

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERİBESLEME UYGULANMIŞ
MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜN
PERFORMANS KARAKTERİZASYONU

Müh. Bülent SAĞIR

106326

106326

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalında Haberleşme Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Prof. Dr. Osman TIRAKCI
Prof. Dr. Sibel K. YARMAN

İSTANBUL, 2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN YERİNE KALDIRILMIŞTIR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Problemin Tanımı.....	2
1.3 Z_S –düzleminde Sabit Gürültü, Giriş VSWR ve Kazanç Dairelerinin Elde Edilmesi.....	3
1.3.1 Sabit gürültü daireleri.....	4
1.3.2 Sabit giriş VSWR daireleri.....	5
1.3.3 Sabit transdüser kazanç daireleri.....	6
1.3.4 Z_S –düzleminde sabit gürültü ve giriş VSWR dairelerinin konumları.....	8
1.3.4.1 Dış teğet durumu.....	8
1.3.4.2 İç teğet durumu.....	9
2. KOŞULSUZ KARARLI MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜ.....	14
2.1 Verilen Giriş VSWR İçin Z_I -Düzleminde Sabit Kazanç Daireleri.....	14
2.2 İstenen Giriş VSWR ve Gürültü Faktörünü Sağlayan Koşulsuz Kararlı Transistörün Kazanç Daireleri ve Empedans Verileri.....	16
2.2.1 Z_{cgmax} 'ın 1. bölgede kalması.....	18
2.2.2 Z_{cgmax} 'ın 2. bölgede kalması.....	19
2.2.3 Z_{cgmax} 'ın 3. bölgede kalması.....	19
2.2.4 Z_{cgmax} 'ın 5. bölgede kalması.....	21
2.2.5 Z_{cgmax} 'ın 4. bölgede kalması.....	21
3. KOŞULLU KARARLI MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜ.....	23
3.1 Kaynak Kararlılık Dairesi.....	23
3.2 İstenen Giriş VSWR ve Gürültü Faktörünü Sağlayan Koşullu Kararlı Transistörün Kazanç Daireleri ve Empedans Verileri.....	25
3.2.1 1. durum.....	25
3.2.2 2. durum.....	26
3.2.3 3. durum.....	27

3.2.4	4. durum.....	27
4.	GERİBESLEMELİ VE GÜRÜLTÜLÜ BİR İKİ KAPILININ GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ.....	30
4.1	Gürültülü İki-kapılı Devre Modeli	30
4.2	Seri Geribesleme	31
4.3	Paralel Geribesleme.....	34
4.4	Tek Elemanlı Geribesleme.....	35
4.4.1	Tek reaktans geribesleme.....	37
4.5	Birleşik Geribesleme	37
5.	UYGULAMALAR.....	39
5.1	Bilgisayar Programı	39
5.1.1	Akış diyagramı	40
5.2	Uygulama Sonuçları	42
5.2.1	Maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü faktörü (F_{min}), geribesleme ilişkisi.....	43
5.2.2	Maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü faktörü (F_{min}), frekans (f) ilişkisi.....	48
5.2.3	Maksimum kazanç (G_{Tmax}), istenilen gürültü faktörü (F_{req}), istenilen giriş VSWR (V_{ireq}), geribesleme ilişkisi.....	62
5.2.4	Birleşik (seri endüktif+paralel kapasitif) geribeslemenin kazanç (G_{Tmax}) ve gürültü faktörüne (F_{min}) etkisi	65
5.2.5	Çeşitli geribesleme konfigürasyonları için, maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü (F_{min}), frekans ilişkisi.....	79
5.2.5.1	Geribeslemesiz durum	79
5.2.5.2	Seri – endüktif geribesleme	81
5.2.5.3	Birleşik (seri endüktif+paralel kapasitif) geribesleme	82
5.2.5.4	Çeşitli geribesleme konfigürasyonlarında performans karşılaştırmaları	83
5.2.6	Tasarım konfigürasyonları.....	85
6.	SONUÇLAR.....	99
	KAYNAKLAR.....	101
	EKLER.....	102
	Ek 1 Performans analizi programı (pcomb.m).....	103
	Ek 2 Lineer iki kapılının birbir eşleme fonksiyonları.....	167

SİMGE LİSTESİ

C_{par}	Paralel geribesleme kapasitansı
f	Çalışma frekansı
F_{min}	Minimum gürültü faktörü
F	Gürültü faktörü ($F \geq F_{min}$)
F_{req}	İstenilen gürültü faktörü ($F_{req} \geq F_{min}$)
G_T	Transdüser güç kazancı
G_{Tmax}	Maksimum transdüser güç kazancı
G_{Tmin}	Minimum transdüser güç kazancı
G_{Treq}	İstenilen transdüser kazancı
G_u	Gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
G'_u	Birleşik devrenin gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
\hat{G}_u	Geribesleme devresinin gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
Γ_{opt}	Optimum Kaynak Yansıma Katsayısı
I_{DS}, I_C	Bir mikrodalga transistörün kutuplama akımı
I_n	Gürültü akım üreticinin frekans domenindeki karşılığı
I_u	Gürültü akım ve gerilim üreticilerinin frekans domenindeki karşılığı
L_{ser}	Seri geribesleme endüktansı
r_i	Z_i -düzlemindeki dairelerin yarıçapı
r_s	Z_S -düzlemindeki dairelerin yarıçapı
$r_{ct1,2}$	Z_i -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin yarıçapı
r_g	Z_i -düzlemindeki kazanç dairesinin yarıçapı
r_n	Kaynak düzlemindeki gürültü faktörü dairesinin yarıçapı
r_v	Kaynak düzlemindeki giriş VSWR dairesinin yarıçapı
R_n	Bir mikrodalga transistörün eşdeğer gürültü direnci

\widehat{R}_n	Geribesleme devresinin eşdeğer gürültü direnci
$ \rho_i $	Giriş yansımaya katsayısı
S_{ij}	Transistör S-parametreleri
V_{DS}, V_{CE}	Bir mikrodalga transistörün kutuplama gerilimi
V_i	Giriş VSWR ($V_i \geq 1$)
V_{ireq}	İstenilen giriş VSWR ($V_{ireq} \geq 1$)
V_n	Gürültü gerilim üreticinin frekans domenindeki karşılığı
$Y_{opt} = G_{opt} + jB_{opt}$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki kapılı devrenin optimum kaynak admitansı
Y_{cor}	Korelasyon admitansı
Y'_{cor}	Birleşik devrenin korelasyon admitansı
\widehat{Y}_{cor}	Geribesleme devresinin korelasyon admitansı
Y_f	Geribesleme admitansı
$Y_S = G_S + jB_S$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin kaynak admitansı
Z_{ci}	Z_i -düzlemindeki dairelerin merkez fazörü
Z_{cg}	Z_i -düzlemindeki kazanç dairesinin merkez fazörü
$Z_{cn} = R_{cn} + jX_{cn}$	Reel ve imajiner kısımlarıyla kaynak düzlemindeki gürültü faktörü dairesinin merkez fazörü
$Z_{cv} = R_{cv} + jX_{cv}$	Reel ve imajiner kısımlarıyla kaynak düzlemindeki giriş VSWR dairesinin merkez fazörü
Z_{cS}	Z_S -düzlemindeki dairelerin merkez fazörü
$Z_{ct1,2}$	Z_i -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin merkez fazörü
Z_f	Geribesleme empedansı
$Z_i = R_i + jX_i$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin giriş empedansı
$Z_L = R_L + jX_L$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin yük empedansı
$Z_{Lmax} = Z_L$	G_{Tmax} 'a karşılı gelen yük empedansı
$Z_{Lreq} = R_{Lreq} + jX_{Lreq}$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin G_{Treq} 'a karşılık gelen yük empedansı
$Z_o = R_o + jX_o$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin çıkış empedansı

$$Z_{opt} = R_{opt} + jX_{opt}$$

Reel ve imajiner kısımlarıyla iki kapılı devrenin optimum kaynak empedansı

$$Z_S = R_S + jX_S$$

Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin kaynak empedansı

$$Z_{Smax} = Z_S$$

G_{Tmax} 'a karşılı gelen kaynak empedansı

$$Z_{Sreq} = R_{Sreq} + jX_{Sreq}$$

Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin G_{Treq} 'a karşılık gelen kaynak empedansı

$$z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$$

z-parametreleri

$$r_{11}, x_{11}$$

z_{11} -parametresinin reel ve imajiner kısımları

$$r_{12}, x_{12}$$

z_{12} -parametresinin reel ve imajiner kısımları

$$r_{21}, x_{21}$$

z_{21} -parametresinin reel ve imajiner kısımları

$$r_{22}, x_{22}$$

z_{22} -parametresinin reel ve imajiner kısımları



KISALTMA LİSTESİ

CSSC	Eşlenik Kaynak Kararlılık Dairesi (Conjugate Source Stability Circle)
ISC	Giriş Kararlılık Dairesi (Input Stability Circle)
KKÇB	Koşulsuz Kararlı Çalışma Bölgesi
MAG	Maksimum Kullanılabilir Kazanç (Maximum Available Gain)
VSWR	Gerilim Duran Dalga Oranı (Voltage Standing Wave Ratio)



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	İki kapılı devre ve kapı empedansları	2
Şekil 1.2	Sabit gürültü faktörü, giriş VSWR ve kazanç daireleri	5
Şekil 1.3	Z_S -düzleminde istenilen gürültü faktörü ile giriş VSWR'ın teğet durumları....	11
Şekil 1.4	Z_S -düzleminde giriş VSWR ve gürültü dairelerinin durumlarını belirleyen Z_i -düzlemindeki feş farklı bölge	12
Şekil 1.5	Z_i -düzleminde beş bölgenin belirlediği Z_S -düzlemindeki giriş VSWR ve gürültü dairelerinin durumları	13
Şekil 2.1	İstenilen giriş VSWR'ı sağlayan sabit kazanç daireleri.....	15
Şekil 2.2	İstenilen giriş VSWR ve gürültü faktörünü sağlayan istenilen ve maksimum kazanç daireleri.....	17
Şekil 2.3	Z_{cgmax} 3. bölgedeyken kaynak empedansları	20
Şekil 3.1	Koşullu kararlı transistör için Z_i -düzleminde sabit kazanç daireleri	24
Şekil 3.2	Koşullu kararlı transistör için istenilen giriş VSWR ve gürültü oranını sağlayan kazanç daireleri ve ilgili sonlandırmalar	26
Şekil 3.3	T_1 dairesinin kaynak kararlılık dairesinin eşleniğini kestiği durum	28
Şekil 3.4	T_2 dairesinin kaynak kararlılık dairesinin eşleniğini kestiği durum	29
Şekil 4.1	Lineer iki kapılı devrenin eşdeğer gürültü modeli.....	31
Şekil 4.2	Genelleştirilmiş seri geribeslemeli devre	32
Şekil 4.3	Genelleştirilmiş paralel geribeslemeli iki kapılı devre modeli.....	34
Şekil 4.4	Kayıpsız tek elemanlı geribeslemeli devre modeli; a) Seri, b) Paralel	36
Şekil 4.5	Birleşik geribeslemeli iki kapılı devre modeli.....	38
Şekil 5.1	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	44
Şekil 5.2	Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	44
Şekil 5.3	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	45
Şekil 5.4	Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	45
Şekil 5.5	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	46
Şekil 5.6	Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	46
Şekil 5.7	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	47
Şekil 5.8	Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2GHz$, $F_{req}= 0.8dB$).....	47
Şekil 5.9	Frekans- G_{Tmax} değişimi ($V_i=1$, $F_{req}= 2.52dB$).....	49
Şekil 5.10	Frekans- $Re(Z)$ değişimi, geribeslemesiz durum ($V_i=1$, $F_{req}= 2.52dB$).....	50
Şekil 5.11	Frekans- $Re(Z)$ değişimi, geribeslemesiz durum ($V_i=1$, $F_{req}= 2.52dB$).....	50
Şekil 5.12	Frekans- $Re(Z_S)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}= 2.52dB$).....	51

Şekil 5.13	Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .51
Şekil 5.14	Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .52
Şekil 5.15	Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .52
Şekil 5.17	Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)54
Şekil 5.18	Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)54
Şekil 5.19	Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)55
Şekil 5.20	Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)55
Şekil 5.21	Frekans- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) ...56
Şekil 5.22	Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .57
Şekil 5.23	Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .57
Şekil 5.24	Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .58
Şekil 5.25	Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .58
Şekil 5.26	Frekans- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)59
Şekil 5.27	Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)60
Şekil 5.28	Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)60
Şekil 5.29	Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)61
Şekil 5.30	Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$)61
Şekil 5.31	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .63
Şekil 5.32	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 2.52\text{dB}$) .64
Şekil 5.33	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 0.8\text{dB}$)66
Şekil 5.34	Geribesleme- F_{min} değişimi, birleşik ve seri endük. geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 0.8\text{dB}$)67
Şekil 5.35	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}= 1\text{dB}$)68
Şekil 5.36	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{\text{req}}= 0.8\text{dB}$)70
Şekil 5.37	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{\text{req}}= 1\text{dB}$)72
Şekil 5.38	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik geribesleme, $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1-2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$74
Şekil 5.39	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik geribesleme, $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1-2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$74
Şekil 5.40	Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=$

	2.52dB).....	75
Şekil 5.41	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1.5$, $F_{req}= 2.52dB$)	76
Şekil 5.42	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{req}= 2.52dB$).....	77
Şekil 5.43	Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme ($F_{req}= 2.52dB$)	78
Şekil 5.44	Geribesleme- F_{min} değişimi, birleşik-seri end. geribesleme ($F_{req}= 2.52dB$, $V_{ireq}=1$)	78
Şekil 5.45	Frekans- G_{Tmax} değişimi, geribeslemesiz durum, $F_{req}=2.5dB$	80
Şekil 5.46	Frekans- G_{Tmax} değişimi, seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1nH$)	81
Şekil 5.47	Frekans- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme ($L_{ser}=1nH$, $C_{par}=0.2pF$)	82
Şekil 5.48	Frekans- G_{Tmax} değişimi, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=2.5dB$	83
Şekil 5.49	Frekans- G_{Tmax} değişimi, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=2.5dB$	83
Şekil 5.50	Frekans- F_{min} değişimi, $F_{req}=2.5dB$	84
Şekil 5.51	Uyumsuz geometri, geribeslemesiz durum, $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.2dB$	85
Şekil 5.52	Geribeslemesiz durum $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5dB$	86
Şekil 5.53	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=0.25nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5dB$	87
Şekil 5.54	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=0.5nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5dB$	88
Şekil 5.55	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=1nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5dB$	89
Şekil 5.56	Geribeslemesiz durum, $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.2dB$	90
Şekil 5.57	Geribeslemesiz durum, $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$	91
Şekil 5.58	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=0.25nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$	92
Şekil 5.59	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=0.5nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$	93
Şekil 5.60	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=0.75nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$	94
Şekil 5.61	Seri endüktif geribesleme($L_{ser}=1nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$	95
Şekil 5.62	Birleşik geribesleme($L_{ser}=0.4nH$, $C_{par}=0.2pF$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5dB$..	96
Şekil 5.63	Birleşik geribesleme($L_{ser}=0.6nH$, $C_{par}=0.2pF$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5dB$..	97
Şekil 5.64	Birleşik geribesleme($L_{ser}=0.8nH$, $C_{par}=0.2pF$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5dB$..	98

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1	$f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}(\text{dB})=0.8\text{dB}$, paralel kapasitif geribesleme.....	44
Çizelge 5.2	$f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	45
Çizelge 5.3	$f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}(\text{dB})=0.8\text{dB}$, paralel endüktif geribesleme	46
Çizelge 5.4	$f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri kapasitif geribesleme.....	47
Çizelge 5.5	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel kapasitif geribesleme	49
Çizelge 5.6	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, geribeslemesiz durum	50
Çizelge 5.7	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel kapasitif geribesleme	51
Çizelge 5.8	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri endüktif geribesleme	53
Çizelge 5.9	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri endüktif geribesleme	54
Çizelge 5.10	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel endüktif geribesleme	56
Çizelge 5.11	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel endüktif geribesleme	57
Çizelge 5.12	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri kapasitif geribesleme.....	59
Çizelge 5.13	$F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri kapasitif geribesleme.....	60
Çizelge 5.14	$F_{\text{req}}=(0.8-0.81-1-1.5)\text{dB}$, $V_{\text{ireq}}=1$, seri endüktif geribesleme	63
Çizelge 5.15	$F_{\text{req}}=(0.8-0.81-1-1.5)\text{dB}$, $V_{\text{ireq}}=2$, seri endüktif geribesleme	64
Çizelge 5.16	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	66
Çizelge 5.17	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme	66
Çizelge 5.18	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri	67
Çizelge 5.19	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri.....	67
Çizelge 5.20	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	67
Çizelge 5.20	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	68
Çizelge 5.21	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme	68
Çizelge 5.22	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri..	69
Çizelge 5.23	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri	69
Çizelge 5.24	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	70
Çizelge 5.25	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme	70
Çizelge 5.26	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri	71
Çizelge 5.27	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri.....	71
Çizelge 5.28	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	72
Çizelge 5.29	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme	72
Çizelge 5.30	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri..	73
Çizelge 5.31	$f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri.....	73
Çizelge 5.32	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	75

Çizelge 5.33	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme	75
Çizelge 5.34	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1.5$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	76
Çizelge 5.35	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1.5$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme	76
Çizelge 5.36	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme	77
Çizelge 5.37	$f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme	77
Çizelge 5.38	$V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, geribeslemesiz durum	79
Çizelge 5.39	$V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, geribeslemesiz durum	79
Çizelge 5.40	$V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, seri endüktif geribesleme ($L_{\text{ser}}=1\text{nH}$)	81
Çizelge 5.41	$V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, seri endüktif geribesleme ($L_{\text{ser}}=1\text{nH}$)	81
Çizelge 5.42	$V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, birleşik geribesleme ($L_{\text{ser}}=1\text{nH}$, $C_{\text{par}}=0.2\text{pF}$)	82
Çizelge 5.43	$V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.5\text{dB}$, birleşik geribesleme ($L_{\text{ser}}=1\text{nH}$, $C_{\text{par}}=0.2\text{pF}$)	82



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve bu çalışmanın hazırlanması sırasında hiçbir zaman esirgemediği büyük yardımları, önerileri ve ayırdığı değerli zamanı dolayısıyla çok büyük katkıları olan tez danışmanım, sevgili hocam Prof. Dr. Filiz Güneş hanımefendiye sonsuz minnettarlığımı ve teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisinin yol göstericiliği ve özverisi olmasaydı sanırım bu çalışma gün ışığı göremezdi. Bunun yanında Yıldız Teknik Üniversitesinde ve Türk Telekomünikasyon A.Ş.'de görevli olan ve bana bu çalışma sırasında katkılarını esirgememiş herkese teşekkür ederim.

Son olarak, üzerimde değeri ölçülemez emekleri bulunan, her zaman desteklerini hissettiğim çok sevgili anne ve babama ve ailemin diğer fertlerine şükranlarımı sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada, küçük-ışaret transistörlü lineer iki-kapılı bir devrenin, performans üçlüleri (F, V_i, G_T) kullanılarak giriş empedans (Z_i) düzlemi üzerinde geometrik metotla performans karakterizasyonunun gerçekleştirilmesi ve bu temele dayanarak seri, paralel yada birleşik (seri+paralel) geribesleme uygulanmış iki-kapılılardaki durumun incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda MATLAB ortamında yazılmış bir bilgisayar programıyla uygulama yapılmış olup bu uygulamada çeşitli geribesleme konfigürasyonlarının, tatbik edildiği iki-kapılı devre üstündeki etkileri incelenmiştir. Bu etkiler, geribesleme-kazanç, geribesleme-gürültü, frekans-kazanç ve frekans-gürültü değişimlerinin incelenmesi ve karşılaştırmaları sonucu yorumlanarak geribesleme uygulamanın özellikle devre tasarımı açısından ne gibi avantaj yada dezavantajlar getireceği üstünde durulmuştur.

Çalışma sonunda devre tasarımı ve performans optimizasyonunda kullanılacak, tümleşik ve kolay kullanımlı bir yazılımın gerçekleştirilmiş olması da bir başka önemli sonuç olarak dile getirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Geribesleme, gürültü, transistör, performans, optimizasyon.

ABSTRACT

In this work, it's aimed to realize the performance characterisation of a linear two-port circuit with small-signal transistor by employing a geometrical method of using the performance triplet (F, V_i, G_T) on the input impedance (Z_i) plane. Based on this approach, the situation among the two-port circuits with series, parallel or combined (series+parallel) feedback is also examined. Finally, a practise is carried out by running a computer program written on the MATLAB environment and the effects of the feedback circuits on the two-port characteristics are investigated. These effects are discussed by the examinations and comparisons of feedback-gain, feedback-noise, frequency-gain, and frequency-noise variations' with emphasizing on the advantages and disadvantages of using feedback in circuit design.

At the end, another important achievement is the presentation of an integrated software which is suitable for circuit designing and performance optimisation with ease of use.

Keywords: Feedback, noise, transistor, performance, optimisation.



1. GİRİŞ

1.1 Amaç

Bu çalışma, küçük-ışaret transistörlü lineer iki-kapılı bir devrenin, performans üçlüleri (F , V_i , G_T) kullanılarak, giriş empedans (Z_i) düzlemi üzerinde daha önce Güneş F., Güneş M., Fidan M. (1994) ve Güneş F., Çetiner B.A. (1998) çalışmalarında ortaya konulduğu şekilde geometrik metotla performans karakterizasyonunun gerçekleştirilmesi ve bu temele dayanarak paralel ve seri geribesleme uygulanmış iki-kapılı devrelerdeki durumun aynı metotla incelenmesini amaçlamıştır. İki kapılıdaki temel performans ölçütleri olan gürültü (F), giriş VSWR (V_i), ve transdüser kazanç (G_T) fonksiyonları, giriş empedans Z_i -düzlemi üzerinde geometrik bir tarzda ifade edilebilmektedir. Tasarım konfigürasyonu olarak tanımladığımız bu geometrik ifade koşulsuz kararlı çalışma bölgesi (KKÇB), T_1 ve T_2 daireleri ve kazanç daireleri takımından oluşmakta olup bahsettiğimiz performans üçlüsünün ve buna bağlı terminasyon empedanslarının (Z_S, Z_L) belirlenmesi, tasarım konfigürasyonunun tipine bağlı olarak geometrik bir analiz sonucu elde edilmektedir.

Çalışmanın odak noktasını ise geribesleme devrelerinin birleşik iki-kapılı devreye olan gürültü etkisinin göz önüne alınmasıyla yapılan analiz oluşturmaktadır. Bu aşamada incelenen, iki-kapılı devrenin geribesleme empedanslarına maruz kalması ve bu geribesleme empedansının devrenin tümüne yaptığı gürültü katkısının temel iki-kapılı gürültü faktörü denkleminde (denk.4.1) yaptığı etki olacaktır. Çalışmamızda iki-kapılı devrelere geribesleme uygulanmasının, belirttiğimiz amaca yani istenilen çalışma koşullarındaki maksimum kazancı sağlamamıza olumlu yada olumsuz sağlayacağı katkıların ne olacağı irdelenecek ve muhtelif geribesleme konfigürasyonları ile sonuçlar bulunup karşılaştırılacaktır.

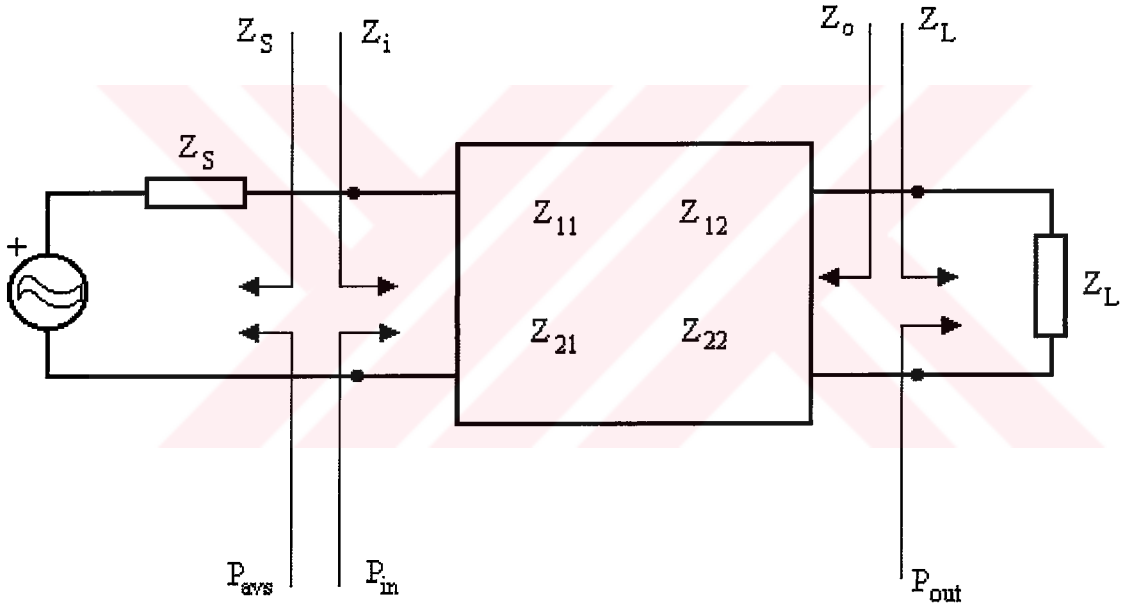
Bu çalışmada temel araç olarak MATLAB programı kullanılmış olup, kullanıcıya istediği transistör tipiyle istenilen çalışma koşullarında ve istenilen geribesleme tipi ve miktarının seçilerek çalışabilmesi olanağı sunulmuştur. Böylelikle çalışmamızın gerektirdiği çeşitlilikte parametreler ve koşullar değiştirilebilmiş ve aynı zamanda kullanıcının arzu ettiği karakteristiklere sahip bir devre dizayn etmesinde kullanabileceği, kompakt ve kolay kullanımlı bir yazılım oluşturulmuş olmaktadır.

Bilgisayar analizinde kullanılan programa ilişkin Tepe C. (1999) çalışmasında ortaya konulan program temel alınmış olup, aslen geribeslemesiz iki-kapılılar için tasarlanmış olan yazılım geribeslemeli devre analizi için gerekli şekilde modifiye edilmiş ve uygulanmıştır.

1.2 Problemin Tanımı

Keyfi bir kaynak empedansına ($Z_S = R_S + jX_S$) sahip lineer gürültülü iki-kapılının gürültü faktörü (Şekil 1.1), eşdeğer gürültü direnci (R_n), optimum kaynak empedansı ($Z_{opt} = R_{opt} + jX_{opt}$) ve minimum gürültü faktörü cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Güneş F., Güneş M., Fidan M. 1994) :

$$F = F_{\min} + \frac{R_n |Z_S - Z_{opt}|^2}{|Z_{opt}|^2 R_S} \quad (1.1)$$



Şekil 1.1 İki kapılı devre ve kapı empedansları

İki-kapılının giriş VSWR'ı, kaynak ve yük empedansları ile iki-kapılının giriş empedanslarının ($Z_i = R_i + jX_i$) bir fonksiyonudur:

$$V_i = \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} \quad (1.2)$$

Burada

$$|\rho_i| = \left| \frac{Z_S - Z_i^*}{Z_S + Z_i} \right| \quad (1.3)$$

$$Z_i = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

olup, $z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$ iki-kapılının küçük-işaret açık devre z-parametreleri, ρ_i ise giriş yansıma katsayısıdır.

Söz konusu iki-kapılının transdüser güç kazancı ise kaynak ve yük empedansları ile z-parametrelerinin bir fonksiyonu olup şu şekilde ifade edilebilir:

$$G_T = \frac{4R_S R_L |z_{21}|^2}{|(z_{11} + Z_S)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}|^2} \quad (1.4)$$

Buradaki problem, $\Phi_1 = F_{req} - F(R_S, X_S) = 0$, $\Phi_2 = V_{ireq} - V_i(R_S, X_S, R_L, X_L) = 0$ koşullarına bağlı olarak $G_T(R_S, X_S, R_L, X_L)$ 'nin maksimum değerini bulmak ve bu değeri sağlayan $Z_S = R_S + jX_S$, $Z_L = R_L + jX_L$ değerlerini elde etmek olarak tanımlanabilir. Burada F_{req} ve V_{ireq} , sırasıyla istenilen gürültü faktörü ve giriş VSWR'ıdır. Bu tezde kullanılacak yöntem matematiksel olmayıp, kaynak ve yük empedans düzlemlerindeki sabit gürültü, giriş VSWR ve kazanç dairelerine dayandırılmış geometrik bir yöntem olacaktır. Kullanılan yöntem aşağıdaki temel adımlardan oluşmaktadır:

- Önce verilen bir transistöre ilişkin F =sabit, V_i =sabit ve G_T =sabit dairelerine yönelik Z_S düzleminde analiz yapılır. Böylelikle gürültü ve VSWR dairelerinin Z_S düzlemindeki konumları belirlenerek bu konumlara bağlı olarak G_{Tmax} , Z_S ve Z_L değerleri bulunur.
- Z_i düzleminde yapılacak analizlerle kararlılık bölgeleri belirlenir.
- Maksimum kazanç (yada istenilen kazanç) için tüm mümkün Z_S ve Z_L değerleri kararlı bölgede kalacak şekilde belirlenir.

1.3 Z_S –düzleminde Sabit Gürültü, Giriş VSWR ve Kazanç Dairelerinin Elde Edilmesi

Z_S -düzleminde merkezi $Z_c = R_c + jX_c$ ve yarıçapı r_c olan bir daire denklemi aşağıdaki

şekilde verilebilir.

$$|Z_s - Z_c| = r \quad (1.5)$$

Bu ifadenin kanonik formdaki açılımı ise

$$|Z_s|^2 - 2R_c R_s - 2X_c X_s + |Z_c|^2 - r^2 = 0 \quad (1.6)$$

şeklindedir.

1.3.1 Sabit gürültü daireleri

(1.1) bağıntısı kullanılarak Z_s -düzlemindeki sabit gürültü dairesi aşağıdaki eşitliklerle ifade edilebilir:

$$|Z_s - Z_{opt}|^2 = 2NR_s \quad (1.7)$$

$$|Z_s|^2 - 2(R_{opt} + N)R_s - 2X_{opt}X_s + |Z_{opt}|^2 = 0 \quad (1.8)$$

$Z_{cn} = R_{cn} + jX_{cn}$ merkez fazörü ve r_n yarıçapı, (1.5) eşitliğinin yardımıyla aşağıdaki şekilde bulunabilir:

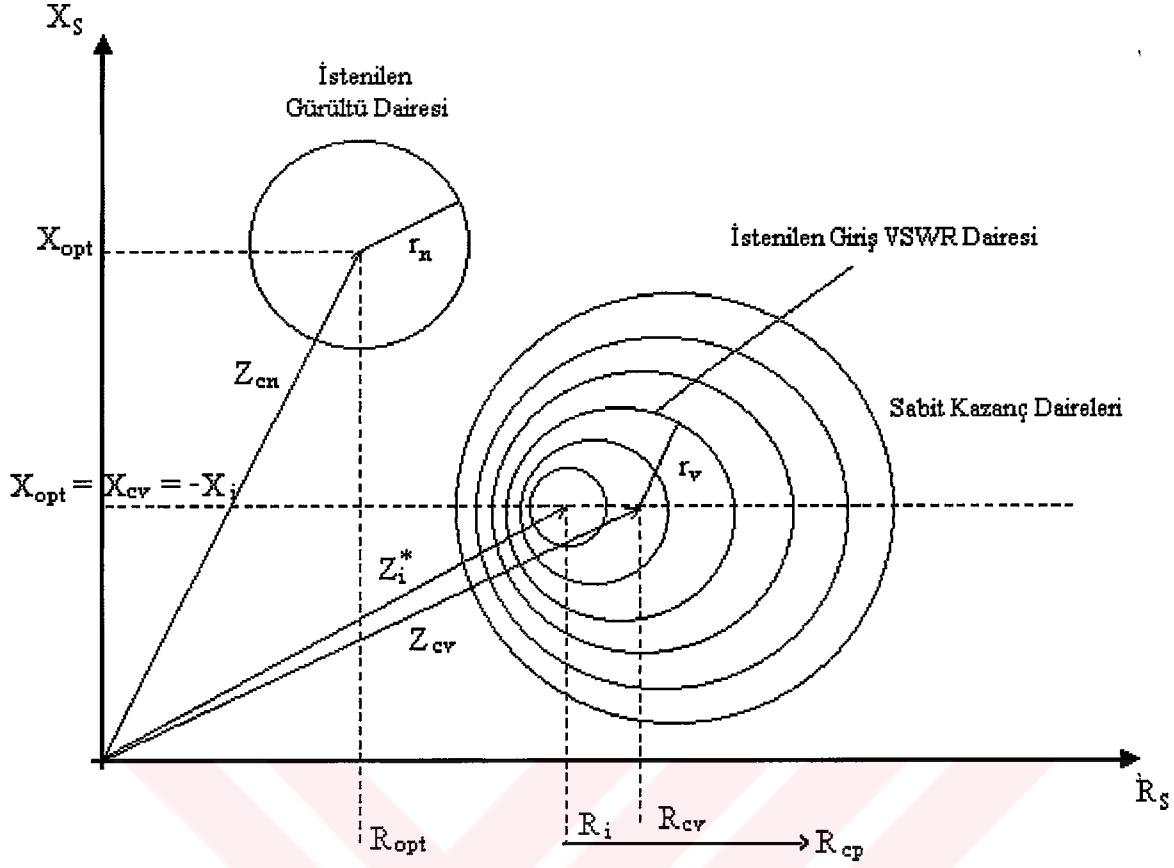
$$R_{cn} = R_{opt} + N \quad (1.9)$$

$$X_{cn} = X_{opt} \quad (1.10)$$

$$r_n = \sqrt{N(N + 2R_{opt})} \quad (1.11)$$

$$N = \frac{F_{req} - F_{min}}{2R_N} |Z_{opt}|^2 \quad (1.12)$$

F_{min} , R_N , R_{opt} , X_{opt} (1.1) bağıntısında verilmiş olup, F_{req} istenilen gürültüdür.



Şekil 1.2 Sabit gürültü faktörü, giriş VSWR ve kazanç daireleri

1.3.2 Sabit giriş VSWR daireleri

(1.3) eşitliği kullanılarak sabit giriş VSWR daireleri Z_S -düzleminde aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$|Z_s|^2 - 2R_i \frac{1+|\rho_i|^2}{1-|\rho_i|^2} R_s + 2X_i X_s + |Z_i|^2 = 0 \quad (1.13)$$

Burada (1.6) bağıntısının yardımıyla $Z_{cv} = R_{cv} + jX_{cv}$ merkez fazörü ve r_n yarıçapı aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$R_{cv} = \frac{1+|\rho_i|^2}{1-|\rho_i|^2} R_i \quad (1.14)$$

$$X_v = -X \quad (1.15)$$

$$r_v = 2 \frac{|\rho_i|}{1-|\rho_i|^2} R_i \quad (1.16)$$

Bu ifadelerdeki R_i ve X_i giriş empedansının sırasıyla reel ve imajiner kısımlarıdır ($Z_i = R_i + jX_i$). (1.14), (1.15), (1.16) bağıntılarından da açıkça görüleceği üzere $|\rho_i| = 0$ olduğunda $Z_{cv} = Z_i$, $r_v = 0$ ve giriş VSWR=1 yani giriş kapısında kompleks eşlenik uydurma olur.

1.3.3 Sabit transdüser kazanç daireleri

Transdüser güç kazancına ilişkin (1.4) bağıntısını Z_s 'ye göre düzenlersek

$$|Z_s|^2 - 2\left(\frac{C}{G_T} - R_i\right)R_s + 2X_iX_s + |Z_i|^2 = 0 \quad (1.17)$$

ifadesi elde edilir. Burada

$$C = \frac{2R_L|z_{11}|^2}{|z_{22} + Z_L|^2} \quad (1.18)$$

şeklinde bir sabittir.

Z_s -düzleminde sabit transdüser güç kazanç dairelerinin $Z_{cp} = R_{cp} + jX_{cp}$ merkez fazörü ve r_p yarıçapı aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$R_{cp} = \frac{C}{G_T} - R_i \quad (1.19)$$

$$X_{cp} = -X_i \quad (1.20)$$

$$r_p = \sqrt{\frac{C}{G} \left(\frac{C}{G_T} - 2R_i \right)} \quad (1.21)$$

Maksimum kazancın, yarıçapı sıfıra eşit olan limit dairesi için elde edilebileceğini biliyoruz. Buradan yola çıkarak $r_p = 0$ ve $C > 0$ şartlarında $(C/G_T) = 2R_i$ 'yi (1.19) eşitliğinde yerine koyarsak $Z_p = Z_s = Z_i^*$ olarak bulunur. Çıkan bu sonuçtan da görüleceği üzere maksimum kazanç sağlama şartı olarak kaynak empedansının giriş empedansının kompleks eşleniğine eşitlenmesi gerektiği söylenebilir. (1.15) ve (1.20) ifadelerinden giriş VSWR ve transdüser kazanç dairelerinin merkezlerinin ($-X_i$) imajiner eksenin üzerinde olduğu görülecektir, ayrıca Şekil 1.2'den de bu durum kolaylıkla görülebilir. Bunun yanında $R_{cn} = R_{cv}$ olduğu

takdirde $r_n = r_c$ olduğu da gösterilebilir.

(1.14) ve (1.19) eşitlenirse

$$\frac{C}{G_T} = \frac{2R_i}{1-|\rho_i|^2} \quad (1.22)$$

elde edilecektir. Bu ifade (1.21) eşitliğinde yerine konularak

$$r_p = 2 \frac{|\rho_i|}{1-|\rho_i|^2} R_i \quad (1.23)$$

bulunur. Sonuçta r_p (1.16)'da verilen r_v ifadesine eşit çıkmıştır. C ifadesi (1.22)'de yerine konulursa sonuçta Z_S -düzleminde istenen giriş VSWR'ı karşılayan maksimum kazanç bulunur:

$$G_T = \frac{|z_{11}|^2}{|z_{22} + Z_L|^2} \frac{R_L}{R_i} (1-|\rho_i|^2) \quad (1.24)$$

(1.24) ifadesi şekil 1.1'den de görülebilir. Burada,

$$G_T = \frac{P_{out}}{P_{avs}} = \frac{P_{in}}{P_{avs}} \cdot \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1.25)$$

şeklindedir. Çalışma güç kazancı G_{out} ise,

$$G_{out} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1.26)$$

şeklinde tanımlanabilir. Ayrıca,

$$G_{out} = \frac{|z_{11}|^2 R_L}{|z_{22} + Z_L|^2 R_i} \quad (1.27)$$

ve

$$\frac{P_{in}}{P_{avs}} = \frac{4R_S R_i}{|Z_S + Z_i|^2} = \frac{|Z_S + Z_i|^2 - |Z_S - Z_i^*|^2}{|Z_S + Z_i|^2} = 1 - |\rho_i|^2 \quad (1.28)$$

olduğundan (1.25) ifadesinden (1.24) ifadesine ulaşılabilir.

Bütün bu ifadelerin sonucu olarak sadece istenen gürültü ve giriş VSWR dairelerinin Z_S düzleminde göz önüne alınmasının yeterli olabileceği söylenebilir. Çünkü bu iki dairenin sahip olacağı ortak noktalar yalnız gürültü ve giriş VSWR şartlarını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda Z_S -düzleminde transdüser güç kazancını da maksimum yapar.

Bu çalışmaların sonucunda verilen gürültü dairesinin Z_S -düzleminde sabit olduğunu ve istenen giriş VSWR dairesinin (Z_i) giriş empedansı yoluyla yük empedansına bağlı olarak yer değiştirebileceğini gördük. Bu nedenle aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür:

- a) Bu iki daire birbirine dokunmayabilir,
- b) Birbirine iç veya dış teğet olabilir,
- c) Birbirini kesebilir.

Bundan sonraki bölümlerde bu durumlar ayrıntıları ile incelenecektir.

1.3.4 Z_S -düzleminde sabit gürültü ve giriş VSWR dairelerinin konumları

Şekil 1.3'de Z_S -düzleminde gürültü ve giriş VSWR dairelerinin birbirine teğet olduğu durumlar gösterilmiştir (iç ve dış teğet durumu). Z_S -düzleminde her iki pozisyon için de geçerli olacak bir genel eşitlik ifadesi aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$|Z_{cn} - Z_{cv}|^2 = (r_n \pm r_v)^2 \quad (1.29)$$

(1.9) - (1.11) ve (1.14) - (1.16) 'daki Z_{cn} , r_n , Z_{cv} , r_v ifadeleri (1.29)'da yerlerine konursa Z_S -düzlemindeki teğet durumda olan gürültü ve giriş VSWR daire çifti, Z_i -düzleminde aşağıda verilen eşitlikteki gibi ifade edilebilir (Güneş F., Güneş M., Fidan M., 1994):

$$|Z_i|^2 - 2 \left[(R_{opt} + N) \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} \pm 2\sqrt{N(N + R_{opt})} \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} \right] R_i + 2X_{opt}X_i + |Z_{opt}|^2 = 0 \quad (1.30)$$

1.3.4.1 Dış teğet durumu

(1.30)'daki ifadede işaretin pozitif alındığı durumda, T_1 dairesinin merkezi ($Z_{ct1} = R_{ct1} + jX_{ct1}$) ve yarıçapı (r_{t1}) için aşağıdaki ifadeler elde edilebilir (Güneş F., Güneş M., Fidan M., 1994):

$$R_{ct1} = R_{cn}U + r_nV \quad (1.31)$$

$$X_{ct1} = -X_{opt} \quad (1.32)$$

$$r_{t1} = \sqrt{|Z_{ct1}|^2 - |Z_{opt}|^2} \quad (1.33)$$

Burada,

$$U = \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} \quad (1.34)$$

$$V = \frac{2|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} \quad (1.35)$$

olarak tanımlıdır. R_{cn} ve r_n ise (1.9) ve (1.11) eşitliklerinde verilmiştir.

1.3.4.2 İç teğet durumu

(1.30)'daki ifadede işaret negatif alındığı takdirde, T_2 dairesinin merkezi ($Z_{ct2} = R_{ct2} + jX_{ct2}$) ve yarıçapı (r_{t2}) için aşağıdaki ifadeler elde edilecektir (Güneş F., Güneş M., Fidan M., 1994):

$$R_{ct2} = R_{cn}U + r_nV \quad (1.36)$$

$$X_{ct2} = -X_{opt} \quad (1.37)$$

$$r_{t2} = \sqrt{|Z_{ct2}|^2 - |Z_{opt}|^2} \quad (1.38)$$

T_1 ve T_2 dairelerinin merkezleri aynı imajiner eksen üzerindedir ve T_2 dairesi T_1 dairesine dokunmamak kaydıyla her zaman T_1 dairesinin içinde bulunmaktadır (Şekil 1.7). Bu koşul tüm durumlarda aşağıda verilen eşitsizliğin varolduğu gösterilerek ispat edilebilir:

$$r_{t1} > R_{ct1} - R_{ct2} + r_{t2} \quad (1.39)$$

Buradaki ifadede eşitlik sadece $|\rho_i| = 0$ (yani VSWR=1) olduğunda sağlanabilir. Bu durumda (1.31) eşitliğindeki V 'nin çözümü sıfır olur ve R_{ct1} ve r_{t1} sırasıyla, R_{ct2} ve r_{t2} 'ye eşit hale gelir. Sonuçta T_1 ve T_2 daireleri üst üste çakışarak tek daire halini alır. Bu şartlar altında Z_i -düzleminde sadece tek bir daire oluşacak ve Z_s -düzleminde istenilen VSWR dairesi artık bir daire değil bir nokta durumuna gelecektir.

Şekil 1.4'te Z_i -düzleminde T_1 ve T_2 daireleriyle sınırlanmış 5 farklı bölge görülmekte olup bu bölgeler, Z_S -düzleminde, istenen giriş VSWR dairesiyle gürültü dairesinin aşağıda açıklanacak olan farklı etkileşimlerinin karşılıklarıdır (Şekil 1.5):

1. Bölge : T_1 dairesinin dışında seçilen herhangi bir Z_i (giriş empedansı) için Z_S -düzleminde istenilen giriş VSWR dairesiyle gürültü dairesi birbirlerine değmemektedir (Şekil 1.5a).

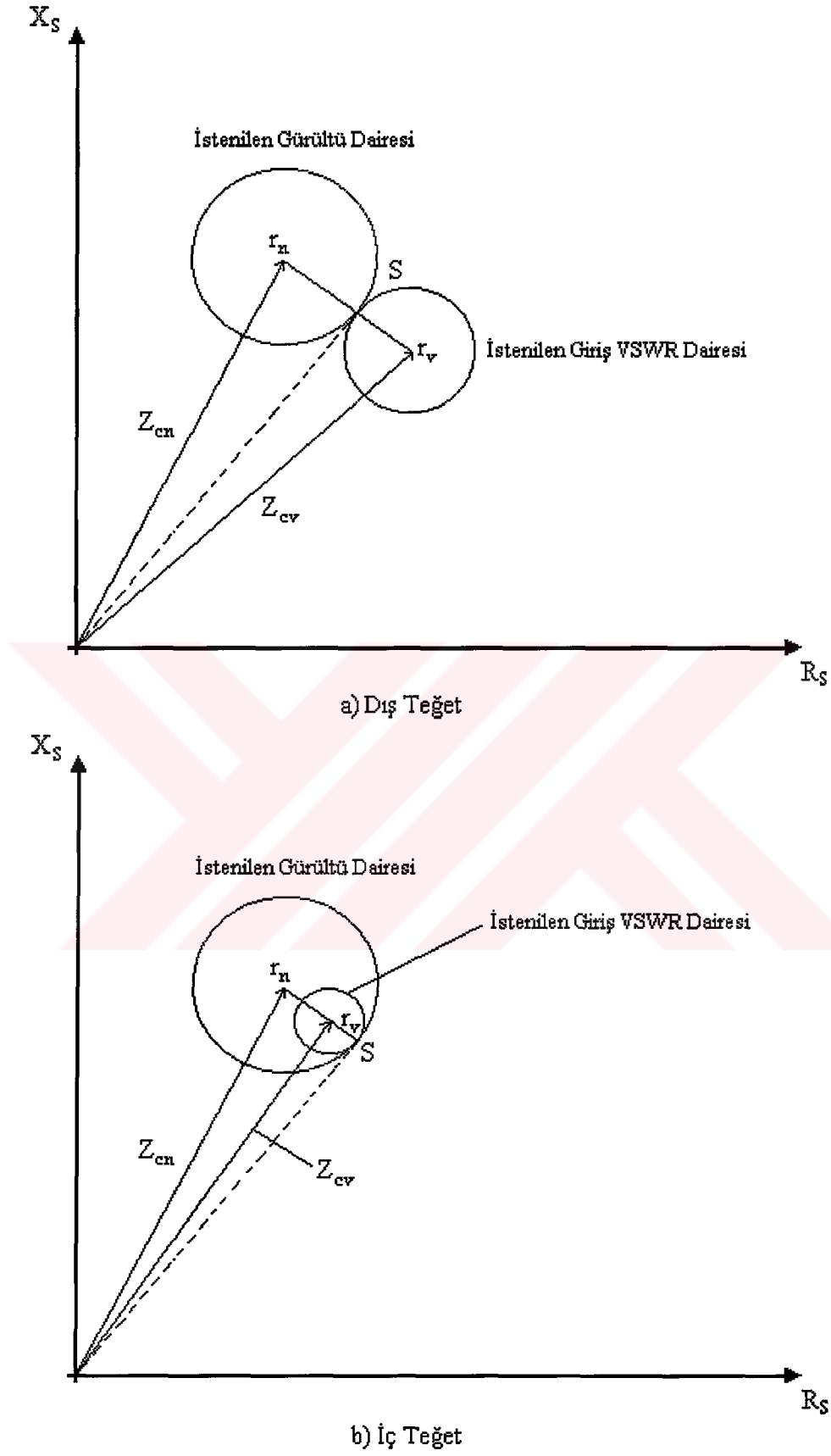
2. Bölge : T_1 dairesi üzerinde seçilen bir Z_i empedansı, Z_S düzleminde istenen giriş VSWR ve gürültü dairelerinin dıştan teğet olduğu duruma karşılık gelir (Şekil 1.5b).

3. Bölge : T_1 ve T_2 dairelerinin arasındaki bölgede seçilen herhangi bir Z_i empedansı için Z_S -düzleminde istenen giriş VSWR ve gürültü daireleri birbirlerini iki ayrı noktadan keserler. Bu durumda Z_S -düzleminde iki ayrı çözüm vardır.

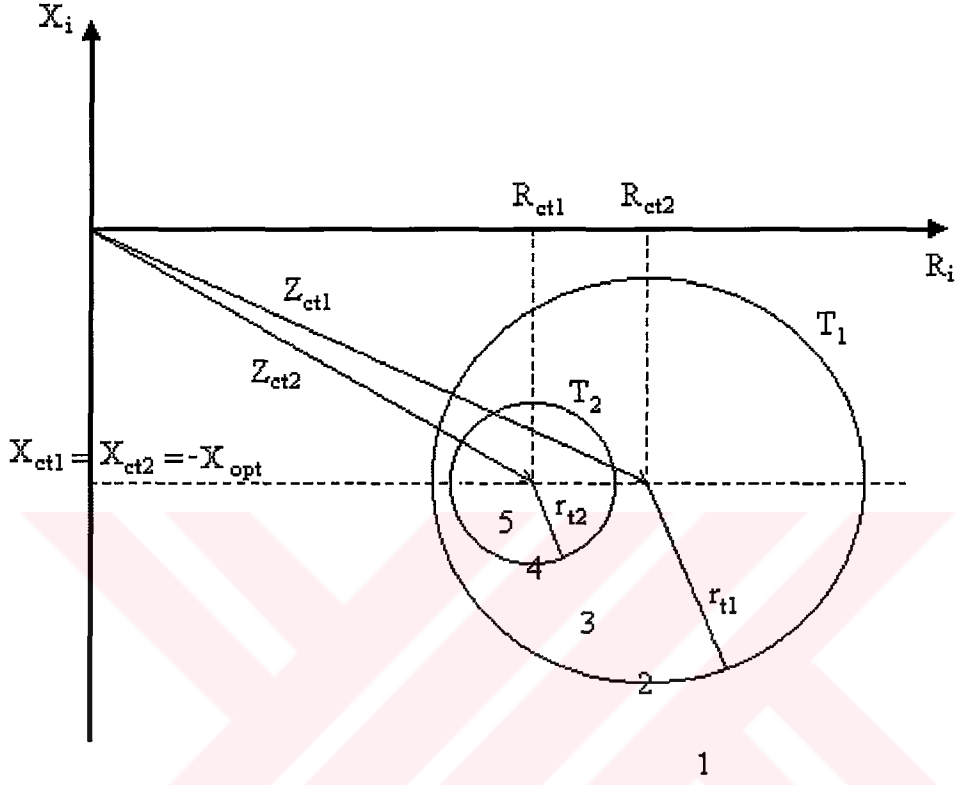
4. Bölge : T_2 dairesi üzerinde seçilen bir Z_i empedansı için istenen giriş VSWR ve gürültü daireleri, Z_S -düzleminde içten teğet durumundadır.

5. Bölge : Z_i 'nin T_2 dairesi içinde seçilmesi durumunda istenen giriş VSWR ve gürültü daireleri Z_S -düzleminde birbirlerine değmeden iç içe bulunurlar.

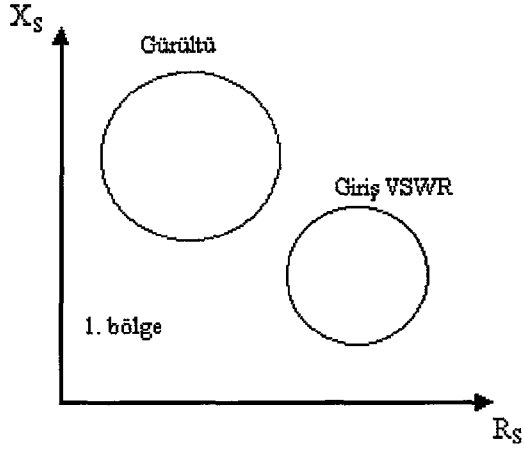
Şekil 1.5a ve 1.5b'den de görüleceği üzere Z_i -düzlemindeki 1. ve 5. bölgeler için, Z_S -düzlemindeki istenen giriş VSWR ve gürültü dairelerinin hiçbir ortak noktası bulunmamaktadır. Bu nedenle bu durumlarda istenen giriş VSWR ve gürültü faktörü için maksimum kazanç çözümü yoktur.



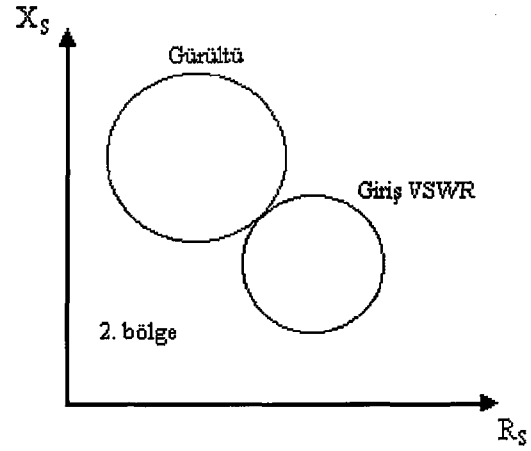
Şekil 1.3 Z_s -düzleminde istenilen gürültü faktörü ile giriş VSWR'ın teğet durumları



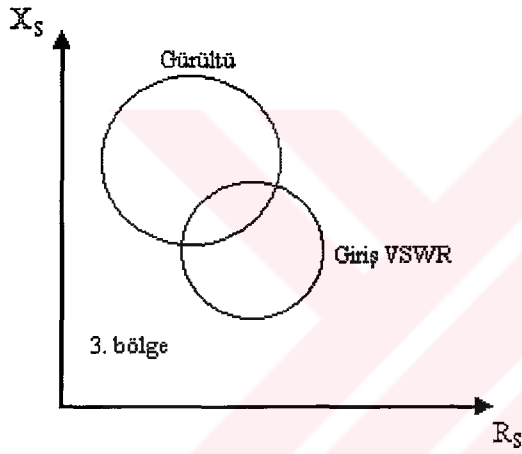
Şekil 1.4 Z_s -düzleminde giriş VSWR ve gürültü dairelerinin durumlarını belirleyen Z_i -düzlemindeki feş farklı bölge



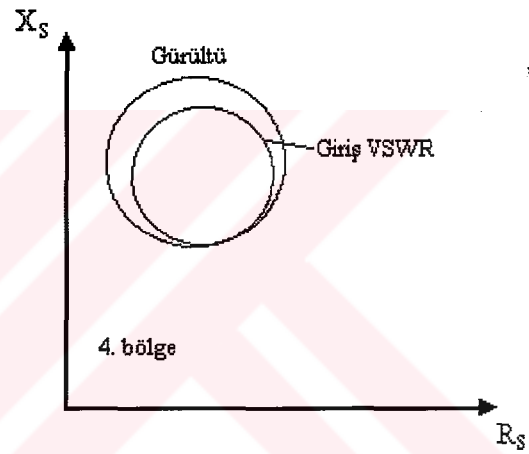
(a)



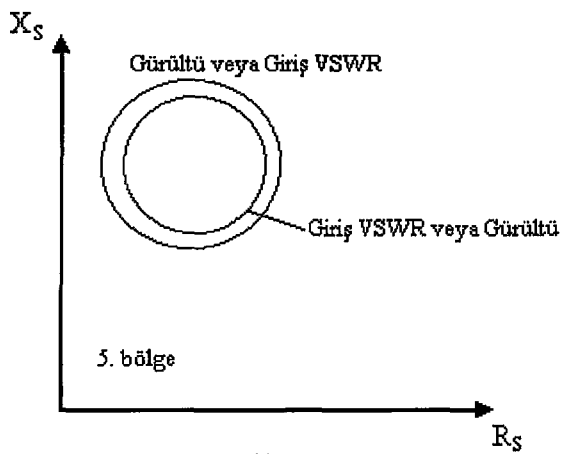
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 1.5 Z_i -düzleminde beş bölgenin belirlediği Z_s -düzlemindeki giriş VSWR ve gürültü dairelerinin durumları

2. KOŞULSUZ KARARLI MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜ

2.1 Verilen Giriş VSWR İçin Z_i -Düzleminde Sabit Kazanç Daireleri

Önümüzdeki koşullu optimizasyon probleminin geometrik ve analitik çözümlerinin bulabilmek amacıyla istenen giriş VSWR'ı gerçekleyen sabit kazanç daireleri Z_i -düzleminde oluşturulacak ve bu kazanç dairelerinin çözüm bölgeleri içindeki değerleri araştırılıp bütün koşulları sağlayanlar çözüm kümesini oluşturacaktır.

(1.24) ifadesinde verilen yük empedansı, giriş empedansı cinsinden ifade edilirse, bu eşitlik aşağıda verilen şekle dönüşecektir:

$$|Z_i|^2 - \frac{1}{r_{22}} \left(2r_{11}r_{22} - r - \frac{G_T |z_{12}|^2}{1 - |\rho_i|^2} \right) R_i - \frac{1}{r_{22}} (2x_{11}r_{22} - x)x_i - \frac{1}{r_{22}} (rr_{11} + xx_{11}) + |z_{11}|^2 = 0 \quad (2.1)$$

Görüleceği üzere, bu ifade Z_i -düzleminde bir daire denklemdir. Burada,

$$r_{ij} = \operatorname{Re}\{z_{ij}\} \quad x_{ij} = \operatorname{Im}\{z_{ij}\} \quad z = z_{12}z_{21} = r + jx \quad (2.2)$$

olarak tanımlıdır.

(2.1) ifadesiyle verilen bu daire ailesinin merkezi ve yarıçapı sırasıyla $Z_{cg} = R_{cg} + jX_{cg}$ ve r_g olsun. Bu daire için,

$$R_{cg} = \frac{1}{2r_{22}}(Q - P) \quad (2.3)$$

$$X_{cg} = \frac{1}{2r_{22}}(2x_{11}r_{22} - x) \quad (2.4)$$

$$r_g = \frac{1}{2r_{22}} \sqrt{P^2 - 2QP + |z|^2} \quad (2.5)$$

olacaktır. Burada,

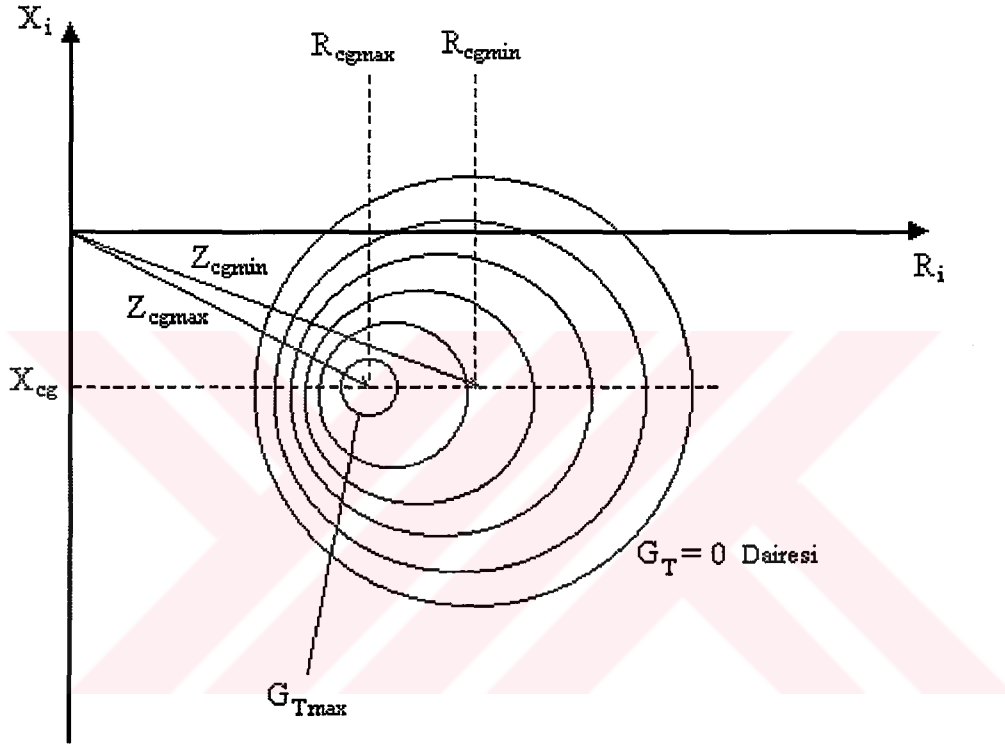
$$P = \frac{|z_{12}|^2}{1 - |\rho_i|^2} G_T \quad (2.6)$$

$$Q = 2r_{11}r_{22} - r \quad (2.7)$$

(2.5), (2.6) ve (2.7)'den görüleceği üzere X_{cg} sabit tutulduğunda G_T 'nin artması ile R_{cg} azalacaktır (şekil 2.1) ve maksimum kazanç sadece yarıçap r_g sifira eşit olduğu takdirde ulaşılacaktır. Bu noktada, (2.5) ifadesi ile verilen r_g sifira eşitlenirse,

$$P = Q \pm \sqrt{(Q^2 - |z|^2)} \quad (2.8)$$

elde edilir.



Şekil 2.1 İstenilen giriş VSWR'ı sağlayan sabit kazanç daireleri

Burada üzerinde durulması gereken önemli bir nokta, yukarıda anlatılan durumun sadece iki kapılının koşulsuz kararlı olması durumunda geçerlilik kazanacağıdır; aksi takdirde koşulsuz kararlılık şartları olan $r_{11} > 0$, $r_{22} > 0$ ve $2r_{11}r_{22} - r > |z|$ eşitsizlikleri sağlanamayacağından (2.8) ifadesindeki karekök negatif olacaktır. (2.8) ifadesi (2.5) eşitliğinde yerine konursa $R_{cg} > 0$ şartını sağlayan çözüm aşağıdaki şekilde bulunacaktır:

$$Z_{i\max} = Z_{cg\max} = R_{cg\max} + jX_{cg} \quad (2.9)$$

Burada,

$$R_{cg \max} = \frac{1}{2r_{22}}(Q^2 - |z|^2) \quad (2.10)$$

şeklindedir ve X_{cg} (2.4) ifadesindeki gibidir. Bu koşullar altında istenen giriş VSWR'ı sağlayan maksimum transdüser kazancı şu şekilde bulunacaktır (Güneş F., Güneş M., Fidan M., 1994):

$$G_{T \max} = \left\{ Q - \sqrt{Q^2 - |z|^2} \right\} \frac{1 - |\rho_i|^2}{|z_{12}|^2} \quad (2.11)$$

İki kapılıının her iki kapısında da kompleks eşlenik uydurma sağlandığı takdirde ($|\rho_i| = 0$), yukarıdaki ifadeden maksimum kullanılabilir güç kazancına da (MAG: maximum available gain) ulaşılabilir.

(2.1) eşitliği ile ifade edilen daire ailesinin limit dairesi, (2.6) eşitliğinde $G_T = 0$ alınıp, (2.3) ve (2.5) ifadelerinin yeniden düzenlenmesi ile bulunabilir. Bu durumda, limit dairesinin merkezi ($Z_{cg \min}$) ve yarıçapı ($r_{g \min}$) aşağıdaki şekilde bulunacaktır:

$$Z_{cg \min} = R_{cg \min} + jX_{cg} \quad (2.12)$$

$$R_{cg \min} = \frac{Q}{2r_{22}} \quad (2.13)$$

$$r_{g \min} = \frac{|z|}{2r_{22}} \quad (2.14)$$

Devrenin mutlak kararlılığı için $Q > |z|$ olduğunda $R_{cg \min} > Z_{cg \max}$ olacaktır ve sonuç olarak, limit ($G_T = 0$) dairesi bütünüyle pozitif reel düzlemde olup $G_T > 0$ olan bütün daireler limit dairesinin içinde kalacaktır.

2.2 İstenen Giriş VSWR ve Gürültü Faktörünü Sağlayan Koşulsuz Kararlı Transistörün Kazanç Daireleri ve Empedans Verileri

Bundan önceki bölümde verdiğimiz koşulsuz kararlılık şartları altında geometrik çözüm tamamen $Z_{cg \max}$ 'ın pozisyonuna bağlıdır (Şekil 2.2). Örneğin $Z_{cg \max}$ 1. bölgede ise, maksimum kazanç T_1 dairesine teğet durumdaki sabit kazanç dairesinin değeri olacaktır. Benzer biçimde $Z_{cg \max}$ 'ın 5. bölgede olduğu durumda, maksimum kazanç T_2 dairesi ile teğet

2.2.1 Z_{cgmax} 'ın 1. bölgede kalması

Kazanç dairelerinden herhangi biri ve T_1 dairesi için teğet olma durumunu ifade edersek:

$$|Z_{cg} - Z_{ct1}|^2 = (r_{t1} + r_g)^2 \quad (2.15)$$

yada

$$|Z_{cg}|^2 + |Z_{ct1}|^2 - 2R_{cg}R_{ct1} - 2X_{cg}X_{ct1} = r_{t1}^2 + r_g^2 + 2r_{t1}r_g \quad (2.16)$$

olacaktır. R_{cg} , X_{cg} , r_g ve R_{ct1} , X_{ct1} , r_{t1} için bundan önceki bölümlerde belirtilen ifadelerden de yararlanarak aşağıdaki eşitliğe ulaşılabilir:

$$P^2(1 - F^2) - 2(Q + EF)P + |z|^2 - E^2 = 0 \quad (2.17)$$

Burada,

$$E = \frac{Dr_{22} - R_{ct1}(2r_{11}r_{22} - r) - 2X_{ct1}X_{cg}r_{22}}{r_{t1}} \quad (2.18)$$

$$F = \frac{R_{ct1}}{r_{t1}} \quad (2.19)$$

$$D = |Z_{cg}|^2 - r_g^2 + |Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2 \quad (2.20)$$

şeklindedir. (2.20) eşitliği iki kapılı parametreleriyle de ifade edilebilir:

$$D = \frac{r_{22}|z_{11}|^2 - rr_{11} - xx_{11}}{r_{22}} + |Z_{opt}|^2 \quad (2.21)$$

Q , (2.7) eşitliği ile tanımlanmıştır. Buna dayanılarak (2.17) eşitliği çözülür ve (2.6)'da yerine konursa G_T için aşağıdaki ifade bulunacaktır:

$$G_{T1,2} = \frac{1 - |\rho_i|^2}{|z_{12}|^2(1 - F^2)} \left\{ Q + EF \pm \sqrt{(Q + EF)^2 - (1 - F^2)(|z|^2 - E^2)} \right\} \quad (2.22)$$

$F > 0$ ve $1 - F^2 < 0$ olduğunda (2.22)'deki negatif işaret daha fazla kazanç sağlayacaktır. Buradan da görüleceği üzere maksimum kazanç, kaynak yada yük empedanslarının direkt bir fonksiyonu olmayıp istenilen giriş VSWR, gürültü faktörü ve z-parametrelerinin direkt fonksiyonu durumundadır.

Şekil 2.2'den görüleceği üzere, sabit kazanç dairesinin T_1 dairesine teğet olduğu durumda Z_i empedansı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Z_i = \frac{r_g}{r_{t1} + r_g} Z_{ct1} + \frac{r_{t1}}{r_{t1} + r_g} Z_{cg} \quad (2.23)$$

Burada Z_{ct1} ve r_{t1} T_1 dairesinin, Z_{cg} ve r_g ise G_T dairesinin merkez ve yarıçaplarıdır. Bu duruma ilişkin yük empedansı da giriş empedansı cinsinden şu şekilde bulunabilir:

$$Z_L = \frac{z_{12} z_{21}}{z_{11} - Z_i} - z_{22} \quad (2.24)$$

Uygun kaynak empedansı Z_s ise Z_S -düzleminde gürültü ve giriş VSWR dairelerinin teğet noktasındaki empedanstır (Şekil 1.3a) ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Z_s = \frac{r_n}{r_n + r_v} Z_{cv} + \frac{r_v}{r_v + r_n} Z_{cn} \quad (2.25)$$

Burada Z_{cn} ve r_n gürültü dairesinin, Z_{cv} ve r_v ise giriş VSWR dairesinin merkez ve yarıçaplarıdır.

2.2.2 $Z_{cg\max}$ 'ın 2. bölgede kalması

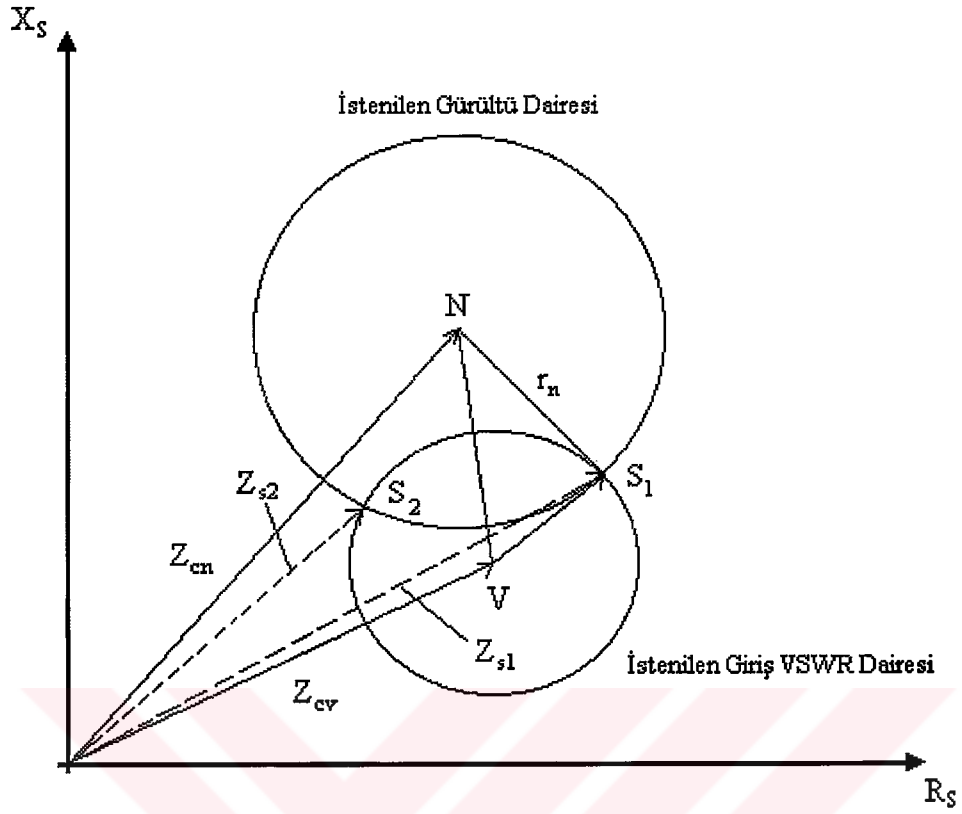
2. bölge, Z_S -düzleminde giriş VSWR dairesini gürültü dairesine teğet yapan bütün giriş empedanslarının geometrik yeri yani T_1 dairesinin kendisidir. $Z_{cg\max}$ 'ın 2. bölgede kalması durumunda, maksimum kazanç (2.11)'de verilen $G_{T\max}$ olup buna karşı düşen giriş empedansı da (2.9)'da verilen $Z_{cg\max}$ olacaktır. Yük ve kaynak empedansları da sırasıyla (2.24) ve (2.25) eşitliklerinden bulunabilir.

2.2.3 $Z_{cg\max}$ 'ın 3. bölgede kalması

$Z_{cg\max}$ 3. bölgede olduğu zaman, istenen giriş VSWR dairesi Z_S -düzleminde gürültü dairesini kesecektir. Bu durumda hem istenen giriş VSWR'ı hem de gürültüyü sağlayan 2 kaynak empedansı birden olacaktır (Şekil 2.3). Maksimum kazanç yine (2.11)'de verilen $G_{T\max}$ olup, giriş empedansı Z_i ise (2.9)'da verildiği şekilde $Z_{cg\max}$ olacaktır.

Şekil 2.3'de gösterilen kaynak empedansları Z_{s1} ve Z_{s2} için dairelerin kesişme noktalarından

aşağıda verilecek olan ifadeler çıkarılabilir:



Şekil 2.3 Z_{cgmax} 3. bölgedeyken kaynak empedansları

$$Z_{s1,2} = R_{s1,2} + jX_{s1,2} \quad (2.26)$$

$$R_{s1,2} = C \pm \sqrt{C^2 - D} \quad (2.27)$$

$$X_{s1,2} = AR_{s1,2} + B \quad (2.28)$$

Burada,

$$A = \frac{R_{cn} - R_{cv}}{X_{cv} - X_{cn}} \quad (2.29)$$

$$B = \frac{|Z_i|^2 - |Z_{opt}|^2}{2(X_{cv} - X_{cn})} \quad (2.30)$$

$$C = \frac{R_{cn} + AX_{cn} - AB}{1 + A^2} \quad (2.31)$$

$$D = \frac{B^2 + |Z_{opt}|^2 - 2X_{cn}B}{1 + A^2} \quad (2.32)$$

2.2.4 Z_{cgmax} 'ın 5. bölgede kalması

Z_{cgmax} 'ın 5. bölgede kalması halinde maksimum kazanç, sabit kazanç dairesi ve T_2 dairesinin birbirlerine iç teğet durumda buldukları noktada elde edilebilir. Bu durum aynı zamanda, Z_S -düzleminde gürültü ve giriş VSWR dairelerinin birbirlerine iç teğet olma durumunu da sağlar. İki dairenin teğet pozisyonu için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$|Z_{cg} - Z_{ct2}|^2 = (r_g - r_{t2})^2 \quad (2.33)$$

Bu eşitlik görüleceği üzere (2.15) ifadesine çok benzemektedir. Öyle ki Z_{cgmax} 'ın 1. bölgede kalması durumunda elde edilen ifadelerin tümü, Z_{ct2} ve $-r_{t2}$ yerine sırasıyla Z_{ct1} ve r_{t1} konması kaydıyla Z_{cgmax} 'ın 5. bölgede kaldığı durumda da geçerlilik kazanacaktır. Bu sebeple iki dairenin teğet olduğu noktadaki giriş empedansı şu şekilde olacaktır:

$$Z_i = \frac{r_g}{r_g - r_{t2}} Z_{ct2} + \frac{r_{t2}}{r_g + r_{t2}} Z_{cg} \quad (2.34)$$

Buna ilişkin kaynak empedansı da hangi dairenin daha geniş olduğuna bağlı olarak aşağıdaki şekilde bulunabilir:

Eğer $r_n > r_v$ ise,

$$Z_S = \frac{r_n}{r_n - r_v} Z_{cv} - \frac{r_v}{r_n + r_v} Z_{cn} \quad (2.35)$$

$r_n \leq r_v$ durumunda ise,

$$Z_S = \frac{r_v}{r_v - r_n} Z_{cn} - \frac{r_n}{r_v + r_n} Z_{cv} \quad (2.36)$$

olacaktır.

2.2.5 Z_{cgmax} 'ın 4. bölgede kalması

Bu durumda maksimum kazanç ve buna ilişkin giriş empedansı sırasıyla, daha önce de tanımlanmış olan G_{Tmax} ve Z_{imax} değerleri olacaktır. Kaynak empedansı, gürültü ve giriş

VSWR dairelerinin yarıçaplarına bağı olarak (2.35) yada (2.36) eşitliklerinden türetilir.



3. KOŞULLU KARARLI MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜ

3.1 Kaynak Kararlılık Dairesi

$r_{11} > 0$, $r_{22} > 0$ ve $0 < (Q/|z|) < 1$ olması durumunda söz konusu transistör için koşullu kararlılık durumu geçerlidir. (2.1)'de verilen ifade kaynak kararlılık dairesinin merkezi ve yarıçapı göz önüne alınarak yeniden düzenlenirse aşağıdaki eşitliğe ulaşılır (Güneş F., Güneş M., Fidan M., 1994):

$$|Z_i|^2 + 2(R_{cs} + S)R_i + 2X_{cs}X_i + |Z_{cs}| - r_s^2 = 0 \quad (3.1)$$

Burada,

$$S = \frac{|z_{12}|^2 G^T}{2r_{22}(1 - |\rho_i|^2)} \quad (3.2)$$

şeklindedir. Kaynak kararlılık dairesine ait merkez ve yarıçapı sırasıyla, $Z_{cs} = R_{cs} + jX_{cs}$ ve r_s olup, aşağıdaki ifadelerle tanımlanabilirler:

$$R_{cs} = -\frac{2r_{11}r_{22} - r}{2r_{22}} \quad (3.3)$$

$$X_{cs} = -\frac{2x_{11}r_{22} - x}{2r_{22}} \quad (3.4)$$

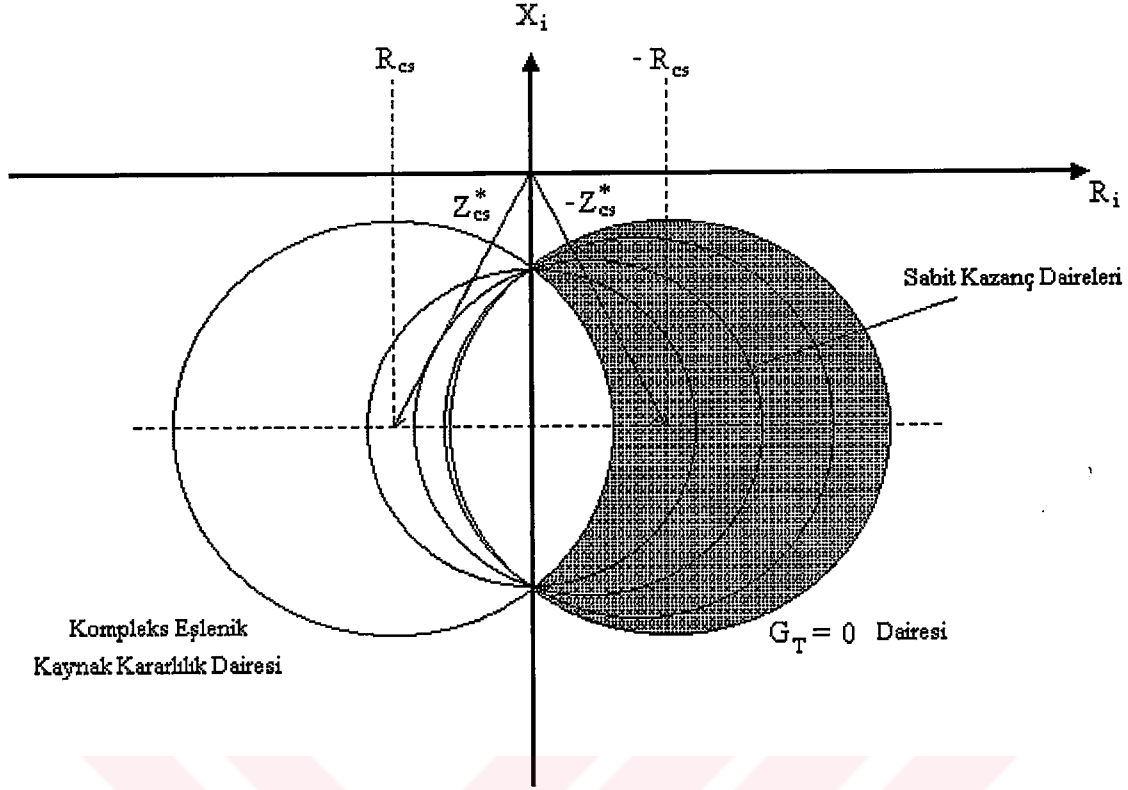
$$r_s = \frac{|z|}{2r_{22}} \quad (3.5)$$

Kazanç daire ailesine ilişkin merkez ve yarıçapı ise sırasıyla $Z_{cg} = R_{cg} + jX_{cg}$ ve r_g olup şu şekilde ifade edilirler:

$$R_{cg} = -(R_{cs} + S) \quad (3.6)$$

$$X_{cg} = -X_{cs} \quad (3.7)$$

$$r_g = (S^2 + 2SR_{cs} + r_s^2) \quad (3.8)$$



Şekil 3.1 Koşullu kararlı transistör için Z_i -düzleminde sabit kazanç daireleri

G_T dairelerinin özellikleri (3.1)-(3.8) eşitliklerinde faydalanılarak aşağıdaki biçimde ifade edilebilirler:

- Tüm G_T daireleri imajiner ekseni aynı noktadan keserler. Bu nokta aynı zamanda kompleks eşlenik kaynak kararlılık dairesinin (CSSC – conjugate source stability circle) imajiner ekseni kestiği noktadır (Şekil 3.1).
- Merkez ve yarıçapı sırasıyla $Z_{og\min} = -R_{cs} - jX_{cs}$ ve $r_{g\min} = r_s$ olan $G_T = 0$ dairesi eşlenik kaynak kararlılık dairesinin imajiner eksene göre simetriğidir.
- $G_{T\max} > G_T > 0$ daireleri her zaman $G_T = 0$ dairesi ve eşlenik kaynak kararlılık dairesinin pozitif reel düzlemde kalan arkıyla sınırlanmış bölgede bulunacaktır (Şekil 3.1'deki taralı alan). Bu dairelerin merkez fazörleri daima $X_i = -X_{cs}$ doğrusu üzerinde bulunurlar. Burada dikkat edilmesi gereken nokta şudur ki; koşulsuz kararlılık durumunda G_T dairelerinin tümü Z_i -düzleminin sağ yarısında kalmakta idi. Koşullu kararlılık durumunda ise maksimum kazanç, eşlenik kaynak kararlılık dairesinin pozitif reel düzlemde kalan arki üzerinde olacaktır.

Giriş VSWR'ına bağlı olarak maksimum kazanç, (3.3)-(3.5) ifadelerinde $R_{cg} = R_{cs}$ alınarak aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$G_T = 2 \frac{1 - |\rho_i|^2}{|z_{12}|^2} (2r_{11}r_{22} - r) \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte $|\rho_i| = 0$ alınırsa maksimum kararlı kazanç (MSG – maximum stable gain) ifadesine ulaşılır:

$$MSG = 2 \left| \frac{z_{21}}{z_{12}} \right| \eta \quad (3.10)$$

Burada η kararlılık faktörü olup

$$\eta = \frac{2r_{11}r_{12} - r}{|z|} \quad (3.11)$$

şeklinde ifade edilir. Koşullu kararlılık durumunda $0 < \eta < 1$ durumu geçerlidir.

3.2 İstenen Giriş VSWR ve Gürültü Faktörünü Sağlayan Koşullu Kararlı Transistörün Kazanç Daireleri ve Empedans Verileri

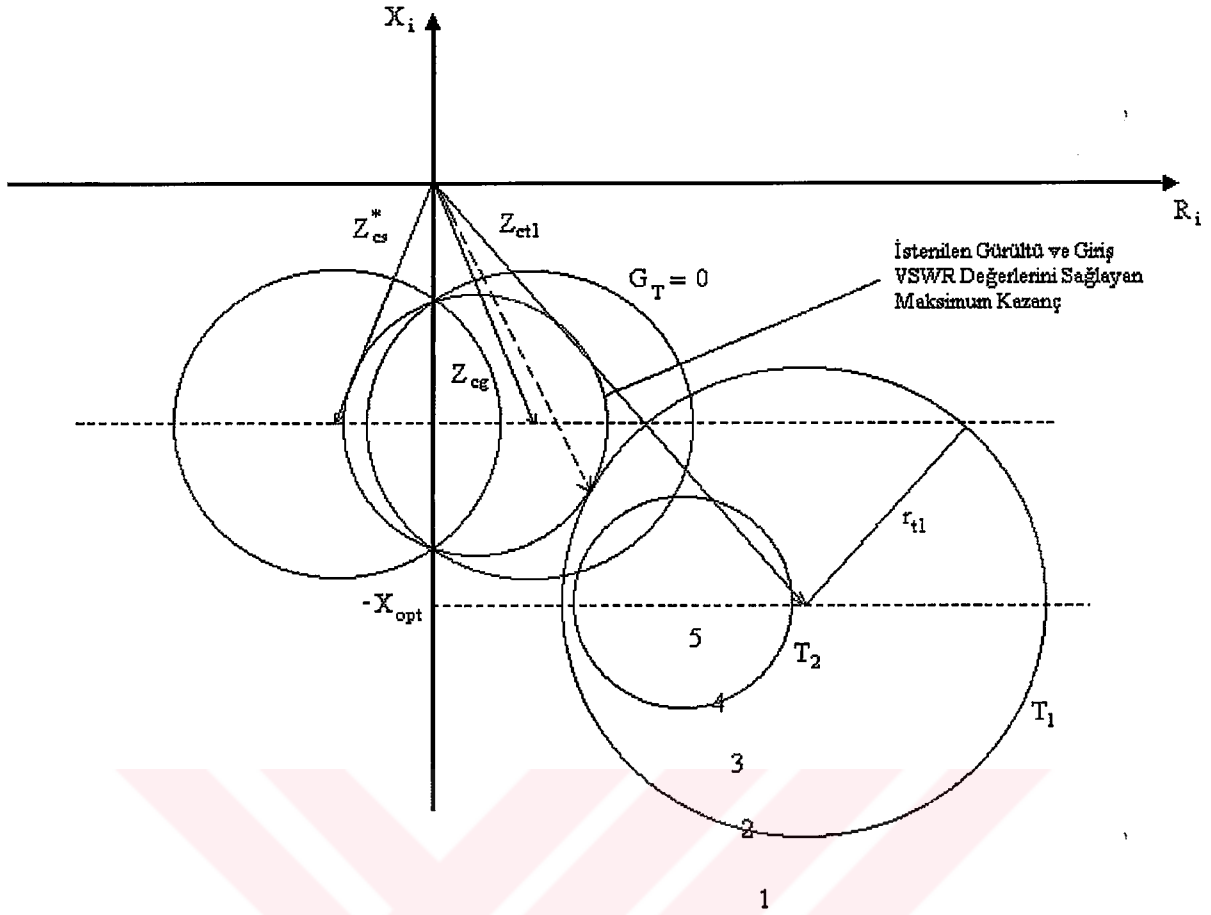
Daha önceki bölümlerde koşullu kararlılık durumunda $r_{11} > 0$, $r_{22} > 0$ ve $0 < (Q/|z|) < 1$ şartlarının oluştuğundan bahsedilmişti. Bunu yanında koşulsuz kararlılık durumunda Z_i -düzlemi üzerinde, Z_s -düzlemindeki gürültü ve VSWR dairelerinin pozisyonlarını belirleyen 5 bölge tanımlanmıştı. Aynı bölgeleme yöntemi koşullu kararlı durum için de uygulanabilir (Şekil 3.2).

Koşullu kararlı geometride dört durum söz konusudur:

3.2.1 1. durum

Eğer $G_T = 0$ limit dairesi tamamen 1. bölgede ise G_T için fiziksel bir çözüm bulunamaz. Bu durum aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilebilir:

$$|Z_{cg \min} - Z_{ct1}| > r_s + r_{t1} \quad (3.12)$$



Şekil 3.2 Koşullu kararlı transistör için istenilen giriş VSWR ve gürültü oranını sağlayan kazanç daireleri ve ilgili sonlandırmalar

3.2.2 2. durum

2. bölge (T_1 daresi) sabit kazanç daire alanını kestiğinde bir maksimum kazanç olasılığı mevcuttur.

Bu durum için maksimum kazanç ve bu kazancı sağlayan giriş empedansı, herhangi bir sabit kazanç dairesi ile T_1 -daresi arasındaki teğetlik ilişkisinden hesaplanabilir:

$$|Z_{cg} - Z_{ct1}|^2 = (r_g + r_{t1})^2 \quad (3.13)$$

Maksimum kazanç (3.6)-(3.8) ve (3.3)-(3.5) ifadelerinin (3.13)'de yerine konmasıyla bulunabilir. Uygun giriş empedansı ise aşağıdaki şekilde türetilir:

$$Z_i = \frac{r_g}{r_{t1} + r_g} Z_{ct1} + \frac{r_{t1}}{r_{t1} + r_g} Z_{cg} \quad (3.14)$$

Z_i bu şekilde hesaplandıktan sonra kaynak empedansı Z_s (2.25)'den hesaplanabilir ki burada gürültü ve giriş VSWR daireleri Z_s -düzleminde dış teğet durumundadırlar. Bu durumun varlığı aşağıdaki eşitsizlikle gösterilebilir:

$$\left| Z_{cg \max} - Z_{ct1} \right| > r_s + r_{t1} > \left| Z_{cg \min} - Z_{ct1} \right| \quad (3.15)$$

3.2.3 3. durum

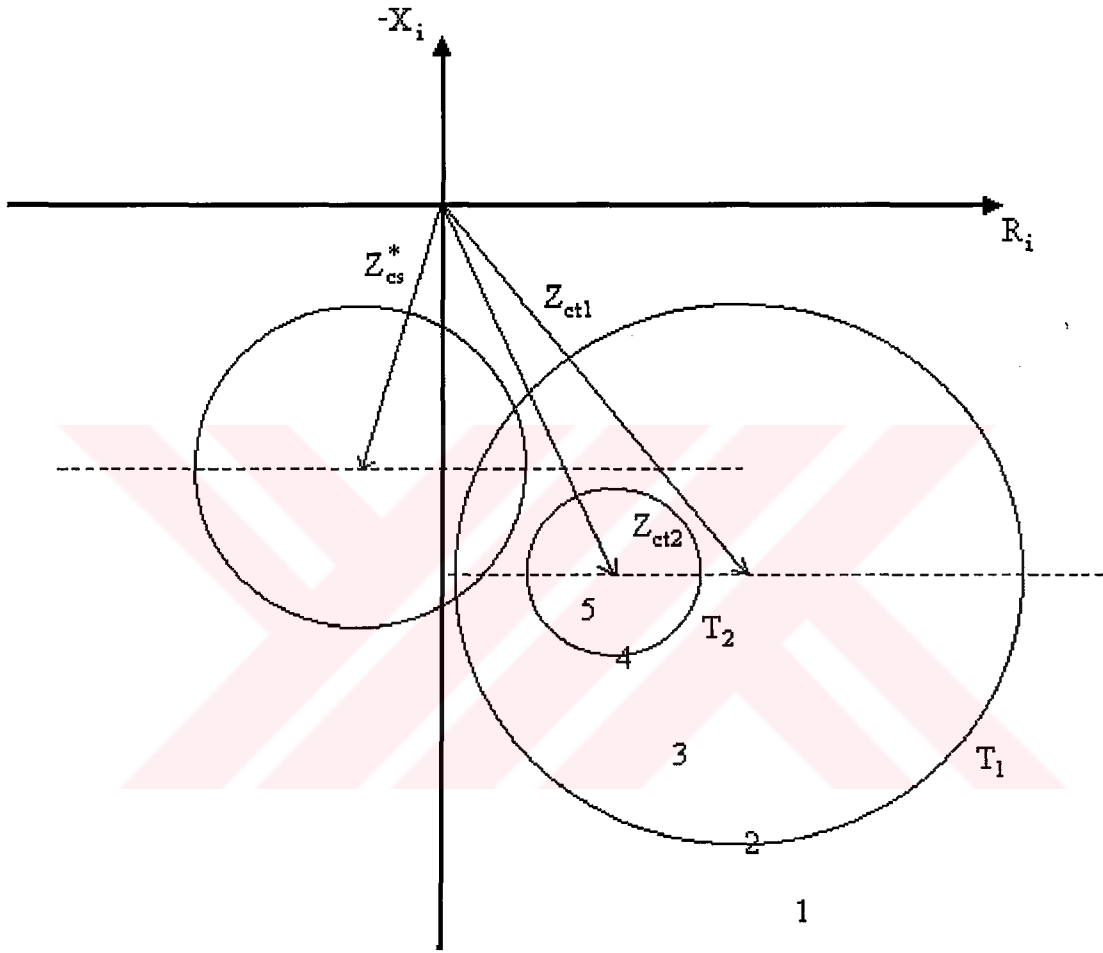
T_1 dairesinin eşlenik kaynak kararlılık dairesini kesmesi durumunda, eşlenik kararlılık dairesinin bir kısmı 3. bölgede kalacaktır. Bu bölge üzerinde bulunan giriş empedansları (3.9) ile verilen maksimum kazanç ile aynı kazanç miktarını sağlar (Şekil 3.3). Bu durumda gürültü ve giriş VSWR şartlarını sağlayan iki kaynak empedansı olacaktır. Bu empedanslar (2.26)-(2.32) ifadeleri ile hesaplanmış olup, bu durum aşağıdaki eşitsizliklerle de tanımlanabilir:

$$\left| Z_{cg \max} - Z_{ct2} \right| > r_s + r_{t2} \quad (3.16)$$

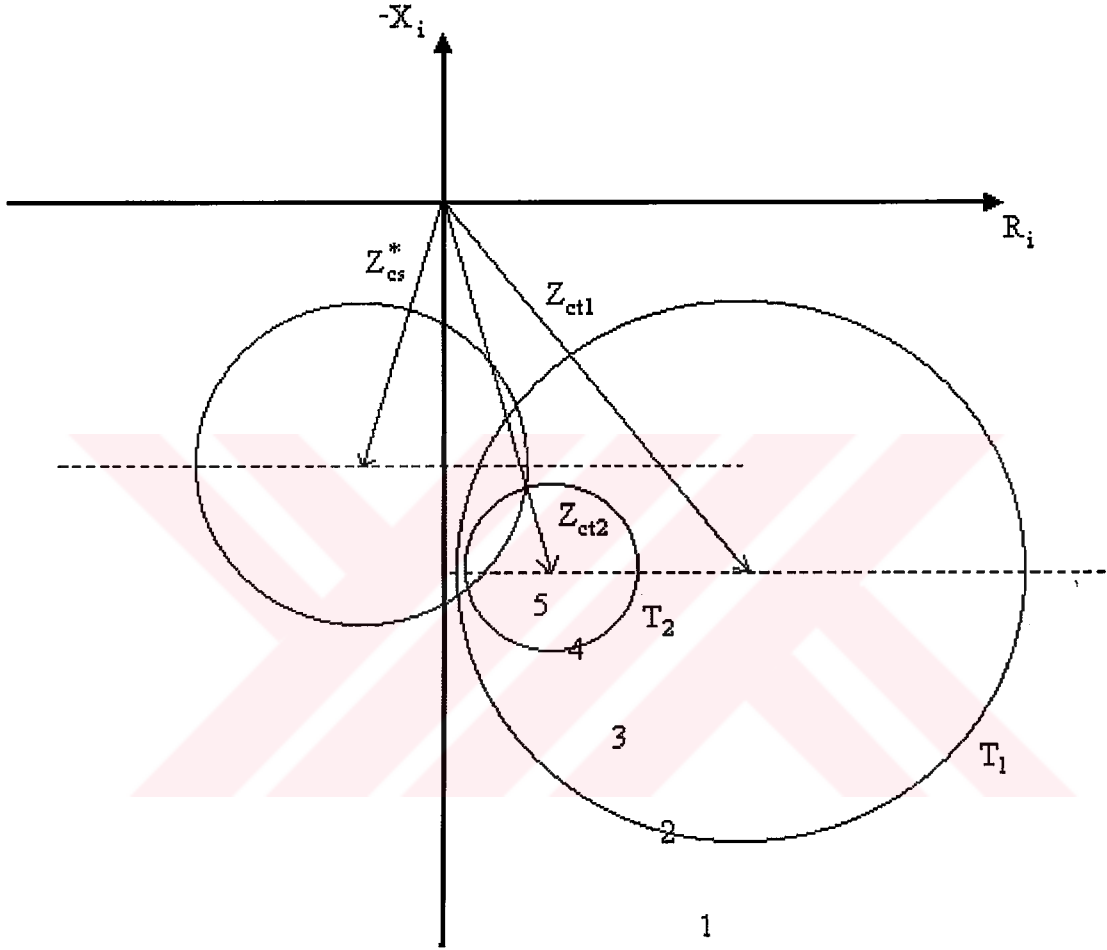
$$\left| Z_{cg \max} - Z_{ct1} \right| < r_s + r_{t1} \quad (3.17)$$

3.2.4 4. durum

T_2 dairesinin eşlenik kaynak kararlılık dairesini kesmesi durumunda, bu dairenin 5. bölgede kalan kısmı hiçbir çözüm vermez. Ancak 3. bölgedeki kısım maksimum kazancı ve ilgili sonlandırma empedanslarını sağlayacaktır (Şekil 3.4). Bu durum bölüm 3.2.2 'de (2. durum) açıklanmıştır.



Şekil 3.3 T_1 dairesinin kaynak kararlılık dairesinin eşleniğini kestiği durum



Şekil 3.4 T_2 dairesinin kaynak kararlılık dairesinin eşleniğini kestiği durum

4. GERİBESLEMELİ VE GÜRÜLTÜLÜ BİR İKİ KAPILININ GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ

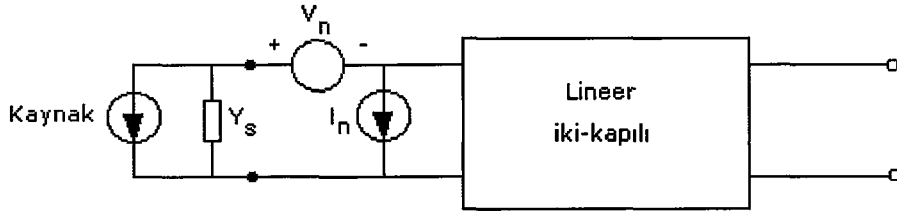
Bilindiği üzere herhangi bir gürültülü iki-kapılı devreyi karakterize etmek için en genel kabul gören ve kullanılan parametre seti, “dört-gürültü parametreleri” olarak adlandırılan ve minimum gürültü faktörü F_{\min} , eşdeğer gürültü direnci R_n , ve optimum kaynak empedansı Y_{opt} ‘un reel ve imajiner kısımlarından oluşan parametrelerdir. Bu parametreler arasındaki ilişki aşağıdaki denklem ile verilebilir (Lam V.M.T., Poole C.R., Yip P.C.L., 1992):

$$F = F_{\min} + \frac{R_n}{G_s} |Y_s - Y_{opt}|^2 \quad 4.1(1.5)$$

Düşük gürültülü mikrodalga yükselteçlerin tasarımında istenilen gürültü-kazanç oranına ulaşmak amacıyla dört gürültü parametrelerinin ölçülmesi sonucu yapılan değerlendirmeler çoğu zaman yeterli gelmeyecektir. Çünkü söz konusu iki-kapılı devre dört-gürültü parametrelerinin ölçülmesi sırasında ortamda bulunmayan geribesleme empedanslarına maruz kalacaktır. Bu geribesleme empedansı çoğunlukla parazitik olup kimi zaman bir osilatör yada genişband yükseltecinde görüleceği üzere istenilen hedefleri gerçekleştirmek amacıyla da kullanılabilir. Bu nedenle çalışmamızda iki-kapılı devrenin gürültü faktörüne etki eden geribesleme empedansının etkileri ayrıntılı şekilde incelenecek olup bu etkiyi karakterize etmekte kullanılan denklem grupları, seri ve paralel geribesleme durumları için verilecek ve bu yaklaşımın sağlayacağı avantajlar uygulamamız sırasında görülecektir.

4.1 Gürültülü İki-kapılı Devre Modeli

Gürültülü iki-kapılı devre modeli Şekil 4.1 ‘de verilmektedir. Bütün dahili gürültü kaynakları iki-kapılılığın girişindeki gürültü gerilim üretici V_n , ve gürültü akım üretici I_n ’e indirgenmiş olup gürültü akım kaynağı, gerilim kaynağı ile ilişkili ve ilişkisiz bileşenlerden oluşur. İlişkili bileşen korelasyon admitansı Y_{cor} ile, ilişkisiz bileşen de G_u kondüktansı ile gösterilir (Lam V.M.T., Poole C.R., Yip P.C.L., 1992).



Şekil 4.1 Lineer iki kapılı devrenin eşdeğer gürültü modeli

Çalışmamız sırasında türetilecek ve kullanılacak olan bağıntıların çıkış noktası (4.1) bağıntısı olup bu bağıntı Y_{cor} korelasyon admitansını içeren aşağıdaki ifadeye denktir:

$$F = 1 + \frac{G_u}{G_s} + \frac{R_n}{G_s} |Y_s + Y_{cor}|^2 = 1 + \frac{G_u}{G_s} + \frac{R_n}{G_s} \left[|Y_s|^2 + |Y_{cor}|^2 + 2\text{Re}(Y_s Y_{cor}^*) \right] \quad (4.2)$$

Burada Y_{cor} ,

$$I_n = I_u + Y_{cor} V_n \quad (4.3)$$

ile tanımlanır. I_u , V_n gürültü gerilim kaynağı ile ilişkisiz olan I_n gürültü akım kaynağının frekans domeninde gösterilen bileşenidir. R_n ve G_u ise aşağıda bağıntılarla tanımlıdır:

$$|V_n|^2 = 4kT\Delta f R_n \quad |V_n'|^2 = 4kT\Delta f R_n' \quad (4.4)$$

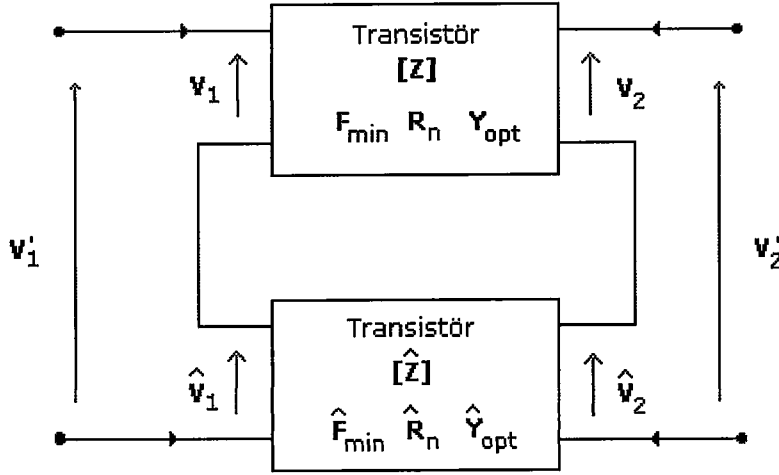
$$|I_u|^2 = 4kT\Delta f G_u \quad |I_u'|^2 = 4kT\Delta f G_u' \quad (4.5)$$

Burada I_u ve V_n sırasıyla, i_u ve v_n zaman domeni büyüklüklerinin Fourier dönüşümü ile elde edilen frekans domenindeki formlarıdır.

4.2 Seri Geribesleme

Şekil 4.2 'de her ikisi de T sıcaklığında olan gürültülü bir iki kapılı ve buna seri bağlanmış bir geribesleme devresinden oluşan toplam iki-kapılı devre görülmektedir. Burada " ' " ile işaretlenen parametreler birleşik iki-kapılıya, " ^ " ile işaretli parametreler ise sadece

geribesleme devresine ilişkin parametrelerdir olup farklı iki-kapılının gürültü kaynakları birbirleri ile ilişkisiz kabul edilmiştir.



Şekil 4.2 Genelleştirilmiş seri geribeslemeli devre

İki-kapılının giriş ve çıkışındaki sonlandırma gerilimleri ve akımları, iki-kapılının z-parametrelerine aşağıdaki ifadelerle bağıntılıdır (Lam V.M.T., Poole C.R., Yip P.C.L., 1992):

$$V_n = V_1 - \frac{z_{11}}{z_{21}} V_2 \quad I_n = -\frac{V_2}{z_{21}} \quad (4.6)$$

Birleşik iki-kapılıya ait Z matrisi,

$$Z' = Z + \hat{Z} \quad (4.7)$$

ve birleşik sonlandırma gerilimleri,

$$\begin{aligned} V_1' &= V_1 + \hat{V}_1 \\ V_2' &= V_2 + \hat{V}_2 \end{aligned} \quad (4.8)$$

bağıntıları ile ifade edilir. (4.6), (4.7) ve (4.8) bağıntıları kullanılarak birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü akım ve gerilim kaynakları için aşağıdaki denklemler elde edilebilir:

$$\begin{aligned} V_n' &= V_n + I_n A_1 + \hat{V}_n + \hat{I}_n A_2 \\ I_n' &= I_n B_1 + \hat{I}_n B_2 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Burada

$$A_1 = \frac{\hat{z}_{11} z_{21} - z_{11} \hat{z}_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad B_1 = \frac{z_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad (4.10)$$

$$A_2 = \frac{z_{11} \hat{z}_{21} - \hat{z}_{11} z_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad B_2 = \frac{\hat{z}_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad (4.11)$$

şeklindedir. (4.3), (4.4), (4.5), (4.9), (4.10), (4.11) bağıntıları sayesinde birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü parametreleri aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$R'_n = R_n \left[1 + |Y_{cor} A_1|^2 \right] + |A_1|^2 G_u + \hat{R}_n \left[1 + |\hat{Y}_{cor} A_2|^2 \right] + |A_2|^2 \hat{G}_u \quad (4.12)$$

$$Y'_{cor} = \frac{\left[R_n Y_{cor} B_1 (1 + Y_{cor}^* A_1^*) + G_u A_1^* B_1 + \hat{R}_n \hat{Y}_{cor} B_2 (1 + \hat{Y}_{cor}^* A_2^*) + \hat{G}_u A_2^* B_2 \right]}{R'_n} \quad (4.13)$$

$$G'_u = |B_1|^2 \left[G_u + R_n |Y_{cor}|^2 \right] + |B_2|^2 \left[\hat{G}_u + \hat{R}_n |\hat{Y}_{cor}|^2 \right] - R'_n |\hat{Y}_{cor}|^2 \quad (4.14)$$

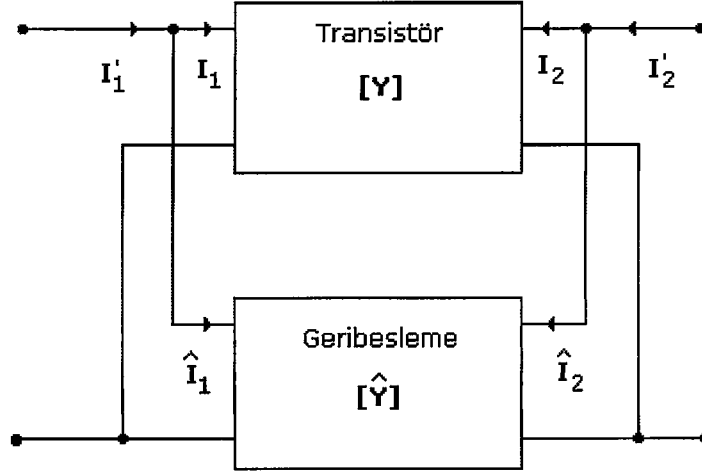
Yukarda verilen eşdeğer gürültü parametrelerine bağlı olarak, toplam devrenin optimum kaynak admitansı ve gürültü faktörünü elde etmemizi sağlayan bağıntılar aşağıdaki şekilde oluşturulabilir:

$$Y'_{opt} = \sqrt{\frac{G'_u}{R'_n} + (\text{Re}\{Y'_{cor}\})^2} - j \text{Im}\{Y'_{cor}\} \quad (4.15)$$

$$F'_{\min} = 1 + 2R'_n \text{Re}(Y'_{cor} + Y'_{opt}) \quad (4.16)$$

Optimum kaynak empedansı $Z'_{opt} = \frac{1}{Y'_{opt}}$ dur.

4.3 Paralel Geribesleme



Şekil 4.3 Genelleştirilmiş paralel geribeslemeli iki kapılı devre modeli

Paralel geribeslemeli gürültülü bir iki-kapılı devre modeli Şekil 4.3'de gösterilmektedir. Farklı iki-kapılıların gürültü kaynakları arasında ilişki olmadığı varsayılarak, söz konusu iki-kapılının girişindeki gürültü üreteçleri aşağıdaki bağıntılarla verilebilir (Lam V.M.T., Poole C.R., Yip P.C.L., 1992):

$$I_n = I_1 - \frac{y_{11}}{y_{12}} \quad V_n = -\frac{I_2}{y_{21}} \quad (4.17)$$

Birleşik iki-kapılının Y matrisi

$$Y' = Y + \hat{Y} \quad (4.18)$$

ve eşdeğer gürültü akım kaynakları

$$\begin{aligned} I_1' &= I_1 + \hat{I}_1 \\ I_2' &= I_2 + \hat{I}_2 \end{aligned} \quad (4.19)$$

şeklinde ifade edilir. (4.17), (4.18), (4.19) denklemlerini kullanılarak;

$$\begin{aligned} V_n' &= V_n D_1 + \hat{V}_n D_2 \\ I_n' &= I_n + V_n E_1 + \hat{I}_n + \hat{V}_n E_2 \end{aligned} \quad (4.20)$$

ifadeleri türetilir. Burada

$$D_1 = \frac{y_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad E_1 = \frac{\hat{y}_{11}y_{21} - y_{11}\hat{y}_{21}}{y_{21} - \hat{y}_{21}} \quad (4.21)$$

$$D_2 = \frac{\hat{y}_{21}}{y_{21} - \hat{y}_{21}} \quad E_2 = \frac{y_{11}\hat{y}_{21} - \hat{y}_{11}y_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad (4.22)$$

olarak tanımlıdır. (4.3), (4.4), (4.5), (4.20), (4.21), (4.22) bağıntılarından yararlanılarak birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü parametreleri aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$R'_n = R_n |D_1|^2 + \hat{R}_n |D_2|^2 \quad (4.23)$$

$$Y'_{cor} = \frac{R_n}{R'_n} D_1^* (Y_{cor} + E_1) + \frac{\hat{R}_n}{R'_n} D_2^* (\hat{Y}_{cor} + E_2) \quad (4.24)$$

$$G'_u = G_u + R_n [E_1 + Y_{cor}]^2 + \hat{G}_u + \hat{R}_n [E_2 + \hat{Y}_{cor}]^2 - R'_n |Y'_{cor}|^2 \quad (4.25)$$

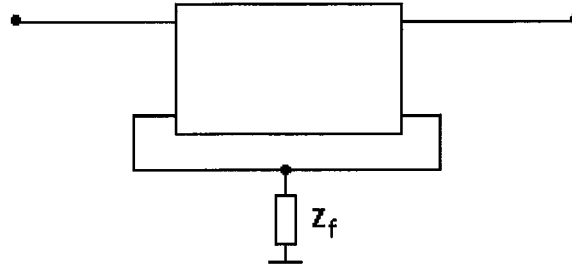
4.4 Tek Elemanlı Geribesleme

Geribesleme devresinin tek elemandan ibaret olduğu durumlar sıkça rastlanmakta olup bu durum aynı zamanda tasarım açısından da kolaylık sağlayacaktır. Şekil 4.4'de geribesleme devresi tek elemanlı olan seri ve paralel geribeslemeli iki-kapılı devre modelleri görülmektedir. MATLAB uygulamamızda kullanılan geribeslemeli konfigürasyon burada gösterilen tipte bir konfigürasyondur.

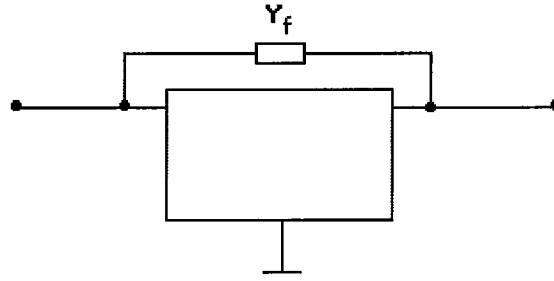
Bu durumda iki-kapılı geribesleme devresinin Z ve Y parametre matrisi aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} Z_f & Z_f \\ Z_f & Z_f \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

$$\hat{Y} = \begin{bmatrix} Y_f & -Y_f \\ -Y_f & Y_f \end{bmatrix}$$



(a)



(b)

Şekil 4.4 Kayıpsız tek elemanlı geribeslemeli devre modeli; a) Seri, b) Paralel

(4.26)'daki matris takımına göre A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , D_1 , D_2 , E_1 , E_2 terimleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= Z_f \frac{z_{21} - z_{11}}{z_{21} + Z_f} & B_1 &= \frac{z_{21}}{z_{21} + Z_f} \\
 A_2 &= -A_1 & B_2 &= \frac{Z_f}{z_{21} + Z_f} \\
 D_1 &= \frac{y_{21}}{y_{21} - Y_f} & E_1 &= Y_f \frac{y_{21} + y_{11}}{y_{21} - Y_f} \\
 D_2 &= \frac{-Y_f}{y_{21} - Y_f} & E_2 &= E_1
 \end{aligned} \tag{4.27}$$

Seri geribesleme durumunda

$$\hat{R}_n = 0, \quad \hat{G}_u = \text{Re} \left(\frac{1}{Z_f} \right), \quad \hat{Y}_{cor} = 0 \tag{4.28}$$

paralel geribesleme durumunda ise

$$\hat{R}_n = \operatorname{Re}\left(\frac{1}{Y_f}\right), \quad \hat{G}_u = 0, \quad \hat{Y}_{cor} = 0 \quad (4.29)$$

koşulları geçerlidir.

4.4.1 Tek reaktans geribesleme

Tek elemanlı geribesleme devrelerinde sıkça karşılaşılabilen bir durum da , geribesleme elemanının saf reaktanstan oluşması durumudur. Bu konfigürasyonda geribesleme devresinin gürültü faktörü bir olup, \hat{R}_n ve \hat{G}_u sifıra eşittir. Toplam geribeslemeli devrenin R'_n , \hat{Y}_{cor} ve G'_u parametreleri, seri ve paralel geribeslemeli konfigürasyonlarda aşağıda biçime dönüşecektir:

Seri geribesleme durumunda

$$R'_n = R_n \left[1 + |Y_{cor} A_1|^2 \right] + |A_1|^2 G_u \quad (4.30)$$

$$Y'_{cor} = \frac{[R_n Y_{cor} B_1 (1 + Y_{cor}^* A_1^*) + G_u A_1^* B_1]}{R'_n} \quad (4.31)$$

$$G'_u = |B_1|^2 \left[G_u + R_n |Y_{cor}|^2 \right] \quad (4.32)$$

paralel geribesleme durumunda ise

$$R'_n = R_n |D_1|^2 \quad (4.33)$$

$$Y'_{cor} = \frac{R_n}{R'_n} D_1^* (Y_{cor} + E_1) \quad (4.34)$$

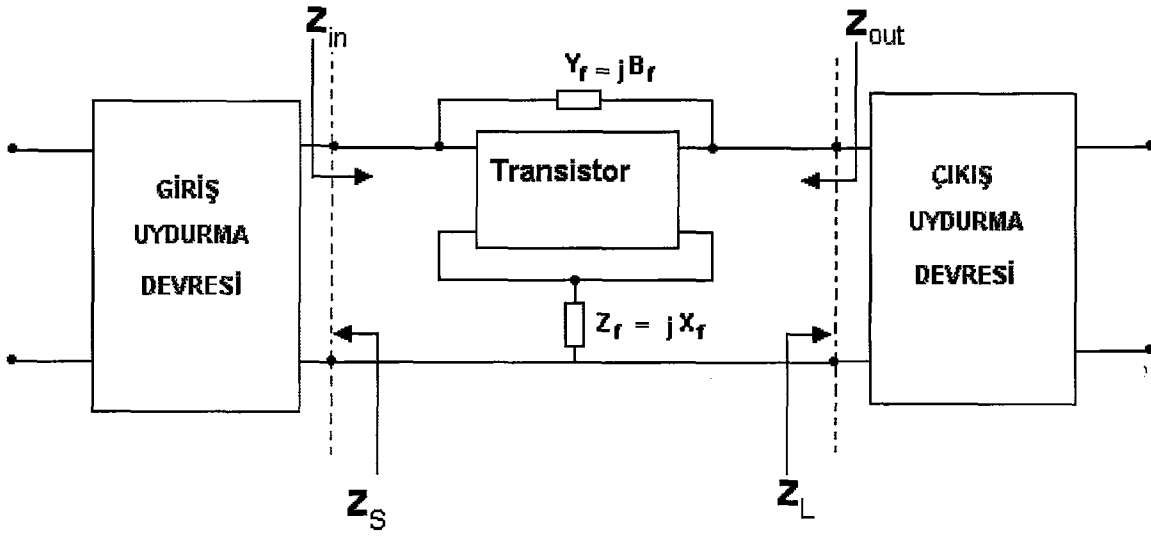
$$\hat{G}_u = G_u + R_n \left[|E_1 + Y_{cor}|^2 \right] - R'_n |Y'_{cor}|^2 \quad (4.35)$$

ifadeleri elde edilir.

4.5 Birleşik Geribesleme

Birleşik geribesleme, çalışmamızda uygulamasını yapacağımız özel tipte bir geribesleme konfigürasyonu olup seri endüktif geribeslemeli iki-kapılı devreye daha sonra paralel kapasitif geribesleme eklenmesiyle oluşmaktadır (Şekil 4.5). Bu devreye ait özel bir gürültü parametre hesabı olmayıp devreye daha önce bahsettiğimiz seri ve paralel geribeslemede kullanılan

hesaplama prosedürü sırasıyla (1-seri, 2-paralel) uygulanacaktır.



Şekil 4.5 Birleşik geribeslemeli iki kapılı devre modeli

5. UYGULAMALAR

5.1 Bilgisayar Programı

Bilgisayar ortamında yaptığımız performans analizi Ek-1’de dökümü verilen MATLAB programı (pcomb.m) olup programın çalıştırılması ile ilgili dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda verilmiştir:

1. Program çalıştırılmadan önce pcomb.m dosyası içinde transistör seçimi yapılmalıdır. Her bir transistör için programla aynı klasörde *.ins uzantılı bir dosya bulunmakta olup bu dosya ilgili transistörün ürün kataloğunda belirtilen S parametrelerini içermektedir. Bunun dışında *.inn uzantılı dosya gürültü parametrelerini, *.inp dosyası ise istenilen transdüser kazancı (G_{Treq}), V_{ireq} ve F_{req} değerlerini içermektedir.
2. Programda “N_Num=1”, ve “P_Num=5” satırlarındaki değişkenler sırasıyla giriş dosyalarında hesaplamaya giren frekans sayısı (*.inn dosyasından) ve *.inp dosyasındaki satır sayılarını belirtmektedir. Bu değişkenler kullanıcı tarafından uygun değerlere çekilmelidir.
3. Program ilk olarak kullanıcıya çalışmak istenilen geribesleme konfigürasyonunu (seri yada paralel), ve geribesleme elemanı tipini (endüktans yada kapasitans) soracaktır. Burada yapılacak seçimden sonra program 2. maddede belirtilen frekans ve parametre sayısına göre çalışmasını sürdürecektir.

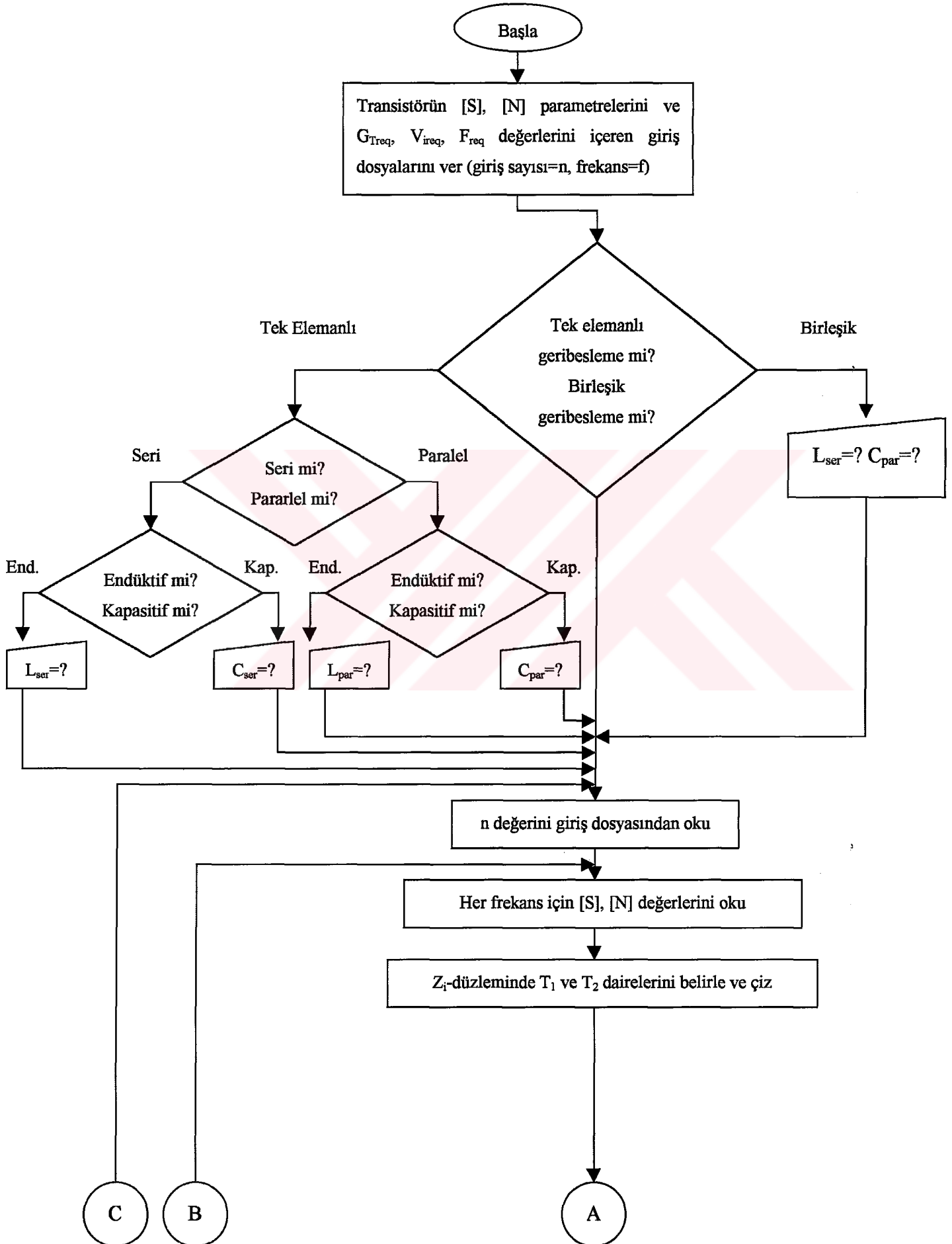
4. Sonuçlar program tarafından üç ayrı dosyaya yazdırılmaktadır. Bu dosyalar şunlardır:

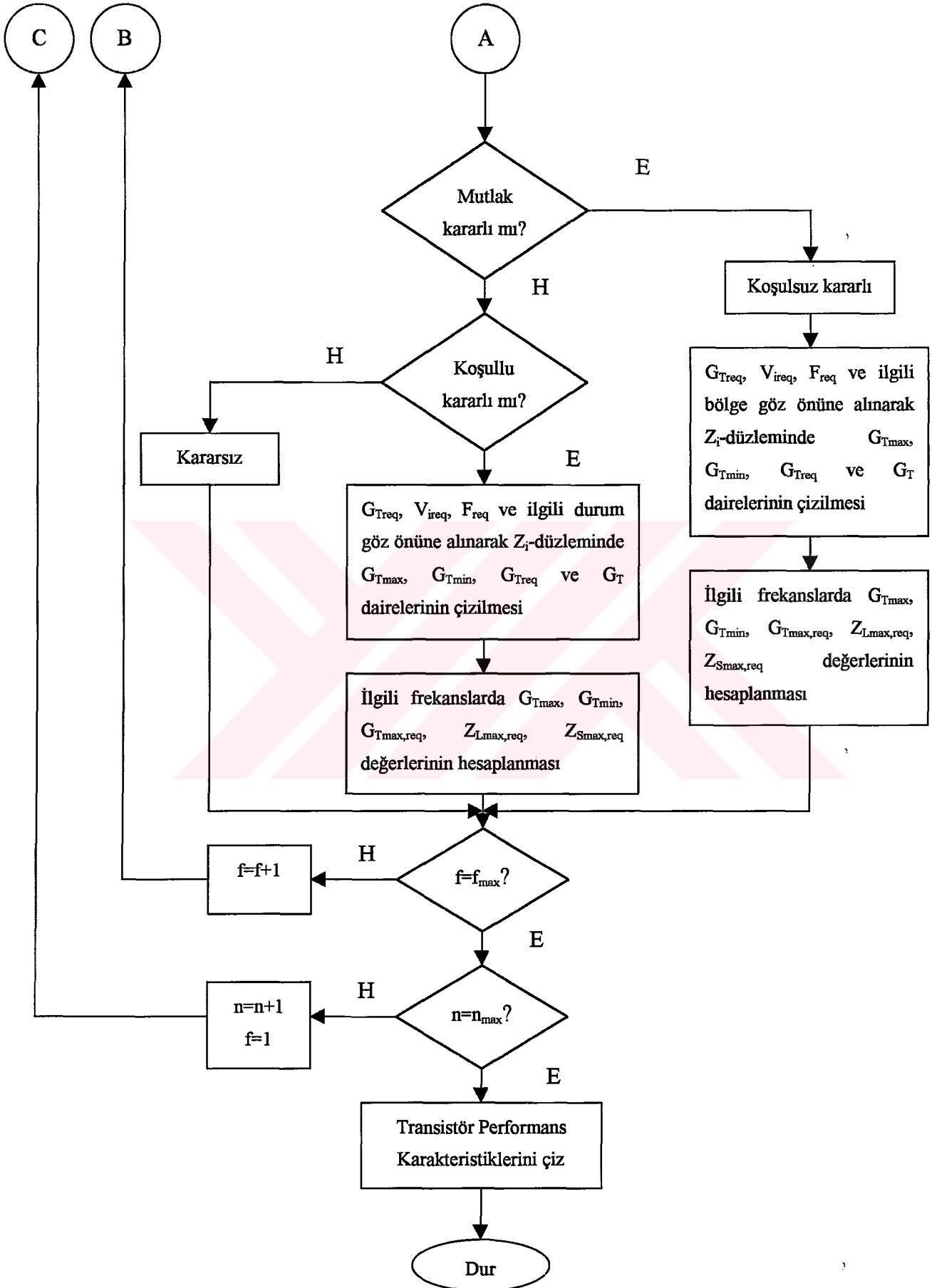
out_int.txt: G_{Tmax} , Z_{Lmax} , Z_{Smax} ve G_{Treq} ’a karşılık gelen ve T_1 ile T_2 daireleriyle kesişim noktalarındaki Z_{Lreq} ve Z_{Sreq} değerlerini içeren dosya.

out_oth.txt: Bölge 3’de G_{Treq} değerine karşılık gelen Z_{Lreq} ve Z_{Sreq} değerlerini içeren dosya.

out_gra.txt: out_int.txt dosyasındaki bilgilerin değişim eğrilerini elde etmek amacıyla bu değerleri sütun bazlı veren dosya.

5.1.1 Akış diyagramı





5.2 Uygulama Sonuçları

Bütün sonuçlar NE72089A transistörüne ait parametrelere göre elde edilmiş olup ürün katalog değerlerini içeren dosya dökümü aşağıdadır:

! FILENAME: N72089AA.S2P VERSION:2.0

! NEC PART NUMBER: NE72089A DATE: 12/87

! BIAS CONDITIONS: VDS=3V, IDS=10mA

ang in deg.

NOISE PARAMETERS

S11 S21 S12 S22 Fmin. Γ_{opt} RN/50

#Ghz mag. ang. mag. ang. mag. ang. mag. ang. (dB) mag. ang.

Z-----

1.0								0.55	0.76	13	0.68		
2.0	0.92	-52	2.94	130	0.07	54	0.68	-35	0.60	0.73	36	0.58	
3.0	0.84	-75	2.62	108	0.09	38	0.63	-51					
4.0	0.76	-95	2.34	90	0.11	26	0.59	-66	1.00	0.65	68	0.42	
5.0	0.71	-113	2.18	72	0.12	16	0.58	-79					
6.0	0.65	-131	2.02	56	0.13	7	0.56	-93	1.30	0.53	100	0.28	
7.0	0.59	-146	1.86	41	0.13	-1	0.54	-105					
8.0	0.55	-160	1.76	26	0.13	-7	0.54	-116	1.70	0.42	138	0.19	
9.0	0.49	-177	1.68	13	0.13	-12	0.53	-129					
10.0	0.44	165	1.66	-1	0.14	-17	0.53	-139	2.15	0.31	175	0.15	
11.0	0.39	140	1.63	-19	0.15	-26	0.52	-154					
12.0	0.37	112	1.55	-34	0.16	-33	0.51	-170	2.50	0.25	-117	0.25	

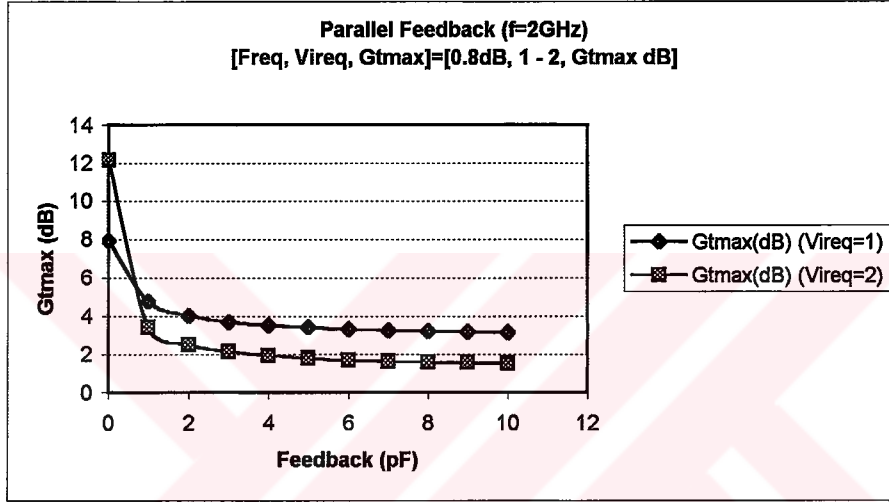
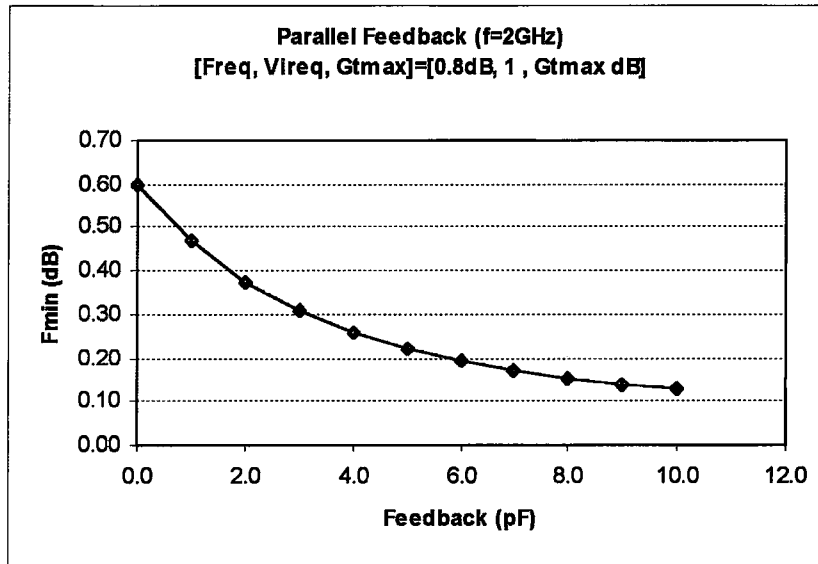
5.2.1 Maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü faktörü (F_{min}), geribesleme ilişkisi

İlk olarak $f=2\text{GHz}$ seviyesinde, paralel ve seri geribesleme uygulanmış devrelerdeki maksimum transdüser kazancının (G_{Tmax}) ve gürültü faktörünün (F_{min}) uygulanan geribesleme tipine (paralel, seri, endüktif yada kapasitif) ve miktarına bağlı olarak değişimi incelenecektir. Bulunan değerler önce sayısal olarak verilecek ve bu değerlere bağlı değişim grafiksel biçimde gösterilecektir.

Bu bölümde bulunan tüm değerler $f=2\text{GHz}$ seviyesinde çalışan, kutuplama şartı $V_{DS}=3\text{V}$, $I_D=10\text{mA}$ olan NE72089A Transistörü için hesaplanmış olup $V_{ireq}=1$ ve $V_{ireq}=2$ koşulları için bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. $F_{req}=0.8\text{dB}$ seçilmiştir.

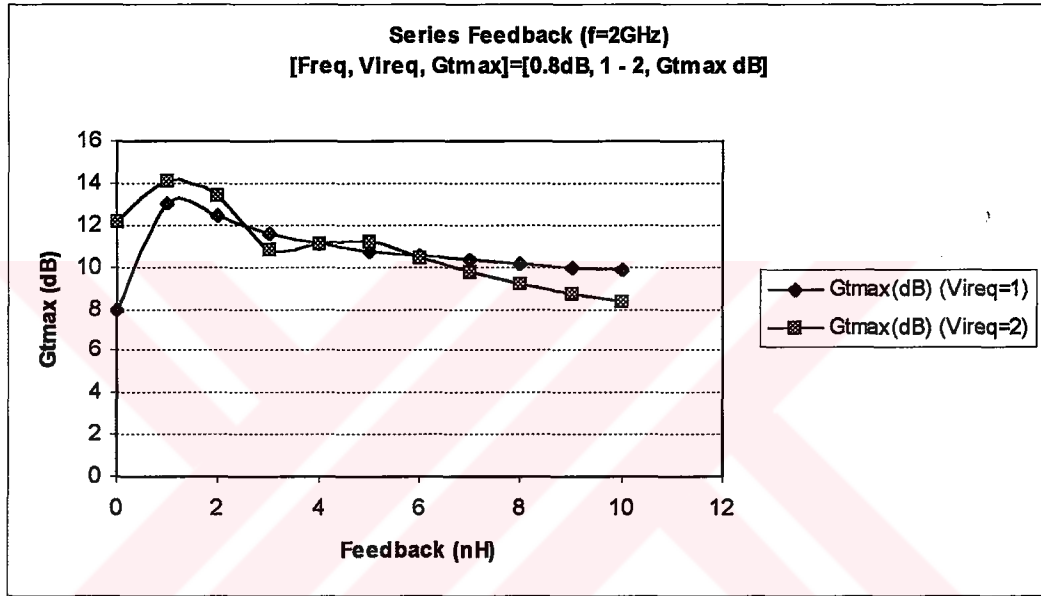
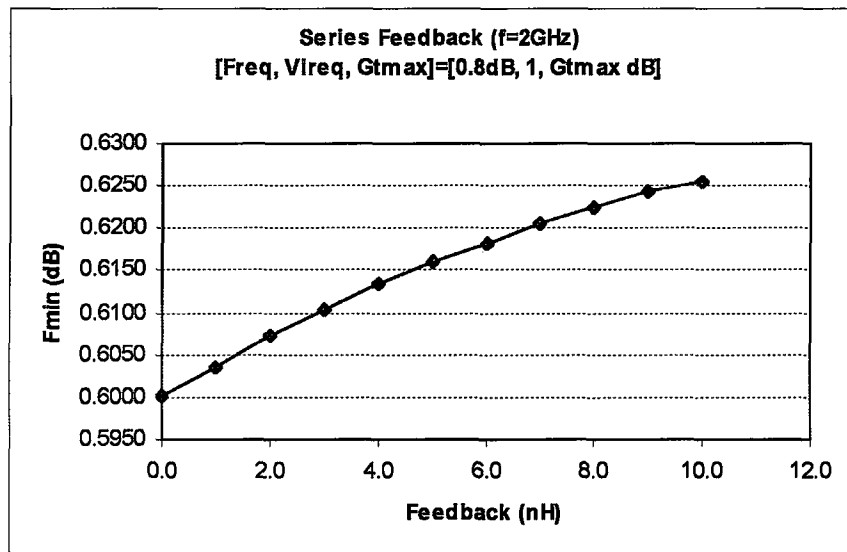
Çizelge 5.1 $f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}(\text{dB})=0.8\text{dB}$, paralel kapasitif geribesleme

Feedback (pF)	Gtmax(dB) (Vireq=1)	Gtmax(dB) (Vireq=2)	Fmin	Fmin(dB)
0.0	7.952081	12.1447	1.148200	0.600175
1.0	4.766000	3.4295	1.114600	0.471190
2.0	4.015514	2.5047	1.090200	0.375062
3.0	3.696446	2.1327	1.073100	0.306402
4.0	3.517403	1.9311	1.061000	0.257154
5.0	3.402091	1.8045	1.052100	0.220570
6.0	3.321366	1.7176	1.045300	0.192410
7.0	3.261587	1.6543	1.040100	0.170751
8.0	3.215486	1.606	1.035900	0.153178
9.0	3.178824	1.5681	1.032500	0.138901
10.0	3.148956	1.5374	1.029700	0.127107

Şekil 5.1 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)Şekil 5.2 Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)

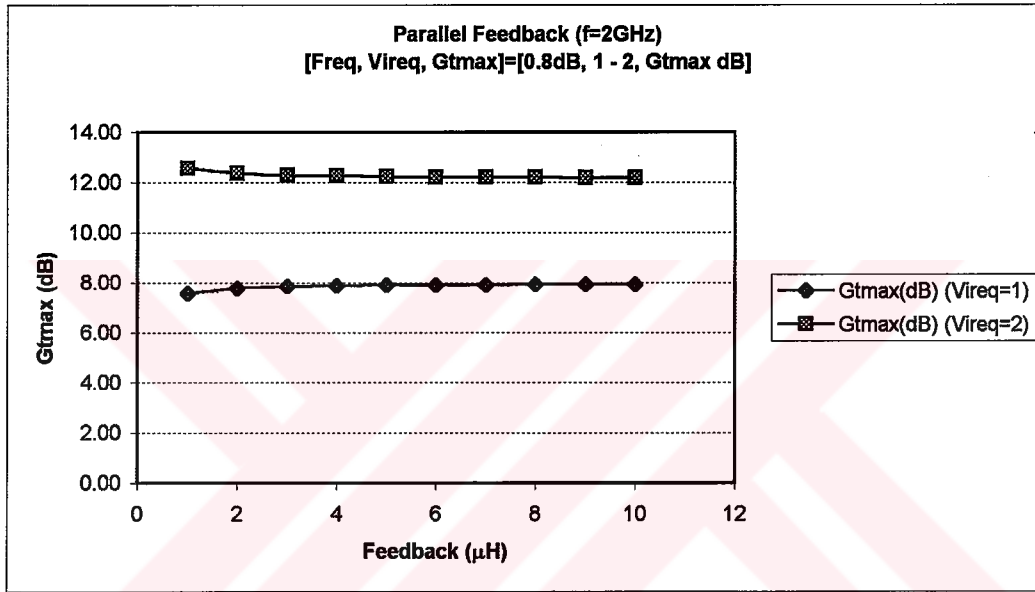
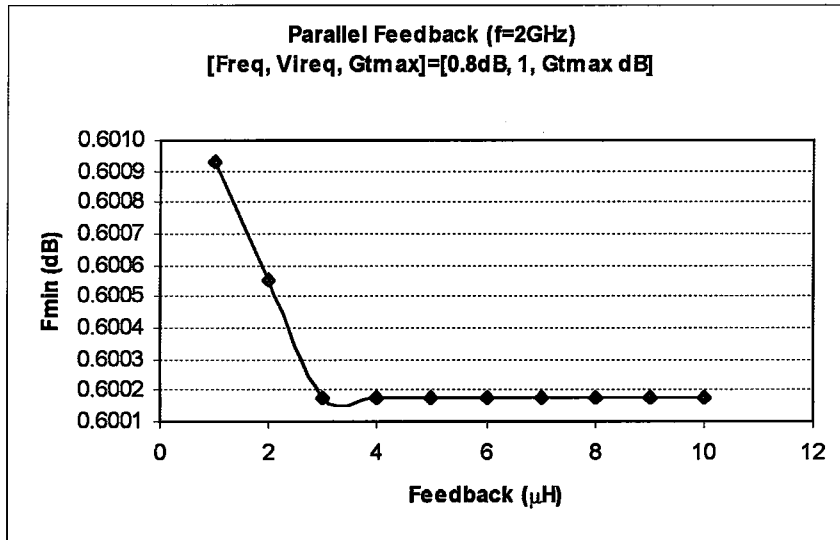
Çizelge 5.2 $f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax(dB) (Vireq=1)	Gtmax(dB) (Vireq=2)	Fmin	Fmin(dB)
0.0	7.952081	12.144656	1.1482	0.600175
1.0	13.046680	14.1065	1.1491	0.603578
2.0	12.417887	13.4144	1.1501	0.607356
3.0	11.609912	10.8383	1.1509	0.610376
4.0	11.099207	11.1594	1.1517	0.613394
5.0	10.760336	11.2096	1.1524	0.616032
6.0	10.508735	10.4006	1.1530	0.618293
7.0	10.306656	9.7395	1.1536	0.620552
8.0	10.136735	9.1856	1.1541	0.622434
9.0	9.989695	8.7123	1.1546	0.624316
10.0	9.859865	8.3017	1.1549	0.625444

Şekil 5.3 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)Şekil 5.4 Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)

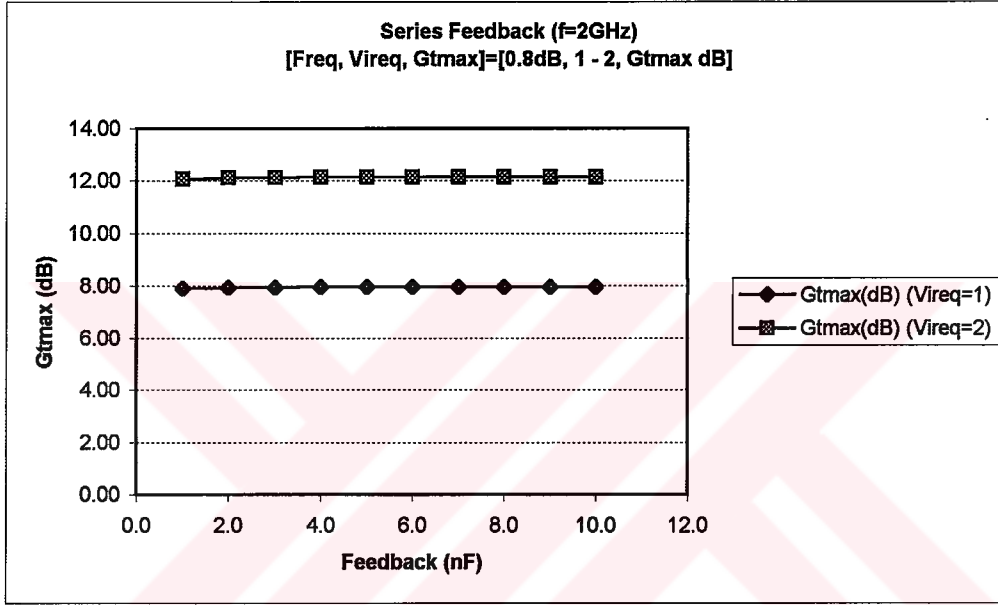
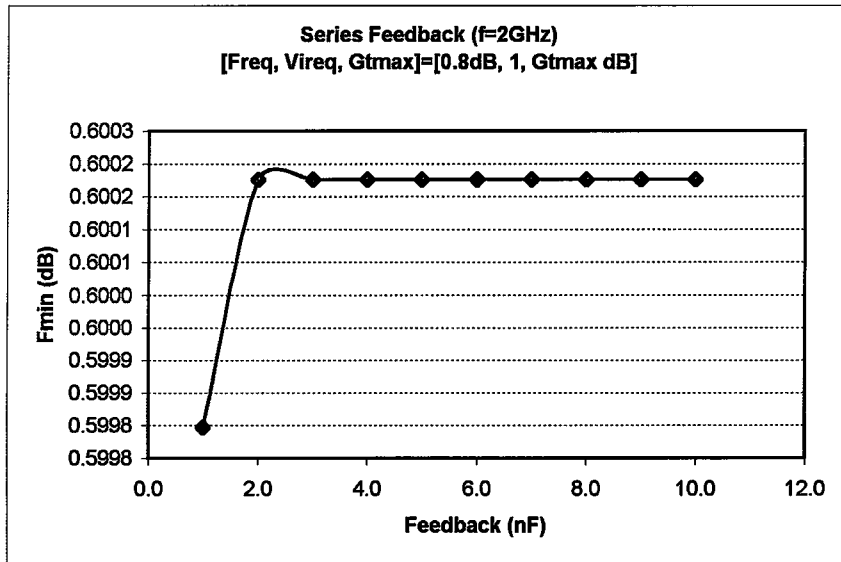
Çizelge 5.3 $f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}(\text{dB})=0.8\text{dB}$, paralel endüktif geribesleme

Feedback (μH)	Gtmax(dB) (Vireq=1)	Gtmax(dB) (Vireq=2)	Fmin	Fmin(dB)
no feedback L= ∞	7.952081	12.144656	1.1482	0.600175
1	7.561157	12.563638	1.1484	0.600932
2	7.781965	12.348564	1.1483	0.600554
3	7.843593	12.279406	1.1482	0.600175
4	7.872475	12.24528	1.1482	0.600175
5	7.88922	12.2249	1.1482	0.600175
6	7.900148	12.211449	1.1482	0.600175
7	7.90784	12.201837	1.1482	0.600175
8	7.913548	12.194643	1.1482	0.600175
9	7.917952	12.189057	1.1482	0.600175
10	7.921452	12.184594	1.1482	0.600175

Şekil 5.5 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)Şekil 5.6 Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)

Çizelge 5.4 $f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri kapasitif geribesleme

Feedback (nF)	Gtmax(dB) (Vireq=1)	Gtmax(dB) (Vireq=2)	Fmin	Fmin(dB)
no feedback C= ∞	7.952081	12.144656	1.1482	0.600175
1	7.886665	12.055158	1.1481	0.599797
2	7.919412	12.100068	1.1482	0.600175
3	7.930311	12.114966	1.1482	0.600175
4	7.935757	12.122402	1.1482	0.600175
5	7.939023	12.126859	1.1482	0.600175
6	7.9412	12.129829	1.1482	0.600175
7	7.942755	12.131949	1.1482	0.600175
8	7.943921	12.133539	1.1482	0.600175
9	7.944828	12.134775	1.1482	0.600175
10	7.945554	12.135764	1.1482	0.600175

Şekil 5.7 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)Şekil 5.8 Geribesleme- F_{min} değişimi ($f=2\text{GHz}$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)

5.2.2 Maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü faktörü (F_{min}), frekans (f) ilişkisi

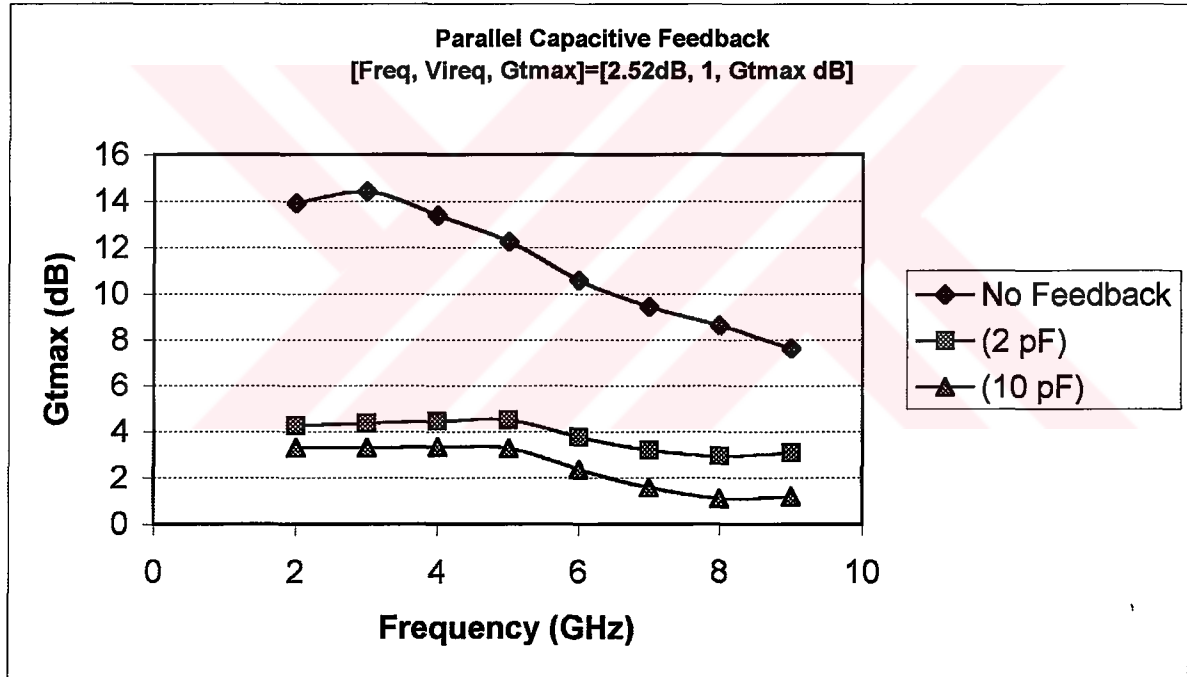
Bu bölümde geribeslemeli iki kapılının 2GHz-12GHz frekans aralığında göstereceği davranış, maksimum kazanç (G_{Tmax}) ve terminasyon empedanslarının (Z_S, Z_L) muhtelif geribesleme durumlarında karşılaştırılmaları suretiyle incelenmiştir.

NE72089A transistörünün kutuplama koşulları aynı olup tüm sonuçlar $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$ koşulları için hesaplanmıştır. İstenilen gürültü faktörünün önceki bölümde kullanılan değerden daha yüksek seçilmesinin amacı, bütün frekans bandı boyunca $F_{min} < F_{req}$ şartını sağlayarak programı sonucu hesaplamaya zorlayıp bu frekans bandındaki cevabı eksiksiz olarak görmeye yöneliktir.



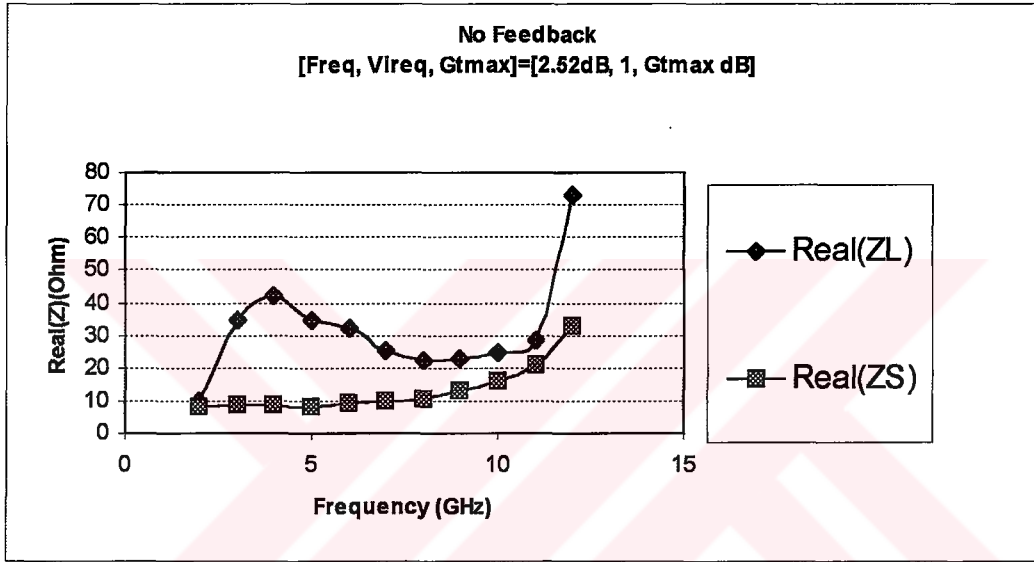
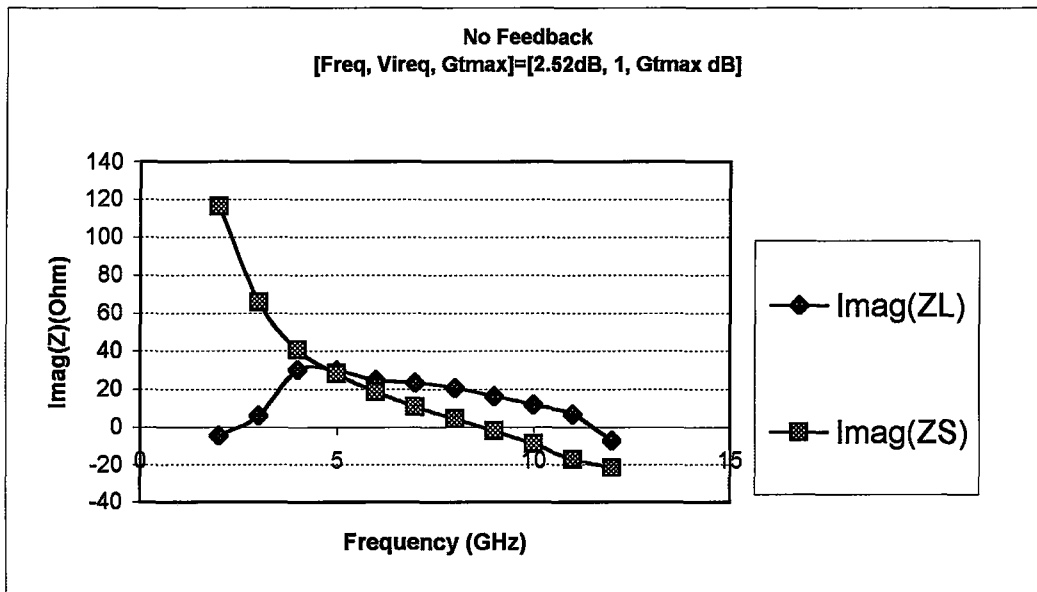
Çizelge 5.5 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel kapasitif geribesleme

f (GHz)	No Feedback	Gtmax(db)(2 pF)	Gtmax(db)(10pF)
2	13.905568	4.265643	3.298317
3	14.426237	4.360816	3.322026
4	13.370807	4.455921	3.348
5	12.233588	4.509813	3.282201
6	10.582142	3.756889	2.367907
7	9.433474	3.19053	1.572184
8	8.624146	2.946131	1.103155
9	7.622373	3.102584	1.192084

Şekil 5.9 Frekans- G_{Tmax} değişimi ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

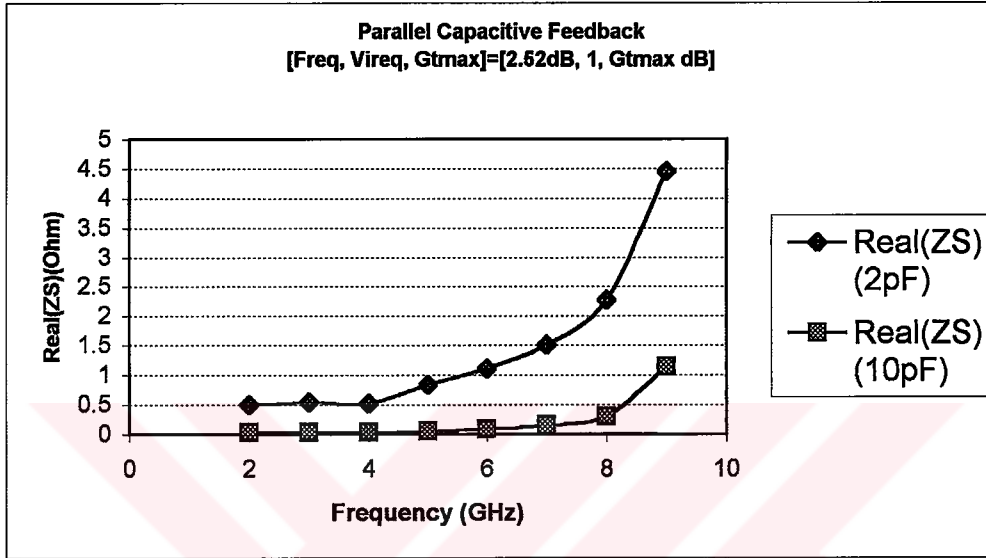
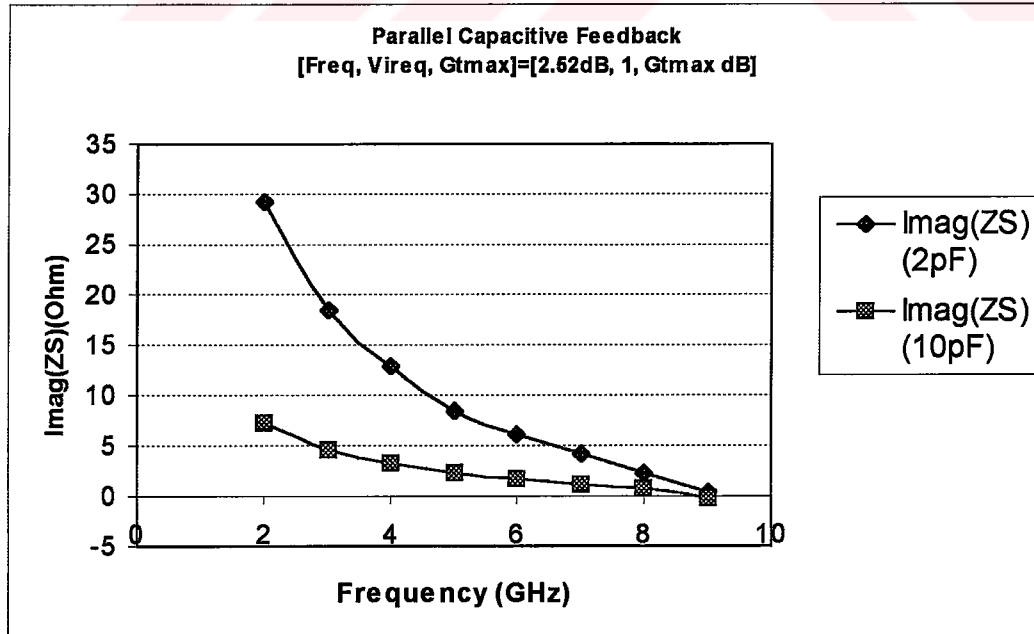
Çizelge 5.6 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, geribeslemesiz durum

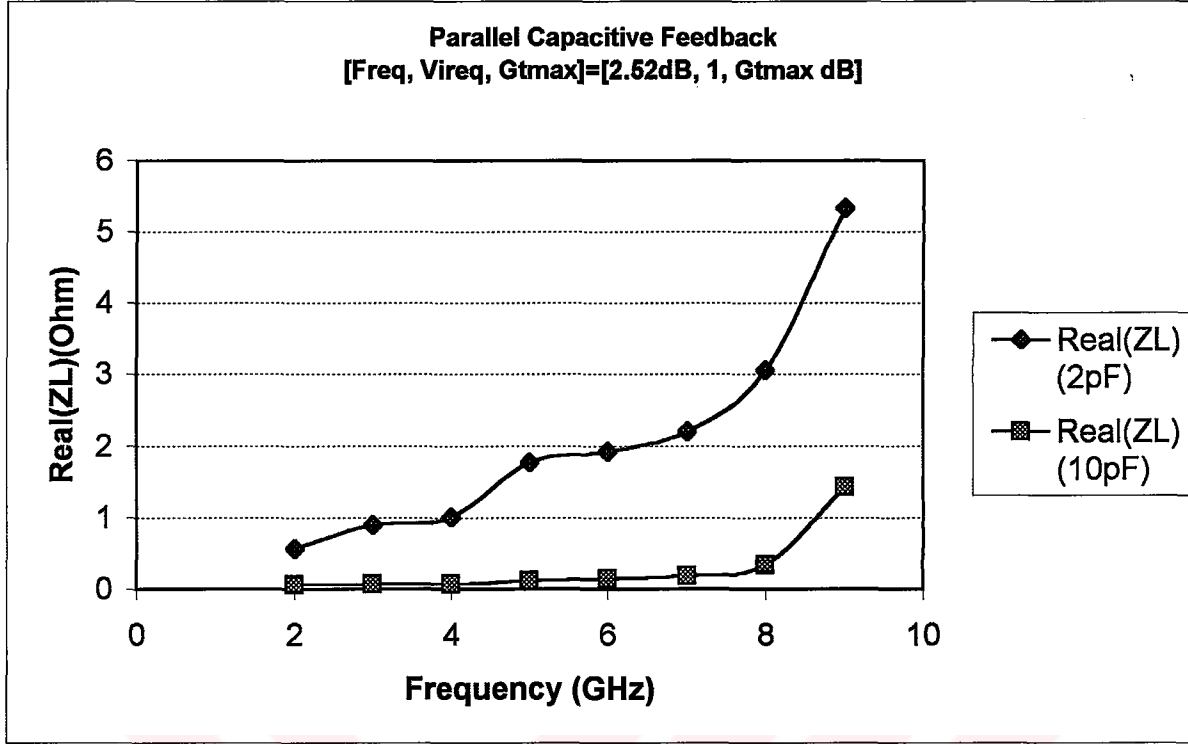
f (GHz)	Real(ZL)(Ohm)	Imag(ZL)(Ohm)	Real(ZS)(Ohm)	Imag(ZS)(Ohm)
2	10.047819	-4.447505	8.087687	116.168786
3	34.825022	6.225575	8.662522	65.661898
4	42.165326	30.042088	8.380915	40.571563
5	34.695528	29.915434	7.967736	28.037513
6	32.206302	24.780888	9.10096	18.484919
7	25.209638	23.340642	9.833936	10.807524
8	22.635368	20.634546	10.851884	4.438446
9	22.907137	16.148661	13.227416	-2.025535
10	24.723706	11.973749	15.868114	-8.676169
11	28.221512	6.77326	20.796219	-17.401375
12	73.417244	-7.283057	32.625506	-21.837233

Şekil 5.10 Frekans- $\text{Re}(Z)$ değişimi, geribeslemesiz durum ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)Şekil 5.11 Frekans- $\text{Re}(Z)$ değişimi, geribeslemesiz durum ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

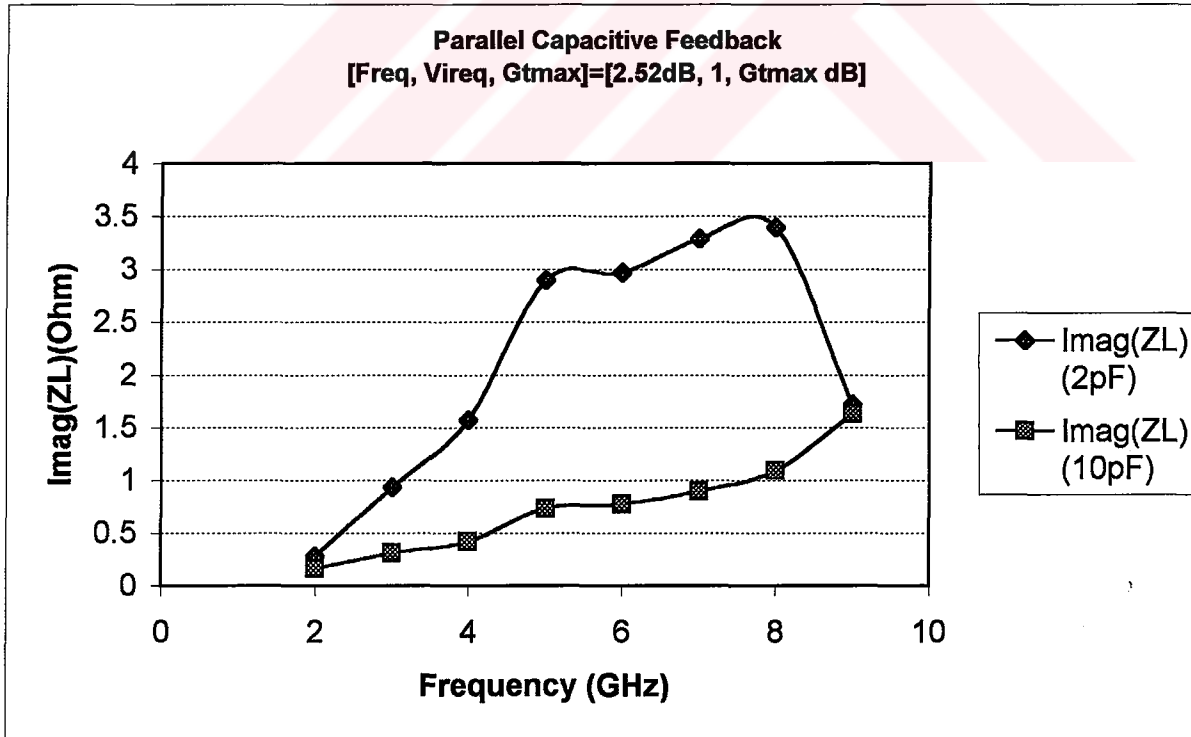
Çizelge 5.7 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel kapasitif geribesleme

f (Ghz)	Real(ZS)(Ohm) (2pF)	Imag(ZS)(Ohm) (2pF)	Real(ZS)(Ohm) (10pF)	Imag(ZS)(Ohm) (10pF)
2:	0.498428	29.21668	0.031022	7.292111
3:	0.546026	18.410825	0.03472	4.654255
4:	0.526505	12.867263	0.0341	3.296605
5:	0.84387	8.462422	0.059373	2.238578
6:	1.111054	6.142992	0.089135	1.674357
7:	1.513877	4.136782	0.14833	1.171029
8:	2.274329	2.392333	0.300609	0.675353
9:	4.450474	0.380903	1.144932	-0.245906

Şekil 5.12 Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)Şekil 5.13 Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)



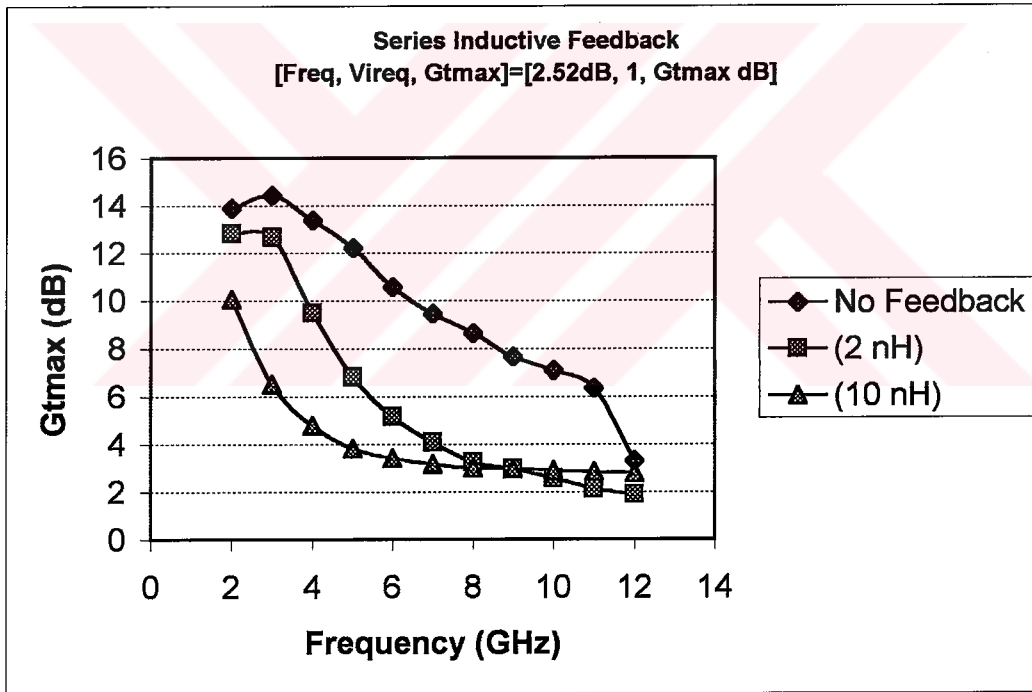
Şekil 5.14 Frekans- $Re(Z_L)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.15 Frekans- $Im(Z_L)$ değişimi, paralel kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

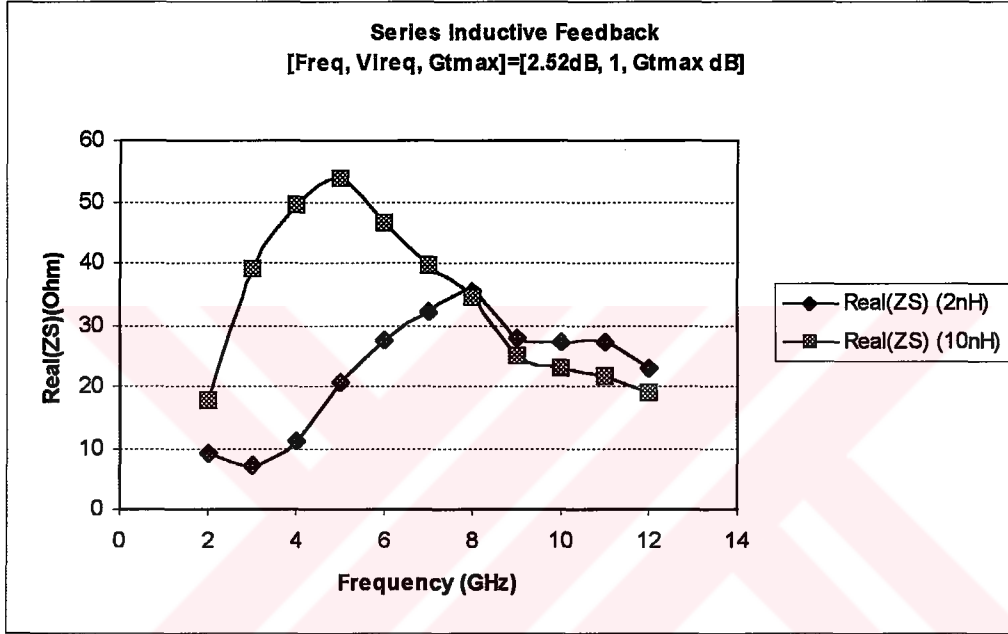
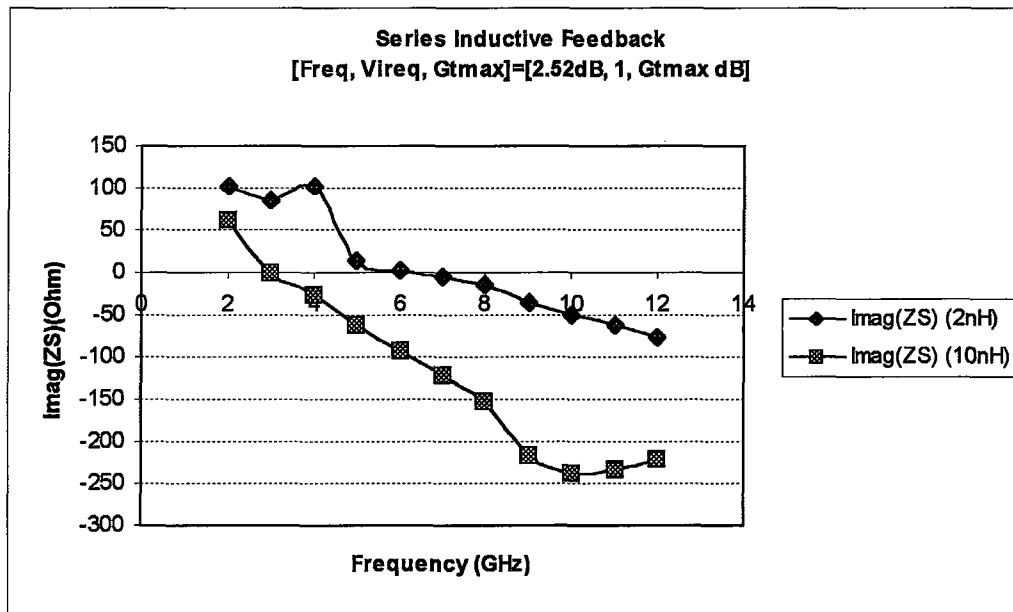
Çizelge 5.8 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri endüktif geribesleme

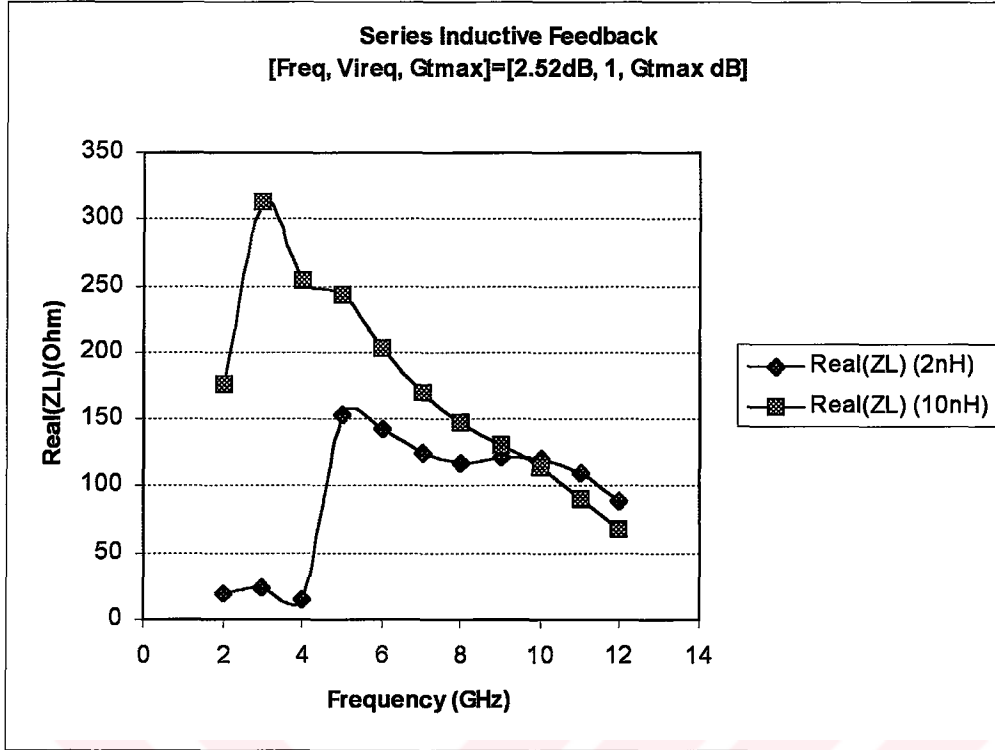
f (GHz)	No Feedback	Gtmax(dB)(2 nH)	Gtmax(dB)(10nH)
2	13.905568	12.838157	10.06261
3	14.426237	12.68341	6.513219
4	13.370807	9.510036	4.769379
5	12.233588	6.791026	3.801173
6	10.582142	5.149135	3.387061
7	9.433474	4.074057	3.158449
8	8.624146	3.237584	3.005106
9	7.622373	2.959842	2.961826
10	7.073419	2.570273	2.89554
11	6.344155	2.122379	2.821367
12	3.286579	1.898342	2.785264

Şekil 5.16 Frekans- G_{Tmax} değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

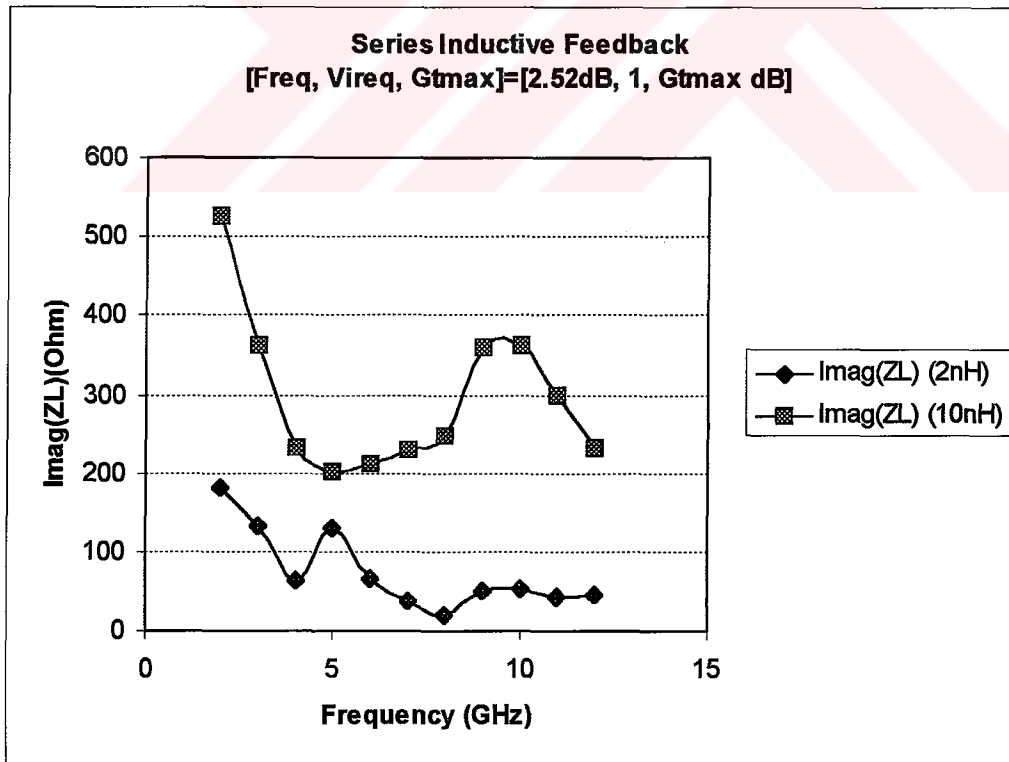
Çizelge 5.9 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri endüktif geribesleme

f (GHz)	Real(Z _S)(Ohm) (2nH)	Imag(Z _S)(Ohm) (2nH)	Real(Z _S)(Ohm) (10nH)	Imag(Z _S)(Ohm) (10nH)
2	9.054213	101.509323	17.81345	61.532888
3	7.19225	84.722397	39.132934	-1.174862
4	11.203131	101.576862	49.657057	-26.544615
5	20.560005	13.097294	53.768854	-60.989822
6	27.669041	2.413025	46.716893	-92.737381
7	31.996227	-5.434984	39.747232	-121.622392
8	35.374609	-13.911517	34.428114	-151.515989
9	27.881877	-35.520415	24.918065	-215.832774
10	27.369272	-48.835921	22.898578	-238.613042
11	27.108897	-61.231643	21.700359	-234.321344
12	23.003643	-75.143065	19.124376	-220.417136

Şekil 5.17 Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)Şekil 5.18 Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)



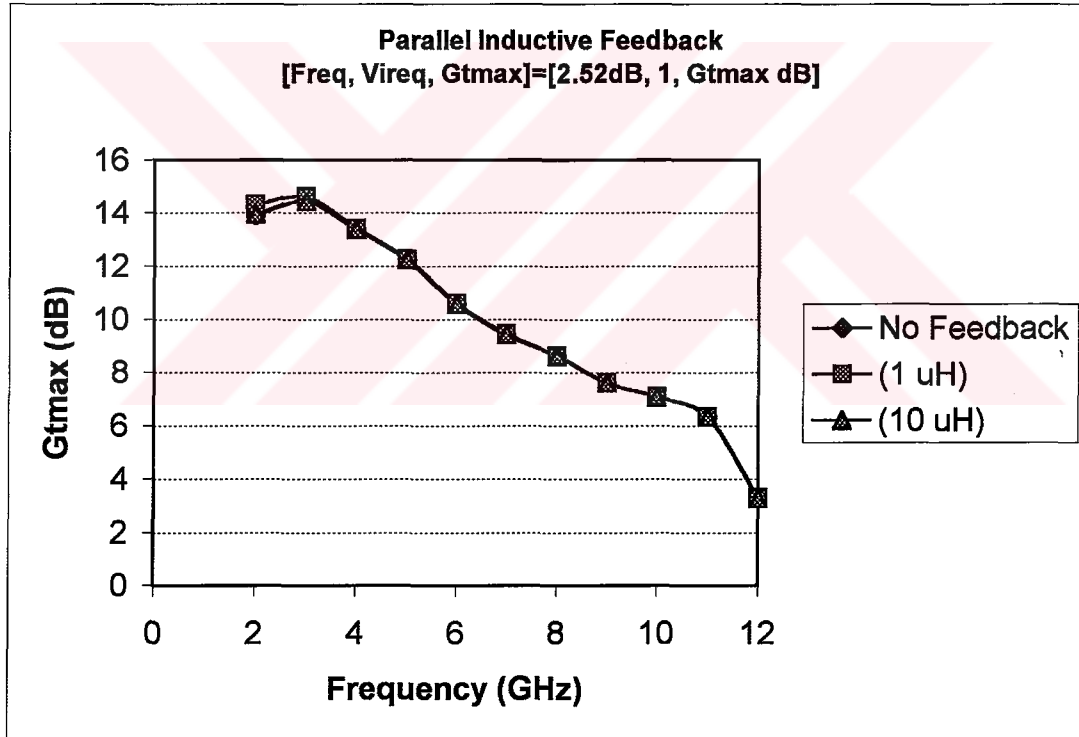
Şekil 5.19 Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.20 Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)

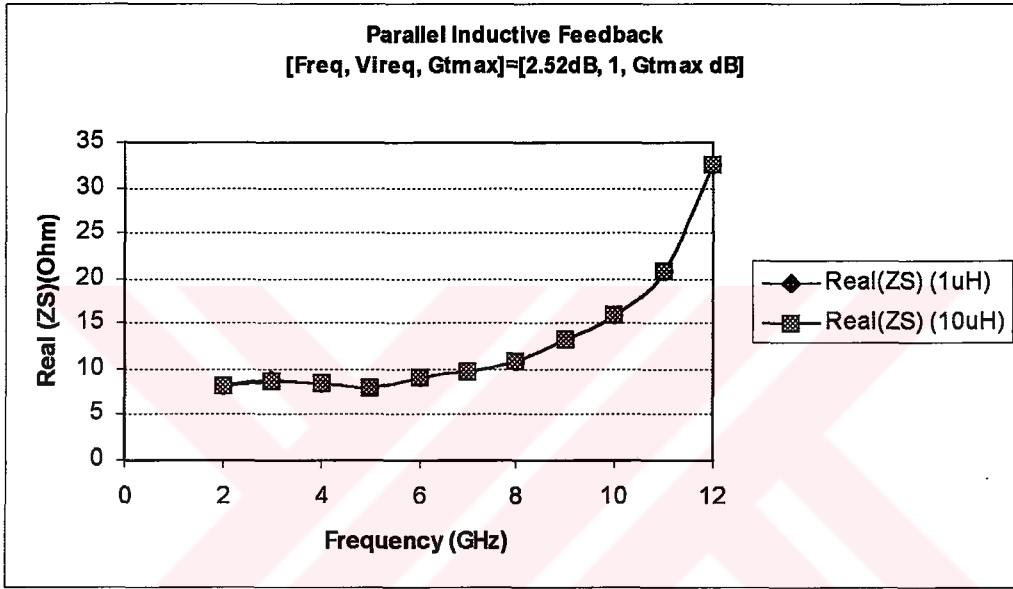
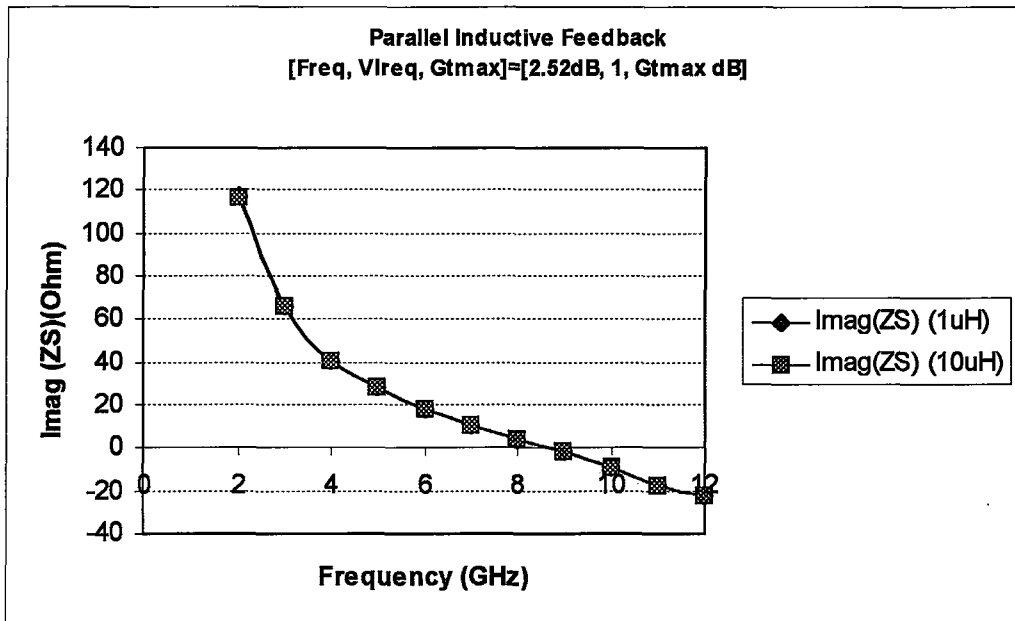
Çizelge 5.10 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel endüktif geribesleme

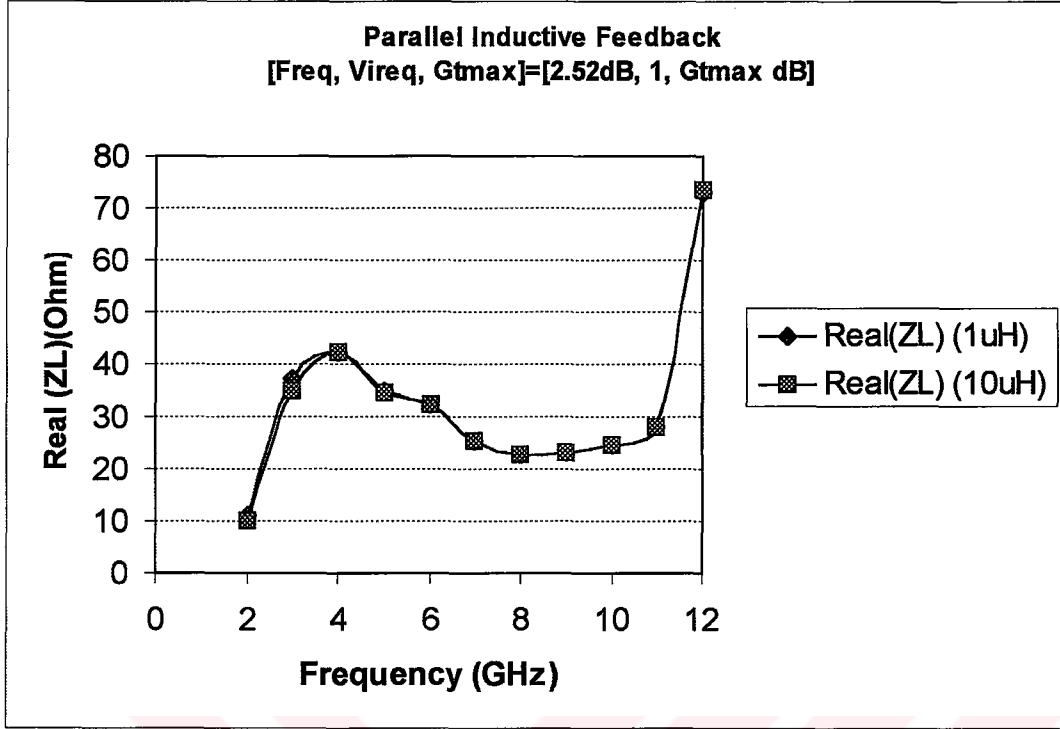
f (GHz)	No Feedback	(1 uH)	(10 uH)
2	13.905568	14.32455	13.945507
3	14.426237	14.610758	14.444322
4	13.370807	13.424174	13.376109
5	12.233588	12.264625	12.236679
6	10.582142	10.599602	10.583884
7	9.433474	9.443767	9.434502
8	8.624146	8.630398	8.624771
9	7.622373	7.625898	7.622725
10	7.073419	7.075797	7.073657
11	6.344155	6.346576	6.344398
12	3.286579	3.308185	3.288752

Şekil 5.21 Frekans- G_{Tmax} değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

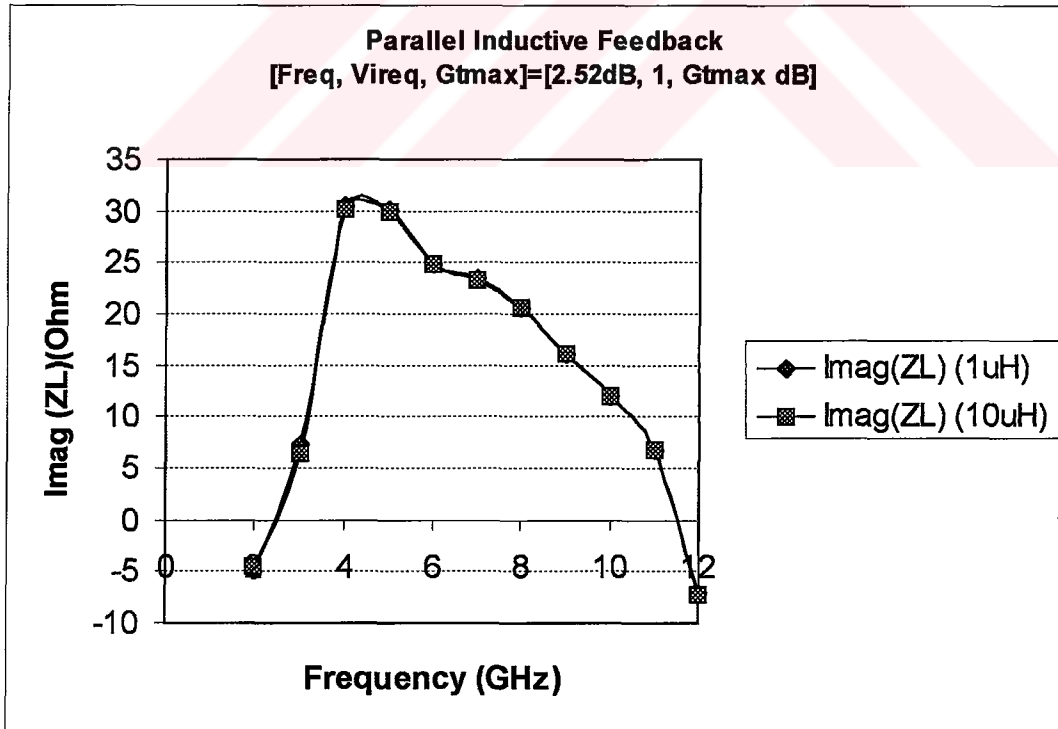
Çizelge 5.11 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, paralel endüktif geribesleme

f (GHz)	Real(ZS)(Ohm) (1uH)	Imag(ZS)(Ohm) (1uH)	Real(ZS)(Ohm) (10uH)	Imag(ZS)(Ohm) (10uH)
2:	8.245469	117.16003	8.103253	116.268081
3:	8.777981	65.612847	8.67367	65.659012
4:	8.398827	40.694335	8.382716	40.583751
5:	7.980053	28.085546	7.968969	28.042296
6:	9.111929	18.501236	9.102057	18.486548
7:	9.842462	10.811591	9.834788	10.807931
8:	10.858346	4.43693	10.85253	4.438294
9:	13.232166	-2.029597	13.227891	-2.025941
10:	15.869506	-8.680978	15.868253	-8.67665
11:	20.788702	-17.40522	20.795467	-17.401759
12:	32.589853	-21.86085	32.621937	-21.839603

Şekil 5.22 Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)Şekil 5.23 Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)



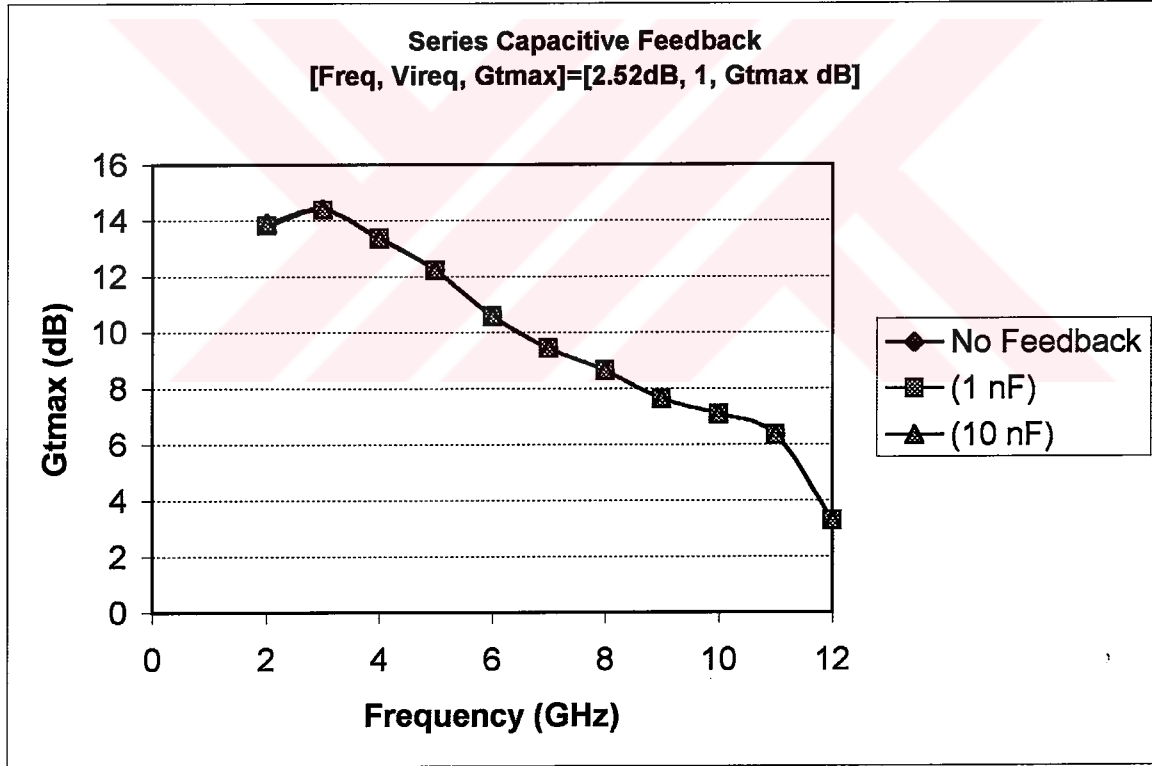
Şekil 5.24 Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.25 Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, paralel endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)

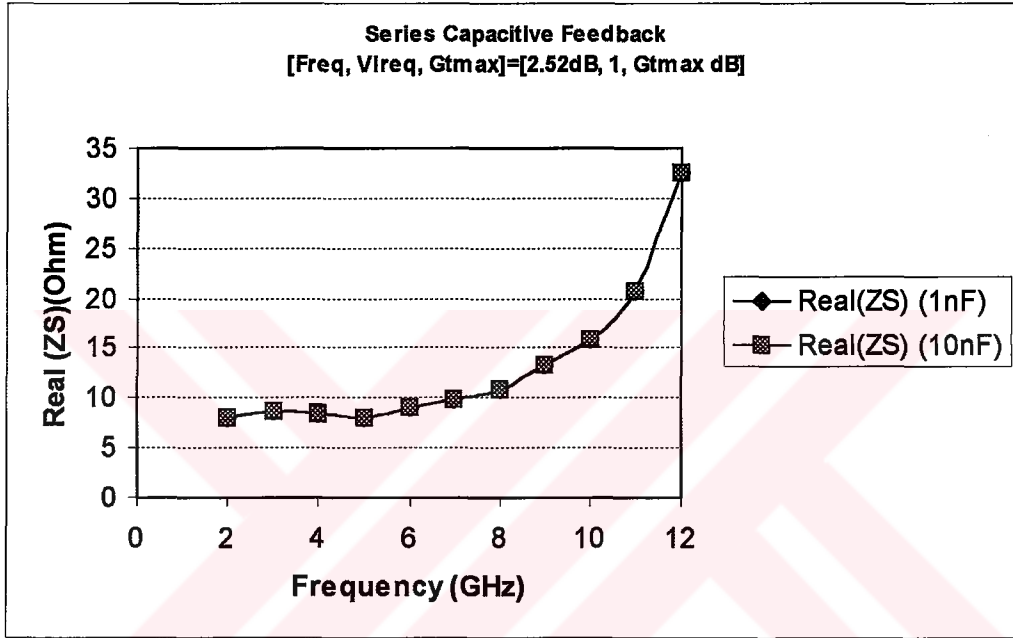
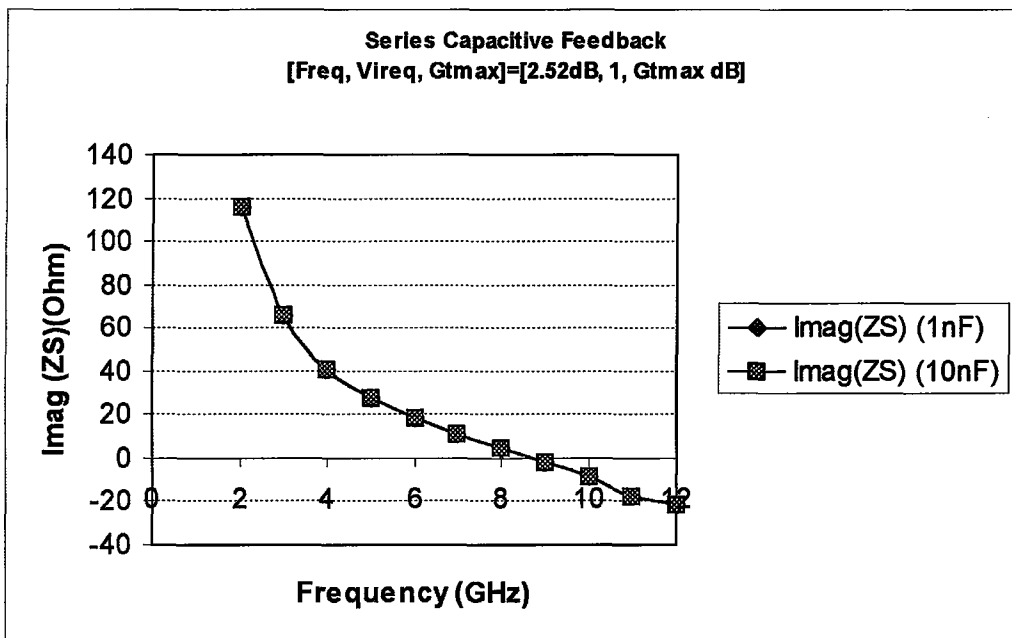
Çizelge 5.12 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri kapasitif geribesleme

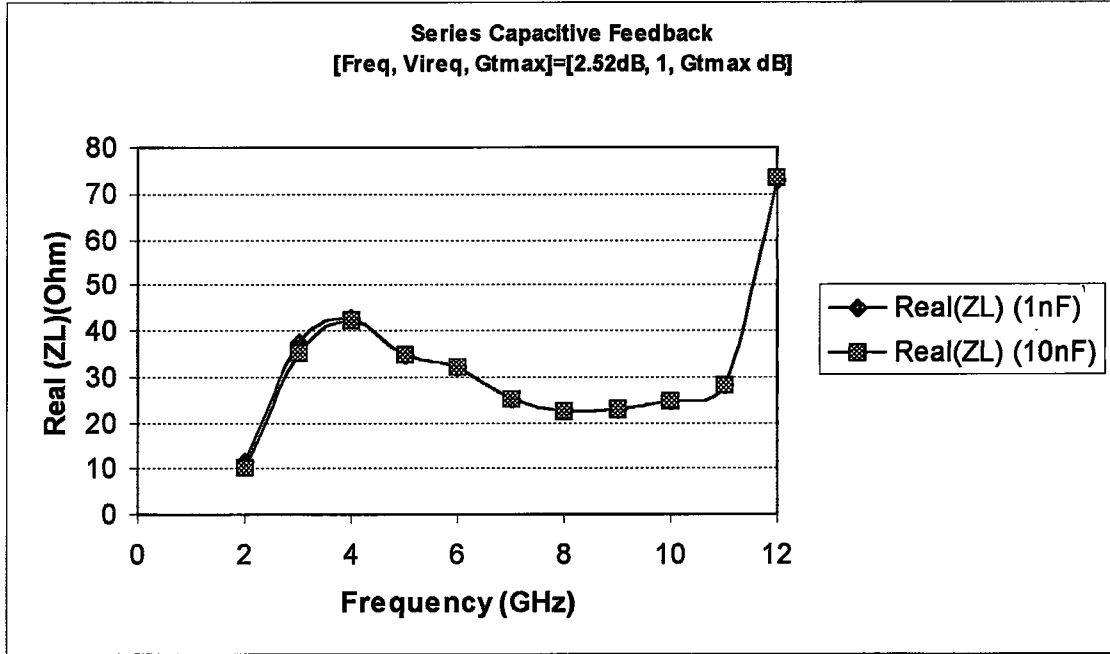
f (GHz)	No Feedback	Gtmax(dB)(1 nF)	Gtmax(dB)(10nF)
2	13.905568	13.816071	13.896676
3	14.426237	14.379374	14.421561
4	13.370807	13.372132	13.370941
5	12.233588	12.234122	12.233642
6	10.582142	10.58147	10.582075
7	9.433474	9.432961	9.433423
8	8.624146	8.623107	8.624042
9	7.622373	7.621092	7.622245
10	7.073419	7.071964	7.073274
11	6.344155	6.34286	6.344026
12	3.286579	3.287397	3.286661

Şekil 5.26 Frekans- G_{Tmax} değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)

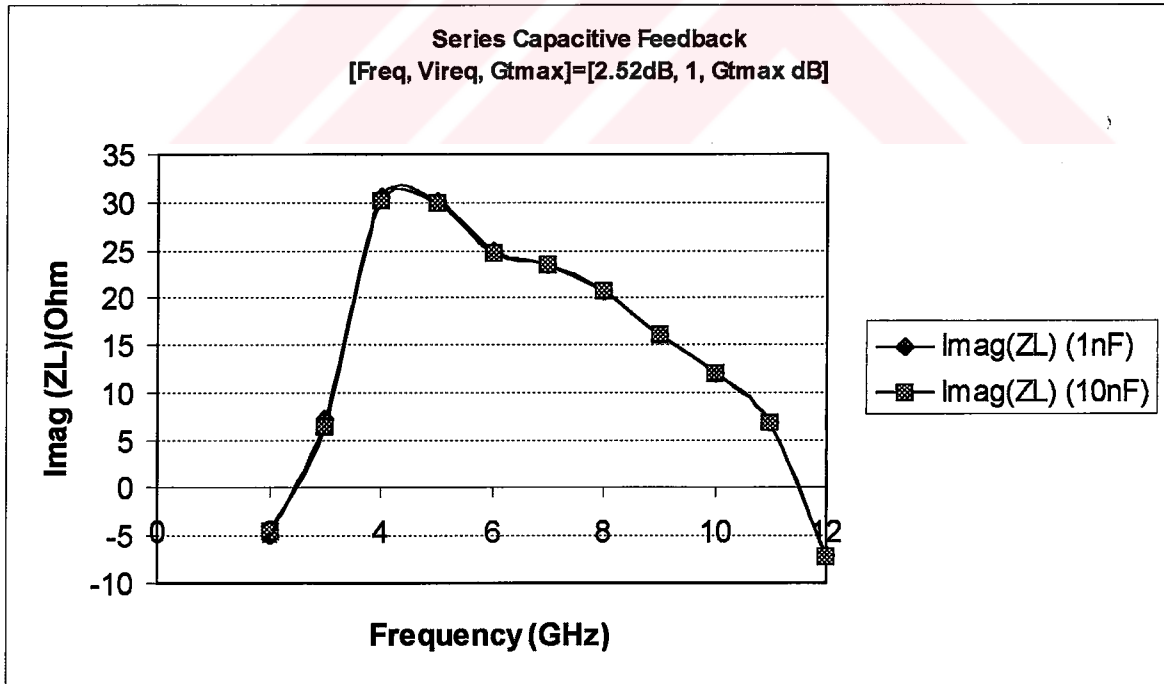
Çizelge 5.13 $F_{req}=2.52\text{dB}$, $V_i=1$, seri kapasitif geribesleme

f (Ghz)	Real(ZS)(Ohm) (1nF)	Imag(ZS)(Ohm) (1nF)	Real(ZS)(Ohm) (10nF)	Imag(ZS)(Ohm) (10nF)
2	8.08469	116.310435	8.087382	116.182989
3	8.621241	65.894731	8.65831	65.685572
4	8.377432	40.577238	8.380567	40.572127
5	7.966175	28.037557	7.96758	28.037514
6	9.100352	18.482519	9.1009	18.484677
7	9.834462	10.803121	9.833989	10.807082
8	10.853786	4.431451	10.852075	4.437745
9	13.230396	-2.033964	13.227715	-2.026379
10	15.872455	-8.685032	15.868548	-8.677056
11	20.802215	-17.410232	20.796818	-17.402261
12	32.630566	-21.84128	32.626012	-21.837638

Şekil 5.27 Frekans- $\text{Re}(Z_S)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)Şekil 5.28 Frekans- $\text{Im}(Z_S)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.29 Frekans- $\text{Re}(Z_L)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.30 Frekans- $\text{Im}(Z_L)$ değişimi, seri kapasitif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)

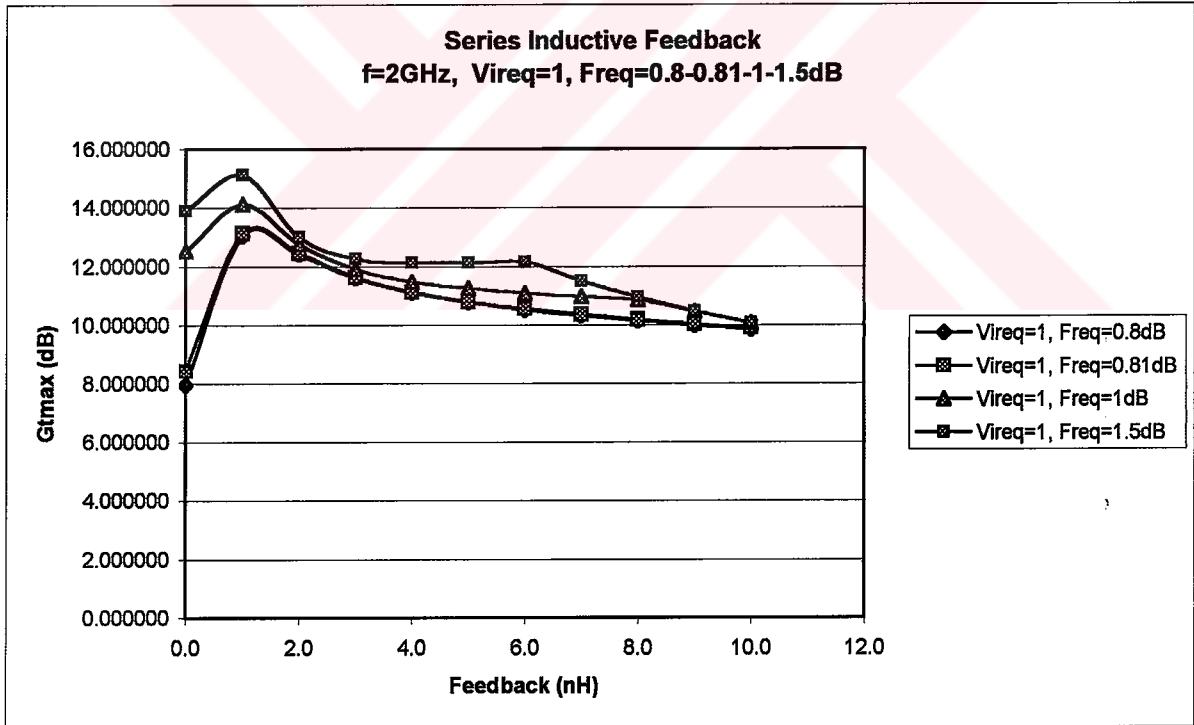
5.2.3 Maksimum kazanç (G_{Tmax}), istenilen gürültü faktörü (F_{req}), istenilen giriş VSWR (V_{ireq}), geribesleme ilişkisi

Geribeslemeli iki kapılının ana performans ölçütlerinden biri olan gürültü faktörünün (F) devreye olan etkisi oldukça belirgin olup, bu bölümde $V_{ireq}=1$ ve $V_{ireq}=2$ durumları için ayrıntılı olarak incelenmiştir. İstenilen gürültü faktörü (F_{req}) seviyesindeki küçük değişikliklerin bile maksimum kazanç üstünde farklılıklar oluşturabildiği bu bölümde görülecektir.

Tüm sonuçlar için seri endüktif geribesleme 1-10nH aralığında 1nH'lik adımlarla uygulanmış olup frekans seviyesi 2 GHz ve istenilen gürültü seviyeleri 0.8-1.5 dB aralığında seçilmiştir.

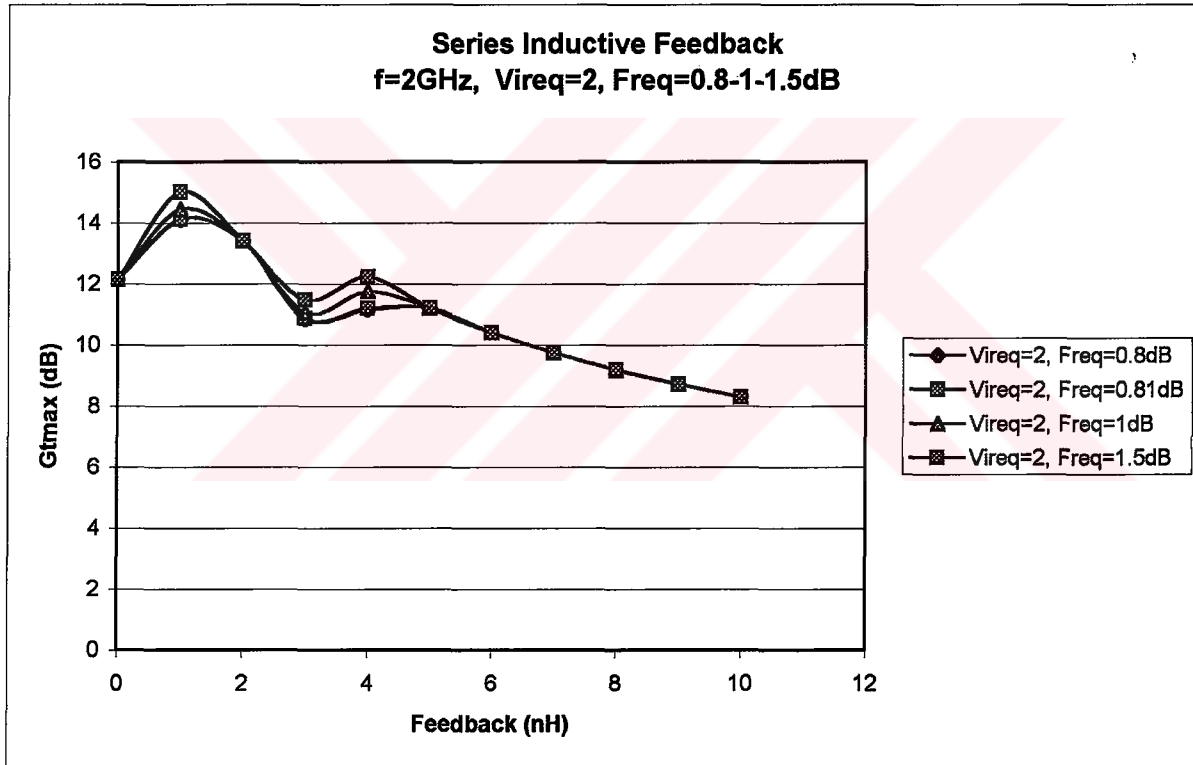
Çizelge 5.14 $F_{req}=(0.8-0.81-1-1.5)$ dB, $V_{ireq}=1$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB) (Freq=0.8 dB)	Gtmax (dB) (Freq=0.81 dB)	Gtmax (dB) (Freq=1 dB)	Gtmax (dB) (Freq=1.5 dB)
0	7.952081	8.418636	12.529322	13.905568
1	13.046680	13.127347	14.107288	15.133388
2	12.417887	12.444715	12.7655	13.003877
3	11.609912	11.629882	11.900177	12.261993
4	11.099207	11.122504	11.476545	12.121121
5	10.760336	10.788873	11.242259	12.131073
6	10.508735	10.542256	11.082704	12.156978
7	10.306656	10.344498	10.957133	11.500422
8	10.136735	10.178271	10.850802	10.946502
9	9.989695	10.034406	10.473261	10.473261
10	9.859865	9.907333	10.06261	10.06261

Şekil 5.31 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}= 2.52$ dB)

Çizelge 5.15 $F_{req}=(0.8-0.81-1-1.5)$ dB, $V_{ireq}=2$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB) (Freq=0.8 dB)	Gtmax (dB) (Freq=0.81 dB)	Gtmax (dB) (Freq=1 dB)	Gtmax (dB) (Freq=1.5 dB)
0	12.144656	12.1447	12.144656	12.144656
1	14.1065	14.1276	14.446466	15.015748
2	13.4144	13.4144	13.414381	13.414381
3	10.8383	10.8586	11.050779	11.468133
4	11.1594	11.1927	11.745396	12.231516
5	11.2096	11.2096	11.209591	11.209591
6	10.4006	10.4006	10.400632	10.400632
7	9.7395	9.7395	9.739509	9.739509
8	9.1856	9.1856	9.18559	9.18559
9	8.7123	8.7123	8.712348	8.712348
10	8.3017	8.3017	8.301697	8.301697

Şekil 5.32 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=2.52$ dB)

5.2.4 Birleşik (seri endüktif+paralel kapasitif) geribeslemenin kazanç (G_{Tmax}) ve gürültü faktörüne (F_{min}) etkisi

Şu ana kadar gerçekleştirdiğimiz uygulamalarda, iki kapılı devre üzerinde tek elemandan oluşan seri yada paralel geribeslemenin etkilerini incelemiştik. Bu bölümde bu iki geribesleme tipinin bir arada kullanımının ne gibi etkileri olacağı üzerinde duracağız. Verilen bütün sonuçlarda iki kapılıya önceki bölümdeki gibi artan oranda seri endüktif geribesleme uygulanmış olup sonra aynı geribeslemeli devreye tekrar sabit değerde paralel kapasitif tipte bir geribesleme daha uygulanmıştır. Uygulama sonlarında seri endüktif ve birleşik geribesleme konfigürasyonlarının birbirleriyle karşılaştırılması grafiksel olarak gerçekleştirilmiştir.

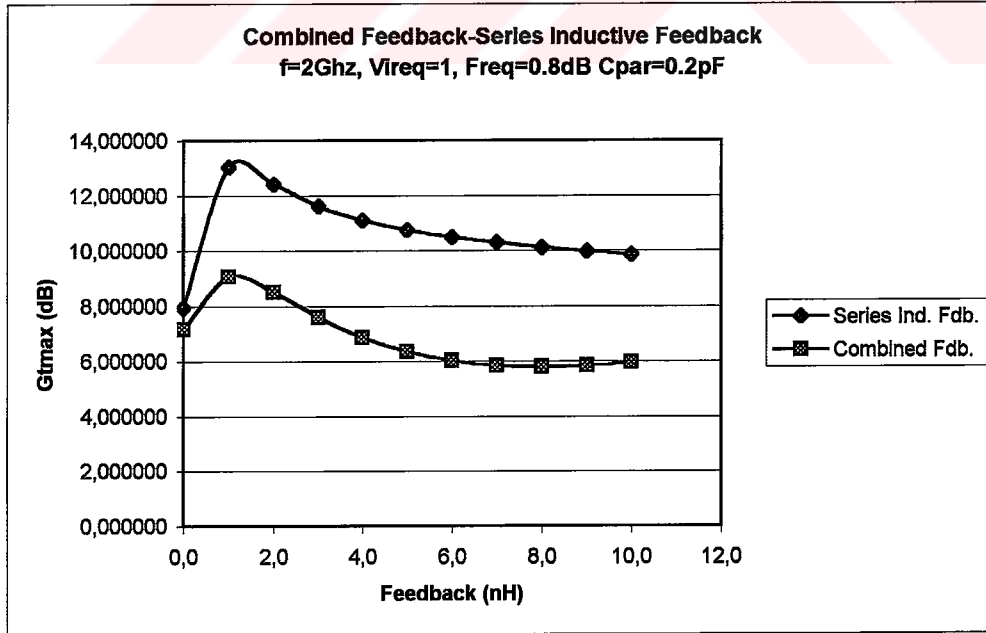


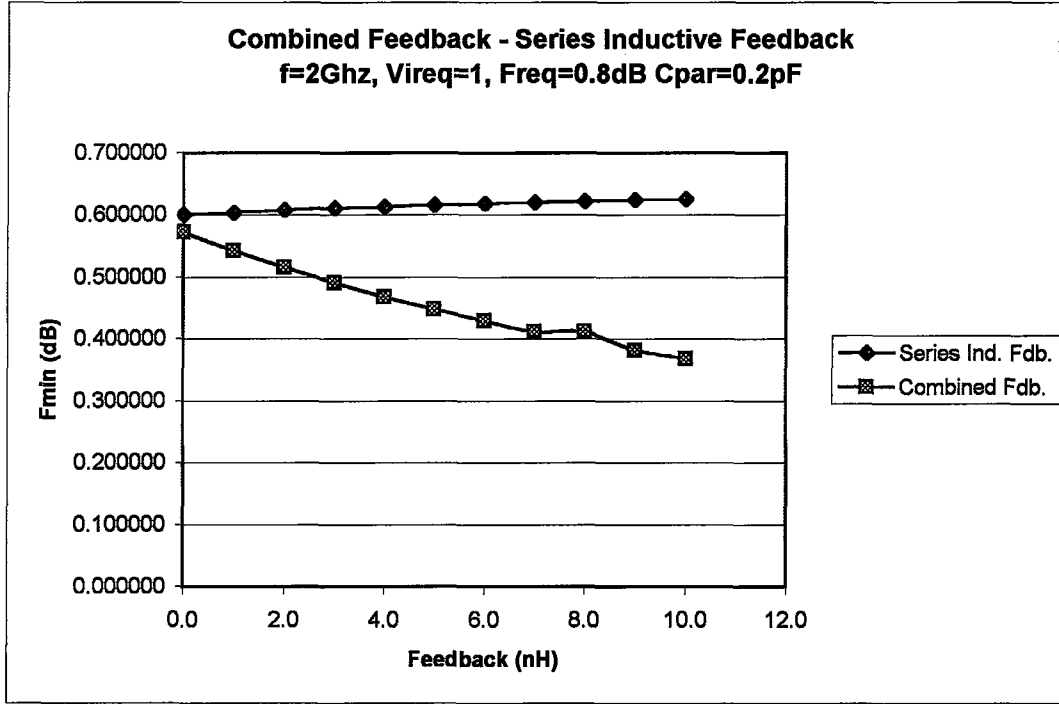
Çizelge 5.16 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)
0.0	7.952081	1.1482	0.600175
1.0	13.046680	1.1491	0.603578
2.0	12.417887	1.1501	0.607356
3.0	11.609912	1.1509	0.610376
4.0	11.099207	1.1517	0.613394
5.0	10.760336	1.1524	0.616032
6.0	10.508735	1.1530	0.618293
7.0	10.306656	1.1536	0.620552
8.0	10.136735	1.1541	0.622434
9.0	9.989695	1.1546	0.624316
10.0	9.859865	1.1549	0.625444

Çizelge 5.17 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.2	0.0	7.171186	1.1408	0.572095
0.2	1.0	9.085026	1.1329	0.541916
0.2	2.0	8.512493	1.1259	0.514998
0.2	3.0	7.596127	1.1196	0.490629
0.2	4.0	6.866335	1.1138	0.468072
0.2	5.0	6.348271	1.1086	0.447749
0.2	6.0	6.012661	1.1039	0.429297
0.2	7.0	5.837757	1.0995	0.411952
0.2	8.0	5.795554	1.0995	0.411952
0.2	9.0	5.843452	1.0919	0.381829
0.2	10.0	5.94231	1.0885	0.368284

Şekil 5.33 Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)



Şekil 5.34 Geribesleme- F_{min} değişimi, birleşik ve seri endük. geribesleme ($V_i=1$, $F_{req}=0.8$ dB)

Çizelge 5.18 $f=2$ GHz, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=0.8$ dB, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri

Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.0	37.963073	-128.871371	37.24238	99.846066
1.0	66.842679	37.229175	37.44415	102.311879
2.0	78.8488	120.801965	36.429046	107.768976
3.0	80.055156	162.548526	34.934047	115.945393
4.0	81.559052	184.565825	34.137758	124.454956
5.0	86.344057	199.470488	34.128908	131.34453
6.0	92.879526	211.629887	34.467664	136.524121
7.0	99.770109	222.030093	34.903094	140.559469
8.0	106.377511	230.928103	35.353968	143.917683
9.0	112.47929	238.493427	35.800834	146.882906
10.0	118.030712	244.894069	36.241167	149.617283

Çizelge 5.19 $f=2$ GHz, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=0.8$ dB, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri

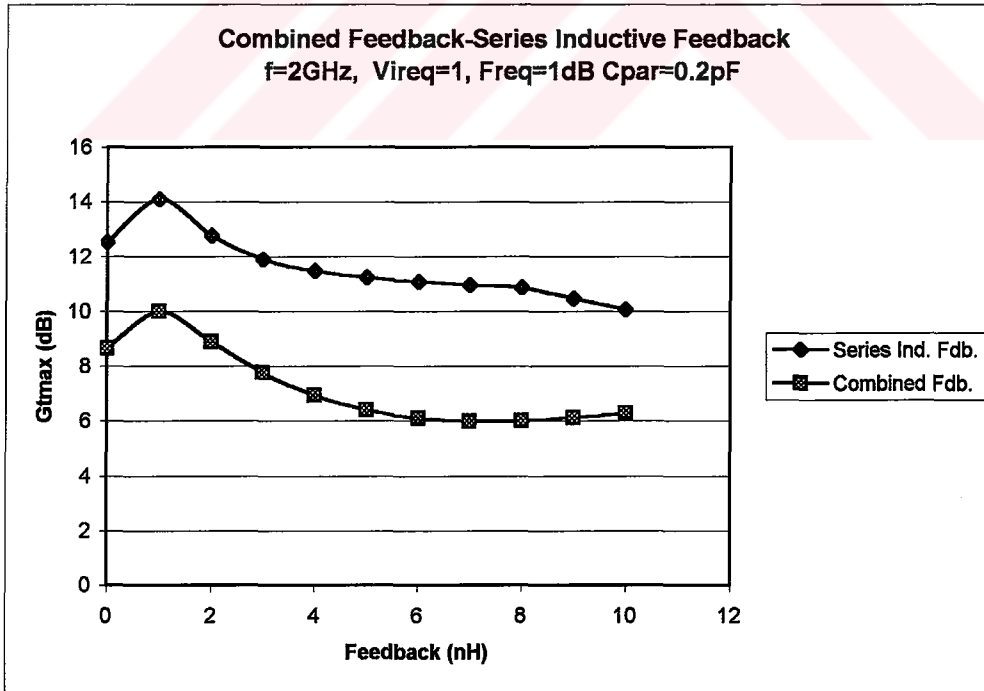
Feedback (pF)	Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.2	0.0	17.594286	-24.815158	24.503036	77.52374
0.2	1.0	23.787939	13.758558	24.497141	73.336107
0.2	2.0	29.153833	43.921495	24.441333	69.723175
0.2	3.0	32.538928	67.511031	23.888829	67.070375
0.2	4.0	32.903954	85.222527	22.434713	65.819714
0.2	5.0	30.081137	97.096724	19.93648	66.421817
0.2	6.0	25.367973	103.3562	16.784837	69.04893
0.2	7.0	21.030318	105.620418	13.867547	73.008454
0.2	8.0	18.47709	106.599239	11.830793	76.824877
0.2	9.0	17.514153	108.022478	10.586384	79.522421
0.2	10.0	17.433018	110.13976	9.782832	81.092385

Çizelge 5.20 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	12.529322	1.1482	0.600175
1	14.107288	1.1491	0.603578
2	12.7655	1.1501	0.607356
3	11.900177	1.1509	0.610376
4	11.476545	1.1517	0.613394
5	11.242259	1.1524	0.616032
6	11.082704	1.1530	0.618293
7	10.957133	1.1536	0.620552
8	10.850802	1.1541	0.622434
9	10.473261	1.1546	0.624316
10	10.06261	1.1549	0.625444

Çizelge 5.21 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.2	0	8.653602	1.1408	0.572095
0.2	1	9.985669	1.1329	0.541916
0.2	2	8.89697	1.1259	0.514998
0.2	3	7.763315	1.1196	0.490629
0.2	4	6.950191	1.1138	0.468072
0.2	5	6.414475	1.1086	0.447749
0.2	6	6.100331	1.1039	0.429297
0.2	7	5.974727	1.0995	0.411952
0.2	8	5.998988	1.0995	0.411952
0.2	9	6.117821	1.0919	0.381829
0.2	10	6.283331	1.0885	0.368284

Şekil 5.35 Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$)

Çizelge 5.22 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri

Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.0	87.496408	-84.496541	28.477714	96.293916
1.0	69.597981	72.672932	28.472103	98.762244
2.0	67.159339	148.748349	27.403992	104.823606
3.0	64.569919	182.547766	25.949661	114.007545
4.0	65.369356	199.415523	25.118944	123.45285
5.0	69.937096	211.626787	24.961723	130.987054
6.0	76.29058	222.367394	25.098215	136.56156
7.0	83.032912	231.949636	25.317201	140.831717
8.0	89.539346	240.325346	25.551224	144.329678
9.0	119.987771	286.632378	27.31218	125.857657
10.0	142.597796	312.603902	30.043428	117.550256

Çizelge 5.23 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri

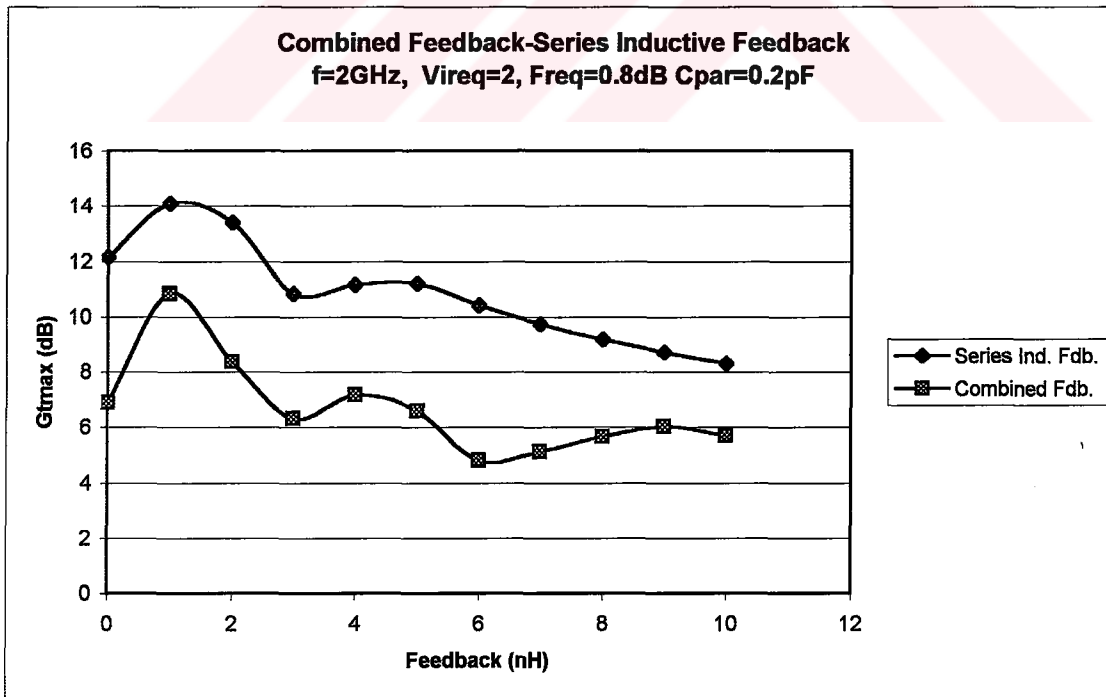
Feedback (pF)	Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.2	0.0	13.155203	-12.20751	16.23205	81.546595
0.2	1.0	25.222641	21.96983	19.693464	69.986742
0.2	2.0	27.667278	52.596434	19.837801	66.341166
0.2	3.0	29.26637	76.044967	19.478502	63.825123
0.2	4.0	28.593081	92.695836	18.270416	62.962672
0.2	5.0	25.438422	102.743138	16.129285	64.195996
0.2	6.0	21.05363	107.033053	13.453259	67.550218
0.2	7.0	17.35321	107.824327	11.026492	72.116378
0.2	8.0	15.347149	107.96034	9.366888	76.31874
0.2	9.0	14.739976	108.945664	8.370646	79.230327
0.2	10.0	14.889017	110.824106	7.735843	80.917455

Çizelge 5.24 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	12.144656	1.1482	0.600175
1	14.1065	1.1491	0.603578
2	13.4144	1.1501	0.607356
3	10.8383	1.1509	0.610376
4	11.1594	1.1517	0.613394
5	11.2096	1.1524	0.616032
6	10.4006	1.1530	0.618293
7	9.7395	1.1536	0.620552
8	9.1856	1.1541	0.622434
9	8.7123	1.1546	0.624316
10	8.3017	1.1549	0.625444

Çizelge 5.25 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.2	0	6.89269	1.1408	0.572095
0.2	1	10.831967	1.1329	0.541916
0.2	2	8.370886	1.1259	0.514998
0.2	3	6.311077	1.1196	0.490629
0.2	4	7.16831	1.1138	0.468072
0.2	5	6.58289	1.1086	0.447749
0.2	6	4.789319	1.1039	0.429297
0.2	7	5.135823	1.0995	0.411952
0.2	8	5.666715	1.0955	0.396124
0.2	9	6.026883	1.0919	0.381829
0.2	10	5.712514	1.0885	0.368284

Şekil 5.36 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$)

Çizelge 5.26 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri

Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.0	101.941901	247.782872	50.961258	82.040886
1.0	31.417227	123.587237	37.44415	102.311879
2.0	37.424997	175.589001	51.13511	86.500122
3.0	26.093876	205.118692	34.934047	115.945393
4.0	31.724262	216.425582	34.137758	124.454956
5.0	49.146019	259.701212	35.811846	119.985711
6.0	28.790229	176.947889	41.641894	164.03606
7.0	31.391543	166.824513	49.737095	177.571896
8.0	35.035327	159.441116	57.868721	187.700246
9.0	39.049276	153.212418	65.607732	195.717287
10.0	43.172095	147.594778	72.812285	202.350579

Çizelge 5.27 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri

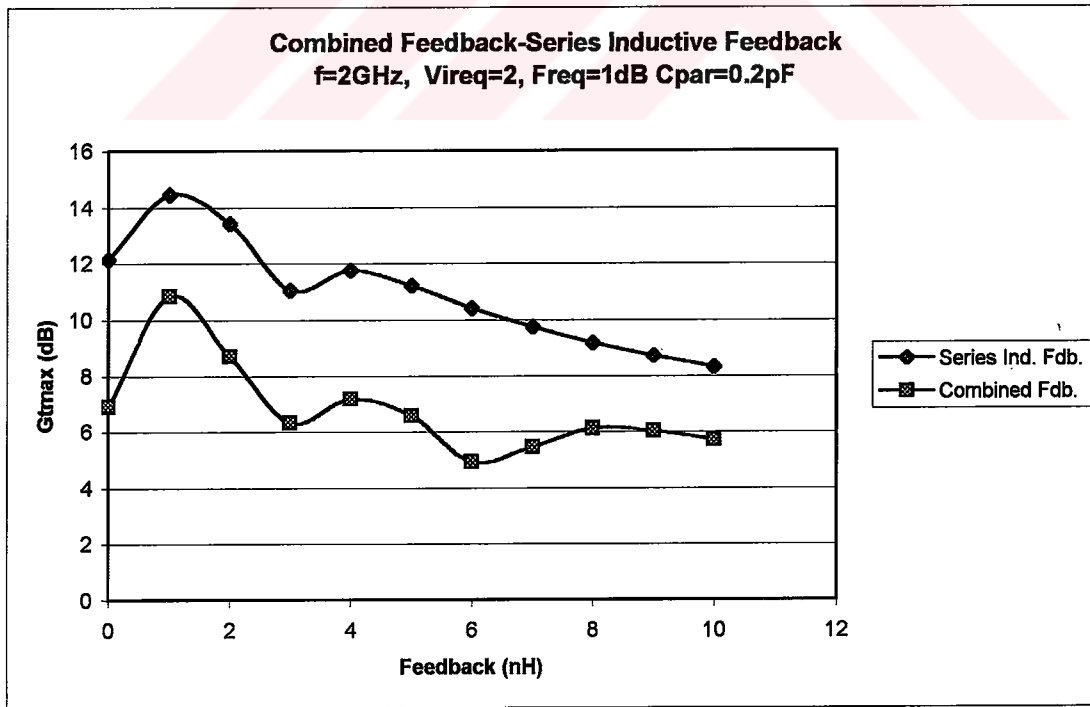
Feedback (pF)	Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.2	0.0	156.354378	131.725698	44.497389	65.06134
0.2	1.0	27.155189	49.322977	28.429516	69.24035
0.2	2.0	13.836932	69.056937	24.441333	69.72317
0.2	3.0	11.918784	91.140289	23.888829	67.07037
0.2	4.0	18.105082	102.058701	39.954737	52.92728
0.2	5.0	9.582153	111.924828	20.875614	65.07711
0.2	6.0	8.248088	112.895104	16.784837	69.0489
0.2	7.0	7.401437	111.354974	13.867547	73.00845
0.2	8.0	7.25795	110.20705	11.830793	76.82487
0.2	9.0	9.726092	122.614623	12.412474	71.68301
0.2	10.0	13.871027	142.531461	15.238278	62.68217

Çizelge 5.28 $f=2\text{GHz}$, $V_{i\text{req}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	12.144656	1.1482	0.600175
1	14.446466	1.1491	0.603578
2	13.414381	1.1501	0.607356
3	11.050779	1.1509	0.610376
4	11.745396	1.1517	0.613394
5	11.209591	1.1524	0.616032
6	10.400632	1.1530	0.618293
7	9.739509	1.1536	0.620552
8	9.18559	1.1541	0.622434
9	8.712348	1.1546	0.624316
10	8.301697	1.1549	0.625444

Çizelge 5.29 $f=2\text{GHz}$, $V_{i\text{req}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.2	0	6.89269	1.1408	0.572095
0.2	1	10.831967	1.1329	0.541916
0.2	2	8.69761	1.1259	0.514998
0.2	3	6.324503	1.1196	0.490629
0.2	4	7.16831	1.1138	0.468072
0.2	5	6.58289	1.1086	0.447749
0.2	6	4.934461	1.1039	0.429297
0.2	7	5.449041	1.0995	0.411952
0.2	8	6.127972	1.0955	0.396124
0.2	9	6.026883	1.0919	0.381829
0.2	10	5.712514	1.0885	0.368284

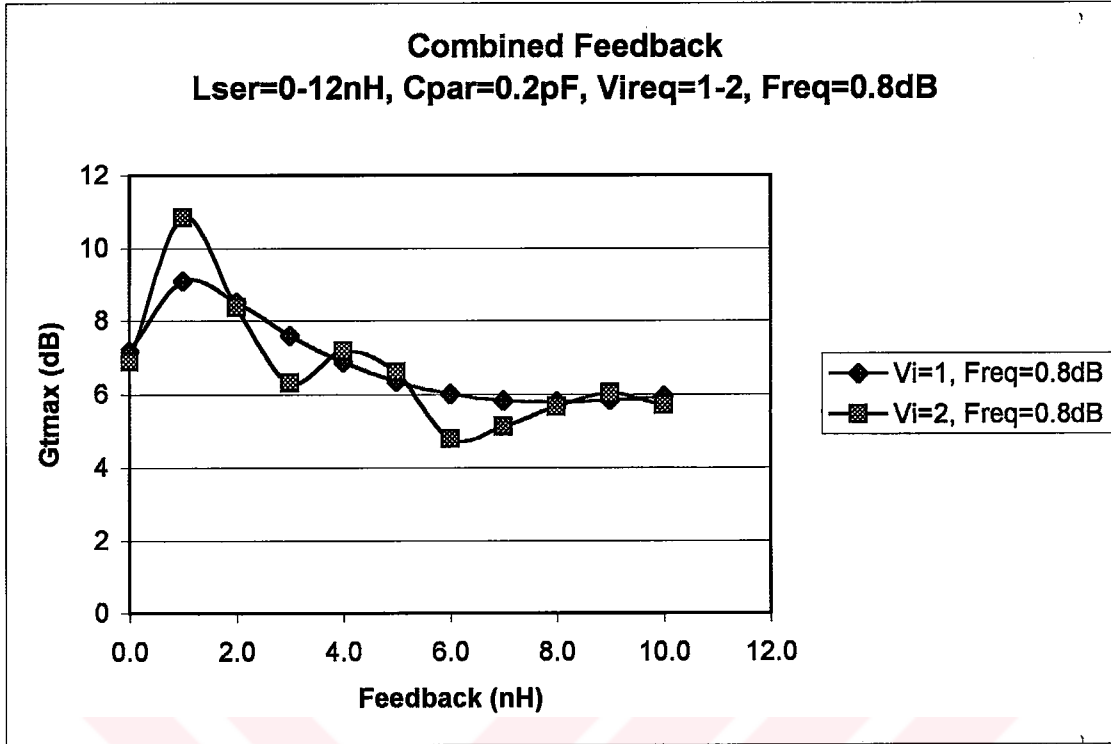
Şekil 5.37 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$)

Çizelge 5.30 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=1\text{dB}$, seri endüktif geribesleme sonlandırma değerleri

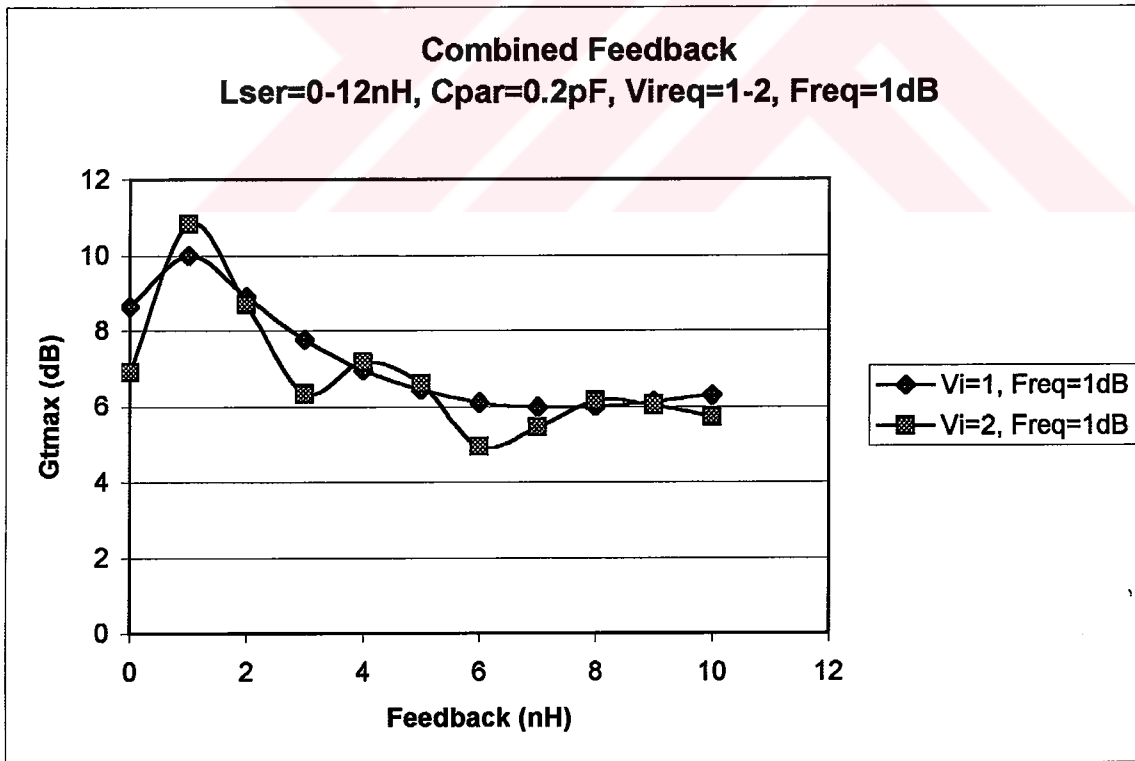
Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.0	59.131042	233.757876	42.690408	71.162261
1.0	23.953258	126.770047	28.472103	98.762244
2.0	37.424997	175.589001	40.335849	78.09117
3.0	19.861739	206.721159	25.949661	114.007545
4.0	26.342291	217.909913	25.118944	123.45285
5.0	51.92135	303.294802	29.47626	105.93008
6.0	21.28268	166.373254	34.677624	176.637642
7.0	23.838229	157.416938	43.092966	193.01268
8.0	26.987287	150.069445	51.969008	206.442744
9.0	30.363178	143.485274	60.834689	217.768211
10.0	33.803339	137.335113	69.446445	227.548045

Çizelge 5.31 $f=2\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=0.8\text{dB}$, birleşik geribesleme sonlandırma değerleri

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Real(ZL) (ohm)	Imag(ZL) (ohm)	Real(ZS) (ohm)	Imag(ZS) (ohm)
0.2	0.0	101.382639	162.306172	42.277207	53.21053
0.2	1.0	33.016671	65.513896	27.441014	59.98085
0.2	2.0	11.404287	70.226462	19.837801	66.34116
0.2	3.0	9.230794	92.038062	19.478502	63.82512
0.2	4.0	18.105082	102.058701	34.602628	45.27121
0.2	5.0	9.582153	111.924828	20.8145	56.4658
0.2	6.0	6.684444	113.227696	13.453259	67.55021
0.2	7.0	6.249203	111.568912	11.026492	72.11637
0.2	8.0	6.352352	110.354163	9.366888	76.3187
0.2	9.0	10.86288	135.837918	12.31927	63.32189
0.2	10.0	14.349618	153.16529	14.639254	56.17532



Şekil 5.38 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme, $f=2\text{GHz}$, $V_{ireq}=1-2$, $F_{req}=0.8\text{dB}$



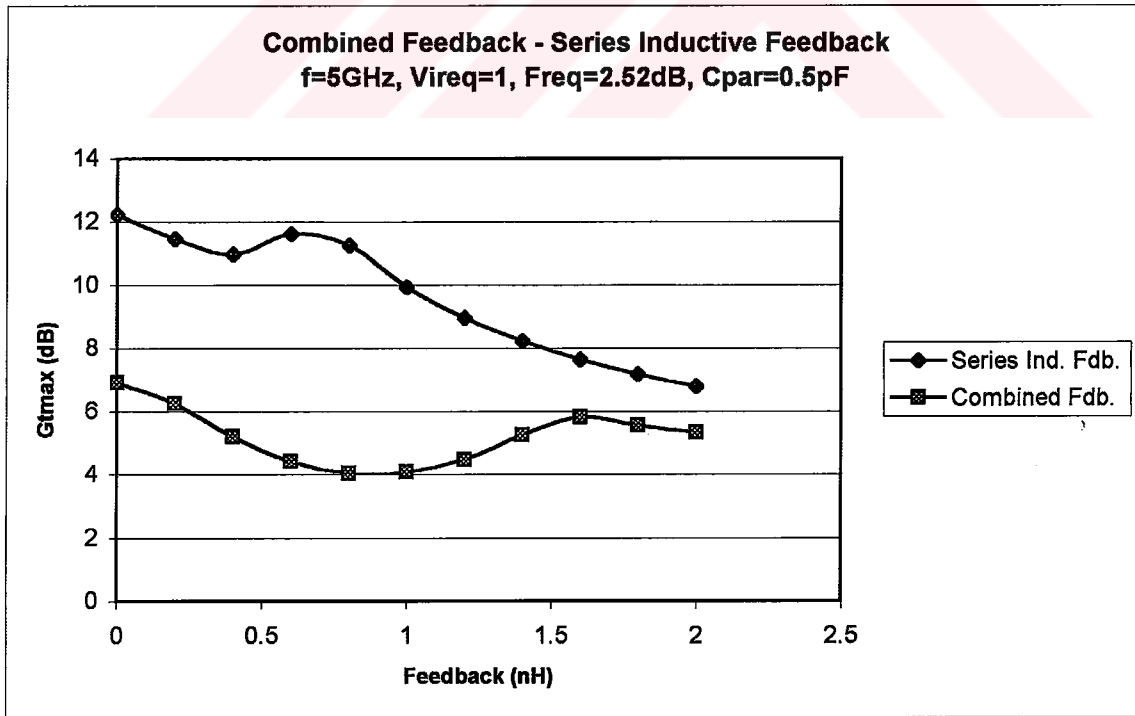
Şekil 5.39 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme, $f=2\text{GHz}$, $V_{ireq}=1-2$, $F_{req}=1\text{dB}$

Çizelge 5.32 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	12.233588	1.3122	1.180000
0.2	11.466099	1.3279	1.231654
0.4	10.977361	1.3435	1.282377
0.6	11.621395	1.3587	1.331236
0.8	11.255944	1.3734	1.377970
1	9.93547	1.3874	1.422017
1.2	8.963516	1.4006	1.463141
1.4	8.222975	1.4129	1.501114
1.6	7.641832	1.4243	1.536015
1.8	7.174505	1.4346	1.567308
2	6.791026	1.4439	1.595371

Çizelge 5.33 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.5	0	6.917673	1.2174	0.854333
0.5	0.2	6.23712	1.2014	0.796876
0.5	0.4	5.211551	1.1876	0.746702
0.5	0.6	4.418705	1.1759	0.703704
0.5	0.8	4.052816	1.1659	0.666613
0.5	1	4.076715	1.1572	0.634084
0.5	1.2	4.474488	1.1498	0.606223
0.5	1.4	5.23564	1.1434	0.581982
0.5	1.6	5.815636	1.1378	0.560659
0.5	1.8	5.551887	1.133	0.542299
0.5	2	5.330278	1.1288	0.526170

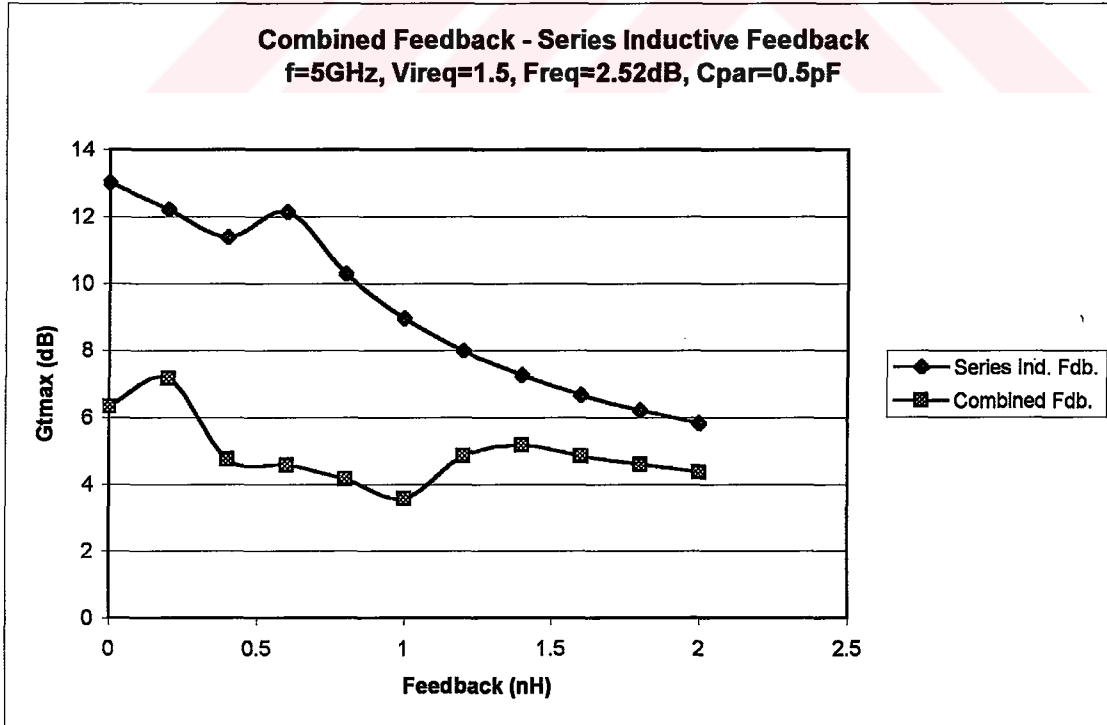
Şekil 5.40 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)

Çizelge 5.34 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1.5$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	13.011514	1.3122	1.180000
0.2	12.209569	1.3279	1.231654
0.4	11.394099	1.3435	1.282377
0.6	12.138019	1.3587	1.331236
0.8	10.286843	1.3734	1.377970
1	8.966369	1.3874	1.422017
1.2	7.994416	1.4006	1.463141
1.4	7.253875	1.4129	1.501114
1.6	6.672732	1.4243	1.536015
1.8	6.205405	1.4346	1.567308
2	5.821926	1.4439	1.595371

Çizelge 5.35 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1.5$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme

Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.5	0	6.327764	1.2174	0.854333
0.5	0.2	7.156857	1.2014	0.796876
0.5	0.4	4.742391	1.1876	0.746702
0.5	0.6	4.568786	1.1759	0.703704
0.5	0.8	4.150617	1.1659	0.666613
0.5	1	3.579916	1.1572	0.634084
0.5	1.2	4.84753	1.1498	0.606223
0.5	1.4	5.163494	1.1434	0.581982
0.5	1.6	4.846536	1.1378	0.560659
0.5	1.8	4.582787	1.133	0.542299
0.5	2	4.361178	1.1288	0.526170

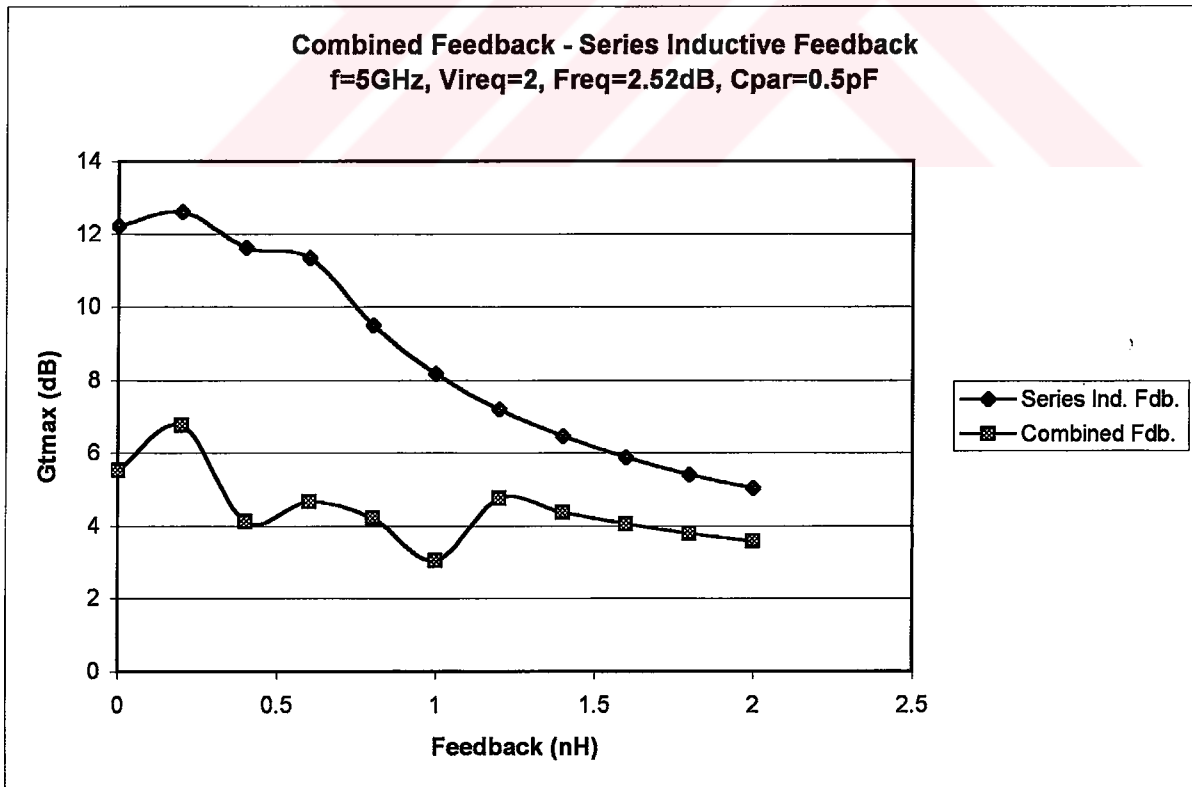
Şekil 5.41 Geribesleme- $G_{T\text{max}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=1.5$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)

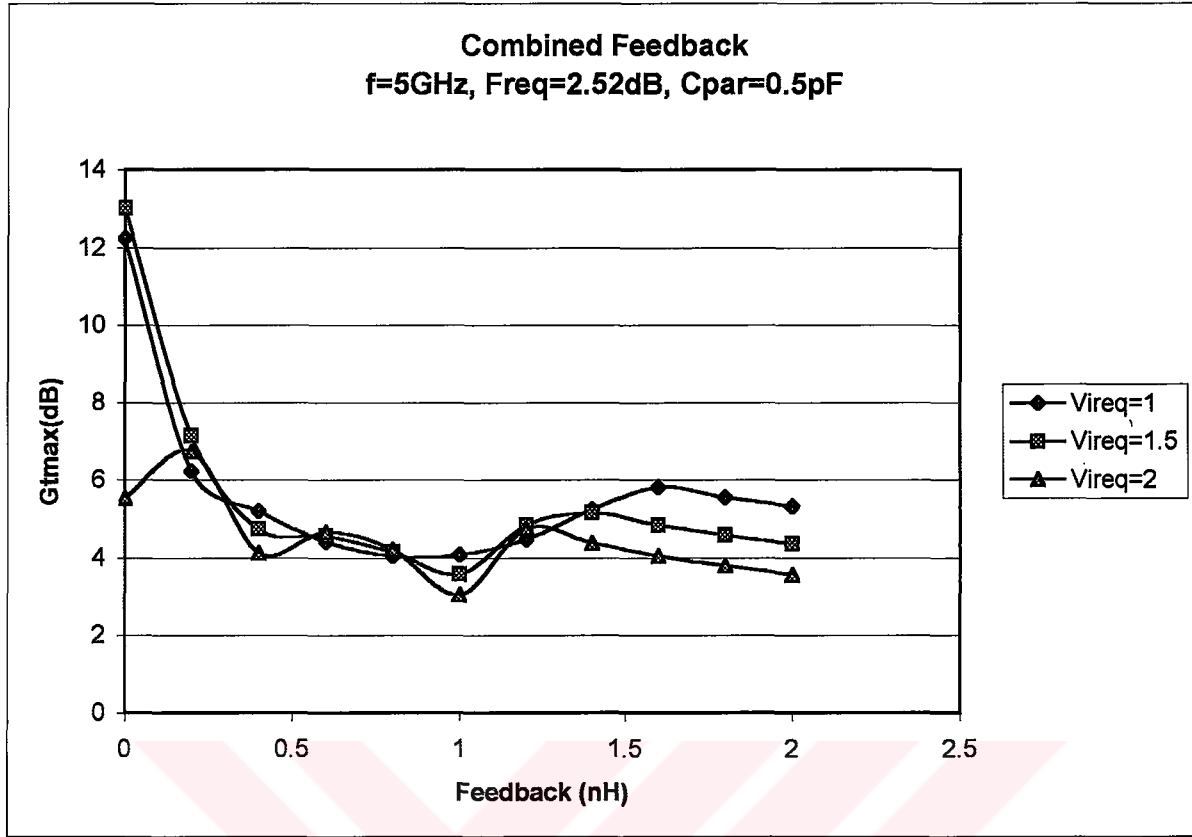
Çizelge 5.36 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, seri endüktif geribesleme

Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0	12.219702	1.3122	1.180000
0.2	12.609236	1.3279	1.231654
0.4	11.618996	1.3435	1.282377
0.6	11.346207	1.3587	1.331236
0.8	9.495031	1.3734	1.377970
1	8.174557	1.3874	1.422017
1.2	7.202604	1.4006	1.463141
1.4	6.462062	1.4129	1.501114
1.6	5.880919	1.4243	1.536015
1.8	5.413593	1.4346	1.567308
2	5.030114	1.4439	1.595371

Çizelge 5.37 $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=2$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$, birleşik geribesleme

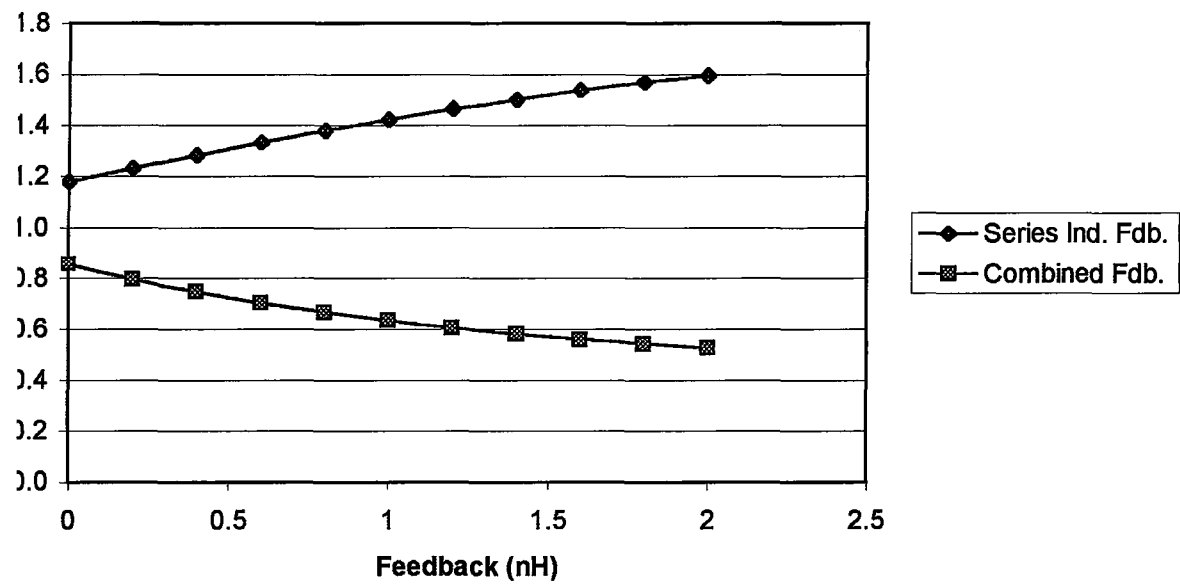
Feedback (pF)	Feedback (nH)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin (dB)
0.5	0	5.535951	1.2174	0.854333
0.5	0.2	6.757165	1.2014	0.796876
0.5	0.4	4.124911	1.1876	0.746702
0.5	0.6	4.665458	1.1759	0.703704
0.5	0.8	4.214343	1.1659	0.666613
0.5	1	3.047296	1.1572	0.634084
0.5	1.2	4.75531	1.1498	0.606223
0.5	1.4	4.371681	1.1434	0.581982
0.5	1.6	4.054724	1.1378	0.560659
0.5	1.8	3.790974	1.133	0.542299
0.5	2	3.569365	1.1288	0.526170

Şekil 5.42 Geribesleme- $G_{T_{\text{max}}}$ değişimi, birleşik ve seri endüktif geribesleme ($V_i=2$, $F_{\text{req}}=2.52\text{dB}$)



Şekil 5.43 Geribesleme- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme ($F_{req}= 2.52dB$)

Combined Feedback - Series Inductive Feedback
f=5GHz, Freq=2.52dB



Şekil 5.44 Geribesleme- F_{min} değişimi, birleşik-seri end. geribesleme ($F_{req}= 2.52dB$, $V_{ireq}=1$)

5.2.5 Çeşitli geribesleme konfigürasyonları için, maksimum kazanç (G_{Tmax}), minimum gürültü (F_{min}), frekans ilişkisi

Bu bölümde geribeslemesiz iki kapılı ile seri endüktif ve birleşik (seri endüktif+paralel kapasitif) geribesleme konfigürasyonlarının kazanç ve gürültü performansları 2-11 GHz frekans bandında karşılaştırılmıştır. Tüm sonuçlar için istenilen gürültü faktörü $F_{req}=2.5dB$ seçilmiştir. Her bir konfigürasyon için $V_{ireq}=1$ ve $V_{ireq}=2$ şartlarında iki ayrı sonuç seti çıkarılmıştır.

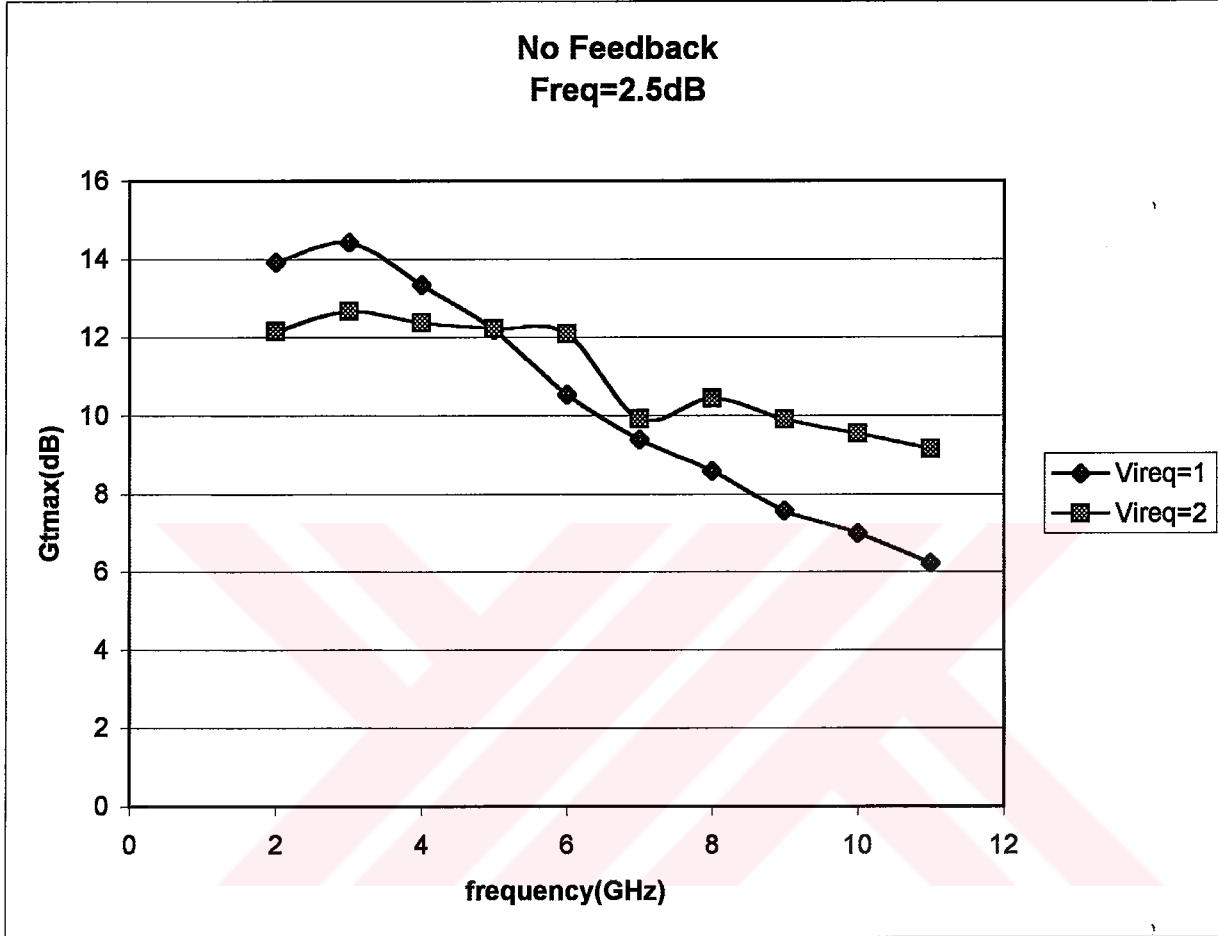
5.2.5.1 Geribeslemesiz durum

Çizelge 5.38 $V_{ireq}=1$, $F_{req}=2.5dB$, geribeslemesiz durum

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	13.905568	1.1482	0.600175	8.171216	116.118588	10.181659	-4.605668
3	14.426237	1.1912	0.759847	8.792002	65.455254	35.860167	6.294362
4	13.328247	1.2589	0.999912	8.471621	40.596694	42.546108	29.774468
5	12.192395	1.3122	1.180000	8.055325	28.064175	35.091776	29.735441
6	10.539165	1.349	1.300119	9.199452	18.522937	32.674717	24.576275
7	9.39649	1.4028	1.469958	9.94007	10.853085	25.675108	23.198952
8	8.586167	1.4791	1.699975	10.975144	4.49521	23.157417	20.535287
9	7.566255	1.5776	1.979969	13.418857	-1.927951	23.736998	15.985639
10	6.994111	1.6406	2.150027	16.133019	-8.517328	25.840099	11.717415
11	6.210985	1.7061	2.320045	21.248692	-17.077053	30.172739	6.444093

Çizelge 5.39 $V_{ireq}=2$, $F_{req}=2.5dB$, geribeslemesiz durum

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	12.144656	1.1482	0.600175	16.960624	53.690178	12.49515	198.01885
3	12.665325	1.1912	0.759847	16.023128	38.084067	14.025404	118.664236
4	12.373408	1.2589	0.999912	13.150033	27.73802	12.179442	81.050664
5	12.219702	1.3122	1.180000	11.402368	19.548164	10.021186	60.158097
6	12.082348	1.349	1.300119	10.662776	15.150301	10.139138	39.877455
7	9.921689	1.4028	1.469958	9.94007	10.853085	5.25337	26.898643
8	10.440067	1.4791	1.699975	15.770107	-2.567167	5.795814	22.605483
9	9.904572	1.5776	1.979969	27.200441	-13.671271	8.538629	18.035285
10	9.540022	1.6406	2.150027	33.857251	-17.860896	7.999465	14.42867
11	9.141594	1.7061	2.320045	44.972373	-18.155212	8.06169	8.871697



Şekil 5.45 Frekans- G_{Tmax} değişimi, geribeslemesiz durum, $F_{req}=2.5dB$

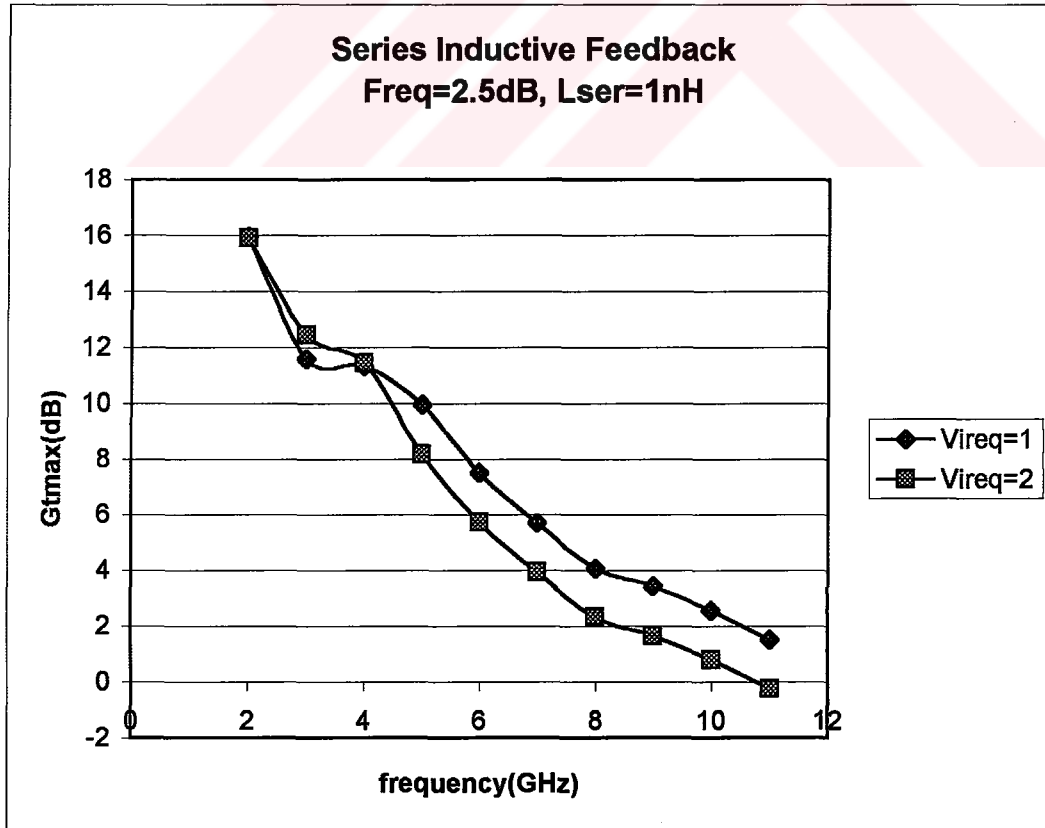
5.2.5.2 Seri – endüktif geribesleme

Çizelge 5.40 $V_{ireq}=1$, $F_{req}=2.5\text{dB}$, seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$)

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	15.962434	1.1491	0.603578	9.66728	94.646878	29.138432	124.667457
3	11.586147	1.2016	0.797599	9.431934	65.145378	20.06314	124.713332
4	11.314478	1.2962	1.126720	6.780435	54.463749	17.833624	94.108597
5	9.93547	1.3874	1.422017	9.569216	66.334249	13.843924	48.696572
6	7.499011	1.4614	1.647691	14.645473	14.308094	89.702108	85.155364
7	5.700281	1.5386	1.871257	18.874788	4.436122	101.322398	53.854463
8	4.079192	1.6154	2.082801	25.273203	-3.052311	102.93197	13.395738
9	3.422998	1.6224	2.101579	24.955256	-14.152969	104.460419	16.631633
10	2.565082	1.5992	2.039028	28.236982	-24.424094	111.877767	5.05438
11	1.522521	1.5491	1.900795	32.033524	-36.984789	120.451649	-8.800769

Çizelge 5.41 $V_{ireq}=2$, $F_{req}=2.5\text{dB}$, seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$)

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	15.907839	1.1491	0.603578	9.66728	94.646878	9.867784	130.259515
3	12.4342	1.2016	0.797599	13.87628	47.035038	30.11173	118.904519
4	11.449468	1.2962	1.126720	8.140968	47.166084	10.786218	115.256007
5	8.174557	1.3874	1.422017	13.343205	20.62717	30.904713	163.704008
6	5.738098	1.4614	1.647691	23.769085	72.254979	4.727527	25.14319
7	3.939368	1.5386	1.871257	45.371717	23.53939	66.805779	17.912928
8	2.318279	1.6154	2.082801	40.322379	12.558176	86.419305	1.357448
9	1.662085	1.6224	2.101579	44.328304	1.617897	91.072323	1.834549
10	0.80417	1.5992	2.039028	47.196667	-5.593958	91.457041	-16.30885
11	-0.238392	1.5491	1.900795	52.012765	-11.068274	70.717812	-34.653052



Şekil 5.46 Frekans- G_{Tmax} değişimi, seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$)

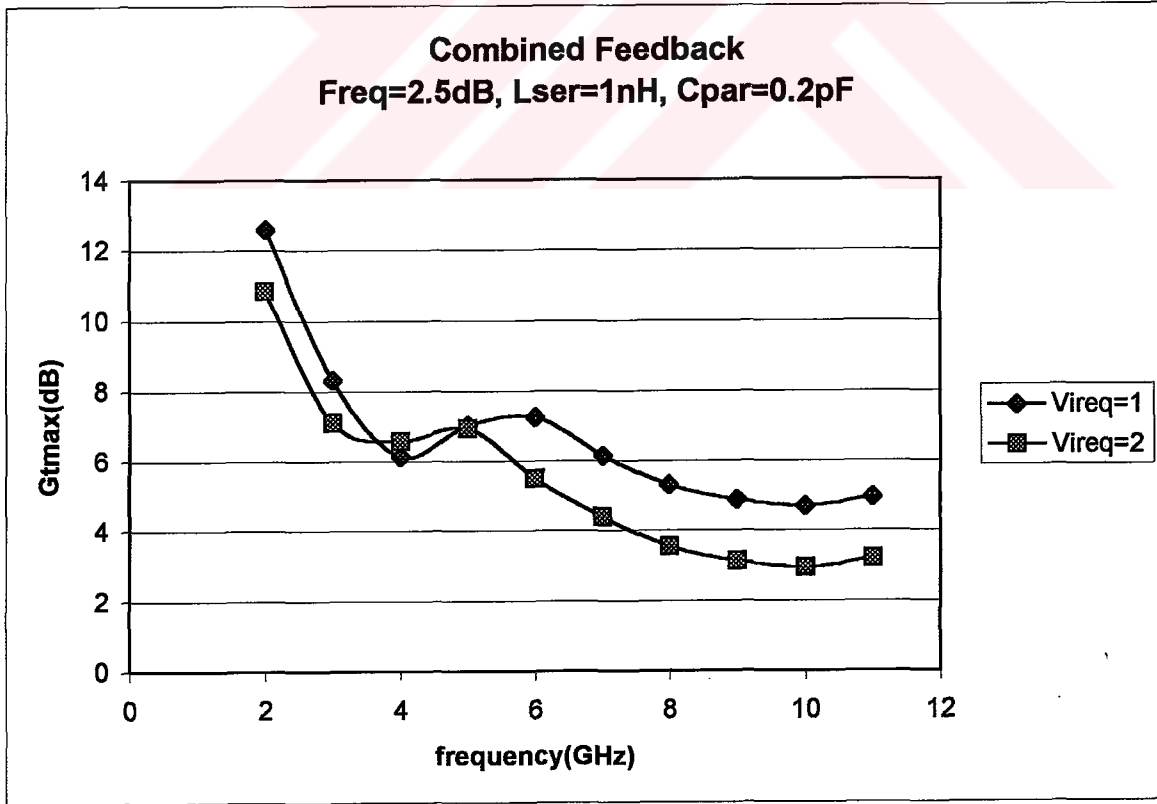
5.2.5.3 Birleşik (seri endüktif+paralel kapasitif) geribesleme

Çizelge 5.42 $V_{ireq}=1$, $F_{req}=2.5\text{dB}$, birleşik geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$, $C_{par}=0.2\text{pF}$)

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	12.59288	1.1329	0.541916	6.073603	72.18077	11.303492	33.622098
3	8.312286	1.1518	0.613771	7.935636	38.216144	13.682489	51.385047
4	6.129577	1.1896	0.754010	6.154479	26.079703	9.46326	52.607933
5	7.027042	1.2184	0.857899	3.16973	24.965252	6.021607	40.719442
6	7.245028	1.2341	0.913504	2.610229	31.237081	4.46023	23.343345
7	6.147326	1.2679	1.030850	5.36213	32.501935	7.514361	13.612995
8	5.307529	1.3289	1.234923	9.539094	-3.440513	35.664579	43.9358
9	4.881542	1.415	1.507564	12.204417	-10.300207	43.906035	39.59395
10	4.709624	1.4863	1.721065	17.413853	-18.352099	59.996144	32.986062
11	4.968124	1.5786	1.982721	31.721746	-27.420939	85.621423	3.973709

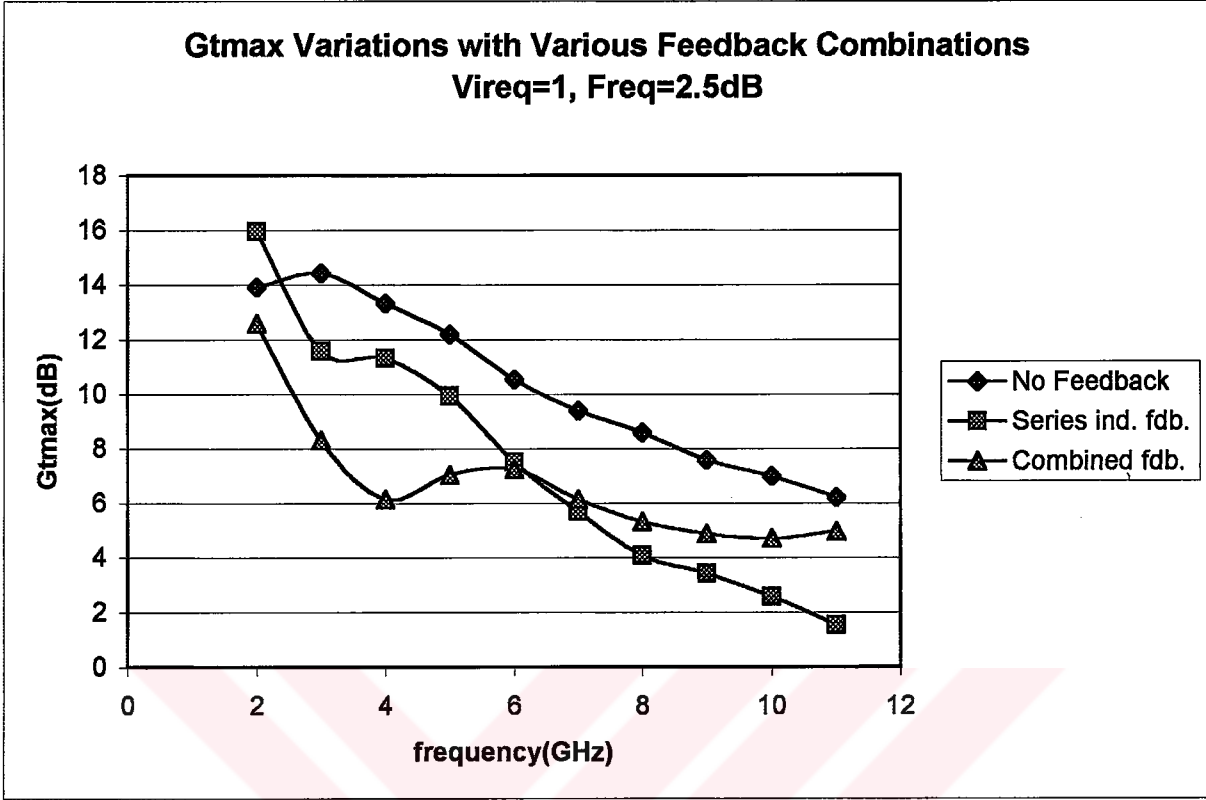
Çizelge 5.43 $V_{ireq}=2$, $F_{req}=2.5\text{dB}$, birleşik geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$, $C_{par}=0.2\text{pF}$)

f (GHz)	Gtmax (dB)	Fmin	Fmin(dB)	Real(ZS)	Imag(ZS)	Real(ZL)	Imag(ZL)
2	10.831967	1.1329	0.541916	14.692516	38.626083	21.003607	103.647304
3	7.091537	1.1518	0.613771	7.935636	38.216144	3.773474	55.485561
4	6.57818	1.1896	0.754010	12.717761	13.379663	12.77502	50.13549
5	6.943851	1.2184	0.857899	4.705206	19.288216	4.371344	51.20661
6	5.484115	1.2341	0.913504	8.476959	5.939834	11.245459	65.104289
7	4.386413	1.2679	1.030850	11.497942	-2.3652	18.795533	73.193009
8	3.546617	1.3289	1.234923	17.044846	37.680434	5.262798	-0.436382
9	3.120629	1.415	1.507564	24.436215	38.862941	6.916651	-10.094626
10	2.948712	1.4863	1.721065	38.603244	2.728113	43.405072	6.479194
11	3.207212	1.5786	1.982721	43.783517	-3.251426	57.978337	-10.281226

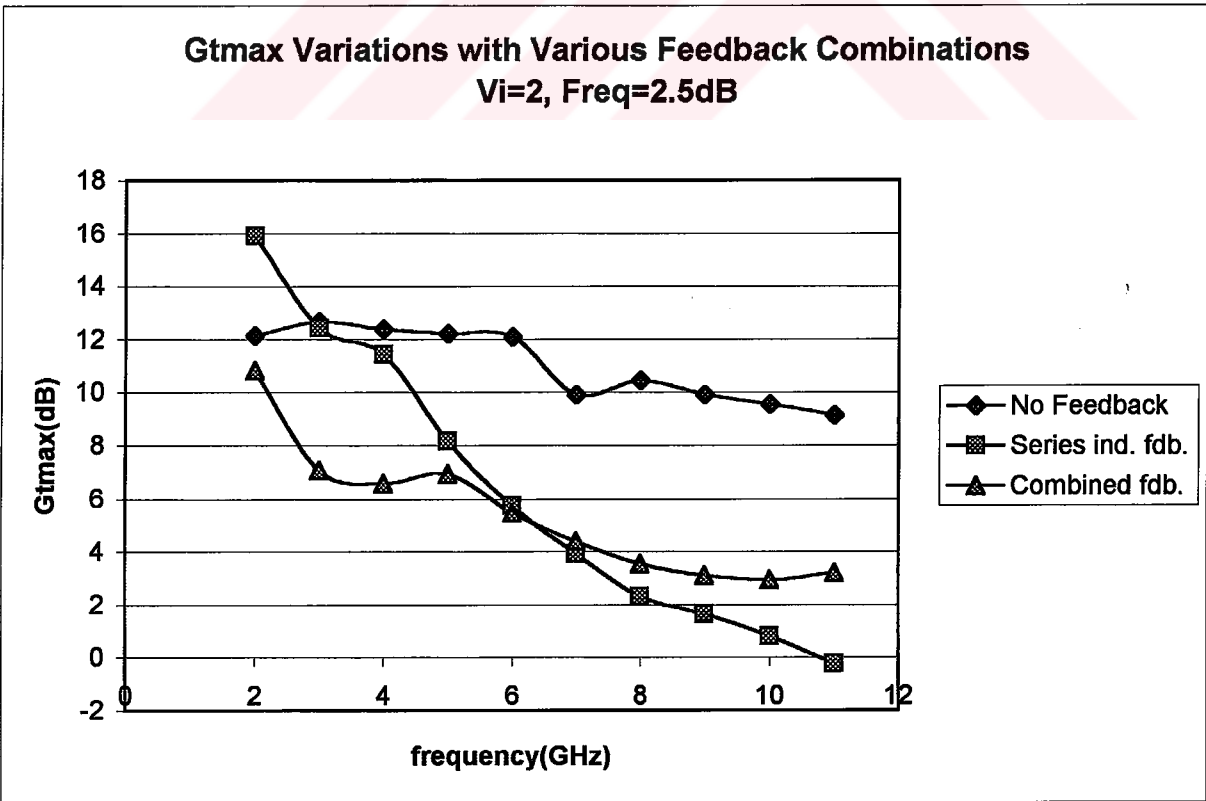


Şekil 5.47 Frekans- G_{Tmax} değişimi, birleşik geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$, $C_{par}=0.2\text{pF}$)

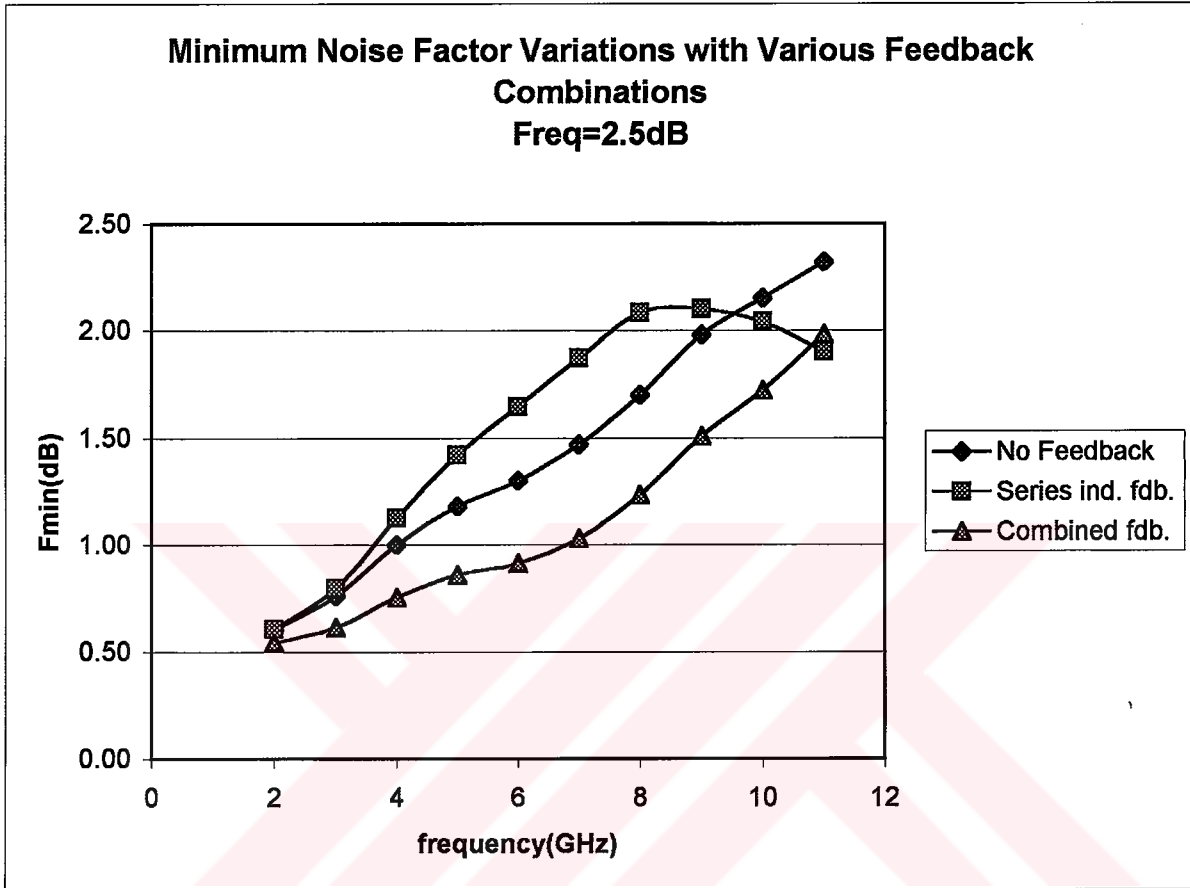
5.2.5.4 Çeşitli geribesleme konfigürasyonlarında performans karşılaştırmaları



Şekil 5.48 Frekans- G_{Tmax} değişimi, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=2.5dB$



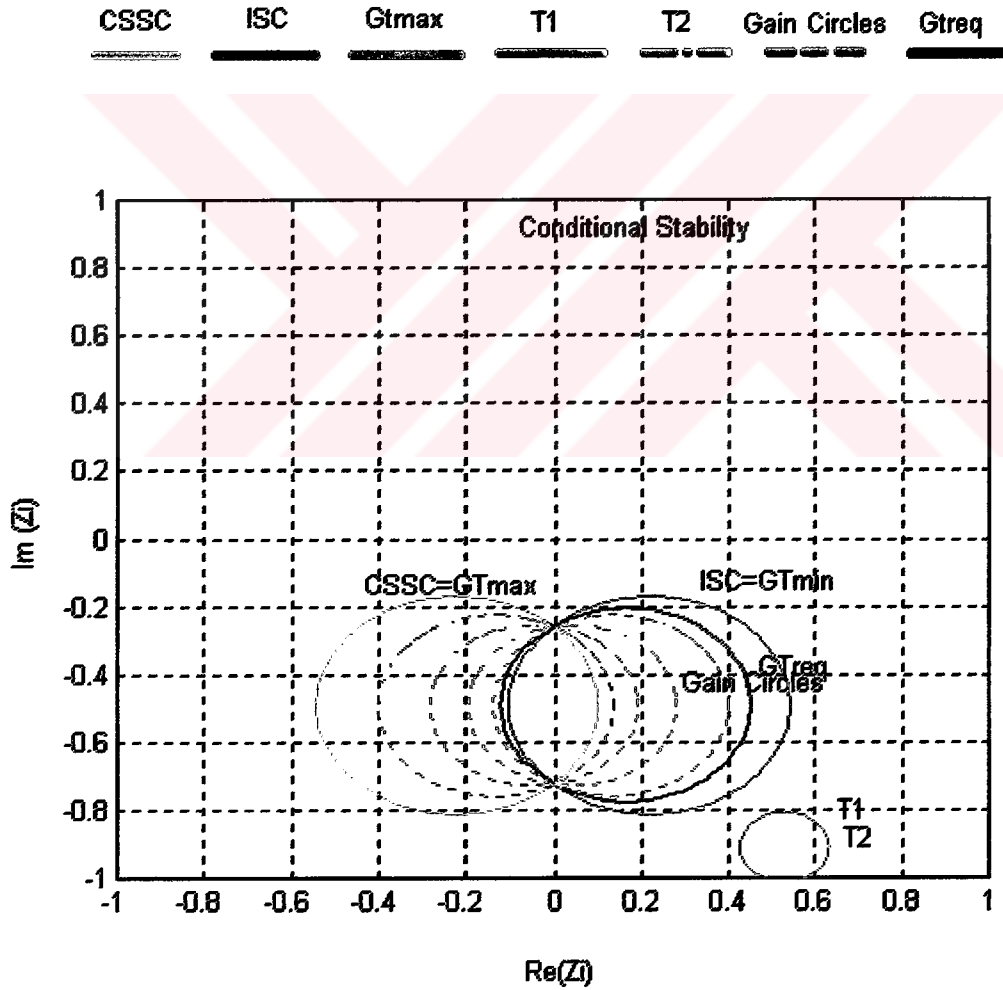
Şekil 5.49 Frekans- G_{Tmax} değişimi, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=2.5dB$



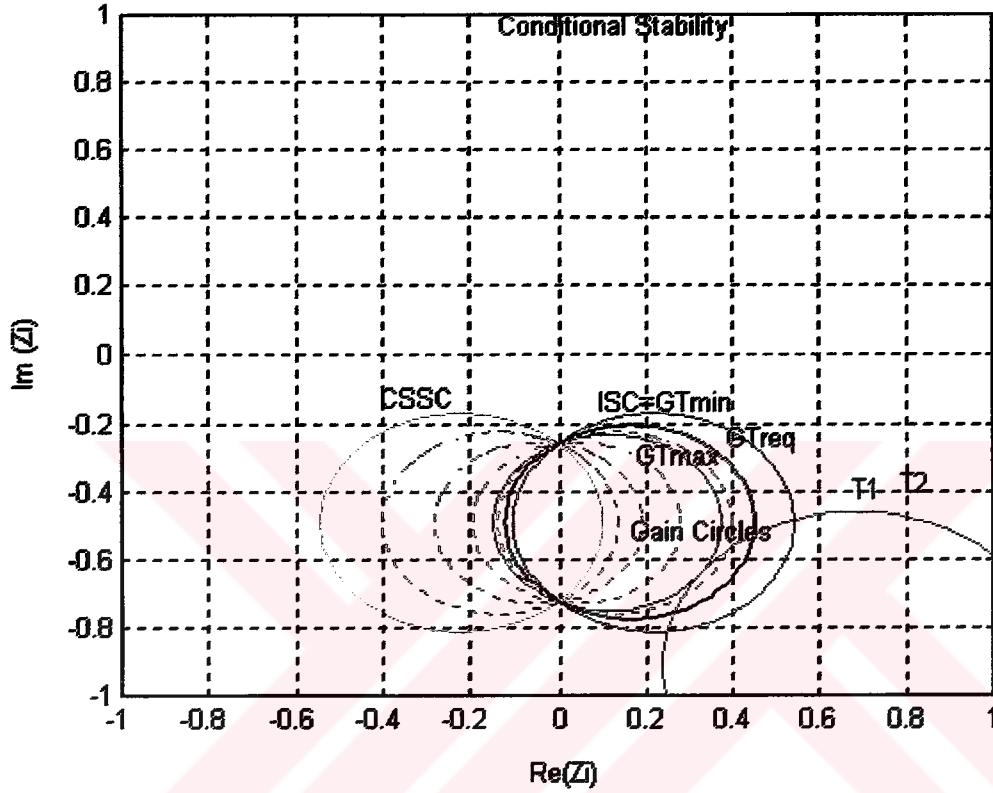
Şekil 5.50 Frekans- F_{min} değişimi, $F_{req}=2.5dB$

5.2.6 Tasarım konfigürasyonları

Buraya kadar yapmış olduğumuz çalışmada iki kapılının çeşitli geribeslemeli yada geribeslemesiz durumlardaki performansını kazanç, geribesleme miktarı, gürültü ve frekans kriterlerini göz önüne alarak ayrıntılı şekilde incelemiş bulunmaktayız. Son bölümde, yaptığımız analizde araç olarak kullandığımız ve önceki bölümlerde teorik temellerini verdiğimiz geometrik analiz yöntemiyle ilgili Z_i -düzleminde bazı örnek tasarım konfigürasyonları verilecektir. Burada verilecek olan konfigürasyonlar, bütün çalışmamız boyunca kullanılmış olan performans analizi programının çeşitli koşullarda elde edilmiş çıktılarından oluşmaktadır. Tüm konfigürasyonlar 5GHz frekans seviyesinde elde edilmiştir.

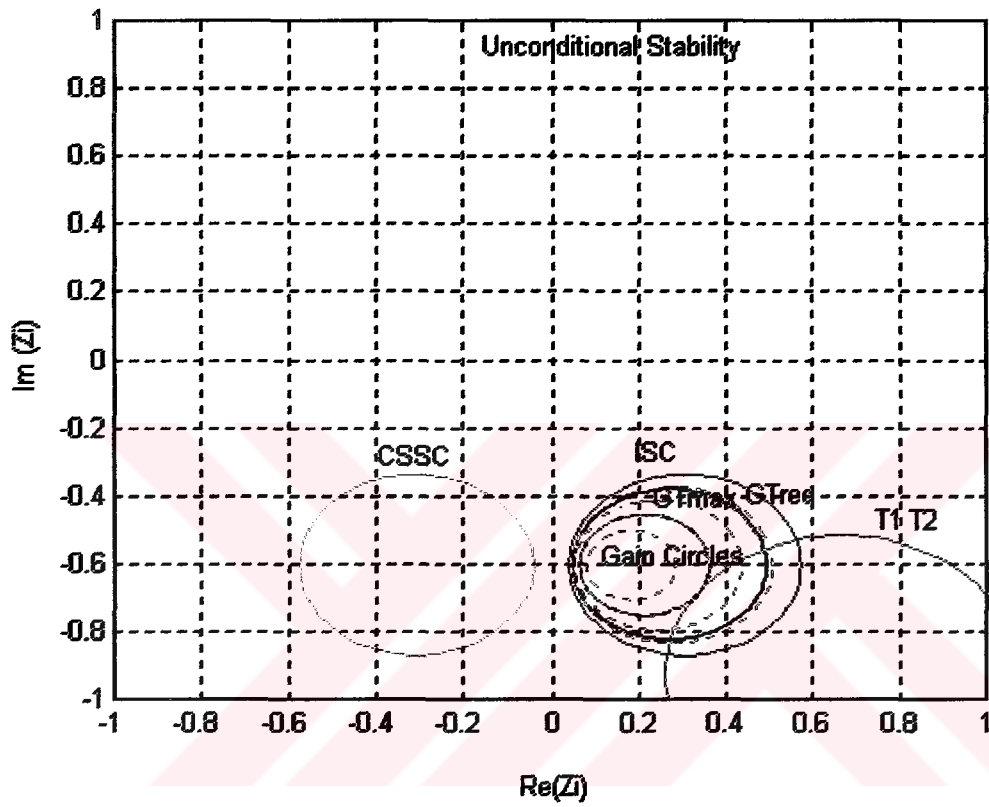


Şekil 5.51 Uyumsuz geometri, geribeslemesiz durum, $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1.2\text{dB}$



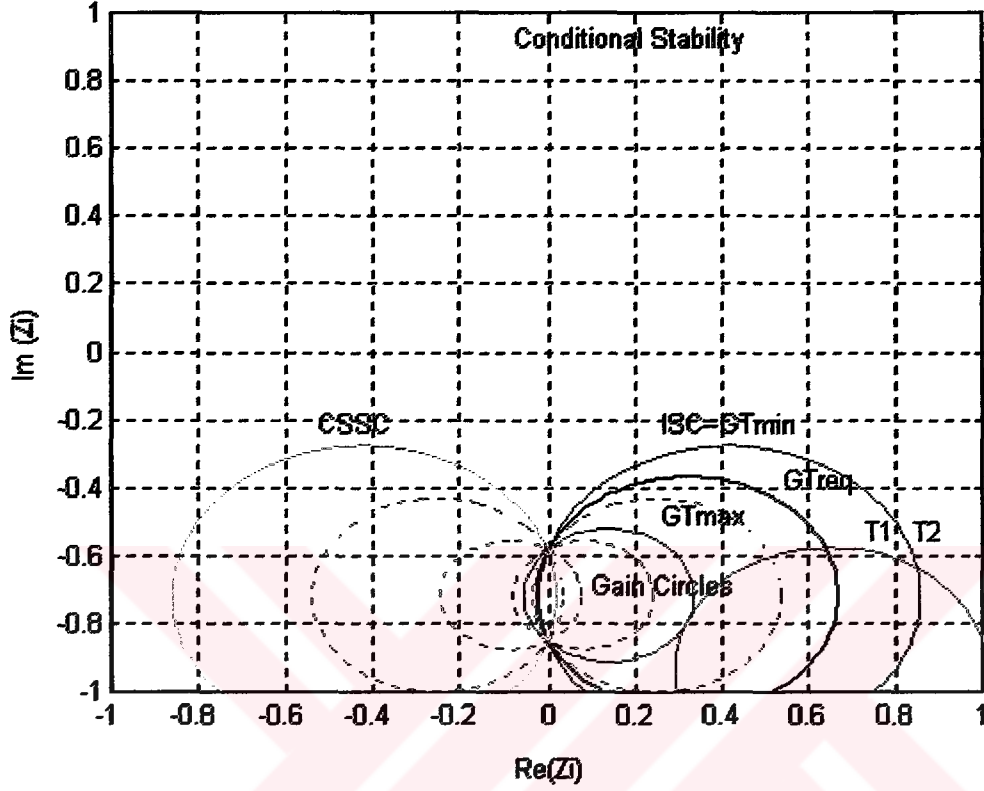
Şekil 5.52 Geribeslemesiz durum $f=5\text{GHz}$, $V_{\text{ireq}}=1$, $F_{\text{req}}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
7.761672	83.196615	-32.963214	16.2464	32.167719



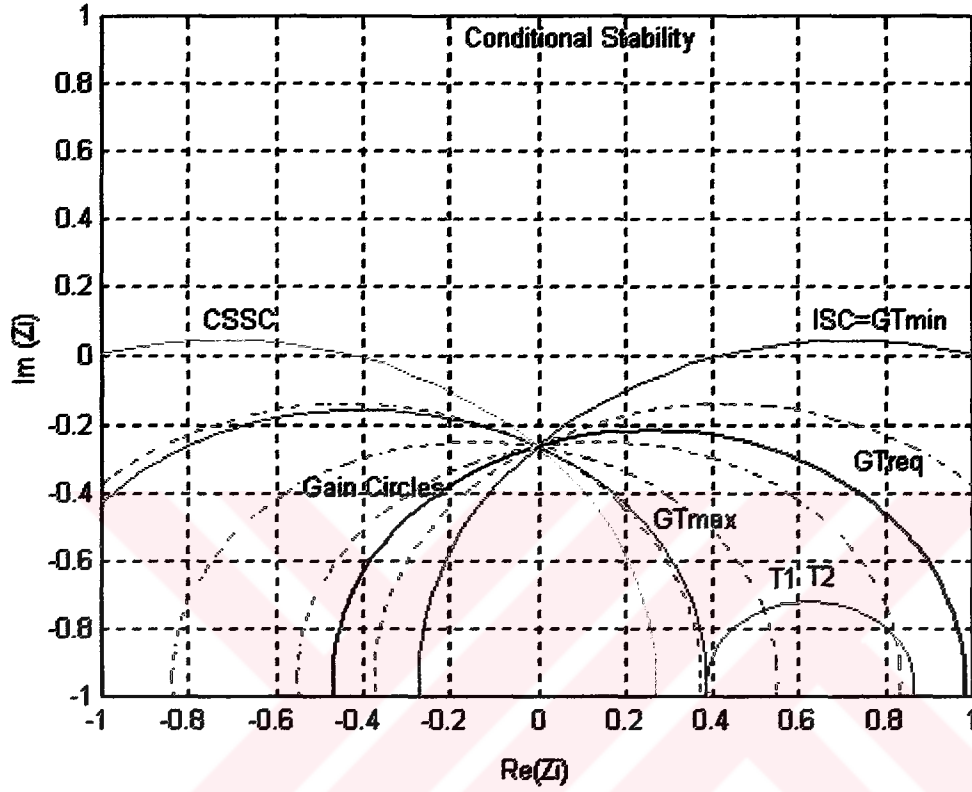
Şekil 5.53 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=0.25\text{nH}$), $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
9.008722	32.75453	19.23553	16.72987	34.3936



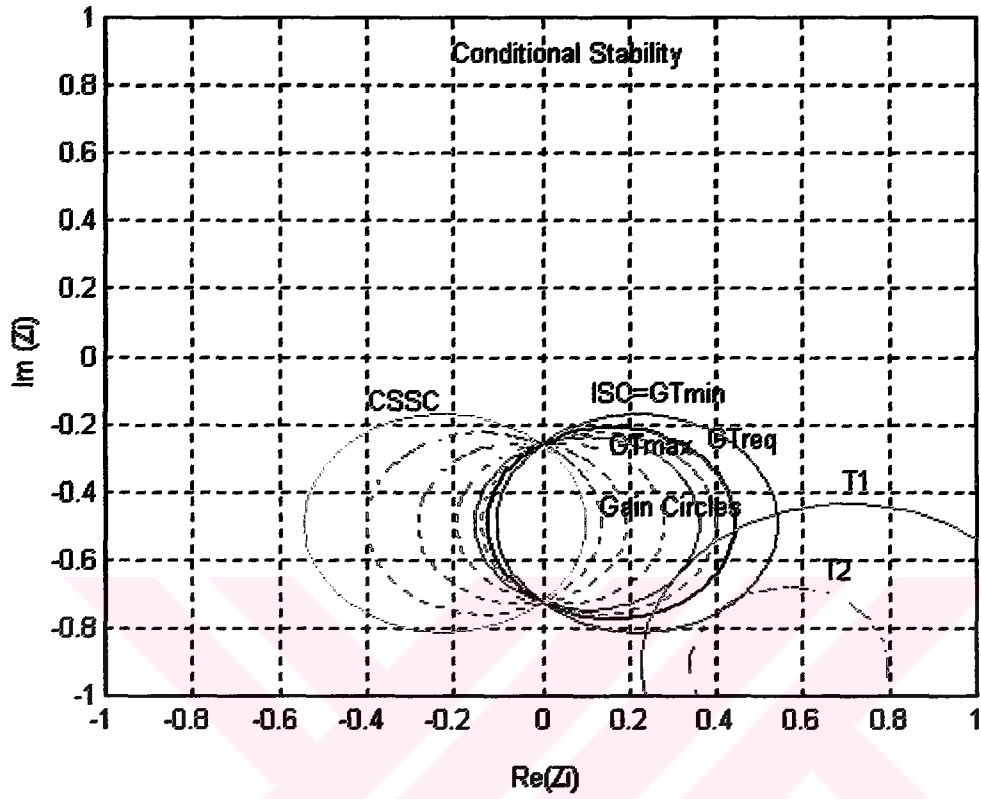
Şekil 5.54 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=0.5nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5dB$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
9.501366	29.51571	46.24116	16.013234	39.617236



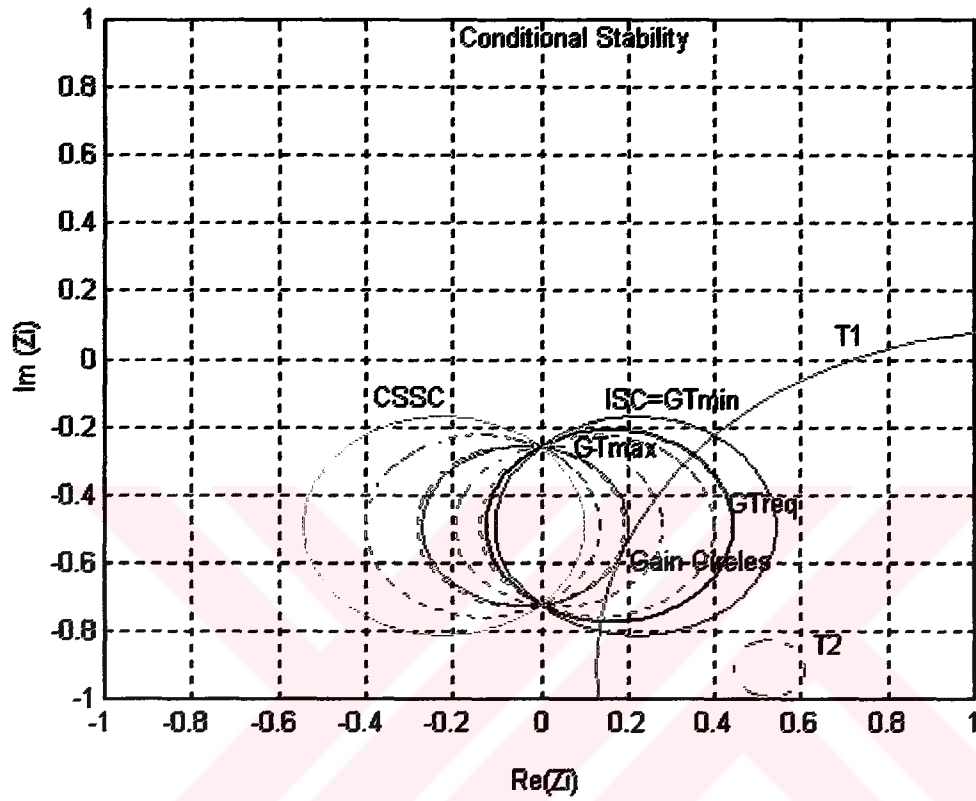
Şekil 5.55 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$), $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
8.852747	43.083248	51.319471	19.349689	47.776684



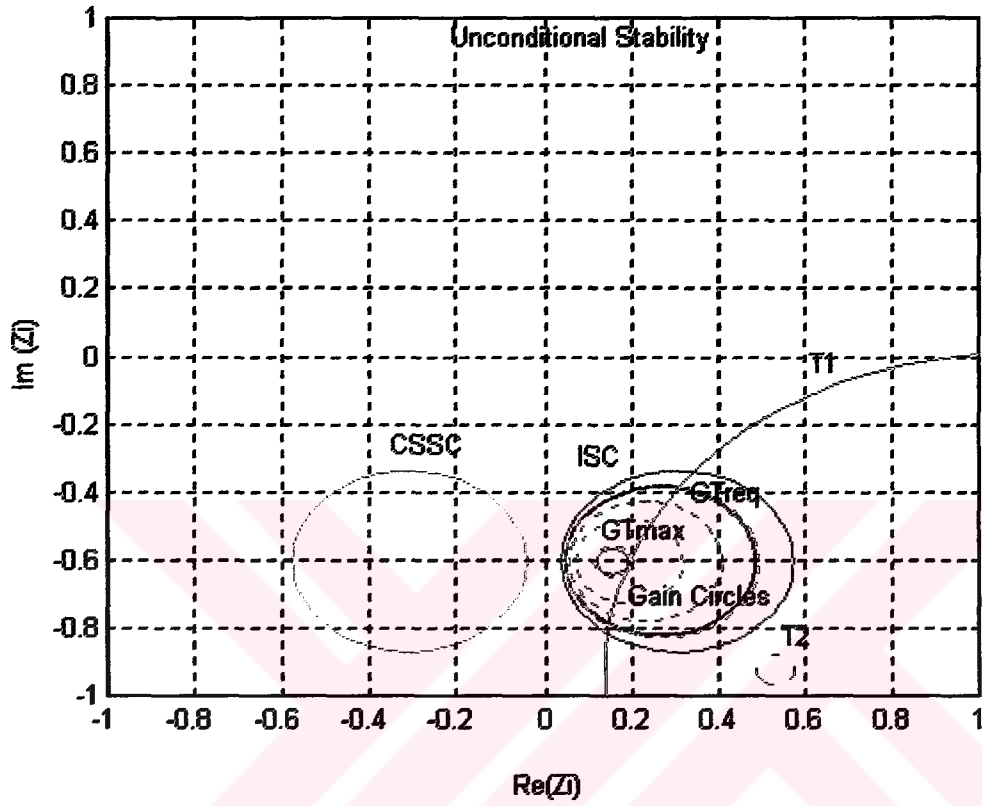
Şekil 5.56 Geribeslemesiz durum, $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.2\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
7.737741	81.176042	-23.993285	24.000604	40.921494



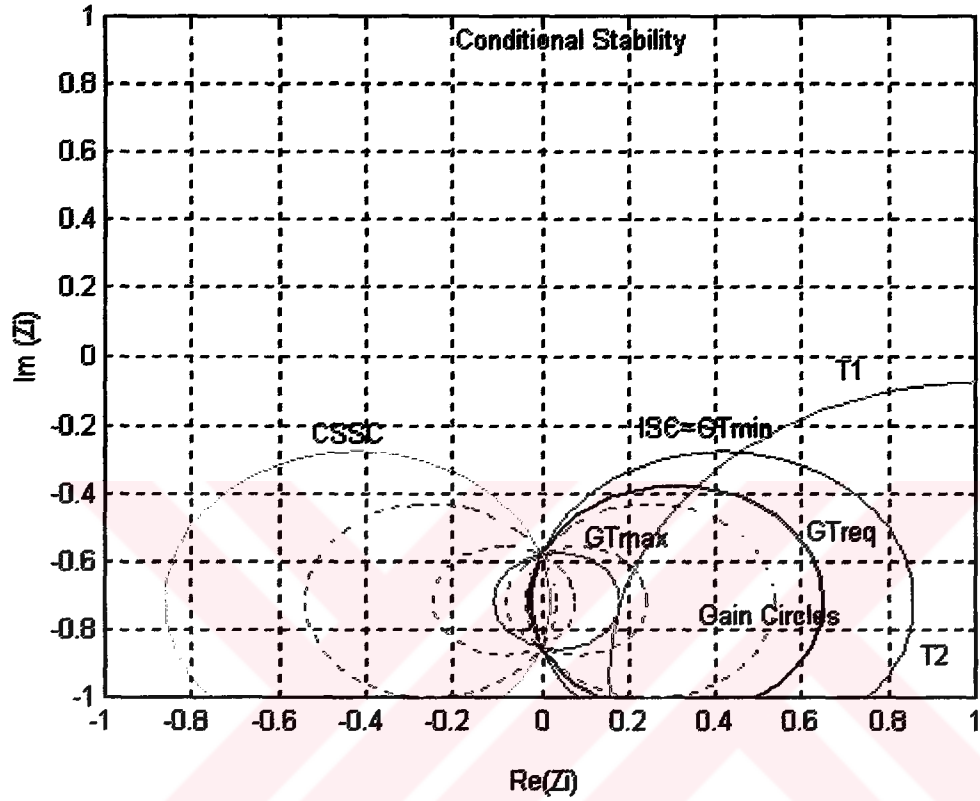
Şekil 5.57 Geribeslemesiz durum, $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	$\text{Real}(Z_L)$ (ohm)	$\text{Imag}(Z_L)$ (ohm)	$\text{Real}(Z_S)$ (ohm)	$\text{Imag}(Z_S)$ (ohm)
11.176645	41.426552	26.508825	16.2464	32.167719



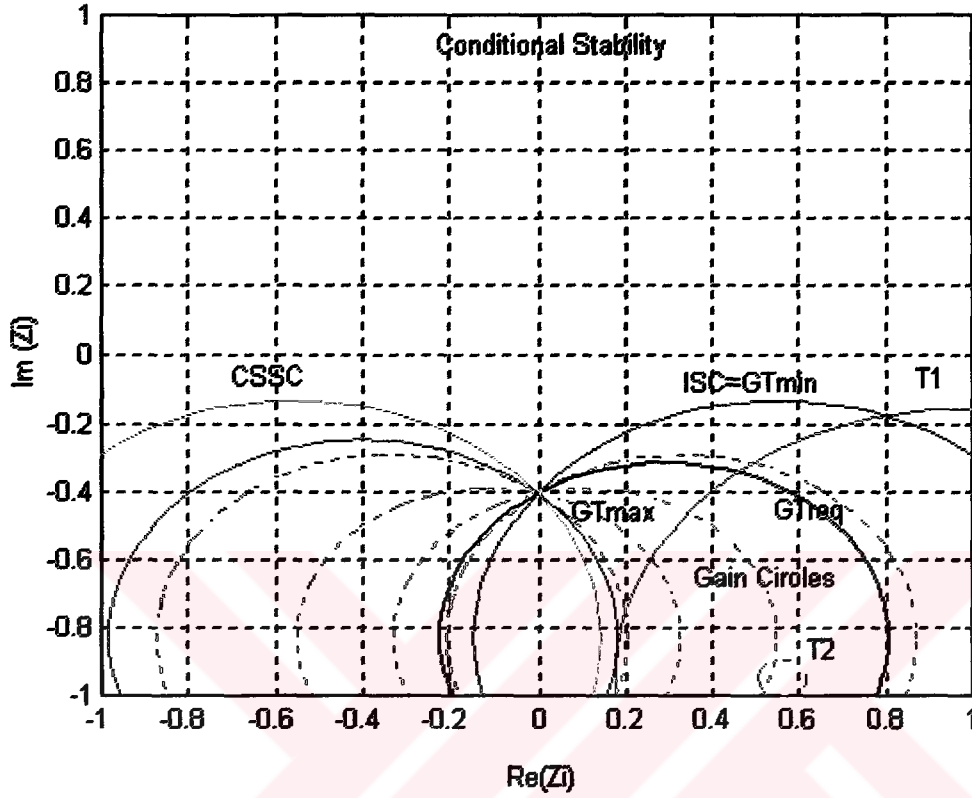
Şekil 5.58 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=0.25nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
10.621978	20.485271	53.890542	16.729866	34.393603



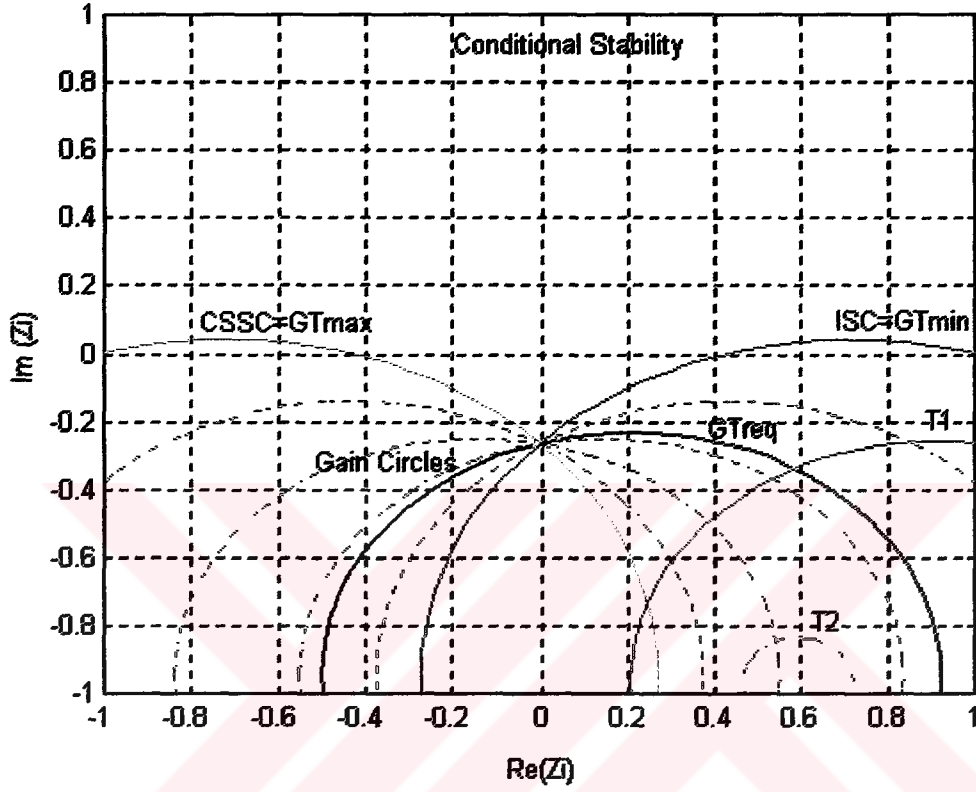
Şekil 5.59 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=0.5\text{nH}$), $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
10.440956	19.991182	64.750452	16.013234	39.617236



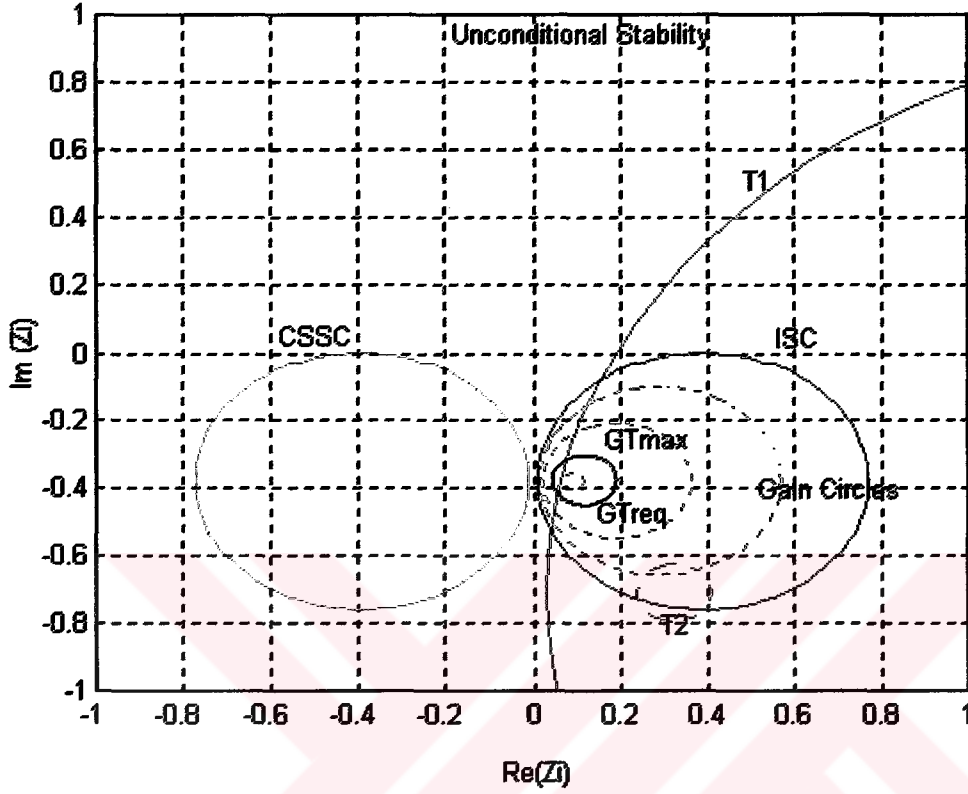
Şekil 5.60 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=0.75nH$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5dB$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
10.588854	25.008141	65.171076	16.770991	44.889792



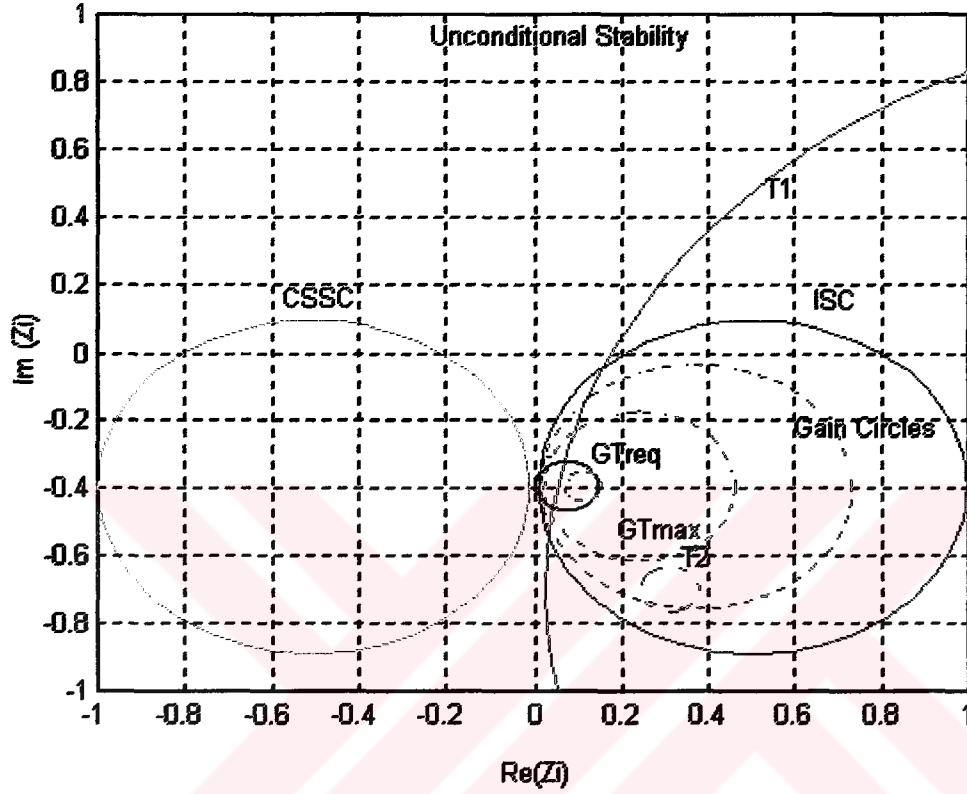
Şekil 5.61 Seri endüktif geribesleme ($L_{ser}=1\text{nH}$), $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=1.2$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
9.521543	53.700271	81.924296	21.519258	41.109227



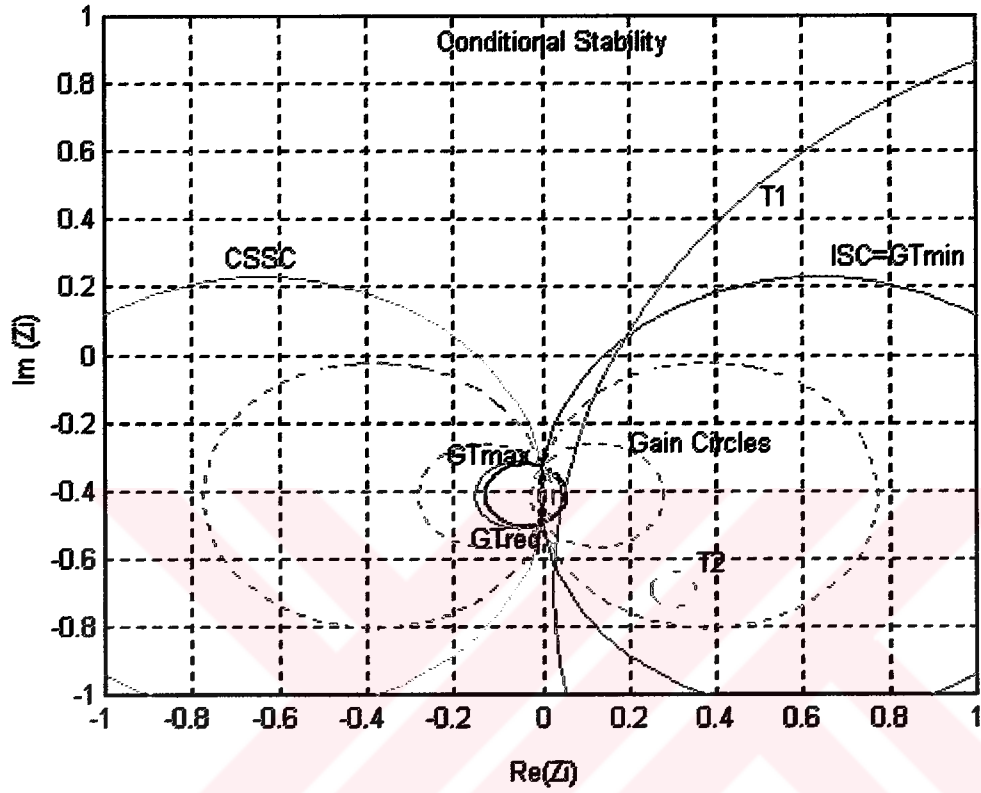
Şekil 5.62 Birleşik geribesleme ($L_{ser}=0.4\text{nH}$, $C_{par}=0.2\text{pF}$), $f=5\text{GHz}$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5\text{dB}$

G_{Tmax} (dB)	$\text{Real}(Z_L)$ (ohm)	$\text{Imag}(Z_L)$ (ohm)	$\text{Real}(Z_S)$ (ohm)	$\text{Imag}(Z_S)$ (ohm)
7.569246	6.963227	35.219596	16.648014	17.771421



Şekil 5.63 Birleşik geribesleme ($L_{ser}=0.6nH$, $C_{par}=0.2pF$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5dB$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
6.819445	8.029394	40.000412	18.397138	15.864946



Şekil 5.64 Birleşik geribesleme ($L_{ser}=0.8nH$, $C_{par}=0.2pF$), $f=5GHz$, $V_{ireq}=2$, $F_{req}=1.5dB$

G_{Tmax} (dB)	Real(Z_L) (ohm)	Imag(Z_L) (ohm)	Real(Z_S) (ohm)	Imag(Z_S) (ohm)
5.092202	3.915787	42.893091	7.86131	23.418646

6. SONUÇLAR

Geribesleme uygulanmış NE72089A transistörüne yönelik olarak yaptığımız bilgisayar uygulamaları ve elde edilen sonuçlar üzerine birtakım yargılara varabiliriz.

Öncelikle, elde edilen sonuçlar arasında göze çarpan davranışlar şu şekilde özetlenebilir:

- i) Paralel kapasitif geribesleme uygulanmış iki kapılıda, kazanç geribesleme ile ters orantılı olarak hızla düşmüş ve belirli bir geribesleme seviyesinde dengeye ulaşmıştır. Buna karşılık devrenin gürültüsünde geribesleme miktarı ile orantılı olarak belirgin bir düşme gözlemlenmiştir.
- ii) Seri endüktif geribesleme uygulanması durumunda, kazançta geribeslemesiz duruma göre çok yüksek bir sıçrama oluşmuş ancak geribesleme değeri yükseldikçe kazançta bir miktar düşme ile beraber belirli bir doyuma ulaşılmıştır. Bu doyum noktasının, girişi uydurulmuş (input matched) ($V_i=1$) devrede geribeslemesiz kazanç miktarından daha aşağıda olmadığı, ancak girişi uydurulmamış devrede geribeslemesiz kazancıtan daha düşük değerlere indiği saptanmıştır. Bununla beraber gürültü oranında geribesleme ile orantılı bir artış görülmektedir.
- iii) Paralel endüktif geribeslemede girişi uydurulmuş ve uydurulmamış devreler simetrik denebilecek bir karakter göstermiş, $V_i=1$ durumunda kazanç önce çok küçük miktarda düşmüş ve endüktans arttıkça geribeslemesiz durumda elde edilen kazanca yaklaşmıştır. $V_i=2$ durumunda tam tersi bir sonuç elde edilmiş, kazanç önce artmış, endüktans arttıkça geribeslemesiz duruma doğru düşüş göstermiştir.
- iv) Seri kapasitif geribeslemede, kazancın ilk uygulanan geribesleme değerinde hafif bir düşüş gösterdiği ve kapasitans arttıkça kazancın geribeslemesiz durumdaki değerine doğru hareketlenerek doyuma ulaştığı görülmektedir.
- v) Geribeslemenin sabit tutulması durumunda, kazancın genel olarak frekans artışı sonucu düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Sadece paralel kapasitif geribesleme durumunda kazancın belirli bir frekansa kadar değişmediği (hatta çok küçük yükselişler gösterdiği) ancak bu değerden sonra düşüş gösterdiği göze çarpmaktadır.
- vi) Girişi uydurulmuş devrede, gürültü faktörü arttırıldığında kazancın geribesleme ile orantılı olarak tüm eksen boyunca arttığı, girişi uydurulmamış devrede kazanç

artışının sadece belirli tepe noktalarında belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

- vii) Birleşik geribesleme (seri endüktif + paralel kapasitif) konfigürasyonunda, kazanç davranışının çalışma frekansına göre değişkenlik gösterdiği görülmekle birlikte kazancın genel olarak belirli bir tepe noktasına sızdırdıktan sonra seri endüktans miktarı arttıkça doyuma ulaştığı söylenebilir. Doyum noktasının genelde başlangıç seviyesinden daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Belirli frekanslarda ve küçük geribesleme miktarlarında geribeslemesiz duruma göre daha yüksek kazanç elde etmek olasıdır.
- viii) Birleşik geribesleme uygulanması hemen hemen tüm frekans seviyelerinde geribeslemesiz ve seri endüktif geribeslemeli konfigürasyonlara oranla daha düşük bir gürültüyü garantilemektedir.

Elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere seri endüktans ve paralel kapasitans geribeslemenin ayrı ayrı yada birlikte (birleşik) uygulanması bazı kayda değer sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır. Bu durum özellikle tasarım konfigürasyonlarında da görülmektedir. Örneğin geribesleme uygulanması normalde çözümsüz geometrilerde istediğimiz koşullarda maksimum kazanç çözümlerini elde etmemizi sağlamış yada kazançta tepe noktalarının oluşmasına yol açmıştır.

Ancak en göze çarpan sonuç olarak birleşik geribeslemeli iki kapılının performansını dile getirebiliriz. Birleşik geribesleme sonucu kazanç makul seviyelerde seyrederken gürültü kayda değer şekilde düşmüştür. Bu davranış özellikle çok yüksek kazançta ihtiyacımızın olmadığı, düşük gürültülü, dar bantlı, giriş katı yükselteçlerinde (pre-amplifiers) oldukça kullanışlı ve uygulanabilirliği yüksek bir tasarım olanağı sağlamaktadır.

Çalışmamız sonunda oluşmuş olan bilgisayar yazılımı yoluyla da istenilen transistör için istenilen çalışma şartlarında ve geribesleme konfigürasyonunda performans analizinin yapılması mümkün hale gelmiş olup farklı amaçlara yönelik mikrodalga devrelerinin tasarımı ve analizi yapılabilir.

KAYNAKLAR

Albinsson B., (1987) "Noise Parameter Transformation of Interconnected Two-port Circuits" IEE Proceedings, Vol. 134, No. 2, April 1987, pp125-129.

Albinsson B., (1990) "On Microwave Low Noise Feedback Amplifiers and Control Circuits" Ph.D. Thesis submitted to the School Of Electrical and Computer Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

Güneş F., Çetiner B.A., (1998) "Smith Chart Formulation of Performance Characterisation for a Microwave Transistor", IEE Proc. Circuits Devices Syst. Vol. 145, No.6, December 1998. pp.419-428.

Güneş F., Güneş M., Fidan M., (1994) "Performance Characterisation of a Microwave Transistor", IEE Proc. Circuits Devices Syst. Vol.141, No. 5, October 1994. pp.337-344.

Lam V.M.T., Poole C.R., Yip P.C.L., (1992) "Exact Noise Figure of a Noisy Two-port with Feedback", IEE Proceedings. Vol. 139, No. 4, August 1992. pp.473-476.

Tepe C., (2000) "Mikrodalga Transistorun Yapay Sinir Ağı ile Performans Analizi ve Modellenmesi" Y.T.Ü. Doktora Tezi, 2000 (Danışman: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ).



EKLER

- Ek 1 Performans analizi programı (pcomb.m)
Ek 2 Lineer iki kapılının birebir eşleme fonksiyonları



Ek 1 Performans analizi programı (pcomb.m)

```

% fid_r_s=fopen('in_s.ins','r'); % read S matrix from a file N_Num=1 %
% fid_r_n=fopen('in_s.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('in_s.inp','r'); % read input file, GTdBreq,Vireq,FdBreq
%

    fid_r_s=fopen('n72089aa.ins','r'); % read S matrix from a file
N_Num=6, n72089aa(VDS=3V, ID=10mA) %
    fid_r_n=fopen('n72089aa.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
    fid_r_p=fopen('n72089aa.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('n72089aa.ins','r'); % read Neural Network SN matrix from
a file N_Num=11, n72089aa(VDS=3V, IDS=10mA) from Neural Network %
% fid_r_n=fopen('n72089aa.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('n72089aa.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne329s01.ins','r'); % read S matrix from a file
N_Num=9, ne329s01(VDS=2V, ID=10mA) %
% fid_r_n=fopen('ne329s01.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne329s01.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne329s01.ins','r'); % read Neural Network SN matrix
from a file N_Num=17, ne329s01(VDS=2V, ID=10mA) from Neural Network %
% fid_r_n=fopen('ne329s01.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne329s01.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne02135c.ins','r'); % read S matrix from a file
N_Num=7, ne02135c(VCE=10V, IC=20mA) %
% fid_r_n=fopen('ne02135c.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne02135c.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne02135c.ins','r'); % read Neural Network SN matrix from
a file N_Num=14, ne02135c(VCE=10V, IC=20mA) from Neural Network %
% fid_r_n=fopen('ne02135c.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne02135c.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne02135.ins','r'); % read S matrix from a file N_Num=7,
ne02135(VCE=10V, IC=5mA) %
% fid_r_n=fopen('ne02135.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne02135.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne3210s1.ins','r'); % read S matrix from a file N_Num=9,
ne3210s1(VDS=2V, ID=10mA) %
% fid_r_n=fopen('ne3210s1.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne3210s1.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne38018.ins','r'); % read S matrix from a file N_Num=6,
ne38018(VDS=2V, ID=10mA) %
% fid_r_n=fopen('ne38018.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne38018.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

```

```

% fid_r_s=fopen('ne38018x.ins','r'); % read S matrix from a file
N_Num=6, ne38018(VDS=3V, ID=5mA) %
% fid_r_n=fopen('ne38018x.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne38018x.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

% fid_r_s=fopen('ne38018y.ins','r'); % read S matrix from a file
N_Num=6, ne38018(VDS=2V, ID=5mA) %
% fid_r_n=fopen('ne38018y.inn','r'); % read Noise matrix from a file %
% fid_r_p=fopen('ne38018y.inp','r'); % read input file,
GTdBreq,Vireq,FdBreq %

Name_of_transistor='n72089aa(VDS=3V, ID=10mA) from S Matrix ';
N_Num=1; % Number of frequencies (that have Noise parameters) %
P_Num=1; % Number of rows in input file (*.inp) %

step_for_sample_on_circle=0.01; % step of test circle's radius
switch_for_plot=1; % 1 --> Plot circles, 0 --> Do not
plot_circles %

% **** Arrange the required one: EP ****%

fid_w_g =fopen('out_gra.txt','wt+'); % write output to a file for a graph%
fid_w = fopen('out_int.txt','wt+'); % write intersection points to a file %
fid_w_o = fopen('out_oth.txt','wt+'); % write other points to a file %
fprintf(fid_w,'Transistor: %s\n',Name_of_transistor);
fprintf(fid_w,'\nDetailed information,Terminations for GTmax and all of
intersection points on T1/T2 for GTreq:\n');
fprintf(fid_w_o,'Transistor: %s\n',Name_of_transistor);
fprintf(fid_w_o,'\nTerminations that give GTreq in Region-3:\n');
fprintf(fid_w_g,'Transistor: %s\n',Name_of_transistor);
fprintf(fid_w_g,'\nTerminations for GTmax and One of Intersection points on
T1/T2 for GTreq:\n');
% fprintf(fid_w_g,'\nf(Hz) GTmax (dB) GTmin (dB) Real(ZL)
Imag(ZL) Real(ZS) Imag(ZS)\n'); %
fprintf(fid_w_g,'\nVireq Freq(dB) f(Hz) GTmax (dB)
Real(ZL) Imag(ZL) Real(ZS) Imag(ZS) GTreq (dB) Real(ZLreq) Imag(ZLreq)
Real(ZSreq) Imag(ZSreq)\n');

fclose(fid_w);
fclose(fid_w_o);
fclose(fid_w_g);

Smatrix=fscanf(fid_r_s,'%f',[9,inf]); % read whole S-par file %
Nmatrix=fscanf(fid_r_n,'%f',[5,inf]); % read whole N-par file %
Pmatrix=fscanf(fid_r_p,'%f',[3,inf]); % read whole Input File file %

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%feedback type control section
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

fid_w = fopen('out_int.txt','wt');

com=input('tek elemanlı geribesleme için 1, birleşik geribesleme için 2
giriniz');

```

```

if com==1

p=input('seri geribesleme devresi için 0, paralel geribesleme devresi için
1 giriniz');
if p==0
q=input('Endüktans için 0, kapasitans için 1 giriniz');
if q==0
t=0;
L=input('Endüktans değerini Henry cinsinden giriniz');
fprintf(fid_w,'Seri Geribesleme Elemanı: L= %f %f \n',L );

elseif q==1
t=0;
c=input('Kapasitans değerini Farad cinsinden giriniz');

else
t=1;
end;
while t==1,
fprintf('yanlış değer girdiniz %f\n',q);
q=input('Endüktans için 0, kapasitans için 1 girin');

if q==0
t=0;
L=input('Endüktans değerini Henry cinsinden giriniz');

elseif q==1
t=0;
c=input('Kapasitans değerini Farad olarak giriniz');

else
t=1;
end;
end;

%% parallel feedback control

elseif p==1

q=input('Endüktans için 0 değerini, kapasitans için 1 değerini
giriniz');
if q==0
t=0;
L=input('Endüktans değerini Henry olarak giriniz');
elseif q==1
t=0;
c=input('Kapasitans değerini Farad olarak giriniz');

else
t=1;
end;

while t==1,
fprintf('Yanlış değer girdiniz %f\n',q);
q=input('Endüktans için sıfır değerini, kapasitans için bir değerini
girin');
if q==0

```

```

t=0;
L=input('Endüktans değerini Henry olarak giriniz');
elseif q==1
t=0;
c=input('Kapasitans değerini Farad cinsinden giriniz');

else
t=1;
end;
end;

end;
end; %%end of com==1

if com==2
c=input('Paralel kapasitans değerini Farad cinsinden giriniz');
L=input('Seri endüktans değerini Henry cinsinden giriniz');
end;

fclose(fid_w);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%
%%end of feedback control section
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%

for input_counts=1:P_Num % main loop %

GTDBreq=Pmatrix(1,input_counts);
Vireq =Pmatrix(2,input_counts);
FdB =Pmatrix(3,input_counts);

fid_w_g = fopen('out_gra.txt','at+'); % write output to a file for a
graph%
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write intersection points to a file
%
fid_w_o = fopen('out_oth.txt','at+'); % write other points to a file %

fprintf(fid_w,'\n*** %d. Given Values:\n',input_counts);
fprintf(fid_w_o,'\n*** %d. Given Values:\n',input_counts);
%fprintf(fid_w_g,'\n*** %d. Given Values:\n',input_counts);

% GTDBreq = input('Required GT(dB) value?: ');
fprintf(fid_w,'Required GT(dB) value: %f\n',GTDBreq);
fprintf(fid_w_o,'Required GT(dB) value: %f\n',GTDBreq);
%fprintf(fid_w_g,'Required GT(dB) value: %f\n',GTDBreq);

% Vireq = input('Required Vi value?: ');
fprintf(fid_w,'Required Vi value: %f\n',Vireq);
fprintf(fid_w_o,'Required Vi value: %f\n',Vireq);
%fprintf(fid_w_g,'Required Vi value: %f\n',Vireq);

% FdB = input ('Required F(dB) value?: ');
fprintf(fid_w,'Required F(dB) value: %f\n',FdB);

```

```

fprintf(fid_w_o,'Required F(dB) value: %f\n',FdB);
fclose(fid_w_o);
fprintf(fid_w_g,'Required F(dB) value: %f\n',FdB);

% Input Reflection Coefficient and Required Noise Figure (not in dB) %
Rmod2 = (Vireq - 1)/(Vireq + 1);
% Rmod=Rmod2;
Rmod=sqrt(Rmod2);
C = 1-(Rmod^2);
Freq = 10^(FdB*0.1);

teta = 0:2*pi/100:2*pi;

for counts=1:N_Num % loop under main loop %

    f=Smatrix(1,counts);
    s11 =Smatrix(2,counts);
    o11 =Smatrix(3,counts);
    s21 =Smatrix(4,counts);
    o21 =Smatrix(5,counts);
    s12 =Smatrix(6,counts);
    o12 =Smatrix(7,counts);
    s22 =Smatrix(8,counts);
    o22 =Smatrix(9,counts);

    fprintf('f: %f\n',f);
    fprintf('s11 and o11: %f %f \n',s11,o11);
    fprintf('s21 and o21: %f %f \n',s21,o21);
    fprintf('s12 and o12: %f %f \n',s12,o12);
    fprintf('s22 and o22: %f %f \n',s22,o22);

    O11 = o11*(pi/180);
    S11 = s11*exp(i*O11);
    O21 = o21*(pi/180);
    S21 = s21*exp(i*O21);
    O12 = o12*(pi/180);
    S12 = s12*exp(i*O12);
    O22 = o22*(pi/180);
    S22 = s22*exp(i*O22);

% Transistor Noise Parameters %

FirstCol=Nmatrix(1,counts); % waste reading for first column %
FmindB=Nmatrix(2,counts);
Fmin=10^(FmindB*0.1);
GamaOpt_m=Nmatrix(3,counts);
GamaOpt_a_deg=Nmatrix(4,counts);
GamaOpt_a=GamaOpt_a_deg*(pi/180);
Gamaopt=GamaOpt_m*exp(i*GamaOpt_a);
RnBolu50=Nmatrix(5,counts);
Rn=RnBolu50; % Zo is 50ohm %
% Rn=RnBolu50*50;

omega = 2*pi*f ;
Z01 = 50;
Z02 = 50 ;
R01 = real(Z01);
R02 = real(Z02);

```



```

if p==0,
    if q==0
        Xseri=omega*L;
    elseif q==1
        Xseri=-1/(omega*c);
    end

    %Z11g=j*Xseri;
    %Z12g=j*Xseri;
    %Z21g=j*Xseri;
    %Z22g=j*Xseri;

    %Normalization
    Z11g=(j*Xseri)/50;
    Z12g=(j*Xseri)/50;
    Z21g=(j*Xseri)/50;
    Z22g=(j*Xseri)/50;

    paydaseri=Z21+Z21g;
    A1=(Z11g*Z21-Z21*Z21g)/paydaseri;
    B1=Z21/paydaseri;
    A2=-A1;
    B2=Z21g/paydaseri;
    Z11=Z11+Z11g;
    Z12=Z12+Z12g;
    Z21=Z21+Z21g;
    Z22=Z22+Z22g;

    R11 = real(Z11); X11 = imag(Z11);
    R21 = real(Z21); X21 = imag(Z21);
    R12 = real(Z12); X12 = imag(Z12);
    R22 = real(Z22); X22 = imag(Z22);

    deltaz =Z11*Z22-Z12*Z21;

    fprintf(fid_w,'Seri Geribeslemeli Eşdeğer İki Kapılı Parametreleri
\n');

    fprintf(fid_w,'Z11 Real and Imaginer parts: %f %f
\n',real(Z11),imag(Z11));
    fprintf(fid_w,'Z21 Real and Imaginer parts: %f %f
\n',real(Z21),imag(Z21));
    fprintf(fid_w,'Z12 Real and Imaginer parts: %f %f
\n',real(Z12),imag(Z12));
    fprintf(fid_w,'Z22 Real and Imaginer parts: %f %f
\n',real(Z22),imag(Z22));

    %Calculation of theoretical noise parameters of feedback two-port
    %Serial Feedback

    Rnt=(Rn*((abs(1+Ycor*A1))^2))+((abs(A1))^2*Gu);
    Yct=(Rn*Ycor*B1*(1+conj(Ycor*A1))+Gu*conj(A1)*B1)/(Rnt);
    Gut=((abs(B1))^2)*(Gu+Rn*((abs(Ycor))^2)-(Rnt*((abs(Yct))^2));

    %Calculation of measurable noise parameters of feedback two-port

    Yoptt=sqrt((Gut/Rnt)+(real(Yct))^2)-(j*imag(Yct));
    Zoptt=1/Yoptt;

```

```

Fmint=1+2*Rnt*(real(Yct)+real(Yoptt));
Rn=Rnt;
Yc=Yct;
Gu=Gut;
Fmin=Fmint;
Zopt=Zoptt;
Zoptm=abs(Zopt);
Zopta=angle(Zopt);
Ropt=real(Zopt);
Xopt=imag(Zopt);

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%End of calculation for serial feedback two-port
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Calculation for parallel feedback two-port
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

if p==1,

    if q==0
        Xpara=omega*L;
        %Ypara=1/Xpara;
    elseif q==1
        Xpara=-1/(omega*c);
        %Ypara=-1/Xpara;
    end;

    deltaz=Z11*Z22-Z12*Z21;
    Y11=Z22/deltaz;
    Y12=-Z12/deltaz;
    Y21=-Z21/deltaz;
    Y22=Z11/deltaz;

    %Zg=j*Xpara;

    %Normalization
    Zg=(j*Xpara)/50;

    Y11g=1/Zg;
    Y12g=-1/Zg;
    Y21g=Y12g;
    Y22g=Y11g;

    %z-parameters of equivalent two-port

    paydapara=Y21+Y21g;
    E1=(Y11g*Y21-Y11*Y21g)/paydapara;
    D1=Y21/paydapara;
    E2=-E1;
    D2=Y21g/paydapara;

    Y11=Y11+Y11g;
    Y12=Y12+Y12g;
    Y21=Y21+Y21g;
    Y22=Y22+Y22g;

```



```

Xseri=omega*L;           %serial inductance

Z11g=(j*Xseri)/50;
Z12g=(j*Xseri)/50;
Z21g=(j*Xseri)/50;
Z22g=(j*Xseri)/50;

paydaseri=Z21+Z21g;
A1=(Z11g*Z21-Z21*Z21g)/paydaseri;
B1=Z21/paydaseri;
A2=-A1;
B2=Z21g/paydaseri;
Z11=Z11+Z11g;
Z12=Z12+Z12g;
Z21=Z21+Z21g;
Z22=Z22+Z22g;

%Calculation of theor. noise parameters of feedback two-port(serial
feedback)

Rnt=(Rn*((abs(1+Ycor*A1))^2))+((abs(A1))^2*Gu);
Yct=(Rn*Ycor*B1*(1+conj(Ycor*A1))+Gu*conj(A1)*B1)/(Rnt);
Gut=((abs(B1))^2)*(Gu+Rn*((abs(Ycor))^2))-(Rnt*((abs(Yct))^2));

Rn=Rnt;
Gu=Gut;

Xpara=-1/(omega*c);     %parallell capacitance

deltaz=Z11*Z22-Z12*Z21;
Y11=Z22/deltaz;
Y12=-Z12/deltaz;
Y21=-Z21/deltaz;
Y22=Z11/deltaz;

%Normalization
Zg=(j*Xpara)/50;

Y11g=1/Zg;
Y12g=-1/Zg;
Y21g=Y12g;
Y22g=Y11g;

%z-parameters of equivalent 2-port

paydapara=Y21+Y21g;
E1=(Y11g*Y21-Y11*Y21g)/paydapara;
D1=Y21/paydapara;
E2=-E1;
D2=Y21g/paydapara;

Y11=Y11+Y11g;
Y12=Y12+Y12g;
Y21=Y21+Y21g;

```

```

Y22=Y22+Y22g;

deltay=Y11*Y22-Y12*Y21;

Z11=Y22/deltay;
Z12=-Y12/deltay;
Z21=-Y21/deltay;
Z22=Y11/deltay;

R11 = real(Z11); X11 = imag(Z11);
R21 = real(Z21); X21 = imag(Z21);
R12 = real(Z12); X12 = imag(Z12);
R22 = real(Z22); X22 = imag(Z22);

fprintf(fid_w, 'Paralel Geribeslemeli Eşdeğer İki Kapılı Parametreleri
\n');
fprintf(fid_w, 'Z11 Real and Imaginer parts: %f %f
\n', real(Z11), imag(Z11));
fprintf(fid_w, 'Z21 Real and Imaginer parts: %f %f
\n', real(Z21), imag(Z21));
fprintf(fid_w, 'Z12 Real and Imaginer parts: %f %f
\n', real(Z12), imag(Z12));
fprintf(fid_w, 'Z22 Real and Imaginer parts: %f %f
\n', real(Z22), imag(Z22));

%Calculation of theor. noise parameters of feedback two-port(parallel
feedback)

Rnt=Rn*(abs(D1))^2;
Yct=(Rn*(conj(D1))*(Ycor+E1))/(Rnt);
Gut=Gu+Rn*((abs(E1+Ycor))^2)-Rnt*(abs(Yct))^2;

%Calculation of meas. noise parameters of feedback two-port

Yoqtt=sqrt((Gut/Rnt)+(real(Yct))^2)-(j*imag(Yct));
Zoqtt=1/Yoqtt;
Fmint=1+2*Rnt*(real(Yct)+real(Yoqtt));
Rn=Rnt;
Yc=Yct;
Gu=Gut;
Fmin=Fmint;
Zopt=Zoqtt;
Zoptm=abs(Zopt);
Zopta=angle(Zopt);
Ropt=real(Zopt);
Xopt=imag(Zopt);

end;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% End of Combined Feedback
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Center phasor and radius of the noise circles are calculated %
N = ((Freq - Fmin)*(Zoptm^2)) / (2*Rn);
Rcn = Ropt + N ;
Xcn = Xopt;
Zcn=Rcn+i*Xcn;
rn = sqrt(N*(N + 2*Ropt));
U = (1 + Rmod^2) / C;

```



```
fprintf('R11,R22,ita = %f,%f,%f \n ',R11,R22,ita);
fprintf(fid_w,'R11,R22,ita = %f,%f,%f\n',R11,R22,ita);
```

```
% Calculating values for Required GT value in Unconditional stability
case
```

```
P=(abs(Z12)^2/C)*(10^(GTDBreq*0.1)); % GTDBreq converted to
dimensionless %
RCGreq = (Q - P)/(2*R22);
XCGreq = (2*X11*R22-X)/(2*R22);
ZCGreq = RCGreq + i*XCGreq;
rgreq = (sqrt(P^2-2*Q*P+abs(Z)^2))/(2*R22);

% GTDBreq Circle %
ZCGTreq= ZCGreq+rgreq*exp(i*teta);
RCGTreq=real(ZCGTreq);
XCGTreq=imag(ZCGTreq);

% Find out the intersection of two circles
InstersectionExist=1;
fprintf('GTDBreq, T1 and T2 circles:\n');
fprintf('RCGreq= %f, XCGreq= %f, rgreq= %f\n',RCGreq,XCGreq,rgreq);
fprintf('Rct1= %f, Xct1= %f, rt1= %f\n',Rct1,Xct1,rt1);
fprintf('Rct2= %f, Xct2= %f, rt2= %f\n',Rct2,Xct2,rt2);
fprintf(fid_w,'GTDBreq, T1 and T2 circles:\n');
fprintf(fid_w,'RCGreq= %f, XCGreq= %f, rgreq=
%f\n',RCGreq,XCGreq,rgreq);
fprintf(fid_w,'Rct1= %f, Xct1= %f, rt1= %f\n',Rct1,Xct1,rt1);
fprintf(fid_w,'Rct2= %f, Xct2= %f, rt2= %f\n',Rct2,Xct2,rt2);

[RintT1,XintT1]=circlint(RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct1,Xct1,rt1);
ZireqT11=RintT1(1)+i*XintT1(1);
ZireqT12=RintT1(2)+i*XintT1(2);

fprintf('1. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(1),XintT1(1));
fprintf(fid_w,'1. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(1),XintT1(1));
fprintf('2. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(2),XintT1(2));
fprintf(fid_w,'2. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(2),XintT1(2));

fprintf('ZireqT11 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(1)*50,XintT1(1)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(1)*50,XintT1(1)*50);
fprintf('ZireqT12 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(2)*50,XintT1(2)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT12 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(2)*50,XintT1(2)*50);

[RintT2,XintT2]=circlint(RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2);
ZireqT21=RintT2(1)+i*XintT2(1); % two intersection points on T2 %
ZireqT22=RintT2(2)+i*XintT2(2);

fprintf('1. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(1),XintT2(1));
fprintf(fid_w,'1. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(1),XintT2(1));
```

```

    fprintf('2. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n', RintT2(2), XintT2(2));
    fprintf(fid_w, '2. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n', RintT2(2), XintT2(2));

    fprintf('ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', RintT2(1)*50, XintT2(1)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', RintT2(1)*50, XintT2(1)*50);
    fprintf('ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', RintT2(2)*50, XintT2(2)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', RintT2(2)*50, XintT2(2)*50);

    if ~isnan(ZireqT11) & ~isnan(ZireqT12) & ~isnan(ZireqT21) &
~isnan(ZireqT22) % GTreq cuts both T1 and T2
        fprintf('GTreq cuts both T1 and T2\n');
        fprintf(fid_w, 'GTreq cuts both T1 and T2\n');
    elseif ~isnan(ZireqT11) & ~isnan(ZireqT12)
% GTreq cuts only T1
        fprintf('GTreq cuts only T1\n');
        fprintf(fid_w, 'GTreq cuts only T1\n');
    elseif ~isnan(ZireqT21) & ~isnan(ZireqT22)
% GTreq cuts only T2
        fprintf('GTreq cuts only T2\n');
        fprintf(fid_w, 'GTreq cuts only T2\n');
    else
% GTreq does not cut T1 or T2
        fprintf('GTreq does not cut T1 or T2\n');
        fprintf(fid_w, 'GTreq does not cut T1 or T2\n');
        IntersectionExist=0;
        ZSreq= NaN+i*NaN;
        ZLreq= NaN+i*NaN;
%
        break;
    end

    RCS = -(2*R11*R22-R)/(2*R22);
    XCS = -(2*X11*R22-X)/(2*R22);
    ZCS = RCS + i*XCS;
    rs = abs(Z)/(2*R22);
    ZCSC = conj(ZCS)

    % Conjugate Source Stability Circle (CSSC) %
    Zi3 = ZCSC + rs * exp(i*teta);
    Ri3 = real(Zi3);
    Xi3 = imag(Zi3);

    % Input Stability Circle (ISC) (ZCINPUT = -RCS - i*XCS; rINPUT=rs) %
    ZCINPUT = -RCS - i*XCS;
    Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*teta);
    Ri5 = real(Zi5);
    Xi5 = imag(Zi5);

    % GT Circles %
    XCG = (2*X11*R22-X)/(2*R22);
    GTMAX=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2)*C)/(abs(Z12)^2);

    for k=1:6
        y(k)=(k-1)*(GTMAX/5);
        P(k)=(abs(Z12)^2*y(k))/C;
        RCG(k) = (Q - P(k))/(2*R22);
        ZCG(k) = RCG(k) + i*XCG;
    end

```

```

    rg(k) = (sqrt(P(k)^2-2*Q*P(k)+abs(Z)^2))/(2*R22);
end

ZCG1 = ZCG(1);rg1 = rg(1);
ZCG2 = ZCG(2);rg2 = rg(2);
ZCG3 = ZCG(3);rg3 = rg(3);
ZCG4 = ZCG(4);rg4 = rg(4);
ZCG5 = ZCG(5);rg5 = rg(5);
ZCG6 = ZCG(6);rg6 = rg(6);

Zi41 = ZCG1 + rg1 * exp(i*teta);
    Ri41 = real(Zi41);Xi41 = imag(Zi41);
Zi42 = ZCG2 + rg2 * exp(i*teta);
    Ri42 = real(Zi42);Xi42 = imag(Zi42);
Zi43 = ZCG3 + rg3 * exp(i*teta);
    Ri43 = real(Zi43);Xi43 = imag(Zi43);
Zi44 = ZCG4 + rg4 * exp(i*teta);
    Ri44 = real(Zi44);Xi44 = imag(Zi44);
Zi45 = ZCG5 + rg5 * exp(i*teta);
    Ri45 = real(Zi45);Xi45 = imag(Zi45);
Zi46 = ZCG6 + rg6 * exp(i*teta);
    Ri46 = real(Zi46);Xi46 = imag(Zi46);

% Conserving Solution %
RCGmax = sqrt(Q^2-abs(Z)^2)/(2*R22);
XCGmax = XCG;
ZCGmax = RCGmax + i*XCGmax;

fprintf('ZCGmax(%f %f),Zct1(%f %f), Zct2(%f
%f)\n',RCGmax,XCGmax,Rct1, Xct1, Rct2, Xct2);
fprintf('rt1 %f, rt2 %f\n',rt1, rt2);
fprintf(fid_w,'ZCGmax(%f %f),Zct1(%f %f), Zct2(%f
%f)\n',RCGmax,XCGmax,Rct1, Xct1, Rct2, Xct2);
fprintf(fid_w,'rt1 %f, rt2 %f\n',rt1, rt2);

if abs(ZCGmax-Zct1) > rt1 % Conserving Solution %

    fprintf('abs(ZCGmax-Zct1) > rt1: ZCGmax in Region-1 (tangent case -
-> GTmax)\n');
    fprintf(fid_w,'abs(ZCGmax-Zct1) > rt1: ZCGmax in Region-1 (tangent
case --> GTmax)\n');

    % Zcgmax in Region-1 %
    % GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-1 (tangent
case --> GTmax) %

    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        GTMC=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2)*C)/(abs(Z12)^2);
    else
        D=(R22*abs(Z11)^2-R*R11-X*X11)/R22+abs(Zopt)^2;
        E=(D*R22-Rct1*(2*R11*R22-R)-2*Xct1*XCG*R22)/rt1;
        F=Rct1/rt1;

        GTpayn=C*(Q+E*F-sqrt(((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-E^2))));
        GTpayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
        GTMC=GTpayn/GTpayda;
    end

P=(abs(Z12)^2/C)*GTMC;

```

```

RCGmax = (Q - P)/(2*R22);
XCGmax = XCG;
ZCGmax = RCGmax + i*XCGmax;
rgmax = (sqrt(P^2-2*Q*P+abs(Z)^2))/(2*R22);

% GTmax Circle %
ZCGTM= ZCGmax+rgmax*exp(i*teta);
RCGTM=real(ZCGTM);
XCGTM=imag(ZCGTM);

% Load and Source impedance calculation; Zcgmax in Region-1 %
% Zi value %
if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    Zi=conj(Zopt);
else
    Zi=((rgmax/(rt1+rgmax))*Zct1)+((rt1/(rt1+rgmax))*ZCGmax));
end

fprintf('Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);
fprintf(fid_w,'Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

% fprintf(fid_w,'Q %f,P %f,abs(Z) %f,rgmax %f,rt1
%f,Zct1(%f,%f),ZCGmax(%f,%f)\n',Q,P,abs(Z),rgmax,rt1,real(Zct1),imag(Zct1),
real(ZCGmax),imag(ZCGmax));

% ZL value %
ZL=((Z12*Z21)/(Z11-Zi)-Z22);

fprintf('ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);
fprintf(fid_w,'ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);

% ZS values %
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;
Xcv=-imag(Zi);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS=Zopt;
else
    ZS=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn));
end

fprintf('ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);
fprintf(fid_w,'ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);

% MAG value; absolute stability and Zcgmax in Region-1 (Rmod=0-->
C=1) %
MAGndB=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))/(abs(Z12)^2);
MAG=10*log10(MAGndB); % MAG in dB %

fprintf('MAG Value (dB) = %f\n',MAG);
%fprintf(fid_w,'MAG Value (dB) = %f\n',MAG);

```

```

% GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-1 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MAG % MAG is the available maximum gain %
% GTMAX=MAG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

```

```

    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
    identical, Zs=Zopt

        % open fid_w for append
        fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

        % Zi value %
        fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
        fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

        % ZLreq value %
        ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
        ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

        % ZLreq value %
        fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

        % ZSreq value %
        ZSreq=Zopt;

        % ZSreq value %
        fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
        fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

        % fid_w will be open in empcal.m
        fclose(fid_w);

        ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

        elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
        identical, Zs=conj(Zi)

            % open fid_w for append
            fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

            % Zi value %
            fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f

```

```

%f\n', real(ZireqT11)*50, imag(ZireqT11)*50, real(ZireqT12)*50, imag(ZireqT12)*
50);
    fprintf(fid_w, 'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZireqT11)*50, imag(ZireqT11)*50, real(ZireqT12)*50, imag(ZireqT12)*
50);

    % ZLreq value %
    ZLreq1=(Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
    ZLreq2=(Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

    % ZLreq value %
    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZLreq1)*50, imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZLreq1)*50, imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZLreq2)*50, imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZLreq2)*50, imag(ZLreq2)*50);

    % ZSreq value %
    ZSreq1=conj(ZireqT11);
    ZSreq2=conj(ZireqT12);

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZSreq1)*50, imag(ZSreq1)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZSreq1)*50, imag(ZSreq1)*50);
    fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZSreq2)*50, imag(ZSreq2)*50);
    fprintf(fid_w, 'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n', real(ZSreq2)*50, imag(ZSreq2)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
    ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
    fprintf(fid_w, 'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g, '%f %f %f %f %f %f
%f\n', f, GTMAX, GTMIN, real(ZL)*50, imag(ZL)*50, real(ZS)*50, imag(ZS)*50); %

```



```

% MAG value; absolute stability and Zcgmax in Region-2 (Rmod=0-->
C=1) %
MAGndB=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))/(abs(Z12)^2);
MAG=10*log10(MAGndB); % MAG in dB %

fprintf('MAG Value (dB) = %f\n',MAG);
%fprintf(fid_w,'MAG Value (dB) = %f\n',MAG);

% GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-2 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MAG % MAG is the available maximum gain %
% GTMAX=MAG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

```

```

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
    identical, Zs=Zopt

        % open fid_w for append
        fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

        % Zi value %
        fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
        fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

        % ZLreq value %
        ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
        ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

        % ZLreq value %
        fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

        % ZSreq value %
        ZSreq=Zopt;

        % ZSreq value %
        fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
        fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

        % fid_w will be open in empcal.m
        fclose(fid_w);

        ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

        elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
        identical, Zs=conj(Zi)

```

```

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZSreq= NaN+i*NaN;
ZLreq= NaN+i*NaN;

```



```

Rs1=K+sqrt(K^2-D);
Xs1=A*Rs1+B;
Rs2=K-sqrt(K^2-D);
Xs2=A*Rs2+B;

    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        Zs1=Zopt;
        Zs2=Zopt;
    else
        Zs1=Rs1+i*Xs1;
        Zs2=Rs2+i*Xs2;
    end

ZS=Zs1;

fprintf('Zs1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zs1)*50,imag(Zs1)*50);
fprintf(fid_w,'Zs1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zs1)*50,imag(Zs1)*50);

fprintf('Zs2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zs2)*50,imag(Zs2)*50);
fprintf(fid_w,'Zs2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zs2)*50,imag(Zs2)*50);

% MAG value; absolute stability and Zcgmax in Region-3 (Rmod=0-->
C=1) %
MAGndB=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))/(abs(Z12)^2);
MAG=10*log10(MAGndB); % MAG in dB %

fprintf('MAG Value (dB) = %f\n',MAG);
fprintf(fid_w,'MAG Value (dB) = %f\n',MAG);

% GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-3 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MAG % MAG is the available maximum gain %
% GTMAX=MAG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

```

```
[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn, rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point
```

```
% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
```

```
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
```

```
% ZLreq value %
```

```
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
```

```
% ZLreq value %
```

```
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
```

```
% ZSreq value %
```

```
ZSreq=Zopt;
```

```
% ZSreq value %
```

```
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
```

```
% fid_w will be open in empcal.m
```

```
fclose(fid_w);
```

```
ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt
```

```
% open fid_w for append
```

```
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
```

```
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
```

```
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
```

```
% ZLreq value %
```

```
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
```

```
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);
```

```
% ZLreq value %
```

```

    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
    identical, Zs=conj(Zi)

        % open fid_w for append
        fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

        % Zi value %
        fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
        fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

        % ZLreq value %
        ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
        ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

        % ZLreq value %
        fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

        % ZSreq value %
        ZSreq1=conj(ZireqT11);
        ZSreq2=conj(ZireqT12);

        % ZSreq value %
        fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);

```

```

    fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
    ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
    fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

elseif abs(ZCGmax-Zct2) == rt2

    fprintf('abs(ZCGmax-Zct2) == rt2: ZCGmax in Region-4\n');
    fprintf(fid_w,'abs(ZCGmax-Zct2) == rt2: ZCGmax in Region-4\n');

    % Zcgmax in Region-4; GTmax-->T2 %
    % GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-4 %
    GTMC=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2)*C)/(abs(Zl2)^2);

    % GTmax Circle (a point )%
    rgmax=0;
    ZCGTM= ZCGmax+rgmax*exp(i*teta);
    RCGTM=real(ZCGTM);
    XCGTM=imag(ZCGTM);

    % Load and Source impedance calculation; Zcgmax in Region-4 %
    % Zi value %
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        Zi=conj(Zopt);
    else
        Zi=ZCGmax;
end

```

```

fprintf('Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);
fprintf(fid_w,'Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

% ZL value %
ZL=((Z12*Z21)/(Z11-Zi)-Z22);

fprintf('ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);
fprintf(fid_w,'ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);

% ZS values %
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;
Xcv=-imag(Zi);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
ZS=Zopt;
else
if rn > rv
ZS=((rn/(rn-rv))*Zcv)-((rv/(rn-rv))*Zcn));
else
ZS(((rv/(rv-rn))*Zcn)-((rn/(rv-rn))*Zcv)); % rn <= rv %
end;
end

fprintf('ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);
fprintf(fid_w,'ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);

% MAG value; absolute stability and Zcgmax in Region-4 (Rmod=0-->
C=1) %
MAGndB=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))/(abs(Z12)^2);
MAG=10*log10(MAGndB); % MAG in dB %

fprintf('MAG Value (dB) = %f\n',MAG);
fprintf(fid_w,'MAG Value (dB) = %f\n',MAG);

% GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-4 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MAG % MAG is the available maximum gain %
% GTMAX=MAG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

```

```

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

    fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

    % ZLreq value %
    ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
    ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

```

```

    % ZLreq value %
    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

```

```

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

```

```

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

```

```

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

```

```

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

```

```

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
    identical, Zs=conj(Zi)

```

```

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

```

```

    % Zi value %
    fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

    fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

    % ZLreq value %
    ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
    ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

```

```

    % ZLreq value %
    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

```

```

    % ZSreq value %
    ZSreq1=conj(ZireqT11);
    ZSreq2=conj(ZireqT12);

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
    fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
    ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
    fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

elseif abs(ZCGmax-Zct2) < rt2

    fprintf('abs(ZCGmax-Zct2) < rt2: ZCGmax in Region-5 (tangent case
--> GTmax)\n');
    fprintf(fid_w,'abs(ZCGmax-Zct2) < rt2: ZCGmax in Region-5 (tangent
case --> GTmax)\n');

    % Zcgmax in Region-5 %
    % GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-5 (tangent
case --> GTmax) %

    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)

```

```

    GTMC=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2)*C)/(abs(Z12)^2);
    else
    D=(R22*abs(Z11)^2-R*R11-X*X11)/R22+abs(Zopt)^2;
    E=(D*R22-Rct2*(2*R11*R22-R)-2*Xct2*XCG*R22)/(-rt2);
    F=Rct2/(-rt2);

    GTPayn=C*(Q+E*F-sqrt(((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-E^2))));
    GTPayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    GTMCn=GTPayn/GTPayda;

    GTPayp=C*(Q+E*F+sqrt(((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-E^2))));
    GTPayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    GTMCp=GTPayp/GTPayda;

    if GTMCn > GTMCp
        GTMC=GTMCn;
        GTmC=GTMCp;
    else
        GTMC=GTMCp;
        GTmC=GTMCn;
    end;

    % Checking negative sign for GTmC %
    if GTmC < 0
        GT_Negative=1;
        GTmC=abs(GTmC);
    end
end

P=abs(Z12)^2/C*GTMC;

RCGmax = (Q - P)/(2*R22);
XCGmax = XCG;
ZCGmax = RCGmax + i*XCGmax;
rgmax = (sqrt(P^2-2*Q*P+abs(Z)^2))/(2*R22);

% GTmax Circle %
ZCGTM= ZCGmax+rgmax*exp(i*teta);
RCGTM=real(ZCGTM);
XCGTM=imag(ZCGTM);

% Load and Source impedance calculation; Zcgmax in Region-5 %
% Zi value %
if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    Zi=conj(Zopt);
else
    Zi=((rgmax/(rgmax-rt2))*Zct2)-((rt2/(rgmax-rt2))*ZCGmax);
end

fprintf('Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);
fprintf(fid_w,'Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

% ZL value %
ZL=((Z12*Z21)/(Z11-Zi)-Z22);

fprintf('ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL),imag(ZL));
fprintf(fid_w,'ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL),imag(ZL));

```

```

% ZS values %
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;
Xcv=-imag(Zi);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS=Zopt;
    else
if rn > rv
    ZS=((rn/(rn-rv))*Zcv)-((rv/(rn-rv))*Zcn));
else
    ZS(((rv/(rv-rn))*Zcn)-((rn/(rv-rn))*Zcv)); % rn <= rv %
end;
end

fprintf('ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);
fprintf(fid_w,'ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);

% MAG value; absolute stability and Zcgmax in Region-5 (Rmod=0-->
C=1) %
MAGndB=(Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))/(abs(Z12)^2);
MAG=10*log10(MAGndB); % MAG in dB %

fprintf('MAG Value (dB) = %f\n',MAG);
%fprintf(fid_w,'MAG Value (dB) = %f\n',MAG);

% GTMAX value; absolute stability and Zcgmax in Region-5 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
if GT_Negative == 1 % Negative GT %
    GTMIN=-10*log10(GTmC);
else
    GTMIN=10*log10(GTmC);
end

% if GTMAX > MAG % MAG is the available maximum gain %
% GTMAX=MAG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

```

```
[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point
```

```
% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
```

```
% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
```

```
% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
```

```
% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;
```

```
% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
```

```
% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);
```

```
ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt
```

```
% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
```

```
% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);
```

```
% ZLreq value %
```

```

    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
    identical, Zs=conj(Zi)

        % open fid_w for append
        fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

        % Zi value %
        fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
        fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

        % ZLreq value %
        ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
        ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

        % ZLreq value %
        fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

        % ZSreq value %
        ZSreq1=conj(ZireqT11);
        ZSreq2=conj(ZireqT12);

        % ZSreq value %
        fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);

```

```

    fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
    ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
    fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

else

    fprintf('Not defined\n');
    fprintf(fid_w,'Not defined\n');

end; % Conserning Solution %

% Drawing Circles % % Ri41 --> GTmin so not drawn %
if switch_for_plot == 1
    figure,plot(RCGTreq,XCGTreq,'k-', Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-
.',RCGTM,XCGTM,'b-',Ri5,Xi5,'g-',Ri3,Xi3,'c-
',Ri42,Xi42,'r:',Ri43,Xi43,'r:',Ri44,Xi44,'r:',Ri45,Xi45,'r:')
        axis([-1 1 -1 1])
        title('Zi-Plane')
        xlabel('real{Zi}'),ylabel('imag{Zi}'),grid

gtext('GTreq'),gtext('T1'),gtext('T2'),gtext('GTmax'),gtext('ISC'),gtext('C
SSC'),gtext('Gain Circles'),gtext('Unconditional Stability')
end

elseif R11>0 & R22>0 & ita>0 & ita<1 % Stability: elseif %

    % Conditionally stable %

```

```

fprintf('Conditionally stable: R11>0 & R22>0 & ita>0 & ita<1\n');
fprintf(fid_w, '\nConditionally stable: R11>0 & R22>0 & ita>0 &
ita<1\n');
fprintf('R11,R22,ita = %f,%f,%f \n ',R11,R22,ita);
fprintf(fid_w, 'R11,R22,ita = %f,%f,%f\n',R11,R22,ita);

% Calculating values for Required GT value in Conditional stability
case

S=COEFS*(10^(GTDBreq*0.1)); % GTDBreq converted to
dimensionless %
RCS = -(2*R11*R22-R)/(2*R22);
XCS = -(2*X11*R22-X)/(2*R22);
ZCS = RCS + i*XCS;
rs = abs(Z)/(2*R22);
RCGreq = -(RCS + S) ;
XCGreq = -XCS;
rgreq = sqrt(rs^2 + 2*S*RCS + S^2);
ZCGreq = RCGreq + i*XCGreq;

% GTDBreq Circle %
ZCGTreq= ZCGreq+rgreq*exp(i*teta);
RCGTreq=real(ZCGTreq);
XCGTreq=imag(ZCGTreq);

% Find out the intersection of two circles
IntersectionExist=1;
fprintf('GTDBreq, T1 and T2 circles:\n');
fprintf('RCGreq= %f, XCGreq= %f, rgreq= %f\n',RCGreq,XCGreq,rgreq);
fprintf('Rct1= %f, Xct1= %f, rt1= %f\n',Rct1,Xct1,rt1);
fprintf('Rct2= %f, Xct2= %f, rt2= %f\n',Rct2,Xct2,rt2);
fprintf(fid_w, 'GTDBreq, T1 and T2 circles:\n');
fprintf(fid_w, 'RCGreq= %f, XCGreq= %f, rgreq=
%f\n',RCGreq,XCGreq,rgreq);
fprintf(fid_w, 'Rct1= %f, Xct1= %f, rt1= %f\n',Rct1,Xct1,rt1);
fprintf(fid_w, 'Rct2= %f, Xct2= %f, rt2= %f\n',Rct2,Xct2,rt2);

[RintT1,XintT1]=circlint(RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct1,Xct1,rt1);
ZireqT11=RintT1(1)+i*XintT1(1);
ZireqT12=RintT1(2)+i*XintT1(2);
% AlfaT11=atan(XintT1(1)/RintT1(1))*180/pi;
% AlfaT12=atan(XintT1(2)/RintT1(2))*180/pi;

fprintf('1. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(1),XintT1(1));
fprintf(fid_w, '1. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(1),XintT1(1));
% fprintf('Line Slope for 1. Intersection point on T1; AlfaT11(deg)=
%f\n',AlfaT11);
% fprintf(fid_w, 'Line Slope for 1. Intersection point on T1;
AlfaT11(deg)= %f\n',AlfaT11);
fprintf('2. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(2),XintT1(2));
fprintf(fid_w, '2. Intersection point on T1; RintT1= %f: XintT1=
%f\n',RintT1(2),XintT1(2));
% fprintf('Line Slope for 2. Intersection point on T1; AlfaT12(deg)=
%f\n',AlfaT12);
% fprintf(fid_w, 'Line Slope for 2. Intersection point on T1;
AlfaT12(deg)= %f\n',AlfaT12);

```

```

    fprintf('ZireqT11 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(1)*50,XintT1(1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZireqT11 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(1)*50,XintT1(1)*50);
    fprintf('ZireqT12 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(2)*50,XintT1(2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZireqT12 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT1(2)*50,XintT1(2)*50);

%   [cor_x,cor_y]=linecirc(AlfaT11,XintT1(1),RCGreq,XCGreq,rgreq)

%   fprintf('%f\n',cor_x);
%   fprintf('%f\n',cor_y);

[RintT2,XintT2]=circlint(RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2);
ZireqT21=RintT2(1)+i*XintT2(1); % two intersection points on T2 %
ZireqT22=RintT2(2)+i*XintT2(2);
%   AlfaT21=atan(XintT2(1)/RintT2(1))*180/pi;
%   AlfaT22=atan(XintT2(2)/RintT2(2))*180/pi;

fprintf('1. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(1),XintT2(1));
fprintf(fid_w,'1. Intersection point on T2; RintT1= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(1),XintT2(1));
%   fprintf('Line Slope for 1. Intersection point on T2; AlfaT21(deg)=
%f\n',AlfaT21);
%   fprintf(fid_w,'Line Slope for 1. Intersection point on T2;
AlfaT21(deg)= %f\n',AlfaT21);
fprintf('2. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(2),XintT2(2));
fprintf(fid_w,'2. Intersection point on T2; RintT2= %f: XintT2=
%f\n',RintT2(2),XintT2(2));
%   fprintf('Line Slope for 2. Intersection point on T2; AlfaT22(deg)=
%f\n',AlfaT22);
%   fprintf(fid_w,'Line Slope for 2. Intersection point on T2;
AlfaT22(deg)= %f\n',AlfaT22);

    fprintf('ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT2(1)*50,XintT2(1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT2(1)*50,XintT2(1)*50);
    fprintf('ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT2(2)*50,XintT2(2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',RintT2(2)*50,XintT2(2)*50);

    if ~isnan(ZireqT11) & ~isnan(ZireqT12) & ~isnan(ZireqT21) &
~isnan(ZireqT22) % GTreq cuts both T1 and T2
        fprintf('GTreq cuts both T1 and T2\n');
        fprintf(fid_w,'GTreq cuts both T1 and T2\n');
    elseif ~isnan(ZireqT11) & ~isnan(ZireqT12)
% GTreq cuts only T1
        fprintf('GTreq cuts only T1\n');
        fprintf(fid_w,'GTreq cuts only T1\n');
    elseif ~isnan(ZireqT21) & ~isnan(ZireqT22)
% GTreq cuts only T2
        fprintf('GTreq cuts only T2\n');
        fprintf(fid_w,'GTreq cuts only T2\n');

```

```

else
% GTreq does not cut T1 or T2
    fprintf('GTreq does not cut T1 or T2\n');
    fprintf(fid_w,'GTreq does not cut T1 or T2\n');
    InstersectionExist=0;
    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

%
    break;
end

% Conjugate Source Stability Circle (GTmax Circle)%
RCS = -(2*R11*R22-R)/(2*R22);
XCS = -(2*X11*R22-X)/(2*R22);
ZCS = RCS + i*XCS;
rs = abs(Z)/(2*R22);
ZCSC = conj(ZCS)

Zi3 = ZCSC + rs * exp(i*teta);
Ri3 = real(Zi3);
Xi3 = imag(Zi3);

% Input Stability Circle (ZCINPUT = -RCS - i*XCS; rINPUT=rs) (GTmin
Circle) %
ZCINPUT = -RCS - i*XCS;
Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*teta);
Ri5 = real(Zi5);
Xi5 = imag(Zi5);

% GT Circles %
GTMAX = 2*C*Q/(abs(Z12)^2);

for k = 1:6
    y(k) = (k-1)*(GTMAX/5);
    S(k) = y(k)*COEFS;
    RCG(k) = -(RCS + S(k)) ;
    XCG = -XCS;
    rg(k) = sqrt(rs^2 + 2*S(k)*RCS + S(k)^2);
    ZCG(k) = RCG(k) + i*XCG;
end

ZCG1 = ZCG(1);rg1 = rg(1);
ZCG2 = ZCG(2);rg2 = rg(2);
ZCG3 = ZCG(3);rg3 = rg(3);
ZCG4 = ZCG(4);rg4 = rg(4);
ZCG5 = ZCG(5);rg5 = rg(5);
ZCG6 = ZCG(6);rg6 = rg(6);

Zi41 = ZCG1 + rg1 * exp(i*teta);
    Ri41 = real(Zi41);Xi41 = imag(Zi41);
Zi42 = ZCG2 + rg2 * exp(i*teta);
    Ri42 = real(Zi42);Xi42 = imag(Zi42);
Zi43 = ZCG3 + rg3 * exp(i*teta);
    Ri43 = real(Zi43);Xi43 = imag(Zi43);
Zi44 = ZCG4 + rg4 * exp(i*teta);
    Ri44 = real(Zi44);Xi44 = imag(Zi44);
Zi45 = ZCG5 + rg5 * exp(i*teta);
    Ri45 = real(Zi45);Xi45 = imag(Zi45);
Zi46 = ZCG6 + rg6 * exp(i*teta);
    Ri46 = real(Zi46);Xi46 = imag(Zi46);

```

```

% Concerning Solution %
ZCGmin=ZCINPUT; % rs=rINPUT=rgmin=rgmax and ZCGmin=ZCINPUT=-RCS-
iXCS and ZCGmax=ZCSC=RCS-iXCS %
ZCGmax=ZCSC;
ZCGTM=0; % to draw GTmax for tangential case b) %

fprintf('ZCGmax(%f %f), ZCGmin(%f %f), Zct1(%f %f), Zct2(%f
%f)\n',real(ZCGmax),imag(ZCGmax), real(ZCGmin), imag(ZCGmin),Rct1, Xct1,
Rct2, Xct2);
fprintf('rs %f, rtl %f, rt2 %f\n',rs,rtl, rt2);
fprintf(fid_w,'ZCGmax(%f %f), ZCGmin(%f %f), Zct1(%f %f), Zct2(%f
%f)\n',real(ZCGmax),imag(ZCGmax),real(ZCGmin), imag(ZCGmin), Rct1, Xct1,
Rct2, Xct2);
fprintf(fid_w,'rs %f, rtl %f, rt2 %f\n',rs,rtl, rt2);

if abs(ZCGmin-Zct1) > (rs+rtl) % Concerning Solution %
% ?? eşitlik %
fprintf('abs(ZCGmin-Zct1) > (rs+rtl): Case a) GT=0 is completely in
Region-1; No solution\n');
fprintf(fid_w,'abs(ZCGmin-Zct1) > (rs+rtl): Case a) GT=0 is
completely in Region-1; No solution\n');

% Case a) GT=0 is completely in Region-1; No solution %

ZS= NaN+i*NaN;
ZL= NaN+i*NaN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rtl,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

```

```

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
    identical, Zs=Zopt

        % open fid_w for append
        fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

        % Zi value %
        fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
        fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

        % ZLreq value %
        ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
        ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

        % ZLreq value %
        fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
        fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
        fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

        % ZSreq value %
        ZSreq=Zopt;

        % ZSreq value %
        fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
        fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

        % fid_w will be open in empcal.m
        fclose(fid_w);

        ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

        elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
        identical, Zs=conj(Zi)

```

```

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

else

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZSreq= NaN+i*NaN;

```

```

ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at'); % write output to a file %

elseif (abs(ZCGmax-Zctl) > (rs+rtl) & ((rs+rtl) > abs(ZCGmin-Zctl)))

    fprintf('(abs(ZCGmax-Zctl) > (rs+rtl) & ((rs+rtl) > abs(ZCGmin-
Zctl)): Case b) GTmax is external tangential to T1\n');
    fprintf(fid_w,'(abs(ZCGmax-Zctl) > (rs+rtl) & ((rs+rtl) >
abs(ZCGmin-Zctl)): Case b) GTmax is external tangential to T1\n');

    % Case b) GTmax is external tangential to T1 %
    % GTMAX value; Case b) GTmax is external tangential to T1 %

    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        GTMC=2*C*Q/(abs(Z12)^2);
    else
        D=(R22*abs(Z11)^2-R*R11-X*X11)/R22+abs(Zopt)^2;
        E=(D*R22-Rctl*(2*R11*R22-R)-2*Xctl*XCG*R22)/rtl;
        F=Rctl/rtl;

        GTpayn=C*(Q+E*F-sqrt(((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-E^2))));
        GTPayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
        GTMC=GTPayn/GTPayda;
    end

    S=COEFS*GTMC;

    RCGmax=-(RCS+S);
    XCGmax=-XCS;
    ZCGmax = RCGmax + i*XCGmax;
    rgmax = sqrt(S^2+ 2*S*RCS + rs^2);

    % GTmax Circle %
    ZCGTM= ZCGmax+rgmax*exp(i*teta);
    RCGTM=real(ZCGTM);
    XCGTM=imag(ZCGTM);

    % Load and Source impedance calculation; Case b) GTmax is external
    tangential to T1 %
    % Zi value %
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        Zi=conj(Zopt);
    else
        Zi=((rgmax/(rtl+rgmax))*Zctl)+((rtl/(rtl+rgmax))*ZCGmax);
    end

    fprintf('Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

```

```

fprintf(fid_w,'Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

% ZL value %
ZL=((Z12*Z21)/(Z11-Zi)-Z22);

fprintf('ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);
fprintf(fid_w,'ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);

% ZS values %
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;
Xcv=-imag(Zi);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;

if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
ZS=Zopt;
else
ZS=(((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn));
end

fprintf('ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);
fprintf(fid_w,'ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);

% MSG value; Case b) GTmax is external tangential to T1 %
MSGndB=2*(abs(Z21))/(abs(Z12))*ita;
MSG=10*log10(MSGndB); % MSG in dB %

fprintf('MSG Value (dB) = %f\n',MSG);
%fprintf(fid_w,'MSG Value (dB) = %f\n',MSG);

% GTMAX value; Case b) GTmax is external tangential to T1 %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MSG % MSG is maximum stable gain %
% GTMAX=MSG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3

```

```

if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

```

```

ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
identical, Zs=conj(Zi)

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

% ZSreq value %

```



```

GTPayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
GTMcn=GTPayn/GTPayda;
GTPayp=C*(Q+E*F+sqrt(((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-E^2))));
GTPayda=(abs(Z12)^2*(1-F^2));
GTMcp=GTPayp/GTPayda;

    if GTMcn > GTMcp
        GTMC=GTMcn;
        GTmC=GTMcp;
    else
        GTMC=GTMcp;
        GTmC=GTMcn;
    end;

    % Checking negative sign for GTmC %
    if GTmC < 0
        GT_Negative=1;
        GTmC=abs(GTmC);
    end
end

S=COEFS*GTMC;

RCGmax=-(RCS+S);
XCGmax=-XCS;
ZCGmax = RCGmax + i*XCGmax;
rgmax = sqrt(S^2+ 2*S*RCS + rs^2);

    % GTmax Circle %
    ZCGTM= ZCGmax+rgmax*exp(i*teta);
    RCGTM=real(ZCGTM);
    XCGTM=imag(ZCGTM);

    % Load and Source impedance calculation; Case b) GTmax is internal
    tangential to T1 %
    % Zi value %
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
        rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        Zi=conj(Zopt);
    else
        Zi=((rgmax/(rt1+rgmax))*Zct1)+((rt1/(rt1+rgmax))*ZCGmax));
    end

    fprintf('Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);
    fprintf(fid_w,'Zi Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi)*50,imag(Zi)*50);

    % ZL value %
    ZL=(Z12*Z21)/(Z11-Zi)-Z22);

    fprintf('ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);
    fprintf(fid_w,'ZL Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL)*50,imag(ZL)*50);

    % ZS values %
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;
    Xcv=-imag(Zi);
    Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;

```

```

        if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0,Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
        ZS=Zopt;
    else
        ZS=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn);
    end

    fprintf('ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);
    fprintf(fid_w,'ZS Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS)*50,imag(ZS)*50);

    % MSG value; Case b) GTmax is internal tangential to T1 %
    MSGndB=2*(abs(Z21))/(abs(Z12))*ita;
    MSG=10*log10(MSGndB); % MSG in dB %

    fprintf('MSG Value (dB) = %f\n',MSG);
    %fprintf(fid_w,'MSG Value (dB) = %f\n',MSG);

    % GTMAX value; Case b) GTmax is internal tangential to T1 %
    GTMAX=10*log10(GTMC);
    if GT_Negative == 1 % Negative GT %
        GTMIN=-10*log10(GTmC);
    else
        GTMIN=10*log10(GTmC);
    end

%    if GTMAX > MSG % MSG is maximum stable gain %
%    GTMAX=MSG;
%    end;

    fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
    fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
    fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
    fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

    % Define values to plot f-GTmax %
    x_f(counts)=f;
    y_gtmax(counts)=GTMAX;
    y_gtreq(counts)=GTDBreq;
    z_gtmin(counts)=GTMIN;

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    % Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
    if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
il,Xil,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

    elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

```

```

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

```

```

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
identical, Zs=conj(Zi)

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

```

```

else

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
    fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZSreq= NaN+i*NaN;
    ZLreq= NaN+i*NaN;

end;

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

elseif (abs(ZCGmax-Zct2) > (rs+rt2)) & ((rs+rt1) > abs(ZCGmax-Zct1))

    fprintf('(abs(ZCGmax-Zct2) > (rs+rt2)) & ((rs+rt1) > abs(ZCGmax-
Zct1)): Case c) T1 cuts CSSC\n');
    fprintf(fid_w,'(abs(ZCGmax-Zct2) > (rs+rt2)) & ((rs+rt1) >
abs(ZCGmax-Zct1)): Case c) T1 cuts CSSC\n');

    % Case c) T1 cuts CSSC %
    % GTMAX value; Case c) T1 cuts CSSC %
    GTMC = 2*C*Q/(abs(Z12)^2);

    Zm=abs(ZCSC)^2-rs^2;

    % Zi in intersection of CSSC-T1 points %
    A=(RCS-Rct1)/(Xct1+XCS);
    B=(abs(Zopt)^2-Zm)/(2*(Xct1+XCS));
    K=(Rct1-A*B+A*Xct1)/(1+A^2);
    D=(abs(Zopt)^2+B^2-2*B*Xct1)/(1+A^2);
    Ri_1=K+sqrt(K^2-D);
    Ri_2=K-sqrt(K^2-D);
    Xi_1=A*Ri_1+B;
    Xi_2=A*Ri_2+B;

    % Load and Source impedance calculation; Case c) T1 cuts CSSC %
    % Zi values %
    Zi_1=Ri_1+i*Xi_1;
    Zi_2=Ri_2+i*Xi_2;

    Zi=Zi_1;

    fprintf('Zi_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_1)*50,imag(Zi_1)*50);
    fprintf(fid_w,'Zi_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_1)*50,imag(Zi_1)*50);

```

```

fprintf('Zi_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_2)*50,imag(Zi_2)*50);
fprintf(fid_w,'Zi_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_2)*50,imag(Zi_2)*50);

% ZL values %
ZL_1=((Z12*Z21)/(Z11-Zi_1)-Z22);
ZL_2=((Z12*Z21)/(Z11-Zi_2)-Z22);

ZL=ZL_1; % take just one %

fprintf('ZL_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_1)*50,imag(ZL_1)*50);
fprintf(fid_w,'ZL_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_1)*50,imag(ZL_1)*50);
fprintf('ZL_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_2)*50,imag(ZL_2)*50);
fprintf(fid_w,'ZL_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_2)*50,imag(ZL_2)*50);

% ZS values %
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi_1)/C;
Xcv=-imag(Zi_1);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi_1)/C;

if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS_1=Zopt;
else
    ZS_1=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn);
end

Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi_2)/C;
Xcv=-imag(Zi_2);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi_2)/C;

if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) % VSWR and Noise match,
rn=rv=rtl=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS_2=Zopt;
else
    ZS_2=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn);
end

ZS=ZS_1; % take just one %

fprintf('ZS_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_1)*50,imag(ZS_1)*50);
fprintf(fid_w,'ZS_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_1)*50,imag(ZS_1)*50);
fprintf('ZS_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_2)*50,imag(ZS_2)*50);
fprintf(fid_w,'ZS_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_2)*50,imag(ZS_2)*50);

% MSG value; Case c) T1 cuts CSSC (Rmod=0--> C=1) %
MSGndB=2*(abs(Z21))/(abs(Z12))*ita;
MSG=10*log10(MSGndB); % MSG in dB %

fprintf('MSG Value (dB) = %f\n',MSG);
fprintf(fid_w,'MSG Value (dB) = %f\n',MSG);

```

```

% GTMAX value; Case c) T1 cuts CSSC %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

%      if GTMAX > MSG      % MSG is maximum stable gain %
%      GTMAX=MSG;
%      end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

% Caluclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3

[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn, rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Fmin) %
T1,T2,Vi.F are a point

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

```

```

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    % Zi value %
    fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
    fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

    % ZLreq value %
    ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
    ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

    % ZLreq value %
    fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
    fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

    % ZSreq value %
    ZSreq=Zopt;

    % ZSreq value %
    fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
    fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

    % fid_w will be open in empcal.m
    fclose(fid_w);

    ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
identical, Zs=conj(Zi)

    % open fid_w for append
    fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

    % Zi value %
    fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

```

```

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

```

```

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

```

```

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

```

```

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq1)*50,imag(ZSreq1)*50);
fprintf('ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq2)*50,imag(ZSreq2)*50);

```

```

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

```

```

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
ZSreq=ZSreq1; % print the first one in the intersection %

```

```

else

```

```

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

```

```

fprintf('No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0) |
(Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');
fprintf(fid_w,'No solution in Region-3: (InstersectionExist = 0)
| (Vireq = 1) | (Freq = Fmin)\n');

```

```

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

```

```

ZSreq= NaN+i*NaN;
ZLreq= NaN+i*NaN;

```

```

end;

```

```

% fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f
%f\n',f,GTMAX,GTMIN,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50); %
fprintf(fid_w_g,'%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f
%f\n',Vireq,FdB,f,GTMAX,real(ZL)*50,imag(ZL)*50,real(ZS)*50,imag(ZS)*50,
GTDBreq,real(ZLreq)*50,imag(ZLreq)*50,real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

```

```

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

elseif abs(ZCGmax-Zct2) < (rs+rt2)

    fprintf('abs(ZCGmax-Zct2) < (rs+rt2): Case d) T2 cuts CSSC\n');
    fprintf(fid_w,'abs(ZCGmax-Zct2) < (rs+rt2): Case d) T2 cuts
CSSC\n');

    % Case d) T2 cuts CSSC %

    % GTMAX value; Case d) T2 cuts CSSC %
    GTMC = 2*C*Q/(abs(Z12)^2);

    Zm=abs(ZCSC)^2-rs^2;

    % Zi in intersection of CSSC-T2 points %
    A=(RCS-Rct2)/(Xct2+XCS);
    B=(abs(Zopt)^2-Zm)/(2*(Xct2+XCS));
    K=(Rct2-A*B+A*Xct2)/(1+A^2);
    D=(abs(Zopt)^2+B^2-2*B*Xct2)/(1+A^2);
    Ri_1=K+sqrt(K^2-D);
    Ri_2=K-sqrt(K^2-D);

    fprintf('Ri_1,Ri_2: %f %f\n',Ri_1,Ri_2);

    Xi_1=A*Ri_1+B;
    Xi_2=A*Ri_2+B;

    % Load and Source impedance calculation; Case d) T2 cuts CSSC %
    % Zi values %
    Zi_1=Ri_1+i*Xi_1;
    Zi_2=Ri_2+i*Xi_2;

    Zi=Zi_1;

    fprintf('Zi_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_1)*50,imag(Zi_1)*50);
    fprintf(fid_w,'Zi_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_1)*50,imag(Zi_1)*50);
    fprintf('Zi_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_2)*50,imag(Zi_2)*50);
    fprintf(fid_w,'Zi_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(Zi_2)*50,imag(Zi_2)*50);

    % ZL values %
    ZL_1=((Z12*Z21)/(Z11-Zi_1)-Z22);
    ZL_2=((Z12*Z21)/(Z11-Zi_2)-Z22);

    ZL=ZL_2; % take just one %

    fprintf('ZL_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_1)*50,imag(ZL_1)*50);
    fprintf(fid_w,'ZL_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_1)*50,imag(ZL_1)*50);
    fprintf('ZL_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_2)*50,imag(ZL_2)*50);
    fprintf(fid_w,'ZL_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZL_2)*50,imag(ZL_2)*50);

    % ZS values %

```

```

Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi_1)/C;
Xcv=-imag(Zi_1);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi_1)/C;
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin)    % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS_1=Zopt;
    else
    ZS_1=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn);
end

Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi_2)/C;
Xcv=-imag(Zi_2);
Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi_2)/C;
    if (Vireq == 1) & (Freq == Fmin)    % VSWR and Noise match,
rn=rv=rt1=tr2=0, Zs=Zopt=Zcn,Rmod=0 Zi=conj(Zopt), Zcv=conj(Zi)
    ZS_2=Zopt;
    else
    ZS_2=((rn/(rn+rv))*Zcv)+((rv/(rv+rn))*Zcn);
end

ZS=ZS_2; % take just one %

fprintf('ZS_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_1)*50,imag(ZS_1)*50);
fprintf(fid_w,'ZS_1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_1)*50,imag(ZS_1)*50);
fprintf('ZS_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_2)*50,imag(ZS_2)*50);
fprintf(fid_w,'ZS_2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZS_2)*50,imag(ZS_2)*50);

% MSG value; Case d) T2 cuts CSSC (Rmod=0--> C=1) %
MSGndB=2*(abs(Z21))/(abs(Z12))*ita;
MSG=10*log10(MSGndB); % MSG in dB %

fprintf('MSG Value (dB) = %f\n',MSG);
fprintf(fid_w,'MSG Value (dB) = %f\n',MSG);

% GTMAX value; Case d) T2 cuts CSSC %
GTMAX=10*log10(GTMC);
GTMIN=0; % in dB %

% if GTMAX > MSG % MSG is maximum stable gain %
% GTMAX=MSG;
% end;

fprintf('GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf(fid_w,'GTMAX Value (dB) = %f\n',GTMAX);
fprintf('GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);
fprintf(fid_w,'GTMIN Value (dB) = %f\n',GTMIN);

% Define values to plot f-GTmax %
x_f(counts)=f;
y_gtmax(counts)=GTMAX;
y_gtreq(counts)=GTDBreq;
z_gtmin(counts)=GTMIN;

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

```

```
% Calcuclate empedances on T1 and T2 intersection points and other points
in Region-3
```

```
if (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq ~= 1) & (Freq ~= Fmin) % go to
claculation in Region-3
```

```
[ZLreq,ZSreq]=empcal(ZireqT11,ZireqT12,ZireqT21,ZireqT22,Z11,Z12,Z21,Z22,Rm
od,C,Zopt,teta,Rcn,Xcn,rn,RCGreq,XCGreq,rgreq,Rct2,Xct2,rt2,Rct1,Xct1,rt1,R
i1,Xi1,Ri2,Xi2,step_for_sample_on_circle,switch_for_plot)
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) & (Freq == Emin) %
T1,T2,Vi.F are a point
```

```
% open fid_w for append
```

```
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
```

```
fprintf('ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
```

```
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT12=ZireqT21=ZireqT22= Value: real and
imaginer part = %f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50);
```

```
% ZLreq value %
```

```
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
```

```
% ZLreq value %
```

```
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
```

```
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
```

```
% ZSreq value %
```

```
ZSreq=Zopt;
```

```
% ZSreq value %
```

```
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
```

```
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
```

```
% fid_w will be open in empcal.m
```

```
fclose(fid_w);
```

```
ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %
```

```
elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Freq == Fmin) % T1 and T1
identical, Zs=Zopt
```

```
% open fid_w for append
```

```
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %
```

```
% Zi value %
```

```
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
```

```
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
```

```

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq=Zopt;

% ZSreq value %
fprintf('ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);
fprintf(fid_w,'ZSreq Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZSreq)*50,imag(ZSreq)*50);

% fid_w will be open in empcal.m
fclose(fid_w);

ZLreq=ZLreq1; % print the first one in the intersection %

elseif (InstersectionExist ~= 0) & (Vireq == 1) % T1 and T1
identical, Zs=conj(Zi)

% open fid_w for append
fid_w = fopen('out_int.txt','at+'); % write output to a file %

% Zi value %
fprintf('ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f %f,
ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);
fprintf(fid_w,'ZireqT11=ZireqT21 Value: real and imaginer part = %f
%f, ZireqT12=ZireqT22 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZireqT11)*50,imag(ZireqT11)*50,real(ZireqT12)*50,imag(ZireqT12)*
50);

% ZLreq value %
ZLreq1=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT11)-Z22);
ZLreq2=((Z12*Z21)/(Z11-ZireqT12)-Z22);

% ZLreq value %
fprintf('ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq1 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq1)*50,imag(ZLreq1)*50);
fprintf('ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);
fprintf(fid_w,'ZLreq2 Value: real and imaginer part = %f
%f\n',real(ZLreq2)*50,imag(ZLreq2)*50);

% ZSreq value %
ZSreq1=conj(ZireqT11);
ZSreq2=conj(ZireqT12);

```



```

        xlabel('real{Zi}'),ylabel('imag{Zi}'),grid

gtext('GTreq'),gtext('T1'),gtext('T2'),gtext('ISC=GTmin'),gtext('CSSC=GTmax
'),gtext('Gain Circles'),gtext('Conditional Stability')
    end

    else % to draw GTmax for tangential case b) %

        % Drawing Circles % % Ri41 --> GTmin, so not drawn %

        if switch_for_plot == 1

            figure,plot(RCGTreq,XCGTreq,'k-',Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-
.',RCGTM,XCGTM,'b-',Ri5,Xi5,'g-',Ri3,Xi3,'c-
',Ri42,Xi42,'r:',Ri43,Xi43,'r:',Ri44,Xi44,'r:',Ri45,Xi45,'r:')
                axis([-1 1 -1 1])
                title('Zi-Plane')
                xlabel('real{Zi}'),ylabel('imag{Zi}'),grid

gtext('GTreq'),gtext('T1'),gtext('T2'),gtext('GTmax'),gtext('ISC=GTmin'),gt
ext('CSSC'),gtext('Gain Circles'),gtext('Conditional Stability')
    end

end;

else % Stability: else %

    fprintf('Not Conditional or unconditional stable\n');
    fprintf(fid_w,'Not Conditional or unconditional stable\n');
    fprintf('R11,R22,ita = %f,%f,%f \n ',R11,R22,ita);
    fprintf(fid_w,'R11,R22,ita = %f,%f,%f\n',R11,R22,ita);

end; % Stability: end %

end; % loop under main loop %

% Plots f-GTmax %

% fprintf('x_f= %f, y_gtmax= %f, y_gtreq=%f\n ',x_f,y_gtmax,y_gtreq);

if switch_for_plot == 1

    figure,plot(x_f,y_gtmax,'g-',x_f,y_gtreq,'c-')
        %axis([0 25 0 18])%
        title('Frequency-GTmax')
        xlabel('f(Hz)'),ylabel('GTmax(dB)'),grid
        gtext('GTmax'),gtext('GTreq');

    figure,plot(x_f,z_gtmin,'g-')
        %axis([0 25 0 18])%
        title('Frequency-GTmin')
        xlabel('f(Hz)'),ylabel('GTmin(dB)'),grid

end

end; % main loop %

% Close files %
fclose(fid_r_s);
fclose(fid_r_n);
fclose(fid_r_p);

```

```
fclose(fid_w);  
fclose(fid_w_g);
```

```
% End of drawing Circles */
```



Ek 2 Lineer iki kapılının birebir eşleme fonksiyonları

Lineer iki kapılı bir devrenin kapılarına ilişkin sonlandırmaları arasında lineer oransal bir dönüşüm ilişkisi mevcut olup bu ilişkiye göre, giriş ve çıkış empedansları Z_i ve Z_o sırasıyla, Z_L ve Z_S 'in lineer oransal birer dönüşümüdür:

$$\begin{aligned} Z_i &= f(Z_L) = \frac{\Delta + z_{11}Z_L}{z_{22} + Z_L} \\ Z_o &= g(Z_S) = \frac{\Delta + z_{22}Z_S}{z_{11} + Z_L} \end{aligned} \quad (1)$$

Ters dönüşüm fonksiyonları ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} Z_L &= f^{-1}(Z_i) = \frac{Z_i^* z_{22} - \Delta}{z_{11} - Z_i} \\ Z_S &= g^{-1}(Z_o) = \frac{Z_o^* - \Delta}{z_{22} + Z_o} \end{aligned} \quad (2)$$

Burada $\Delta = z_{11}z_{22} - z_{12}z_{21}$ dir.

Z_i -düzlemindeki Z_{ci} merkez fazörlü ve r_i yarıçaplı daire, Z_L -düzlemine yine bir daire biçiminde transfer olacaktır. Z_i -düzleminden Z_L -düzlemine olan dönüşüme ilişkin ifadeler

$$|Z_i - Z_{ci}| = r_i \quad (3)$$

$$|Z_L - Z_{cL}| = r_L \quad (4)$$

bağıntıları ve (2)'de verilen dönüşüm fonksiyonları kullanılarak elde edilebilir. Bu işlemler sonucu çıkacak olan dönüşüm formülleri aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$Z_{cL} = -\frac{A^*B - r_i^2 z_{22}}{|A|^2 - r_i^2} \quad (5)$$

$$r_L^2 = |Z_{cL}|^2 - \frac{|B|^2 - r_i^2 |z_{22}|^2}{|A|^2 - r_i^2} \quad (6)$$

$$A = z_{11} - Z_{ci}, \quad B = \Delta - z_{22}Z_{ci} \quad (7)$$

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.03.1975	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1986-1993	Özel Cent Lisesi
Lisans	1994-1998	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim dalı Haberleşme Programı
Çalıştığı kurum(lar)		
	1998-Devam	Türk Telekomünikasyon A.Ş.

TC YÜKSEK ÖZEL İM KURULU
DOKÜMANLARIYI KABUL
2023/03/01