine dört kere ilâve edilip, İbir kere de çıkartıldığından  $N_2 = 10$  dB için zayıflama eğrilerinde 20 dB'lik bir değişim sahası meydana geliyor demektir. Daha yüksek değişim sahası istenirse aynı egalizörü iki defa tekrarlamakta fayda vardır Meselâ  $N_2 = 15$  dB'e kadar çıkan bir tek değişken egalizör yaparak 1.25 dB'lik bir hatayı göze almaktansa,  $N_2 = 7,5$  dB'lik iki egalizör kullanarak  $2 \times 0,18 = 0,36$  dB'den fazla hata yapmamak tercih edilmelidir.

BODE'nin bu prensibine uyan muhtelif devreler yapmak kabildir Biz burada, orantılı eğriyi temin eden iki tatbikattan bahsedeceğiz.

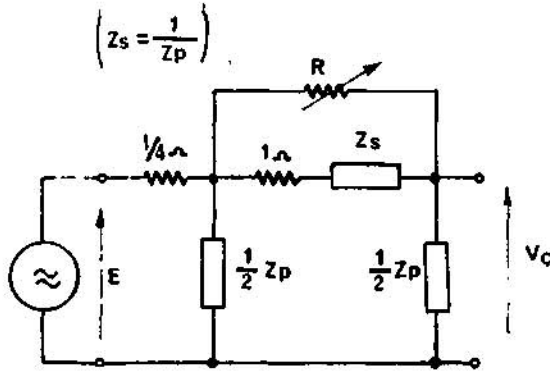
Bunlardan birincisinde  $N_0$  ve  $N_2$  orantılı alınmış ve m'in reel bir sayı olması temin edilmiştir. Böylece toplam zayıflama daima  $N_0$  ile orantılı kalacaktır. Y.F da kullanılan simetrik ve

koaksiyal kabloların egalizasyonunda bu tip devreler kullanılır.

İkinci tipte ise  $N_0$  ve  $N_2$  birer doğru, m gene reeldir. Böylece toplam zayıflama daima doğrusal kalır. Bu tip değişken egalizör de havai hatların ortalama eğimini düzeltmekte kullanılır.

3.2 —  $N_0$  'Ja oranfa H' eğriler doğuran devre :

- Şekil 3 4'deki devrede girişteki gamma hücresi, çıkıştaki  $1/2 \cdot Z_p$  yüküne,  $Z = 1 + Z_p$  araya girme empedansı üzerinden bağlanmış bu son empedansı şöntlemek için bir değişken R direnci kullanılmıştır.  $Z_p$  ve  $Z^$  birbirlerinin enversidir.



Şekil 3-4'- Orantılı zayıflama eğrileri temin eden BODE montajı

—  $R = 0$  olduğu zaman giriş çıkış gerilimleri oranı:

$$(3.10) \quad 1^{\wedge} i = E/V_c = 1 + Z_s \text{ olur.}$$

—  $R = \infty$  olduğu zaman ise bu oran :

$$(3.11) \quad K_o = (1 + Z_s)^3 \text{ bulunur.}$$

(3.4)'e göre ortalama zayıflama oranı:

$$(3.12) \quad K_o' = \sqrt{K_s \cdot K_k} = (1 + Z_s)^2$$

(3.5)'e göre ek zayıflama oranı:

$$(3.13) \quad K_2 = Z/z_o = \sqrt{K_s/K_k} = 1 + Z_s \text{ olur.}$$

Ayrıca  $Z = 1 + Z_s$  olduğundan,  $R$  direncinin ortalama değeri  $z_o = 1$  ve  $m = R/z_o = R$  olacaktır.

Böylece BODE devresinin genel tetkiki sırasında konulan şartları sağlamış bulunduğumuzdan :

$$(3.14) \quad N_{21} = 20 \log_{10} K_j = 20 \log_{10} (1 + Z_s)$$

(3.15)  $N_o = 20 \log_{10} K_o = 20 \log_{10} (1 + Z_s)^3 = 6 \log_{10} (1 + Z_s)^2$   $N_2$  vaz ederek (3.9)'dan  $R$ 'in herhangi bir değeri için zayıflamaya! veren:

$$(3.16) \quad N_v = N_o + N_2 \frac{R - 1}{R + 1} \quad N_2 = N_2 \frac{3R_s + 1}{R + 1}$$

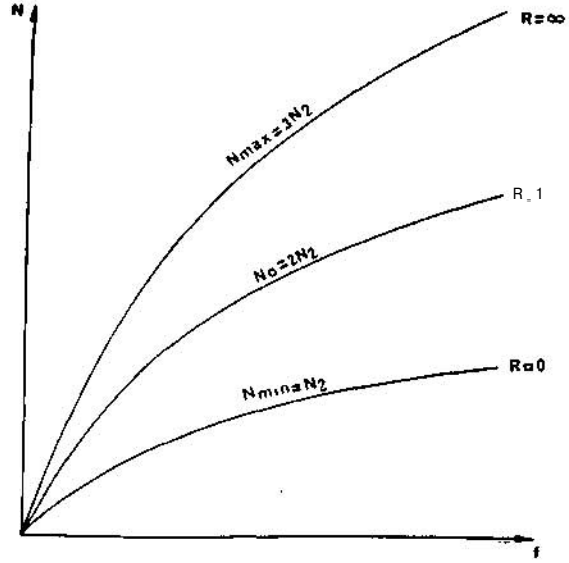
yaklaşık İfadesi bulunur.

Bu son formül  $N_{min} = N_2$  efrisiyle,  $N_{max} = 3 \cdot N_2$  eğrileri arasında kalan  $N_2$  ile orantılı eğriler ailesini göstermektedir (Şekil 3.5).

$N_2$ 'yi veren 3.14 ifadesi Köprülü T için verilen 2.2 formülünün aynı olduğundan, Şekil 3.4'ü teşkil eden  $Z$ , ve  $Z_p$  elemanları! (2.2)' kısmında Köprülü T için anlatılan hesap yoluyla bulunur.

Bu devre bir transmisyon zincirine bağlanırken, girişe sıfır empedanslı bir kaynak, çıkışta da  $Z_p$ 'yi şöntlemeyecek kadar büyük bir yük İsabət etmelidir. Bu sebepten devreyi İM adet

kollektörü topraklı ampli araşma koymak icab eder.



Şekil 3 S

3.3 —  $N_o$  ve  $N^{\wedge}$ 'yi birer  $tAogru$  şeklinde teinin eden devre :

j 3.3.1 — Devrenin genel tetkiki:

Şekil 3.6'daki devrede iç empedansı 1 Ohm olan bir kaynak, 1 Ohm'luk bir yüke.  $2R$ , direnci ve onu şöntleyen bir dörtüçlü üzerinden bağlandığından devrede bir araya - girme zayıflaması meydana gelir.

f Bir an için,  $K_j$  gerilim değişim oranlı (veya  $N_3$  zayıflama) ve  $R_o$  görüntü empedanslı dörtüçlüyü aradan çıkardığımızı ve  $2R$ , direncini doğrudan doğruya  $R$  değişken direnciyle şöntlediğimizi farz edelim.

—  $R = 0$  olduğu zaman araya girme zayıflaması sıfırdır.

$$1^{\wedge} = 1 \text{ olur}$$

—  $R = \infty$  olduğu zaman iae :

$$K_s = \frac{E}{2V_c} = 1 + R_1 \text{ olacaktır.}$$

— Ortalama tahvil oranı:

$$(3.17) \quad K_o = \sqrt{K_s \cdot K_k} = \sqrt{1 + R_1}$$

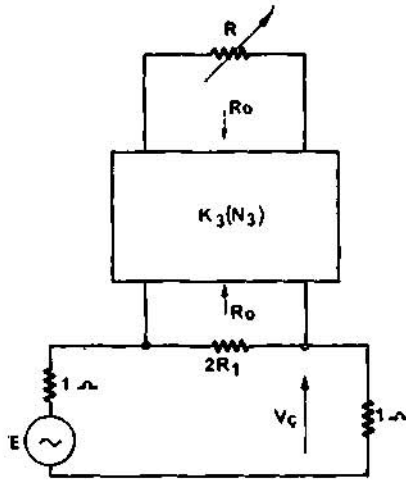
Ek zayıflama oranı ise (3.5)  $K_j = Z/z_o$

$$= \sqrt{K_s/K_k} \text{ dan :}$$

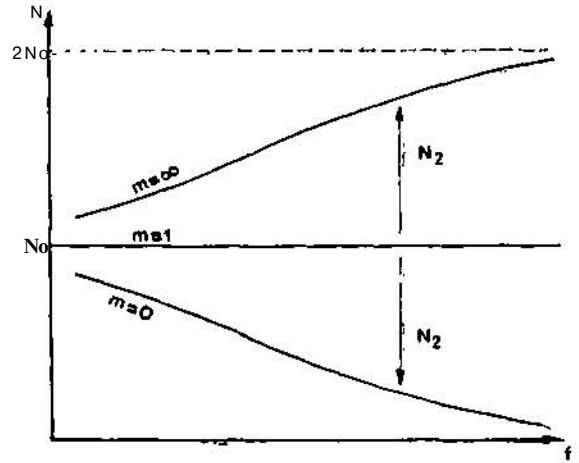
$$(3.18) \quad K_{21} = 2R/z_o = 1 + R_1, \quad ' = K_o \text{ olur.}$$

Buradan da ortalama zayıflamayı temin eden  $R = z$  direncinin değeri :

$$(3.19) \quad R_o = \frac{2R_1}{1 + R_1} = r \text{ olarak hesaplanır.}$$



a) Normalized devre,



b) Zayıflama

Sekil 3.Ş.:  $N_0$  Sabit zayıflamasına göre -simetrik eğriler -veren BODE montajı

Dörtüçlü aradan çıkartıldığı takdirde devre bir değişken zayıflatıcı olur, zayıflamalar;

$m = r/R_o = 0$  (kısa devre hali) için 0 dB

$m = 1$  (ortalama değer) için :

$$N_o = 20 \log_{10} (R_o + 1) \quad (3.20)$$

$nv = \infty$  (açık devre hali) için :

$$N_a = 20 \log_{10} (R_o + 1)2 \text{ olur}$$

$m$ 'in herhangi bir değerinde gerilim oranı (3.7) den :

$$(3.21) K = K_o \frac{1 + m \cdot K_o}{m + K_o}$$

ve zayıflama da yaklaşık olarak :

$$(3.22) N = N_o \left( 1 + \frac{m - nv}{m + 1} \right) \text{ olacaktır.}$$

Şimdi dörtüçlüyüde araya sokalım. Bu devrenin görüntü empedansı 3.19 formülünde tarif edilen  $R_o$  değerinde ve ohmik İse ( $R_o$  empedanslı köprülü T devresi),  $R = R_o$  olduğu zaman  $2R_o$ 'ı göntleyen, görünen empedans gene  $R_o$  olduğundan, BODE devreleri için konulan 3.5 şartı sağlanmış olacak ve devremiz genel kaideye uyaacaktır.

$R = R_o$  ortalama durumda, devrenin zayıflaması gene sabit  $N_o$  değerinde kalacaktır. Fakat  $R$ 'in bundan başka değerlerinde  $2R_o$ 'ı  $R$  yerine, dört uçlunun görünen empedansı olan :

$$(3.23) Z_a = R_o \cdot \frac{1 + \frac{1}{K_3^2} \cdot \frac{R \cdot R_o}{R + R_o}}{1 - \frac{1}{K_3^2} \cdot \frac{R \cdot R_o}{R + R_o}}$$

empedansı şöntleyecektir.

$R/R_o$  yerine  $m$  koyarak hakiki gönüeme oranını .

$$(3.24) n_i = \frac{Z_o}{R_o} = \frac{m + \frac{K_3^2 - 1}{K_3^2 + 1}}{m \cdot \frac{K_3^2 - 1}{K_3^2 + 1} + 1}$$

geklinde hesaplayabiliriz.

Bu oran frekansa tabi olduğundan devre zayıflaması da frekansla değlir.

Zayıflama oranını bulabilmek için 3.21 İfade-sinde  $m$  yerine  $m$ , koymak icab eder ki, bu takdirde de :

$$(3.25) K = K_o \frac{1 + m \cdot \frac{K_3^2 + \frac{K_o - 1}{K_o + 1}}{K_3^2 - \frac{K_o - 1}{K_o + 1}}}{m + \frac{K_3^2 - \frac{K_o - 1}{K_o + 1}}{K_3^2 + \frac{K_o - 1}{K_o + 1}}} \text{ şekline girer.}$$

$$(3.26) K_2 = \frac{K_3^2 + \frac{K_0 + 1}{K_0 + 1}}{K_3^2 - \frac{K_0 + 1}{K_0 + 1}}$$

ve  $N_2 = 20 \log_{10} K_2$

3.25 ifadesini : , vaz ederek,

$$K = K_0 \frac{1 + m}{m + K_2}$$

şeklinde basitleştirebiliriz ki, buda 3.7 formülünün aynıdır, iki tarafında logaritmalarını alarak :

$$N_y = N_0 + N_2 \frac{m-1}{m+1} \text{yaklaşık ifadesini}$$

tekrar buluruz.

Burada  $N_0$  frekansa tabi olmayan sabit ortalama zayıflama,  $N_2$  ise frekansla değişen kısımdır. Toplam zayıflama eğrileri 0 ve  $2N_0$  limitleri arasında kalan ve  $N_0$  yatay doğrusuna nazaran simetrik kalan bir aile meydana getirir. (Şekil 3.6.b).

Eğer  $N_2$ 'yi frekansla doğrusal değiştirecek şekilde  $K_0$  ve  $K_j$  seçilirse toplam zayıflama eğrileri de doğrusal kalır.

3.3.2 —  $K_2$  ifadesinin açılışı:

$K_j$ 'yi veren 3.26 formülü bir hiperbol gidişindedir, fakat bu ifadedeki  $K_3$  bir vektörü temsil eden kompleks bir sayıdır. Hesaplar yapılırken bu vektörün faz açışında hesaba katarak (tm açışına göre):

$$(3.27) K_2 = K_3 \cos 2\alpha + j \cdot K_3 \sin 2\alpha$$

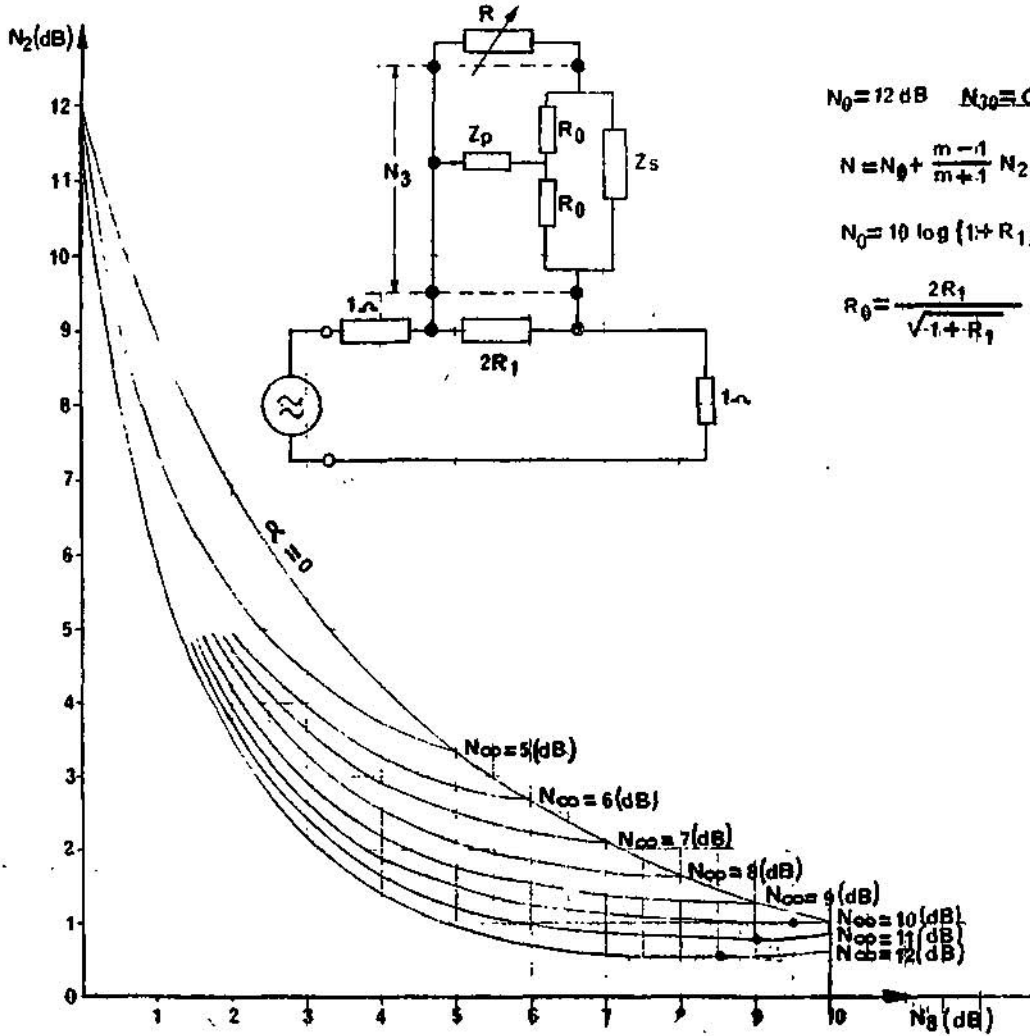
$$(3.28) u = \frac{K_0 + 1}{K_0 + 1}$$

vaz ederek,  $K_j$ 'nin modülünü :

$$(3.29) K_2 = \frac{K_4 + 2u \cdot K_2 \cdot \cos 2\alpha + u^2}{K_3^2 - 2u \cdot K_j^2 \cdot \cos 2\alpha + u^2}$$

şeklinde hesaplayabiliriz.

Bu son ifade (3.26) dan daha çukurdur ve hat-ta bir minimumdan da geçebilir.



Eğer araya konan köprülü T devresinde seri kolu şöntleyen  $Z_s$  empedansı bir reaktans ve iki dirençten meydana geliyorsa, bu devrenin  $K^{\wedge}$  gibi bir minimum ve  $K_{30}$  gibi bir maksimum zayıflama oranı olacak,  $\cos\alpha$  yerine de 2.7 formülü kullanılabilir. Böylece bu hususi hal için (3.29) yerine :

$$(3.30) KJ^* = \frac{(K_3^2 - u)^2 (K_{30} + K_{3\infty})^2 + 4u (K_3^2 + K_{30} \cdot K_{3\infty})^2}{(KJ + u)^2 (K_{30} + K_{3\infty})^2 - 4u (K_3^2 + K_{30} \cdot K_{3\infty})^2} \text{ yazılabilir.}$$

Eğer minimum zayıflama 0 dB'e kadar düşebiliyorsa  $K^{\wedge} = 1$  diyerek :

$$(3.31) KJ = \frac{(K_3^2 - u) 2(1 + K_{30})^2 + 4u (K_3^2 + K_{30})^2}{(K_3^2 + u)^2 (1 + K_{30})^2 - 4u (K_3^2 + K_{30})^2} \text{ şeklinde basitleşir.}$$

Bir fikir vermek için  $N_0 = 12$  dB olan bir BODE devresinde,  $N_1 = 0$  olan ve  $N_2$  parametre olarak değişen köprülü T dörtüçlüler kullanıldığı takdirde,  $N_2$ 'nin  $N_3$ 'le değeri Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Bu eğrilerden aşağıdaki neticeleri çıkarabiliriz :

a)  $N_3 = 0$  için  $N_2 = N_0$  maksimum değerine ulaşmakta ve bu civarda hızla azalmaktadır.  $N_3$ 'deki 0.2 dB'lik hata  $N_2$ 'de 1.5 - 2 dB'lik bir hataya sebep olabilir. Hem bu sebepten, hem de köprülü T'deki rezonans noktasından yeteri kadar uzaklaşabilmek için,  $N_3$ 'ün 0.4 dBMen düşük değerleri kullanılmamalıdır ki, bu da,  $N_0$ 'a 3 dB'den fazla yaklaşmamak demektir.

b)  $N_{3,1} > 9$  dB için eğri bir minimumdan geçmektedir. Düzgün bir değişim elde edebilmek için bu minimuma yakın sahalarda kullanılmamalıdır ki, bu da  $N_2$ 'nin 1 dB'in üstünde kalması demektir.

### 3.8.8 "-" Devre hesabına ait bir misal :

Havai hat kuranportörlerinin B—A bandı olan 36-84 kHz sahasında, zayıflama frekansla lnteer olarak artmakta ve bu zayıflamanın meyli (36 ve 84 Kc/s arasında zayıflama fark?) 0 ilâ 20 dB arasında değişebilmektedir. Hattın meylini kompanse etmek için Thermistoria kumanda edilebilen ve 150 Ohm'luk kaynakla 150 Ohmluk yük arasında çalışacak olan BODE egalizörünü hesaplayalım :

a)  $N_2$  ve  $N_0$ 'ün tayini:

BODE devresinde  $N_2$  ek zayıflaması ortalama zayıflamaya hem pozitif hem de negatif olarak ilâve edildiğinden, 20 dB'lik bir eğim değişimi için  $N_2$ 'nin eğimi de  $20/2 = 10$  dB olmalıdır. Ancak bu maksimum eğimden istifade edebilmek için R direncinin sıfırla sonsuz arasında değişebilmesi icab etmektedir. Halbuki R yerine ikame edilen Ttermistorda direnç değerindeki değişme oranı sınırlı olup 100 - 200'ü geçemez. Bu

da ortalama  $R_0$  değerine nazaran  $\sqrt{100} = 10$  misli değişim demektir.

$$N_2 \cdot \frac{m - 1}{m + 1} = 10 \text{ dB'de } m = 10 \text{ koyarak}$$

$$N_2 = 10 \cdot \frac{11}{9} = 12.2 \text{ dB olur. Yine bir ter-}$$

mistorda uç noktalarda direnç değişimi çok yavaş olduğundan, regülasyon hassasiyeti de bu limit değerler civarında azalacaktır. Bu hususu da göz önüne alarak son bulunan değere 2-3 dB kadar bir emniyet payı ilâve etmek yerinde olur ki bu takdirde :

$$N_2 = 14.2 \text{ dB'e yükselir.}$$

3.3.2 de anlatıldığı gibi  $N_2$ 'nin minimum değeri 1 dB'in altına düşmemelidir.

$$N_{11} = 1 \text{ dB alırsak}$$

$N_M = 14.2 + 1 = 15.2$  dB'e çıkacaktır. Şekil 3.2'den böyle bir zayıflama değerinde 1.25 dB kadar bir çukurluk meydana geleceğini görürüz.

Bu mülâhazalarla, değişken egalizörü 2 kat yapmak ve her katta  $\pm 5$  dB'lik emin bir ayar temin etmek tercih edilmiştir.

Bu ikinci halde:

$$N_2 = 5 \cdot \frac{11}{9} + 1 = 7.1 \text{ dB olur.}$$

$$N_2 = 7.5 \text{ dB, } N_{30} = 1 \text{ dB alalım.}$$

$N_M = 1 + 7.5 = 8.5$  dB olur ki kat başına çukurluk (Şekil 3.2 den) 0.25 dB'e ve toplam çukurluk 0.5 dB'e düşer.

$N_0$ , maksimum kullanılan zayıflamadan, 3 dB kadar büyük olmalı idi :

$$N_0 > 8.5 + 3 \text{ olmalıdır.}$$

$$N_0 = 12 \text{ dB alalım,}$$

b) Köprülü T devresinin tayini:

Bu devrenin  $N_3$  zayıflaması  $N_2$  ile ters yönde değişmelidir (Şekil 3.7). Yani 36 Kc/s'de oldukça yüksek, 84 Kc/s'de ise çok düşük olacaktır. Bu gidigi teinin için köprülü T devresinin

seri kolunu gönüeyen seri kol reaktansı (j X<sub>1</sub>) seri rezonans devresi şeklinde seçilebilir. Bu son devreyi teşkil eden elemanları bulmak için 2.2 deki gibi, evvelâ N<sub>3a</sub>'u tahmin etmek, sonra da iki referans frekansındaki reaktans değerlerinden istifade etmek icab eder.

Gene Şekil 3.7'ye bakarak N<sub>2</sub>'= 1 dB olduğu zaman minimum noktasına fazla yaklaşmamak için N<sub>3<0</sub>'un mümkün mertebe büyük seçilmesi icab ettiği görülür.

N<sub>3a</sub> = 12 dB alınırsa N<sup>^</sup> = 0.574 dB civarında olup 1 dB'den yeteri kadar uzak olduğu görülür. Tatolmana bu noktadan bağlayabiliriz.

N<sub>0</sub> = 12 dB, N<sub>300</sub> = 12 dB için :

f(Kc/s)	N <sup>^</sup> (dB)	N <sub>1</sub> (dB)	X <sub>1</sub> (Ohm)
36	1	4.888	- 1.205
84	8.5	0.2560	- 0.2225

verilerinden hareketle seri rezonans devre elemanları hesaplanıp buna göre diğer frekanslardaki reaktanslar, fou reaktanslardan N<sub>3</sub> zayıflaması oradan da N<sub>2</sub> zayıflaması bulunur ve bu son zayıflama N<sub>1d</sub> ideal doğrusal zayıflamayla karşılaştırılırsa aşağıdaki cetvel meydana çıkar :

* (Kc/s)	X <sub>c</sub> (Ohm)	X <sub>r</sub> (Ohm)	X <sub>l</sub> (Ohm)	N <sub>3</sub> (dB)	N <sub>2</sub> (dB)	N <sub>1</sub> (dB)	N (dB)
36	1.3593	0.1543	1.2050	4.8880	1	1	0
44	1.1122	0.1886	0.9236	3.6185	1.62	2.25	- 0.63
52	0.9411	0.2184	0.7227	2.6113	2.57	3.50	- 0.93
60	0.8156	0.2517	0.5585	1.7707	3.90	4.75	- 0.85
68	0.7196	0.2914	0.4284	1.1418	5.36	6.00	- 0.74
76	0.6439	0.3257	0.3182	0.6721	7.09	7.25	- 0.16
84	0.5825	0.3600	0.2225	0.2569	8.5	8.50	0

Bu ilk hesapla bulunan N<sub>2</sub> zayıflaması daima ideal doğrunun altında kalmakta ve çukurluk 1 dB'e yaklaşmaktadır. İkinci bir tatolmana geçerken şu hususlar göz önünde tutulmalıdır. Hesaba esas olarak alınan N<sub>0</sub>, N<sub>300</sub> - N<sub>300</sub> terinden,

- Sadece N<sub>0</sub> arttırılırsa çukurluk azalır,
- Sadece N<sub>300</sub> arttırılırsa çukurluk azalır,
- dN<sub>2</sub> sabit kalacak şekilde N<sub>1min</sub> ve N<sub>3maz</sub> arttırılırsa çukurluk artar.

Filhakika, ikinci tavsiyeye uyararak N<sub>300</sub> 17 dB'e yükseltince aşağıdaki neticeler elde edildi :

N<sub>0</sub> = 12 dB, N<sub>300</sub> = 17 dB için

f(Ko/s)	N <sub>1</sub> (dB)	N <sub>2</sub> (dB)	X <sub>1</sub> (Ohm)
36	1	3.2833	-0.9330
84	8.5	0.3372	-0.462

den hareketle, normalize köprülü T'de

$$C_a = 4.3635 \cdot 10^{-6} F$$

$$L_s = 3.5532 \cdot 10^{-5} H$$

r<sup>^</sup> = 6.0794 Ohm bulunarak diğer frekanslardaki zayıflamalar aşağıdaki cetvel gibi hesaplanır

f (Ko/s)	w» (dB)	^ (dB)	N <sub>1d</sub> (dB)	N (dB)
36	3.2833	1	1	0
44	3.3032	2.16	2.25	- 0.09
52	1.6171	3.46	3.50	- 0.04
60	1.1285	4.78	4.75	+ 0.03
68	0.7765	6.07	6.00	+ 0.07
76	0.5215	7.32	7.25	+ 0.07
84	0.3372	8.50	8.50	0

Bu son netdelere göre N<sub>2</sub> zayıflaması ideal doğruya ± 0.1 dB'den daha fazla yaklaşmaktadır. Ancak tatbikatta m İn 2 ilâ 10 arasındaki şöntleme oranları kullanıldığından bu doğruya nazaran 0.25 dB'lik bir kamburluk meydana geleceğini peşinen kabul etmiştik. Bu inhirafı biraz azaltmak için, N<sub>2</sub>'yi ideal doğru yerine ters yönde kıvrılan bir eğriye yanaştırmak daha faydalı olabilirdi. Bu eğri 60 Kc/s'e kadar ideal

doğruya intibak etmeli ondan sonra yavaş yavaş uzaklaşarak 68 Kc/s'de 0.1 dB; 76 Kc/s'de 0.17 dB; 84 Kc/s'de 0.25 dB daha fazla zayıflama olur. Bu suretle 0.25 dB'lik çukurluk bütün ayar sahasında 0.1 dB'e kadar inebilir.

c) Eleman değerlerinin hesabı:

Şekil 3.8.a'da nihai durumu gösterilen değişken egalizörün normalize edilmiş (1 Ohm'a indirgenmiş) tipinde :

$$3.17^* \text{den } \mathbf{T} + \mathbf{R}_s = \mathbf{K}_0^2 =$$

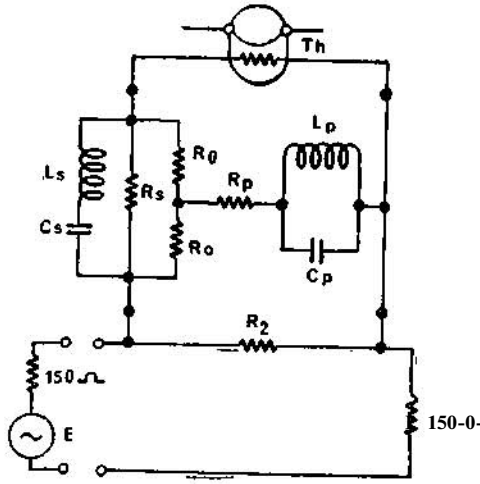
$$\text{Antilog } 24/20 = 15.849$$

ve buradan R<sub>s</sub> = 14,849 Ohm bulunur.

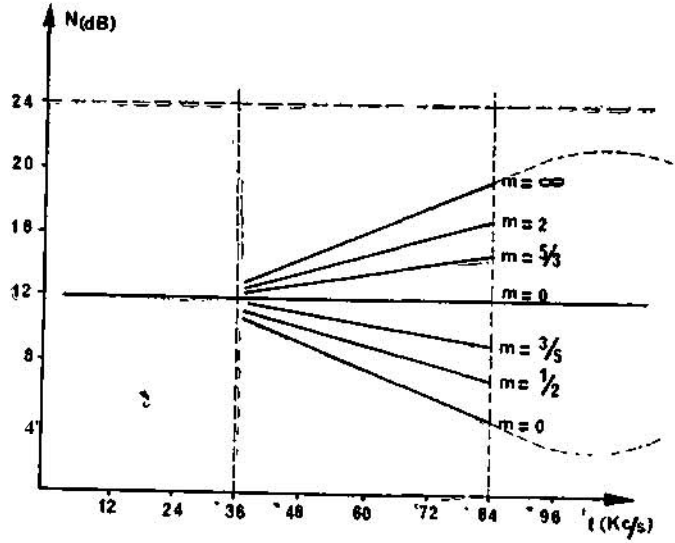
$$3.19^* \text{dan } R_0 = \frac{2 \cdot R_1}{\sqrt{1 - fK_1}} = \frac{2 \times 14.849}{\sqrt{15.849}}$$

$$= 7.46 \text{ Ohm olur.}$$

150 Ohm'luk hücrede elemanlar :



a) Devri



b) Zayıflama

Şekil 3.8 : BODE montajının nihai hah

$R = 2 \times X R, X 150 = 4455 \text{ Ohm}$	$L_s = 3,5532 \times 1119 \times 10^{-7} = 0,3976 \text{ mH}$
$R = 7,46 \times 150 = 1119 \text{ Ohm}$	$C_s = 4,3635 \times 10^{-8} \times 1119 = 3899 \text{ pF}$
$R_s = 6,0794 \times 1119 = 6803 \text{ Ohm}$	$L_p = 4,3635 \times 10^{-8} \times 1119 = 4,883 \text{ mH}$
$R_p = 1119; 6,0794 = 184 \text{ Ohm}$	$C_p = 3,5532 \times 10^{-7} \times 1119 = 317,5 \text{ pF}$

Şeklinde hesaplanır.

Th termistoru olarak da, direnci 100 Ohm ile 10 KOhm arasında değişen, ve ortalama değeri (1000 Ohm)  $R_o$ 'a çok yakın olan StEMENS F75-41/21 veya bunun muadili kullanılabilir.

d) ön egalizör :

Şekil 3.8.b'de görüldüğü gibi, bu egalizörlerden bir tanesi 12 dB'lik sabit zayıflama etrafında + 7,5 dB'lik eğimler meydana getirmektedir; iki kat kullanıldığı takdirde 24 dB ortalama zayıflaması etrafında  $\pm 15$  dB'lik eğimlere kadar çıkan doğrusal zayıflama eğrileri hasil olacaktır, ki biz bunların sadece  $\pm 10$  dB'lik kısmından emniyetle istifade edebiliriz.

Bu egalizör takımının sadece negatif eğimli kısmı hat iriyle karşılayabileceğine göre, yalnız başına kullanıldığı zaman hattın sadece 10 dB'lik eğimini karşılayabiliriz. Bütün ayar sahasından istifade edebilmek için devreye, -10 dB meyilli bir ön egalizör ilâve edilip, toplam meylin 0a-20 dB arasında değişmesi temin edilmelidir.

3.3.4 — Aynı prensibin başka kullanılış şekilleri :

Yukarıda anlatılan devrede İM mahzur zikre dileyebilir :

— Evvelâ egalizör fazla zayıflama yapmaktadır. Filhakika toplam zayıflama 34-36 dB'e kadar çıkabilmektedir.

— Saniyen, termistorlu otomatik regülasyonda, termistor filamanından akan ısıtma akımıyla hattan alınan seviye ters yönde değişmektedir. Bir an için 84 Kc/s'dekl seviyenin arttığını farz edelim, bu hat meylinin azaldığına delâlet eder. Regülasyon yapabilmek için egalizör meylinin de daha az negatif olması yani ısıtma akımının azalması lâzımdır. Halbuki alman seviyeye aynı yönde hareket etse idik filaman akımı artacak ve regülasyon daha da bozulacaktır.

Aşağıda anlatacağımız üç tatbikatın bazılarında regülasyon temini için ısıtma akımıyla alı seviyesinin aynı yönde değişmesi icab ettiği gibi bunlardan ikisinde bir miktar kazanç da elde etmek mümkün olur.

a — Devrenin ampliye tatbiki : j

Şekil 3.6'daki devrede şöntlenmiş, 2R, direnciyle meydana gelen bileşke empedansa 2Z' dersek, bu empedans l'er Ohm'luk kaynak ve yük arasına seri girerek bir araya girme zayıflaması meydana getiriyordu M bunu gerilim oranı olarak :



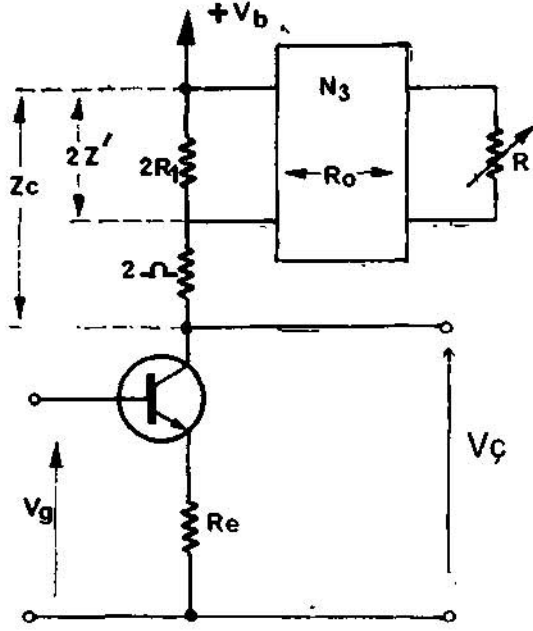
$K = 1 + Z'$  şeklinde hesaplıyabiliyorduk.

(Şekil 3.9) daki transistorlu amplinin gerilim kazancı oranı da, eğer  $R_o$  emetör direnci yeteri kadar ters geri besleme yapılabilirse :

$$A = \frac{Z_c}{R_o} = \frac{2}{R_o} (1 + Z') \text{ olur.}$$

Bunu dB cinsinden ifade edersek :

$$G = N + 20 \log_{10} \frac{2}{R_o} \text{ bulunur.}$$



Şekil 3.9 \*• Ampliyeye tatbik

Bu son İfadedeki  $N'$ , klasik BODÉ devresinde ki zayıflamanın aynısıdır. Şu halde şekil 3.9'daki ampl BODE devresinin zayıflamasına eş, değişken bir kazanç temin etmektedir. Kazancın ortalama değeri  $N_o$ 'dan  $20 \log_{10} \frac{2}{R_o}$ -kadar azdır.

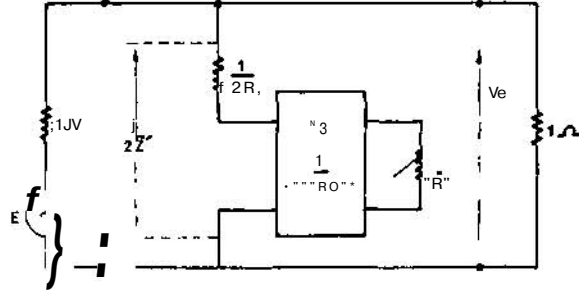
Ayrıca kayıp yerine kazanç temin ettiğimizden regülasyon yönü de klâsik montaja nazaran ters olur, yani bir ayar temin edebilmek için ısıtma akımını alış seviyesiyle aynı yönde değiştirmek icab eder.

**b — Şöntleme suretiyle araya girme zayıflamasının temfai:**

2.2'de hatırlatıldığı gibi seri bir empedansla meydana getirilen araya girme zayıflamasına eş, bir zayıflamayı, yükü bu seri empedansın enversyle şöntlemek suretiyle de temin etmek mümkündür.

Klâsik devrede  $2Z'$  empedansı,  $2R_1$  direncini  $R_o$  empedanslı bir köprülü T devresiyle şöntle-

mek suretiyle teşkil ediliyordu. Şekil 3.10'da ise  $1/2Z'$  empedansı olarak  $1/2R_1$  direnci ile aynı  $N_3$  zayıflamasını meydana getiren  $1/R_o$  empedanslı köprülü T devresi seri bağlanmıştır.



Şekil 3.10 : Paralel araya girme

Burada klâsik devreyle aynı zayıflamayı temin edebilmek için <?örtüçlüğü kapatacak direnç klâsik devredekinin enversisi olacağından, termistor ısıtma akımının istediği değişim yönü seviyeyle aynıdır.

o — İki usulün birleştirilmesi :

Şekil 3.11'deki montajda bu İki usul birleştirilmiştir. Filhakika amplinin kollektörüne :

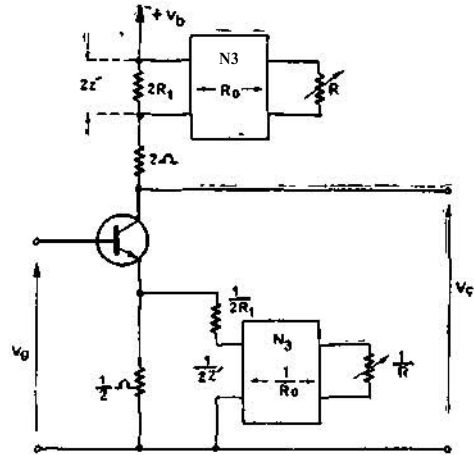
$Z_c = 2 (1 + Z')$  empedansı, emetörüne ise :

$Z = \frac{1}{2(1 + Z')}$  empedansı bağlandığından

gerilim kazanç oranı:

$A = Z_c / Z_c' = 4 (1 + Z')$  olur.

Bu montajda gene kayıp yerine kazanç meydana gelmektedir, her ne kadar iki misli eleman kullanılıyorsa da ayar sahası da iki misli arttığından iki katı kaskat bağlamağa tekabül eder. Yalnız regülasyon temin etmek için, kollektördeki termistoru seviyenin aksi yönde, emetördeki termistoru ise seviyeyle aynı yönde değiştirmek gibi bir zorluğu vardır.



Şekil 3.11: Amplitli devrede ayar sahasını 2 Kat büyütme