

85115

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR MİKRODALGA TRANSİSTÖRÜN
YÜK EMPEDANS DÜZLEMİNDE PERFORMANS
KARAKTERİZASYONU**

Elektronik ve Haberleşme Müh. Tuna Vural

**F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Haberleşme Müh. Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Filiz GÜNEŞ

İSTANBUL, 1999

85115



ANNEME VE BABAMA



İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Problemin Tanımı.....	2
1.3 Lineer İki-kapılının Birebir Eşleme Fonksiyonları.....	3
2. KOŞULSUZ KARARLI ÇALIŞMA BÖLGESİ.....	5
3. Z_s -DÜZLEMİNDE GÜRÜLTÜ, GİRİŞ VSWR ve KAZANÇ DAİRELERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	6
3.1 Sabit Gürültü Daireleri.....	6
3.2 Sabit Giriş VSWR Daireleri.....	6
3.3 Sabit Transdüser Kazanç Daireleri.....	7
4. KAYNAK EMPEDANS DÜZLEMİNDEKİ GÜRÜLTÜ DAİRESİ İLE SABİT GİRİŞ VSWR DAİRESİNİN BİRBİRİNE KARŞI OLAN POZİSYONLARININ GİRİŞ EMPEDANS VE YÜK EMPEDANS DÜZLEMLERİNDE KONTROLÜ.....	10
4.1 Dış Teğet Pozisyonu.....	10
4.2 İç Teğet Pozisyon.....	11

5.	Z_L-DÜZLEMİNDE GİRİŞ VSWR (V_i) İLE SINIRLANDIRILMIŞ KAZANÇ DAİRELERİ.....	17
5.1	Z_L-Düzleminde Sınırlandırılmış Kazanç Daire Ailesinin Elde Edilmesi.....	17
6.	MUTLAK KARARLILIK GEOMETRİLERİNDE, Z_{in}- ve Z_L- DÜZLEMLERİNDE ZORLANMIŞ MAKSİMUM KAZANCIN GEOMETRİK VE ANALİTİK ÇÖZÜMLERİ: İLGİLİ SONLANDIRMALARIN BELİRLENMESİ.....	19
6.1	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 1.Bölgede.....	19
6.2	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 2.Bölgede.....	22
6.3	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.Bölgede.....	22
6.4	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 5.Bölgede.....	23
6.5	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 4.Bölgede.....	25
7.	KOŞULLU KARARLILIK KOŞULLARI ve KAZANÇ BAĞINTILARININ ELDE EDİLMESİ.....	38
7.1	Koşullu Kararlı Bir Mikrodalga Transistör İçin Sağlanan Koşullar.....	38
7.2	Koşullu Kararlılık Durumunda Z_L-düzleminde Giriş VSWR ile Sınırlandırılmış Kazanç Daire Ailesinin Elde Edilmesi.....	39
8.	KOŞULLU KARARLILIK GEOMETRİLERİNDE Z_{in}- ve Z_L-DÜZLEMLERİNDE ZORLANMIŞ MAKSİMUM KAZANCIN ANALİTİK VE GEOMETRİK ÇÖZÜMLERİ.....	43
9.	GERİBESLEMELİ ve GÜRÜLTÜLÜ BİR İKİ KAPILININ GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ.....	61
9.1	Gürültülü İki-kapılı Devre Modeli.....	61
9.2	Seri Geribesleme.....	62
9.3	Paralel Geribesleme.....	63
9.4	Tek Eleman Geribesleme.....	64
9.4.1	Tek reaktans geribesleme.....	65

10.	ÖRNEK ÇALIŞMALAR ve SONUÇLAR.....	68
10.1	Bilgisayarla Simülasyon.....	68
10.2	Çizelgeler ve Grafikler.....	94
10.3	Sonuçlar.....	123
11	SONUÇLAR.....	124
EK 1	BİR DAİRENİN Z_{in} -DÜZLEMİNDEN Z_L -DÜZLEMİNE AKTARILMASI İÇİN GEREKEN DÖNÜŞÜM FORMÜLLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	125
EK 2	Z_{in} -DÜZLEMİNDE EŞLENİK KAYNAK KARARLILIK DAİRESİ İLE T_1 DAİRESİNİN KESİŞMESİ SONUCU KESİŞİM NOKTALARININ BELİRLENMESİ.....	127
	KAYNAKLAR.....	129
	ÖZGEÇMİŞ.....	130

SİMGE LİSTESİ

$Z_L = R_L + jX_L$	Reel ve imajiner kısımlarıyla iki-kapılı devrenin yük empedansı
$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$	İki-kapılı devrenin giriş empedansı
G_T	Transdüser güç kazancı
F	Gürültü faktörü
T_1 ve T_2	Kaynak düzleminde gürültü.faktörü dairesi ve giriş VSWR dairesi arasındaki Z_{in} - ve Z_L -düzlemlerinde oluşturduğu bölgeleri sınırlayan daireler
$ e_i $	Giriş yansıtma katsayısı
V_i	Giriş VSWR
Γ_{in}	İki-kapılı devrenin giriş yansıtma katsayısı
G_{Tmax}	Maksimum transdüser güç kazancı
f	Çalışma frekansı
V_{DS}	Bir mikrodalga transistörün kanal-kaynak kutuplama gerilimi
I_{DS}	Bir mikrodalga transistörün kanal-kaynak kutuplama akımı
F_{min}	Bir mikrodalga transistörde minumum gürültü faktörü
R_N, R_n	Bir mikrodalga transistörde eşdeğer gürültü sıcaklığı
$Y_S = G_S + jB_S$	Reel ve imajiner kısımları ile iki-kapılı devrenin kaynak admitansı
$Z_S = R_S + jX_S$	Reel ve imajiner kısımları ile iki-kapılı devrenin kaynak empedansı
$Z_{opt} = R_{opt} + jX_{opt}$	Reel ve imajiner kısımları ile iki-kapılı devrenin optimum kaynak empedansı
$z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$	z-parametreleri
F_{req}	İstenen gürültü faktörü
V_{ireq}	İstenen giriş VSWR
$Z_{out} = R_{out} + jX_{out}$	Reel ve sanal kısımları ile iki-kapılı devrenin çıkış empedansı
Z_{cin}	Z_{in} -düzlemindeki dairelerin merkez fazörü
r_{in}	Z_{in} -düzlemindeki dairelerin yarıçapı
Z_{cL}	Z_L -düzlemindeki dairelerin merkez fazörü
r_L	Z_L -düzlemindeki dairelerin yarıçapı
Z_{cS}	Z_S -düzlemindeki dairelerin merkez fazörü
r_S	Z_S -düzlemindeki dairelerin yarıçapı
Z_{cSL}	Z_L -düzlemindeki eşlenik kaynak kararlılık dairesinin merkez fazörü
r_{SL}	Z_L -düzlemindeki eşlenik kaynak kararlılık dairesinin yarıçapı
$Z_{\alpha 1,2}$	Z_{in} -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin merkez fazörü
$r_{1,2}$	Z_{in} -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin yarıçapı
$Z_{\alpha L1,2}$	Z_L -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin merkez fazörü
$r_{L1,2}$	Z_L -düzlemindeki T_1 ve T_2 dairelerinin yarıçapı
Z_{cg}	Z_{in} -düzlemindeki kazanç dairelerinin merkez fazörü
r_g	Z_{in} -düzlemindeki kazanç dairelerinin yarıçapı
Z_{cgL}	Z_L -düzlemindeki kazanç dairelerinin merkez fazörü
r_{gL}	Z_L -düzlemindeki kazanç dairelerinin yarıçapı
r_{11}	z_{11} -parametresinin reel kısmı
x_{11}	z_{11} -parametresinin imajiner kısmı
r_{12}	z_{12} -parametresinin reel kısmı
x_{12}	z_{12} -parametresinin imajiner kısmı
r_{21}	z_{21} -parametresinin reel kısmı
x_{21}	z_{21} -parametresinin imajiner kısmı

r_{22}	z_{22} -parametresinin reel kısmı
x_{22}	z_{22} -parametresinin imajiner kısmı
$Z_{cn}=R_{cn} + jX_{cn}$	Kaynak düzleminde reel ve imajiner kısımlarıyla gürültü.faktörü dairesinin merkez fazörü
r_n	Kaynak düzlemindeki gürültü faktörü dairesinin yarıçapı
$Z_{cp}=R_{cp} + jX_{cp}$	Kaynak düzlemindeki gürültü faktörü dairesinin reel ve imajiner kısımlarıyla merkez fazörü
$Z_{cv}=R_{cv} + jX_{cv}$	Kaynak düzleminde giriş VSWR dairesinin reel ve imajiner kısımlarıyla merkez fazörü
r_v	Kaynak düzlemindeki giriş VSWR dairesinin yarıçapı
Z_{cgmax}	Z_{in} -düzlemindeki maksimum kazancı sağlayan dairenin merkez fazörü
Z_{cgLmax}	Z_L -düzlemindeki maksimum kazancı sağlayan dairenin merkez fazörü
G_{Tmin}	Minumum transdüser güç kazancı
v_n	İki-kapılı devrenin girişindeki gürültü gerilim üretici
i_n	İki-kapılı devrenin girişindeki gürültü akım üretici
Y_{cor}	Korelasyon admitansı
G_u	Gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
I_u	Gürültü akım üreticinin ve gürültü gerilim üreticinin frekans domenindeki karşılığı
V_n	Gürültü gerilim üreticinin frekans domeni karşılığı
I_n	Gürültü akım üreticinin frekans domeni karşılığı
$\hat{G}_u$	Geribesleme devresinin gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
$\hat{Y}_{cor}$	Geribesleme devresinin korelasyon admitansı
$\hat{R}_n$	Geribesleme devresinin eşdeğer gürültü direnci
$\hat{G}_u$	Birleşik(toplam) iki-kapılı devrenin gürültü akım kaynağının ilişkisiz bileşeni olan kondüktans
$\dot{Y}_{cor}$	Birleşik devrenin korelasyon admitansı
$\dot{R}_{cor}$	Birleşik devrenin eşdeğer gürültü direnci
Z_f	Geribesleme empedansı
Y_f	Geribesleme admitansı

KISALTMA LİSTESİ

VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
KT	Konfigürasyon Tipi
KKÇB	Koşulsuz Kararlı Çalışma Bölgesi
MGK	Maksimum Güç Kazancı
MKK	Maksimum Kararlılık Kazancı
EKKD	Eşlenik Kaynak Kararlılık Dairesi
GKD	Giriş Kararlılık Dairesi
YKD	Yük Kararlılık Dairesi



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Z_S -düzleminde sabit gürültü faktörü, giriş VSWR ve kazanç dairelerinin gösterilimi.....	9
Şekil 4.1	Z_S -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR dairelerinin dış ve iç teğet pozisyonları.....	13
Şekil 4.2	Z_S -düzleminde gürültü dairesinin ve giriş VSWR dairesinin pozisyonunu kontrol eden Z_{in} -düzlemi bölgeleri	14
Şekil 4.3	Z_S -düzleminde gürültü faktörü dairesi ve giriş VSWR dairelerinin pozisyonlarını kontrol eden Z_L -düzlemi bölgeleri.....	15
Şekil 4.4	Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de kontrol bölgelerine karşı düşen Z_S -düzleminde gürültü faktörü dairesine bağlı olarak giriş VSWR dairelerinin pozisyonları.....	16
Şekil 6.1	Fiziksel çözümü olmayan uyumsuz konfigürasyon.....	26
Şekil 6.2	Z_{in} -düzleminde Z_{cgmax} 1.bölgede iken oluşan dış teğet geometri.....	27
Şekil 6.3	Z_L -düzleminde Z_{cgLmax} 1.bölgede olması durumunda a) T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken, b) T_1 dairesi, T_2 dairesinin içinde iken oluşan iç teğet geometri.....	29
Şekil 6.4	Z_{cgL} ve Z_{cgLmax} 1.bölgede iken oluşan konfigürasyon.....	30
Şekil 6.5	Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.bölgede iken Z_S -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR daireleri arasında oluşacak kesişim geometrisi.....	31
Şekil 6.6	a) Z_{in} -düzleminde ve b) Z_L -düzleminde, sırasıyla, Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.bölgede iken oluşacak geometri.....	33
Şekil 6.7	Maksimum kazanç 3.bölgede iken oluşan konfigürasyon.....	34
Şekil 6.8	Z_{in} -düzleminde Z_{cgmax} 5.bölgede iken oluşacak geometri.....	35
Şekil 6.9	Z_L -düzleminde 5.bölgede a) T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken, b) T_1 dairesi, T_2 dairesinin içinde iken oluşacak geometri.....	37
Şekil 7.1	a) Kaynak ve yük düzlemlerinde kararlılık daireleri b) Mutlak ve koşullu kararlılık için sınır şartı.....	41
Şekil 7.2	Koşullu kararlı bir mikrodalga transistörünün Z_L -düzleminde oluşan kazanç daireleri.....	42
Şekil 8.1	Z_{in} -düzleminde T_1 dairesi tamamen $G_T = 0$ dairesinin (giriş kararlılık dairesinin) dışında konumlandığından fiziksel çözümün olmadığı geometri.....	47
Şekil 8.2	Z_L -düzleminde T_1 dairesi tamamen sol yarı düzlemde konumlandığından fiziksel çözüm olmayan geometri.....	48
Şekil 8.3	Pratiksel çalışmamızda 1.duruma uygun olarak elde ettiğimiz konfigürasyon.....	49
Şekil 8.4	Z_{in} -düzleminde T_1 dairesi G_{Tmax} ve $G_T = 0$ daireleri arasında herhangi bir kazanç dairesi ile kesişmesi durumunda oluşacak geometri.....	50
Şekil 8.5	Z_L -düzleminde T_1 dairesinin sağ yarı düzlemde herhangi bir kazanç dairesi ile iç teğet olması durumunda oluşacak geometri.....	51
Şekil 8.6	Pratiksel çalışmamızda 2.duruma uygun oluşan geometri.....	52
Şekil 8.7	Z_{in} -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin tamamen G_{Tmax} ve $G_T = 0$	

	dairelerinin arasında konumlanması sonucu oluşacak geometri.....	53
Şekil 8.8	Z_L -düzleminde T_1 ve T_2 daireleri tamamen sağ yarı düzlemde iken oluşacak geometri	54
Şekil 8.9	Z_{in} -düzleminde T_1 dairesinin G_{Tmax} dairesini (eşlenik kaynak kararlılık dairesini) kestiğinde oluşacak geometri.....	55
Şekil 8.10	Z_L -düzleminde T_1 dairesinin G_{Tmax} dairesini kestiğinde Oluşacakgeometri	56
Şekil 8.11	Uygulamada gerçekleşen 4.duruma ait konfigürasyon.....	57
Şekil 8.12	Z_{in} -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin G_{Tmax} dairesini kesmesi durumunda oluşacakgeometri.....	58
Şekil 8.13	Z_L -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin G_{Tmax} dairesini kesmesi durumunda oluşacak geometri.....	59
Şekil 8.14	Pratik çalışmamızda elde ettiğimiz 5.duruma uygun elde ettiğimiz konfigürasyon.....	60
Şekil 9.1	Tipik geribeslemesiz iki-kapılı devre modeli.....	65
Şekil 9.2	Lineer iki-kapılı devrenin harici gürültü kaynaklardan oluşmuş eşdeğer gürültü modeli.....	66
Şekil 9.3	Genelleştirilmiş seri geribeslemeli iki-kapılı devre modeli.....	66
Şekil 9.4	Genelleştirilmiş paralel geribeslemeli iki-kapılı devre modeli.....	67
Şekil 9.5	Kayıpsız tek elemanlı geribeslemeli devre modeli a) seri b) paralel.....	67
Şekil 10.1	Bilgisayar simülasyonunun akış şeması.....	70
Şekil 10.2	Giriş VSWR sabit olduğunda elde edilen kazanç-gürültü faktörü eğrisi.....	98
Şekil 10.3	Gürültü faktörü sabit olduğunda elde edilen kazanç-giriş VSWR eğrisi.....	101
Şekil 10.4	Kazanç sabit tutulduğunda gürültü faktörü ve giriş VSWR arasındaki ilişkiyi gösteren eğri.....	103
Şekil 10.5	NE72089A transistörü $f = 2$ Ghz de $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ için elde edilecek konfigürasyon.....	104
Şekil 10.6	NE72089A transistörü $f = 4$ Ghz de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ dB için oluşan konfigürasyon.....	105
Şekil 10.7	NE72089A transistörü $f = 6$ Ghz de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ dB için oluşan konfigürasyon.....	106
Şekil 10.8	NE72089A transistörü $f = 8$ Ghz de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ dB için oluşan konfigürasyon.....	107
Şekil 10.9	NE72089A transistörü $f = 10$ Ghz de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ dB için oluşan konfigürasyon.....	108
Şekil 10.10	NE72089A transistörü $f = 12$ Ghz de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ dB için oluşan konfigürasyon.....	109
Şekil 10.11	$V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8$ dB için NE72089A transistörü kazanç-frekans eğrisi.....	110
Şekil 10.12	$L_S=0.01$ nH, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44$ dB değerleri için elde ettiğimiz seri geribeslemeli iki-kapılı konfigürasyonları.....	111
Şekil 10.13	$L_P=1.2$ nH, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44$ dB değerleri için elde ettiğimiz paralel geribeslemeli iki-kapılı konfigürasyonları.....	112
Şekil 10.14	$C_S=550$ pF, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44$ dB değerleri için	

	elde ettiğimiz seri geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları.....	113
Şekil 10.15	$C_P=10\text{pF}$, $V_{\text{ireq}}=1.55$, $F_{\text{req}}=1.44\text{dB}$ değerleri için elde ettiğimiz paralel geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları.....	115
Şekil 10.16	Endüktif tek elemanlı paralel ve seri geribeslemede $G_{T\text{max}}\text{-L}$ eğrisi.....	117
Şekil 10.17	Kapasitif tek elemanlı paralel ve seri geribeslemede $G_{T\text{max}}\text{-C}$ eğrisi.....	118
Şekil 10.18	$L_S = 0.05\text{ nH}$ değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması..	119
Şekil 10.19	$L_P = 1.2\text{ nH}$ değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması..	120
Şekil 10.20	$C_S = 550\text{ pF}$ değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması..	121
Şekil 10.21	$C_P = 10\text{ pF}$ değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması..	122



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1	Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerindeki performans ölçü daireleri arasındaki eşleşmeler.....	4
Çizelge 10.1	NE72089A transistörünün ürün katalog değerleri.....	94
Çizelge 10.2	$V_i = 1$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	94
Çizelge 10.3	$V_i = 2$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	96
Çizelge 10.4	$V_i = 3$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedansları değeri.....	97
Çizelge 10.5	$F = 1.36$ dB değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	99
Çizelge 10.6	$F = 1.6$ dB değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	99
Çizelge 10.7	$F = 1.84$ değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	100
Çizelge 10.8	Sabit kazançda giriş VSWR ve gürültü faktörü değerlerine karşı elde edilen yük ve kaynak empedans değerleri.....	102
Çizelge 10.9	Çeşitli frekans değerlerine karşı elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	110
Çizelge 10.10	Seri ve paralel tek reaktanslı endüktif geribeslemede kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	115
Çizelge 10.11	Seri ve paralel tek reaktanslı kapasitif geribeslemede kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri.....	116

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını yaparken ulaşmamız gereken hedef daha önce giriş empedans düzleminde yapılan çalışmayı yük empedans düzleminde de yapmak ve burada oluşturacağımız tasarım konfigürasyonları ile performans karakterizasyon verilerini doğrudan gözlemleyebilmektir. İşte bu perspektiften bakılırsa, görülebilir ki z-parametreleri ile yapılan bu çalışma, S-parametreleri ile yapılan çalışmalara göre daha basit ve bu basitlikten dolayı tasarım problemlerini çözmede daha pratik ve belirlenen tasarım hedeflerine ulaşmak daha kolaydır. Yapılan bu tez çalışması hedeflerimize ulaşmamız açısından bakılırsa başarıyla sonuçlanmıştır.

Herşeyden önce bu tez çalışmasının ortak bir çalışma olduğunu belirtmek zorundayım. Bu tezin oluşmasında emeği geçen diğer kişi ise çabalarını ve fikirlerini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocam, Prof.Dr. Filiz Güneş hanımefendidir. Hatta zaman zaman bu çalışmada benden daha gayretli olduğu ise şüphe götürmez bir gerçektir. Ortaya çıkardığımız bu çalışmadan ve çalışma odasında bana sağladığı imkanlardan dolayı sevgili hocama teşekkürü bir borç biliyorum. Bunun dışında çalışmam esnasında çıkmaza girdiğim zaman benden fikirlerini esirgemeyen başta Arş. Gör. Kamil Dimilliler olmak üzere bütün Elektromagnetik Alan ve Mikrodalga Tekniği A.B.D. öğretim ve araştırma görevlilerine de teşekkür ederim. Son olarak da okumamda en büyük emeği geçen, maddi ve manevi olarak bana destek olan sevgili aileme de sonsuz teşekkür ediyorum.

ÖZET

Bu çalışma uyumlu F , V_i , G_T ($G_{Tmin} \leq G_T \leq G_{Tmax}$) üçlülere ve uygun Z_S, Z_L sonlandırma çiftlerine ilişkin Z_L -düzleminde bir mikrodalga transistörün performans karakterizasyonunu verir. Bu daha önce Z_{in} - düzleminde GÜNEŞ metodu kullanılarak yapılan performans karakterizasyonunu, lineer iki-kapılının lineer oransal (bilineer) birebir eşleme kuralları yardımıyla Z_L -düzlemine dönüşümü ile elde edilir. Bu bağlamda tasarım konfigürasyonu koşulsuz kararlı çalışma bölgesi (KKÇB), sınırlandırılmış kazanç daire ailesi ve birleşik gürültü faktörü ve giriş VSWR daireleri (T_1, T_2) nin Z_L -düzleminde oluşumuyla meydana gelir. Böylece, Z_L -düzleminde yük empedansına ilişkin karakterizasyon verileri doğrudan elde edilebilir. Bunun sonucu olarak, Tasarım konfigürasyonunda f , V_{DS} , I_{DS} çalışma parametrelerinin, konfigürasyon tipinin (KT), geribesleme devre elemanlarının etkileri doğrudan gözlemlenebilir. Bu nedenle çalışmamız dar-, orta- ve geniş-band devrelerinin, özellikle de MMIC tasarımında bir araç olarak kullanılabilir.

Çalışmamızın ikinci kısmında, geribesleme devrelerinin etkilerini inceliyoruz. Çünkü geribesleme devreleri gürültü faktörünü değiştiren parazitik etkilere sahip olabilir. Seri ya da paralel geribeslemeli bir iki-kapılı devrenin gürültü faktörünün tam ifadesi standart olarak dört-gürültü parametresine ve admitans (ya da empedans) parametrelerine ilişkin olarak gösterilir. Bu çalışmamızda geribesleme devrelerinin genel bir durumu analiz ediliyor ve sonuçlar pratik de çok karşılaşılan tek kayıpsız geribesleme elemanına uygulanıyor. Sonuçlar, geribesleme devresinin etkilerini gösteren ilave terimleri içeren standart gürültü faktörü bağıntısıyla sunuluyor.

Son olarak, birçok çalışılmış örnek veriliyor ve bu örnekler Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerinde birebir eşleme kurallarıyla oluşturulan tasarım konfigürasyonları arasında karşılaştırma yapmamızı sağlıyor.

Anahtar kelimeler : Yük, empedans, geribesleme

ABSTRACT

This work gives the performance characterisation of a microwave transistor in the Z_L -plane in terms of the compatible F, V_i, G_T triplets with $G_{Tmin} \leq G_T \leq G_{Tmax}$ and their Z_S, Z_L termination couples. This is obtained by transforming the performance characterisation using the GÜNEŞ method in the Z_{in} -plane into Z_L -plane subject to bilinear mapping rules of a linear two-port. In connection with this, a design configuration is resulted in the Z_L -plane which consists of unconditionally stable working area (USWA), the constrained gain circle family and combined noise and input VSWR circles (T_1, T_2). So, one can obtain directly the characterisation data in terms of the load impedance Z_L . As a result of this, effects of the operation parameters f, V_{DS}, I_{DS} , configuration type CT and feedback circuit elements on the design configuration can be directly investigated in terms of the load termination. This can be used as a tool in the design of narrow-, medium- and broad-band microwave circuits, particularly in MMICs.

The second part of this work, we investigated the effects of the feedback circuit. Because, the feedback circuits may have the parasitic effects which change the noise figure. Exact expressions for the noise figure of a two-port with shunt or series feedback are presented in terms of standard four-noise and imittance parameters. In this work, the general case of a feedback circuit is analysed and the results are applied to the more practical case of a single lossless feedback element. The results are presented in the form of the standard two-port noise figure equation, with additional terms which illustrate clearly the effect of feedback.

Finally many worked examples are given and this worked examples comparison between the design configurations in the Z_{in} - and Z_L -planes are made using the mapping properties of a linear two port. It may be concluded all the possible design configurations can be pick up under the two main configurations in the Z_L -plane which makes the analysis much more simpler than the analysis with the scattering parameters.

Key words : Load, impedance, feedback

1.GİRİŞ

1.1 Amaç

Bu çalışmada, bir küçük-ışaret transistörlü lineer iki-kapılı bir devrenin daha önce GÜNEŞ metoduyla giriş empedans düzleminde (Z_{in} -düzleminde) ortaya çıkarılmış performans karakterizasyonu, $Z_L = f^{-1}(Z_{in})$ ($Z_{in} = f(Z_L)$) ters dönüşüm fonksiyonuna uygun olarak yük empedans düzlemine (Z_L -düzlemine) transfer edilmiştir ve sonuçta Z_L -düzleminde de “Tasarım Konfigürasyonu” oluşturulmuştur. Tasarım konfigürasyonu “Koşulsuz Kararlı Çalışma Bölgesi (KKÇB)”, sınırlandırılmış kazanç (G_T) daire ailesi, kaynak empedans düzleminde (Z_S -düzleminde) elde edilmiş gürültü faktörü (F) ve giriş VSWR (V_i) dairelerinin yük empedans düzlemine yansıması olan T_1 ve T_2 dairelerinden oluşmaktadır. $[F, V_i, G_T (G_{Tmin} \leq G_T \leq G_{Tmax})]$ performans üçlülere transistörün mümkün çözüm bölgeleri ile KKÇB arakesitinde yer almaktadır. Güneş F., Güneş M., Fidan M. (1994) ve Güneş F., Çetiner B.A. (1998) çalışmaları performans karakterizasyonunu, sırasıyla z- ve S- parametreleri cinsinden Z_{in} -düzlemi ve giriş yansıtma katsayısı düzleminde (Γ_{in} -düzleminde) vermektedir. Güneş F., Güneş M., Fidan M. (1994) ve Güneş F., Çetiner B.A. (1998) çalışmaları karşılaştırılırsa, görülebilir ki sadece iki tasarım konfigürasyonundan oluşan, z-parametreleriyle yapılan karakterizasyon S-parametreleri ile yapılan çalışmaya göre daha basit bir çözüm getirmektedir. O halde Z_L -düzlemine aktarılmış performans karakterizasyonu da çeşitli çalışma bantlarında yapılacak mikrodalga devre tasarımında bir mikrodalga transistöründen elde edilecek (F, V_i, G_{Tmax}) üçlülerini f, V_{DS}, I_{DS} ve “Konfigürasyon Tipi (KT)” ne bağlı olarak veren basit bir araç olarak kullanılabilir.

Çalışmamızın ikinci kısmını ise Z_{in} - ve Z_L - düzleminde elde edilen performans karakterizasyonunu uygulamaya dönük bir çalışma haline getirebilmek için geribesleme devrelerinin birleşik iki-kapılı devreye gürültü şeklindeki etkisini de göz önüne alarak yapılan çalışma oluşturmaktadır. Bilindiği üzere gürültülü iki-kapılı bir devrenin karakterizasyonu için en çok kullanılan parametre grupları “dört-gürültü parametreleri”dir. Bu dört-gürültü parametresi minimum gürültü sayısı (F_{min}), eşdeğer gürültü direnci (R_n) ile optimum kaynak admitansının reel ve sanal kısımları ($Y_S = G_S + jB_S$) dır. Yine bilindiği üzere dört-gürültü parametresi arasındaki bağıntı aşağıdaki denklem ile verilir:

$$F = F_{min} + \frac{R_n}{G_S} |Y_S - Y_{opt}|^2 \quad (1.1)$$

Bu dört-gürültü parametresinin ölçülmesi, bir mikrodalga yükseltecinin tasarımında, kullanılan bazı teknikler ile beraber her zaman yeterli değildir. Çünkü ölçülen dört-gürültü parametresi sadece transistöre ait değildir. Geribesleme devresinin de bu gürültü parametrelerine etkisi olmuştur. Geribesleme empedansları parazitiktir, bir osilatör ya da geniş bantlı bir yükselteç tasarımında hedeflerimize ulaşabilmemiz için hesaba katılması gereklidir. Bundan dolayı, geribeslemeli gürültülü bir iki-kapılının toplam gürültü sayısının hesaplanması için V.M.T. Lam, C.R. Poople, P.C.L. Yip (1992) çalışmasındaki analitik ifadelerden yararlanılarak çalışmamız genelleştirilmiştir.

Çalışmamızda performans karakterizasyonun bilgisayarla simülasyonu amacıyla MATLAB programı kullanılmıştır. Böylelikle hem analitik hem de geometrik çözümler etkileşimli bir şekilde bilgisayar ortamında elde edilmiştir.

1.2 Problemin Tanımı

Keyfi bir kaynak empedansına ($Z_S = R_S + jX_S$) sahip lineer gürültülü iki-kapılının gürültü faktörü eşdeğer gürültü direnci (R_n), minimum gürültü faktörü (F_{min}) ve optimum kaynak empedansına ($Z_{opt} = R_{opt} + jX_{opt}$) ilişkin olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$F = F_{min} + \frac{R_n |Z_S - Z_{opt}|^2}{|Z_{opt}|^2 R_S} \quad (1.2)$$

Bu denklem (1.1) bağıntısı ile eşdeğerdir. İki-kapılının giriş VSWR'ı kaynak ve yük empedansları ($Z_L = R_L + jX_L$) ile yine iki kapılının giriş empedanslarının ($Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$) bir fonksiyonudur:

$$V_i = \frac{1 + |\rho_i|}{1 - |\rho_i|} \quad (1.3)$$

burada

$$|\rho_i| = \left| \frac{Z_S - Z_{in}^*}{Z_S + Z_{in}} \right| \quad (1.4)$$

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L} \quad (1.5)$$

z_{11}, z_{12}, z_{21} ve z_{22} iki-kapılının küçük-ışaret açık devre z-parametreleridir. ρ_i , giriş yansıtma katsayısıdır.

İki-kapılının transdüser güç kazancı kaynak ve yük empedansları ile z-parametrelerinin bir fonksiyonudur.

$$G_T = \frac{4R_s R_L |z_{21}|^2}{|(z_{11} + Z_s)(z_{22} + Z_L) - z_{12} z_{21}|^2} \quad (1.6)$$

Problem, $\phi_1 = F_{\text{req}} - F(R_s, X_s) = 0$ ve $\phi_2 = V_{\text{ireq}} - V_i(R_s, X_s, R_L, X_L) = 0$ ve karşılığı $Z_s = R_s + jX_s$, $Z_L = R_L + jX_L$ 'nin sonlandırma koşullarında $G_T(R_s, X_s, R_L, X_L)$ 'nin maksimum değerini bulmak olan koşullu optimizasyon problemi olarak tanımlanabilir. Burada F_{req} ve V_{ireq} sırasıyla talep edilen gürültü faktörü ve giriş VSWR'dır. Biz matematiksel yöntem yerine çözümü fiziksel sınırlar içerisinde tutarak, kaynak ve yük empedans düzlemlerindeki sabit gürültü, giriş VSWR ve kazanç dairelerine dayandırılmış geometrik bir yöntem kullanılmakta ve neticesinde çözümler analitik olarak da ifade edilmektedir.

1.2 Lineer İki-kapılının Birebir Eşleme Fonksiyonları

Bir lineer iki-kapılının kapılılarıyla, ilgili sonlandırmaları arasında dönüşümler lineer oransal (bilineer) dır ve daire şeklini koruma özelliğine sahiptir. Giriş ve çıkış empedansları Z_{in} ve Z_{out} sırasıyla, Z_L ve Z_s 'in aşağıdaki şekilde lineer oransal fonksiyonudur:

$$\begin{aligned} Z_{\text{in}} &= f(Z_L) = \frac{\Delta + z_{11} Z_L}{z_{22} + Z_L} \\ Z_{\text{out}} &= g(Z_s) = \frac{\Delta + z_{22} Z_s}{z_{11} + Z_L} \end{aligned} \quad (1.7)$$

burada $f(Z_L)$ ve $g(Z_s)$ birebir eşleme (görüntüleme) fonksiyonlarıdır ve ters dönüşüm fonksiyonları da aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned} Z_L &= f^{-1}(Z_{\text{in}}) = \frac{Z_{\text{in}} z_{22} - \Delta}{z_{11} - Z_{\text{in}}} \\ Z_s &= g^{-1}(Z_{\text{out}}) = \frac{Z_{\text{out}} z_{11} - \Delta}{z_{22} - Z_{\text{out}}} \end{aligned} \quad (1.8)$$

burada $\Delta = z_{11} z_{22} - z_{12} z_{21}$ dır.

Z_{in} -düzlemindeki Z_{cin} merkez fazörlü ve r_{in} yarıçaplı daire, Z_L -düzlemine yine bir daire biçiminde transfer olur. Z_{in} -düzleminden Z_L -düzlemine dönüşüm formülleri $|Z_{\text{in}} - Z_{\text{cin}}| = r_{\text{in}}$ (1.9) bağıntısından yola çıkılarak, $Z_{\text{in}} = f(Z_L)$ denkleminin (1.9) bağıntısına yerleştirilmesiyle ve elde edilen ifadenin, $|Z_L - Z_{\text{cl}}| = r_L$ (1.10) bağıntısı haline getirilmesiyle kolaylıkla elde edilebilir. Bu işlemler sonucunda ortaya çıkan dönüşüm formülleri aşağıdadır:

$$Z_{cl} = -\frac{A^*B - r_{in}^2 Z_{22}}{|A|^2 - r_{in}^2} \quad (1.11)$$

$$r_L^2 = |Z_{cl}|^2 - \frac{|B|^2 - r_{in}^2 |Z_{22}|^2}{|A|^2 - r_{in}^2}$$

$$A = z_{11} - Z_{cin}, B = \Delta - z_{22} Z_{cin} \quad (1.12)$$

(1.11) ve (1.12) dönüşüm formüllerini kullanarak, Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerindeki performans ölçü daireleri arasındaki ilişki karşılaştırmalı biçimde Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerindeki performans ölçü daireleri arasındaki karşılıklı eşleşmeler

Z_{in}-DÜZLEMİ	Z_L-DÜZLEMİ
$R_{in}=0$(X_{in}-ekseni)	YÜK KARARLILIK DAİRESİ ($Z_{cl}; r_L$)
GİRİŞ KARARLILIK DAİRESİ($Z_{cin}; r_{in}$)	$R_L=0$ (X_L-ekseni)
EŞLENİK KAYNAK KARARLILIK DAİRESİ ($Z_{cs}^*; r_s$)	DÖNÜŞTÜRÜLEN EŞLENİK KAYNAK KARARLILIK DAİRESİ ($Z_{csl}^*; r_{sl}$)
T1 & T2 DAİRELERİ ($Z_{ct1,2}; r_{t1,2}$)	DÖNÜŞTÜRÜLEN T1 & T2 DAİRELERİ ($Z_{ct1,2}; r_{t1,2}$)
SINIRLANDIRILMIŞ KAZANÇ DAİRELERİ ($Z_{cg}; r_g$)	DÖNÜŞTÜRÜLEN SINIRLANDIRILMIŞ KAZANÇ DAİRELERİ ($Z_{cgl}; r_{gl}$)

2. KOŞULSUZ KARARLI ÇALIŞMA BÖLGESİ

KKÇB, Z_L -düzleminde $\text{Re}\{Z_{in}\} \geq 0$ ve $\text{Re}\{Z_L\} \geq 0$ eşitsizliklerini aynı anda gerçekleştiren yük empedanslarının oluşturduğu bölge olarak tanımlanır, dolayısıyla yük ve eşlenik kaynak kararlılık dairelerinin kararlı alanlarının kesişim bölgesidir. O halde KKÇB aşağıdaki eşitsizliklerden tayin edilebilir:

$$R_{in} = \text{Re}\{Z_{in}\} = \text{Re}\left\{z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}\right\} \geq 0 \quad (2.1)$$

$$R_{out} = \text{Re}\{Z_{out}\} = \text{Re}\left\{z_{22} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{11} + Z_s}\right\} \geq 0 \quad (2.2)$$

Burada R_{in} ve R_{out} reel terimlerinin sıfıra eşit olması, sadece imajiner eksenlerin var olduğu anlamına gelir ve bu imajiner eksenlerin Z_L - ve Z_s -düzleminde sırasıyla, yük ve kaynak kararlılık daireleri şeklinde isimlendirdiğimiz görüntüleri oluşur. Bu dairelerin denklemsel formu aşağıdaki biçimde verilir:

$$\begin{aligned} |Z_L - Z_{cL}| &= r_L \\ |Z_L - Z_{cs}| &= r_s \end{aligned} \quad (2.3)$$

$Z_{cL} = R_{cL} + jX_{cL}$; $Z_{cs} = R_{cs} + jX_{cs}$ biçimde ele alınırsa, (2.1),(2.2) eşitsizliklerinin sıfıra eşitlenerek ve (2.3) ifadelerinden yararlanılarak, sırasıyla yük kararlılık ve kaynak kararlılık dairesinin merkez fazörünün reel ve sanal kısmı ile yarıçapı aşağıdaki biçimde elde edilir:

$$\begin{aligned} R_{cL} &= -\frac{2r_{11}r_{22} - r}{2r_{11}}, X_{cL} = -\frac{2x_{22}r_{11} - x}{2r_{11}} \\ r_L &= \frac{|z|}{2r_{11}} \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} R_{cs} &= -\frac{2r_{11}r_{22} - r}{2r_{22}}, X_{cs} = -\frac{2x_{11}r_{22} - x}{2r_{22}} \text{ dır.} \\ r_s &= \frac{|z|}{2r_{22}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Ayrıca $z_{11} = r_{11} + jx_{11}$; $z_{12} = r_{12} + jx_{12}$; $z_{21} = r_{21} + jx_{21}$; $z_{22} = r_{22} + jx_{22}$ olarak tanımlanmıştır.

Kaynak kararlılık dairesinin Z_L -düzlemine transferi, giriş kapısı için uydurma koşulunu, yani, $Z_s = Z_{in}^*$ ve $Z_L = f^1(Z_s^*)$ ters dönüşüm fonksiyonunu kullanarak yapılır. Burada giriş kapısının uydurulmuş koşulunu sağlayan kararlı yük empedanslarının,

uydurulmamış durumda iken de kararlı bir sonlandırma oldukları varsayılmıştır. KKÇB tayininde, Z_L -düzleminin sağ yarısında $Z_L \rightarrow \infty$ noktası Karalılık Referans Noktası (KRN) olarak kullanılmaktadır. Böylece $r_{11}>0$, $r_{22}>0$ koşuluyla, Z_L -düzleminde her iki karalılık dairesinin dışındaki ortak bölge KKÇB dir.

3. Z_S -DÜZLEMİNDE GÜRÜLTÜ, GİRİŞ VSWR ve KAZANÇ DAİRELERİNİN ELDE EDİLMESİ

Merkez fazörü ve yarıçapı sırasıyla, $Z_c = R_c + jX_c$ ve r_c olan, Z_S -düzlemindeki genel daire denklemini $|Z_s - Z_c| = r$ biçimdedir. Bu denklemin kanonik formdaki açılımı da aşağıdaki şekilde verilir:

$$|Z_s|^2 - 2R_c R_s - 2X_c X_s + |Z_c|^2 - r^2 = 0 \quad (3.1)$$

3.1 Sabit Gürültü Daireleri

(1.2) bağıntısını kullanarak Z_S -düzlemindeki sabit gürültü dairesi aşağıdaki eşitlikte ki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} |Z_s - Z_{opt}|^2 &= 2NR_s \\ |Z_s|^2 - 2(R_{opt} + N)R_s - 2X_{opt}X_s + |Z_{opt}|^2 &= 0 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Burada $Z_{cn} = R_{cn} + jX_{cn}$ merkez fazörü ve r_n yarıçapı (3.1) bağıntısı yardımıyla aşağıdaki şekilde bulunur:

$$R_{cn} = R_{opt} + N, X_{cn} = X_{opt}, r_n = \sqrt{N(N + 2R_{opt})} \quad (3.3)$$

burada

$$N = \frac{F_{req} - F_{min}}{2R_N} |Z_{opt}|^2 \text{ dir.} \quad (3.4)$$

$F_{min}, R_N, R_{opt}, X_{opt}$ (1.2) bağıntısında tanımlanmıştır.

3.2 Sabit Giriş VSWR Daireleri

(1.4) bağıntısı kullanılarak sabit giriş VSWR daireleri aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned} |\rho_i| &= \left| \frac{Z_s - Z_{in}^*}{Z_s + Z_{in}} \right| \\ |\rho_i|^2 (|Z_s|^2 + |Z_{in}|^2 + 2R_s R_{in} + 2X_s X_{in}) &= |Z_s|^2 + |Z_{in}|^2 - 2R_s R_{in} + 2X_s X_{in} \end{aligned}$$

$$\left[(|Z_s|^2 + |Z_{in}|^2 + 2X_s X_{in})(|\rho_i|^2 - 1) + (2R_s R_{in})(|\rho_i|^2 + 1) \right] = 0$$

$$|Z_s|^2 - 2R_{in} \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} R_s + 2X_{in} X_s + |Z_{in}|^2 = 0 \quad (3.5)$$

Burada (3.1) bağıntısı kullanılarak $Z_{cv} = R_{cv} + jX_{cv}$ merkez fazörlü ve r_v yarıçaplı giriş VSWR daireleri aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$R_{cv} = \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} R_{in}, X_{cv} = -X_{in}, r_v = 2 \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} R_{in} \quad (3.6)$$

R_{in} ve X_{in} giriş empedansının reel ve imajiner kısımlarıdır. (3.6) bağıntısında açıkça görüldüğü gibi $|\rho_i| = 0$ olduğunda $Z_{cv} = Z_{in}^*$, $r_v = 0$ ve giriş VSWR = 1 olur (giriş kapısında kompleks eşlenik uydurma). $X_{cv} = \text{sabit}$ olduğundan $|\rho_i|$ 'nin artmasıyla yarıçap ve sadece merkez fazörünün reel kısmı artar.

3.3 Sabit Transdüser Kazanç Daireleri

(1.6) bağıntısında Z_L yük empedansı sabit tutularak, Z_S -düzleminde, transdüser güç kazanç dairelerinin merkez fazör ve yarıçap ifadelerini bulabiliriz. $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülünü, (1.6) bağıntısında yerine koyarsak,

$$G_T = \frac{4R_s R_L |z_{21}|^2}{\left| \left(Z_{in} + Z_s + \frac{z_{12} z_{21}}{z_{22} + Z_L} \right) (z_{22} + Z_L) - z_{12} z_{21} \right|^2}$$

$$G_T = \frac{4R_s R_L |z_{21}|^2}{|Z_{in} + Z_s|^2 |z_{22} + Z_L|^2} \Rightarrow G_T = \frac{2R_s C}{|Z_s + Z_{in}|^2} \quad (3.7)$$

(3.7) bağıntısı, Z_S -düzleminde kanonik formda açılırsa aşağıdaki biçime dönüşür:

$$|Z_s|^2 - 2 \left(\frac{C}{G_T} - R_{in} \right) R_s + 2X_{in} X_s + |Z_{in}|^2 = 0 \quad (3.8)$$

burada

$$C = \frac{2R_L |z_{21}|^2}{|z_{22} + Z_L|^2} \quad \text{dır.} \quad (3.9)$$

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

$$R_{cp} = \frac{C}{G_T} - R_{in}, X_{cp} = -X_{in}, r_p = \sqrt{\frac{C}{G_T} \left(\frac{C}{G_T} - 2R_{in} \right)} \quad (3.10)$$

Maksimum kazancın yarıçapı sıfıra eşit olduğu limit dairesi için elde edileceğini biliyoruz. Buradan yola çıkarak, $r_p=0$ ise $C/G_T = 2R_{in}$ olur ki bu ifadeyi (3.10) bağıntısında yerine koyarsak $Z_{cp} = Z_S = Z_{in}^*$ bulunur.

Görülebileceği gibi maksimum kazanç, kaynak empedansı, iki-kapılının giriş empedansının kompleks eşleneğine eşitlenirse elde edilir. (3.6) ve (3.10) bağıntılarından görülebilir ki giriş VSWR ve transdüser güç kazanç dairelerinin merkezleri ($-X_{in}$) imajiner ekseninin üzerinde olduğu hemen anlaşılır. $R_{cp} = R_{cv}$ olduğunda $r_p = r_c$ olduğu kolayca gösterilebilir. (3.6) ve (3.10) bağıntılarındaki R_{cp} ve R_{cv} ifadeleri eşitlenirse;

$$\frac{C}{G_T} = \frac{2R_{in}}{1 - |\rho_i|^2} \quad (3.11)$$

elde edilir ve bu ifade (3.10) bağıntısındaki r_p ifadesine yerleştirilirse;

$$r_p = 2 \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} R_{in} \text{ bulunur. Görüldüğü gibi } r_p = r_v \text{ çıkmıştır. (3.9) bağıntısı (3.10)'da yerine}$$

konulursa Z_S -düzleminde verilen giriş VSWR 1 karşılayan maksimum kazanç bulunur:

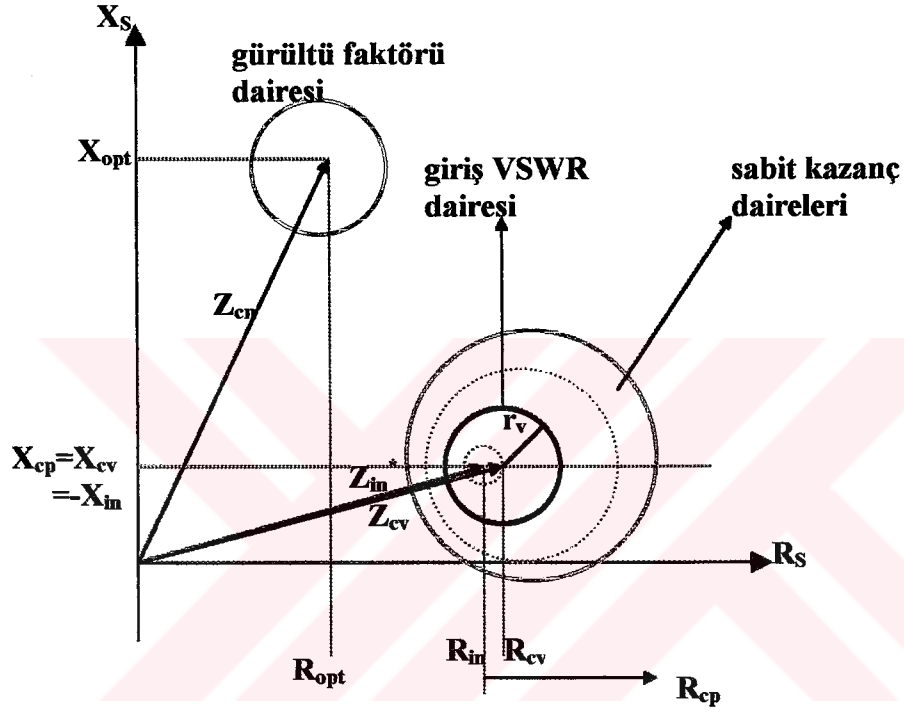
$$G_T = \frac{|z_{21}|^2}{|z_{22} + Z_L|^2} \frac{R_L}{R_{in}} (1 - |\rho_i|^2) \quad (3.12)$$

Yukarıdaki ifadelerin sonucu olarak, gürültü ve giriş VSWR daireleri yalnızca Z_S -düzleminde ortaya çıkar. Çünkü bu iki dairenin ortak iki noktası sadece gürültü ve giriş VSWR gereksinimlerini karşılamakla kalmaz aynı zamanda Z_S -düzleminde transdüser güç kazancını da maksimum yapar.

Görünen o ki verilen gürültü dairesi Z_S -düzleminde sabittir ve verilen giriş VSWR dairesi giriş empedansı yoluyla yük empedansına bağlı olarak yer değiştirebilir. Bu nedenle aşağıdaki durumlar mümkündür:

- Bu daireler birbirine dokunmayabilir.
- Birbirine içten veya dıştan teğet olabilir.
- Birbirlerini iki noktada kesebilirler.

Şekil 3.1'de gürültü, giriş VSWR ve kazanç daireleri arasında geometrik ilişki görülmektedir.



Şekil 3.1 Z_s -düzleminde sabit gürültü faktörü, giriş VSWR ve kazanç dairelerinin gösterilmesi

4. KAYNAK EMPEDANS DÜZLEMİNDEKİ GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ DAİRESİ İLE SABİT GİRİŞ VSWR DAİRESİNİN BİRBİRİNE KARŞI OLAN POZİSYONLARININ GİRİŞ EMPEDANS VE YÜK EMPEDANS DÜZLEMLERİNDE KONTROLÜ

İlkönce, Z_S -düzleminde gürültü ve giriş VSWR daireleri arasındaki içten ve dıştan teğet pozisyonlar incelenecektir ki bu pozisyonlar değmeyen ve kesişen pozisyonlar arasında geçiş aşamalarını oluştururlar (Şekil 4.1). Z_S -düzleminde her iki teğet pozisyonu için genel bir denklem aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$|Z_{cn} - Z_{ov}|^2 = (r_n \pm r_v)^2 \quad (4.1)$$

(3.3) ve (3.6) bağıntıları (4.1) bağıntısında yerine konulursa, Z_S -düzlemindeki teğet gürültü ve giriş VSWR daire çiftinin Z_{in} - ve Z_L -düzlemlerindeki görüntülerini oluşturan ifadeleri elde edebiliriz.

$$\left| R_{opt} + N + jX_{opt} - \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} R_{in} + jX_{in} \right|^2 = \left(\sqrt{N(N + 2R_{opt})} \pm 2 \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} R_{in} \right)^2$$

$$R_{opt}^2 + N^2 + 2R_{opt}N + X_{opt}^2 + X_{in}^2 + 2X_{opt}X_{in} + R_{in} \dots$$

$$\left[R_{in} \frac{1 + |\rho_i|^4 - |\rho_i|^2}{(1 - |\rho_i|^2)^2} - 2(R_{opt} + N) \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} \pm 4 \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} \sqrt{N(N + R_{opt})} \right] - N^2 - 2NR_{opt} = 0$$

Yukarıdaki ifade Z_{in} -düzleminde kanonik formda yeniden düzenlenirse, aşağıdaki ifadeyi elde ederiz:

$$|Z_{in}|^2 - 2 \left[(R_{opt} + N) \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2} \pm 2 \sqrt{N(N + 2R_{opt})} \frac{|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} \right] R_{in} + 2X_{opt}X_{in} + |Z_{opt}|^2 = 0 \quad (4.2)$$

4.1 Dış Teğet Pozisyonu

(4.2) bağıntısında işaret pozitif alınırsa, Z_{in} -düzleminde oluşacak olan T_1 dairesinin, $Z_{ct1} = R_{ct1} + jX_{ct1}$ merkez fazörünün ve r_{ct1} yarıçapının ifadeleri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ct1} = R_{cn}U + r_nV, X_{ct1} = -X_{opt}, r_{ct1} = \sqrt{|Z_{ct1}|^2 - |Z_{opt}|^2} \quad (4.3)$$

$$U = \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2}, V = \frac{2|\rho_i|}{1 - |\rho_i|^2} \quad (4.4)$$

Bu Z_{in} -düzlemindeki dairenin Z_L -düzlemine aktarılması, (1.11) ve (1.12) bağıntıları yardımıyla gerçekleşir. (1.11) ve (1.12) dönüşüm formülleri ile Z_L -düzleminde de $Z_{ctL1}=R_{ctL1}+jX_{ctL1}$ merkez fazörlü ve r_{ctL1} yarıçaplı T_1 dairesi elde edilir:

$$A = z_{11} - Z_{ct1}, B = \Delta - z_{22} Z_{ct1} \quad (4.5)$$

$$Z_{ctL1} = -\frac{A^* B - r_{t1}^2 z_{11}}{|A|^2 - r_{t1}^2}, r_{ctL1}^2 = |Z_{ctL1}|^2 - \frac{|B|^2 - r_{t1}^2 |z_{22}|^2}{|A|^2 - r_{t1}^2}$$

(4.6)

4.2 İç Teğet Pozisyon

(4.2) bağıntısında işaret negatif alınırsa, bu Z_S -düzleminde gürültü ve giriş VSWR daireleri içten teğet anlamına gelir ki, Z_{in} -düzleminde yansıması olan $Z_{ct2} = R_{ct2} + jX_{ct2}$ merkez fazörlü ve r_{ct2} yarıçaplı T_2 dairesi aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$R_{ct2} = R_{cn} U - r_n V, X_{ct2} = -X_{opt}, r_{ct2} = \sqrt{|Z_{ct2}|^2 - |Z_{opt}|^2} \quad (4.7)$$

Yine (1.11) ve (1.12) bağıntıları yardımıyla, T_2 dairesinin Z_L -düzlemine transferi aşağıdaki bağıntılarla gerçekleşir:

$$A = z_{11} - Z_{ct2}, B = \Delta - z_{22} Z_{ct2} \quad (4.8)$$

$$Z_{ctL2} = -\frac{A^* B - r_{t2}^2 z_{11}}{|A|^2 - r_{t2}^2}, r_{ctL2}^2 = |Z_{ctL2}|^2 - \frac{|B|^2 - r_{t2}^2 |z_{22}|^2}{|A|^2 - r_{t2}^2} \quad (4.9)$$

Z_{in} -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin merkezleri, aynı imajiner eksen üzerindedir ve T_2 dairesi daima T_1 dairesinin içerisinde. Bu iki daire hiçbir zaman birbirine değmemektedirler. Bu durum aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilir:

$$r_{t1} > R_{ct1} - R_{ct2} + r_{t2} \quad (4.10)$$

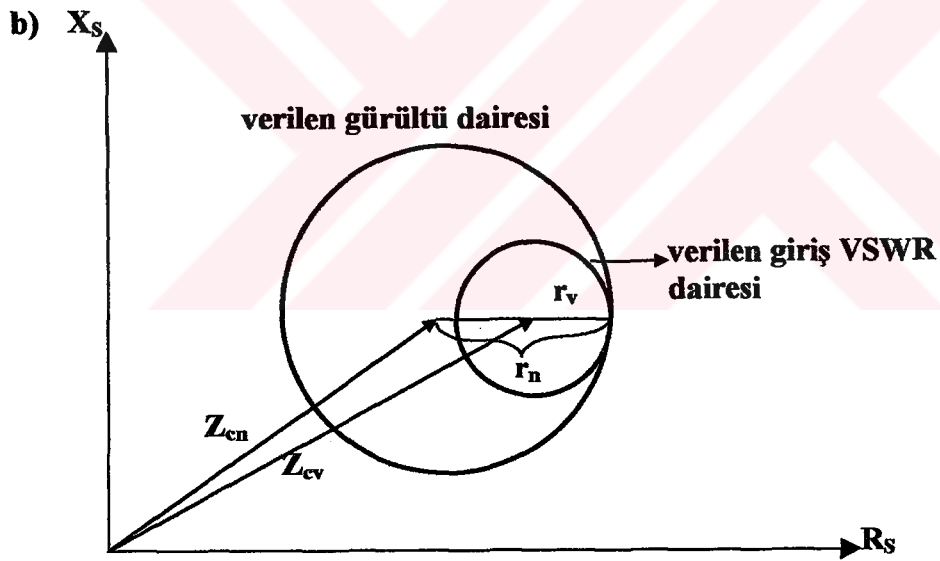
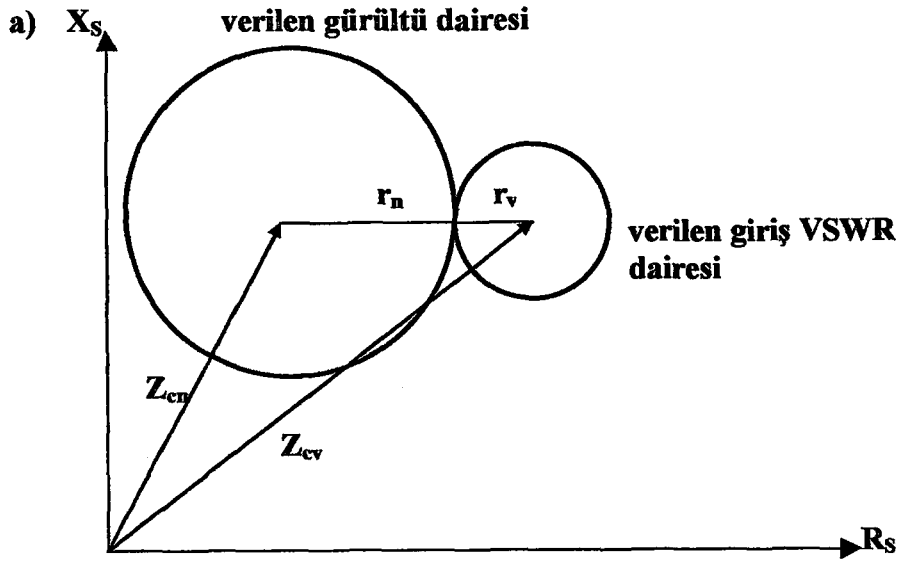
Z_L -düzleminde de T_1 ve T_2 daireleri birbirine değmemektedir. Ancak T_2 dairesinin T_1 dairesinin içinde olma koşulu bu düzlemde geçerli değildir. Daha sonra ele alınacak örnek çalışmalarda bu durum gözlenebilir.

$|\rho_i| = 0$ (giriş VSWR = 1) eşitliğinde, Z_{in} -düzleminde R_{ct1} ve r_{t1} sırasıyla R_{ct2} ve r_{t2} 'ye, Z_L -düzleminde R_{ctL1} ve r_{ctL1} sırasıyla R_{ctL2} ve r_{ctL2} 'ye eşit olacağından, her iki düzlemde de T_1 ve T_2 daireleri birbirleriyle çakışırlar. Bu da Z_{in} - ve Z_L -düzlemlerinde dairelerin çakışık bir durumda sadece bir daire olduğu ve Z_S -düzleminde giriş VSWR dairesi sadece bir noktadan ibaret olduğu anlamına gelir.

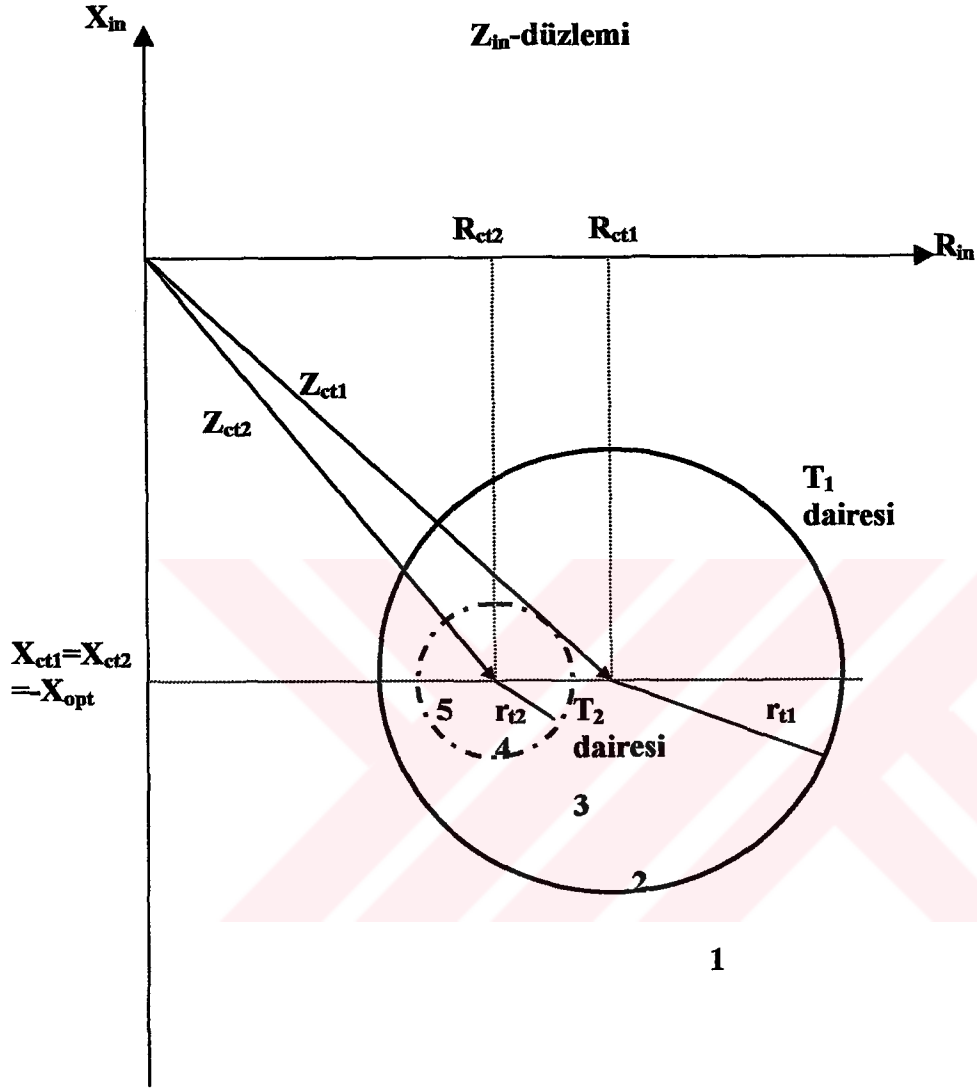
Z_S -düzleminde gürültü ve verilen giriş VSWR daireleri arasındaki mevcut olan beş farklı durum, Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerinde Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilen T_1 ve T_2 daireleriyle sınırlandırılmış beş farklı bölgenin karşılığıdır. Bu beş farklı bölge şöyle tanımlanabilir:

1. **Bölge :** Z_{in} -düzleminde T_1 dairesinin dışında seçilen bir giriş empedansı ve Z_L -düzleminde T_1 dairesinin içinde seçilen yük empedansı için Z_S -düzleminde giriş VSWR dairesiyle gürültü dairesi birbirinin dışında değmeme pozisyonundadır (Şekil 4.4a).
2. **Bölge :** Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerinde T_1 dairesinin üzerinde alınacak bir giriş ve yük empedansı, Z_S -düzleminde giriş VSWR dairesi ile gürültü dairelerinin dıştan teğet olduğu duruma karşı gelir (Şekil 4.4b).
3. **Bölge :** Z_{in} - ve Z_L - düzlemlerinde T_1 ve T_2 dairesi arasındaki bölgede seçilen giriş ve yük empedansı, Z_S -düzleminde giriş VSWR ve gürültü dairelerinin birbirlerini iki noktada kestiği duruma karşı gelir (Şekil 4.4c). Bu durumda Z_S - düzleminde iki çözüm vardır.
4. **Bölge :** Z_{in} - ve Z_L -düzlemlerinde T_2 dairesi üzerinde alınacak giriş ve yük empedansı için Z_S -düzleminde giriş VSWR ve gürültü daireleri birbirleriyle içten teğet pozisyonundadırlar (Şekil 4.4d).
5. **Bölge :** Z_{in} -düzleminde T_2 dairesinin içinde seçilen bir giriş empedansı için ve Z_L -düzleminde ise T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken T_2 dairesinin içinde, T_1 dairesi T_2 dairesi içinde iken T_2 dairesinin dışında seçilen yük empedansı için Z_S -düzleminde giriş VSWR ve gürültü daireleri iç içe birbirine değmeden bulunur (Şekil 4.4e).

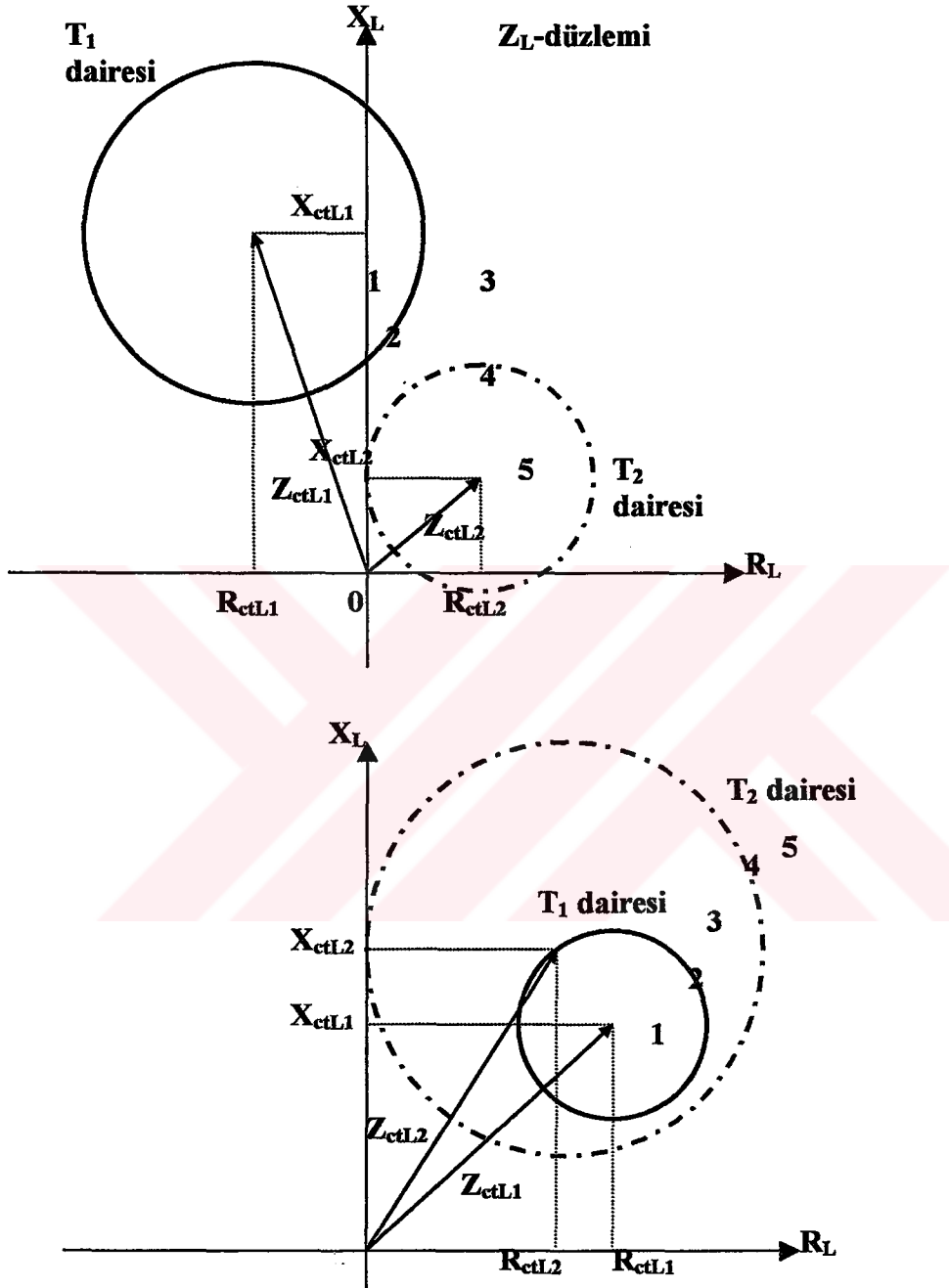
Şekil 4.4a ve Şekil 4.4e’de görüldüğü üzere 1. ve 5. bölgelerde istenen giriş VSWR ve gürültü daireleri arasında hiçbir ortak nokta yoktur. Bu nedenle bu durumlar için verilen giriş VSWR ve verilen gürültü faktörü için maksimum kazanç çözümü yoktur.



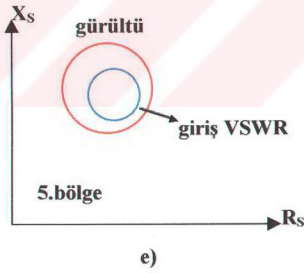
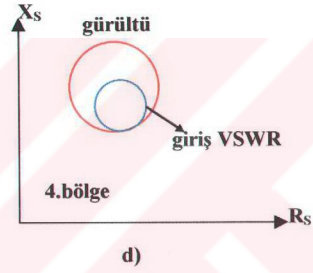
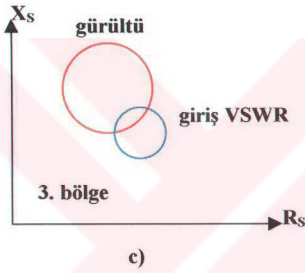
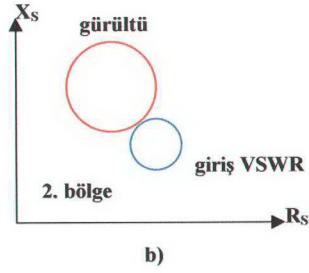
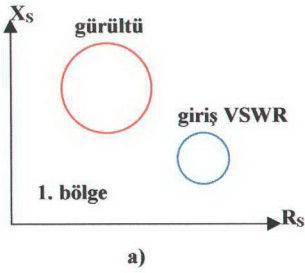
Şekil 4.1 Z_s -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR dairelerinin dış ve iç teğet pozisyonları



Şekil 4.2 Z_S -düzleminde gürültü dairesinin ve giriş VSWR dairesinin pozisyonunu kontrol eden Z_{in} -düzlemin bölgeleri



Şekil 4.3 Z_S -düzleminde gürültü faktörü dairesi ve giriş VSWR dairelerinin pozisyonlarını kontrol eden Z_L -düzlemi bölgeleri



Şekil 4.4 Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de kontrol bölgelerine karşı düşen Z_S -düzleminde gürültü faktörü daireesine bağlı olarak giriş VSWR dairelerinin pozisyonları

5. Z_L-DÜZLEMİNDE GİRİŞ VSWR (V_i) İLE SINIRLANDIRILMIŞ KAZANÇ DAİRELERİ

Bu kısımda koşullu ve koşulsuz durumlar için Z_L-düzleminde giriş VSWR tarafından sınırlandırılmış kazanç daireleri incelenecektir.

5.1 Z_L-Düzleminde Sınırlandırılmış Kazanç Daire Ailesinin Elde Edilmesi

Giriş VSWR ile sınırlandırılmış transdüser güç kazancı G_T, (3.12) bağıntısıyla verilir. Bu bağıntıda R_{in} yerine (Z_{in}+Z_{in}^{*})/2 ifadesi yerleştirilerek ve Z_L= f(Z_{in}) dönüşüm formülü kullanarak, aşağıdaki bağıntıyı elde ederiz:

$$G_T = \frac{|z_{21}|^2 R_L (1 - |\rho_i|^2)}{r_{11} |z_{11} + Z_L|^2 - \operatorname{Re}\{z_{12} z_{21} z_{22}^*\} - \operatorname{Re}\{z_{12} z_{21} Z_L^*\}} \quad (5.1)$$

(5.1) bağıntısını Z_L-düzleminde kanonik formda yeniden düzenlenirse, giriş VSWR ile sınırlandırılmış kazanç daire ailesini aşağıdaki açık ifade ile elde ederiz:

$$|Z_L|^2 + \frac{[G_T(2r_{11}r_{22} - r) - |z_{21}|^2(1 - |\rho_i|^2)]}{G_T r_{11}} R_L + \frac{2x_{11}r_{11} - x}{r_{11}} X_L + \frac{(r_{11}|z_{22}|^2 - a)}{r_{11}} = 0 \quad (5.2)$$

burada

$z = z_{12}z_{21}$; $r = \operatorname{Re}\{z\}$; $x = \operatorname{İmaj}\{z\}$ ve $a = \operatorname{Re}\{z_{12}z_{21}z_{22}^*\}$ dir.

(5.2) bağıntısını $|Z_L|^2 - 2R_{cgl}R_L - 2X_{cgl}X_L + |Z_{cl}|^2 - r_{gl} = 0$ bağıntısı ile karşılaştırsak, $Z_{cgl} = R_{cgl} + jX_{cgl}$ merkez fazörlü ve r_{gl} yarıçaplı giriş VSWR ile sınırlandırılmış kazanç daire ailesini elde ederiz:

$$R_{cgl} = \frac{P_L - Q_L}{2r_{11}}, X_{cgl} = \frac{x - 2r_{11}x_{22}}{2r_{11}}, r_{gl} = \frac{\sqrt{P_L^2 - 2P_LQ_L + |z|^2}}{2r_{11}} \quad (5.3)$$

$$P_L, Q_L, \text{ sırasıyla } P_L = \frac{|z_{21}|^2(1 - |\rho_i|^2)}{G_T}, Q_L = Q = 2r_{11}r_{22} - r \quad (5.4)$$

şeklinde tanımlanır. (5.3) ve (5.4) bağıntılarından Z_{in}-düzlemindeki kazanç dairelerinin özellikleri[1], Z_L = f(Z_{in}) lineer oransal dönüşüm formülü ile Z_L-düzlemine transfer edildiğini gözlemekteyiz.

- (i) R_{cgl}, transdüser güç kazancındaki (G_T) artış ile azalır.
- (ii) X_{cgl}, transdüser güç kazancından bağımsızdır.
- (iii) r_{gl} = 0 yapan kazanç değeri maksimumdur.

$r_{gl}=0$ için (5.3) bağıntısı ikinci dereceden iki bir denkleme dönüşür. Bu denklemin çözümü bize maksimum P_L değerini verir ki elde edilen bu bağıntıdan maksimum kazanç ifadesi ortaya çıkar:

$$P_{Lmax} = Q_L + \sqrt{(Q_L^2 - |z|^2)} \quad (5.5)$$

(5.4) ve (5.5) bağıntıları kullanarak, G_{Tmax} değerini aşağıdaki biçimde elde ederiz:

$$G_{Tmax} = \frac{|z_{21}|^2 (1 - |\rho_i|^2)}{Q_L + \sqrt{Q_L^2 - |z|^2}} \quad (5.6)$$

(5.5) bağıntısındaki karekök sadece transistör koşulsuz kararlı iken reeldir, çünkü koşulsuz kararlılık koşulları $r_{11}>0$, $r_{22}>0$, $2r_{11}r_{22} > |z|$ ’dır. (5.5) bağıntısını gerçekleştiren Z_{Lmax} , yük sonlandırması aşağıda verildiği gibidir:

$$Z_{Lmax} = Z_{cgl,max} = R_{cgl,max} + jX_{cgl,max} \\ R_{cgl,max} = \frac{\sqrt{Q_L^2 - |z|^2}}{2r_{11}} \quad (5.7)$$

(5.6) bağıntısında $|\rho_i|=0$ yerleştirerek elde edilebilir “Maksimum Güç Kazancı (MGK)” bulunabilir:

$$MGK = \frac{|z_{21}|^2}{Q_L + \sqrt{Q_L^2 - |z|^2}} \quad (5.8)$$

Bütün bu bağıntılar Z_{in} -düzleminde elde edilen bağıntılarla uyushmaktadırlar.

(5.2),(5.3) ve (5.4)’den,

- (i) $R_L=0 \Leftrightarrow$ Giriş Kararlılık Dairesi (yani, $G_T=0$ kazanç dairesi)
- (ii) Yük Kararlılık Dairesi $\Leftrightarrow R_{in}=0$ ’a (yani, $G_T \rightarrow \infty$ kazanç dairesi) karşı düştüğü bulunabilir.

6. MUTLAK KARARLILIK GEOMETRİLERİNDE, Z_{in} - ve Z_L -DÜZLEMLERİNDE ZORLANMIŞ MAKSİMUM KAZANCIN GEOMETRİK VE ANALİTİK ÇÖZÜMLERİ: İLGİLİ SONLANDIRMALARIN BELİRLENMESİ

Mutlak kararlılık koşulu altında geometrik çözüm, Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 'ın pozisyonuna bağlı olarak elde edilebilir. Mesela, Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 1.bölgede ise maksimum kazanç T_1 dairesine teğet olan sabit kazanç dairesinin değeri olacaktır. Benzer biçimde Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 5.bölgede olduğu zaman maksimum kazanç T_2 dairesi ile teğet olan sabit kazanç dairesinin değerini alır. İki durum için fiziksel olmayan çözümler vardır. Eğer $G_T = 0$ limit dairesi, Z_{in} -düzleminde T_1 dairesinin tamamen dışında veya T_2 dairesinin tamamen içinde olursa ya da Z_L -düzleminde T_1 dairesi tamamen sol yarı düzlemde ise söz konusudur (Şekil6.1). Çünkü bu iki durumda T_1 veya T_2 ile teğet olan daireler, $G_T < 0$ değerine karşı düşerler ki bunun anlamı çıkıştan girişe bir güç akışı var demektir. Bu güç akışı, bilindiği üzere transistör çıkışında istenmeyen işaretlere neden olur.

6.1 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 1.Bölgede

Kazancı maksimum yapan giriş empedansı $Z_{imax} = Z_{cgmax}$ değeri Şekil 6.2'de gösterilen bölgelerden 1.bölgede bulunursa kazanç dairelerinden biri, T_1 dairesi ile dış teğet olur. Teğet durumunun analitik ifadesini aşağıdaki biçimde yazabiliriz:

$$|Z_{cg} - Z_{\alpha 1}|^2 = (r_{t1} + r_g)^2 \quad (6.1)$$

Bu kapalı formdaki ifadeyi açarsak,

$$|Z_{cg}|^2 + |Z_{\alpha 1}|^2 - 2R_{cg}R_{\alpha 1} - 2X_{cg}X_{\alpha 1} = r_{t1}^2 + r_g^2 + 2r_{t1}r_g \quad (6.2)$$

elde ederiz.

$$D = |Z_{cg}|^2 - r_g^2 + |Z_{\alpha 1}|^2 - r_{t1} \quad (6.3)$$

şeklinde bir tanımlama yaparsak ve daha önce elde edilen R_{cg} , X_{cg} , r_g , $R_{\alpha 1}$, $X_{\alpha 1}$, r_{t1} bağıntılarını bu tanımlamada yerine koyarsak, (6.3) ifadesi aşağıdaki biçime dönüşür:

$$D = \frac{r_{22}|Z_{11}|^2 - r_{11} - XX_{11}}{r_{22}} + |Z_{opt}|^2 \quad (6.4)$$

R_{cg} , X_{cg} , r_g , $R_{\alpha 1}$, $X_{\alpha 1}$, r_{t1} ve (6.4) ifadelerini, (6.2) bağıntısında yerine koyarsak, ikinci dereceden bir denklem elde ederiz:

$$P^2(1 - F^2) - 2(Q + EF)P + |z|^2 - E^2 = 0 \quad (6.5)$$

burada,

$$E = \frac{Dr_{22} - R_{ct1} Q - 2 X_{ct1} X_{cg} r_{22}}{r_{t1}} \quad (6.6)$$

$$F = \frac{R_{ct1}}{r_{t1}} \quad (6.7)$$

$$P = \frac{G_T |Z_{12}|^2}{1 - |\rho_i|^2}, Q = 2 r_{t1} r_{22} - r \quad (6.8)$$

dır. (6.5) denklemi çözülür ve denklemin kökleri (6.8) bağıntısındaki P ifadesi ile eşitlenirse zorlanmış maksimum kazanç bağıntısı (G_T) :

$$G_{T1,2} = \frac{1 - |\rho_i|^2}{|Z_{12}|^2 (1 - F^2)} \left\{ Q + EF \pm \sqrt{(Q + EF)^2 - (1 - F^2)(|Z|^2 - E^2)} \right\} \quad (6.9)$$

biçiminde bulunur.

$F > 0$ ve $1 - F^2 < 0$ olduğunda (6.9) bağıntısındaki negatif işaretli kazanç değeri bizim aradığımız zorlanmış maksimum kazancı verecektir. Görüldüğü üzere zorlanmış maksimum kazanç bağıntısı kaynak ve yük empedanslarına doğrudan bağlı değildir. Ancak, giriş VSWR, gürültü faktörü ve z-parametrelerinin doğrudan fonksiyonudur. Maksimum kazancın karşılığı olan Z_{in} ve buna bağlı olarak Z_L sonlandırması ile, Z_s sonlandırması aşağıda görülen ifadelerle bulunabilir. Z_{in} ,

$$Z_{in} = \frac{r_g}{r_{t1} + r_g} Z_{ct1} + \frac{r_{t1}}{r_{t1} + r_g} Z_{cg} \quad (6.10)$$

ile elde edilebilir. $Z_L = f^{-1}(Z_{in})$ ters dönüşüm formülünden Z_L ,

$$Z_L = \frac{Z_{12} Z_{21}}{Z_{11} - Z_{in}} - Z_{22} \text{ ile bulunur. } T_1 \text{ dairesi üzerindeki bir noktasal değer, } Z_s\text{-düzleminde}$$

gürültü ve giriş VSWR dairelerinin dış teğet olması demektir ki bu dış teğet ilişkiden Z_s ,

$$Z_s = \frac{r_n}{r_n + r_v} Z_{ov} + \frac{r_v}{r_n + r_v} Z_{cm} \quad (6.11)$$

ile elde edilebilir.

Z_L -düzleminde ise 1.bölgede zorlanmış maksimum kazanç dairesi, T_1 dairesine iç teğettir (Şekil 6.3). Bu durumda aşağıda kapalı formda yazılmış ifade geçerlidir:

$$|Z_{ctL1} - Z_{cgl}|^2 = (r_{tL1} - r_{gl})^2 \quad (6.12)$$

(6.12) ifadesini kanonik biçimde yazarsak,

$$|Z_{\text{ct},1}|^2 + |Z_{\text{cg},L}|^2 - 2R_{\text{ct},1}R_{\text{cg},L} - 2X_{\text{ct},1}X_{\text{cg},L} = r_{\text{tl},1}^2 + r_{\text{gl},L}^2 - 2r_{\text{tl},1}r_{\text{gl},L} \quad (6.13)$$

ifadesini elde ederiz. Z_{in} -düzleminde yaptığımız işlemlere benzer şekilde, Z_L -düzleminde de bazı tanımlamalar yapabiliriz:

$$D = |Z_{\text{cg},L}|^2 - r_{\text{gl},L}^2 + |Z_{\text{ct},1}|^2 - r_{\text{tl},1}^2 \quad (6.14)$$

biçiminde tanımlanan D ifadesini ile $R_{\text{cg},L}$ ve $r_{\text{gl},L}$ ifadelerini (6.13) bağıntısında yerine koyarsak, ikinci dereceden ve P_L değişkenli bir denklemi aşağıdaki gibi elde edebiliriz:

$$P_L^2(F^2 - 1) - 2P_L(Q + EF) + E^2 - |Z|^2 = 0 \quad (6.15)$$

burada,

$$E = \frac{Dr_{\text{tl},1} + R_{\text{ct},1}Q - 2X_{\text{ct},1}X_{\text{cg},L}r_{\text{tl},1}}{r_{\text{tl},1}} \quad (6.16)$$

$$F = \frac{R_{\text{ct},1}}{r_{\text{tl},1}} \quad (6.17)$$

(5.4) bağıntısındaki P_L ifadesi ile (6.15) denkleminin kökleri olan P_L ifadesi eşitlenirse, Z_L -düzleminde T_1 dairesine iç teğet olan zorlanmış maksimum kazanç dairesi için maksimum kazanç bağıntısını elde ederiz:

$$G_{T_{1,2}} = \frac{|Z_{21}|^2(1 - |\rho_1|^2)(F^2 - 1)}{(Q + EF) \pm \sqrt{(Q + EF)^2 - (F^2 - 1)(E^2 - |Z|^2)}} \quad (6.18)$$

$F > 0$ ve $F^2 - 1 < 0$ eşitsizliklerinden yola çıkarsak, negatif işaretli kazanç değeri bize zorlanmış maksimum kazanç değerini verecektir. Zorlanmış maksimum kazanç değerini veren Z_L yük empedansı ve Z_{in} giriş empedans değeri aşağıdaki bağıntılar yardımıyla bulunabilir:

$$Z_L = \frac{r_{\text{tl},1}}{r_{\text{tl},1} - r_{\text{gl},L}} Z_{\text{cg},L} - \frac{r_{\text{gl},L}}{r_{\text{tl},1} - r_{\text{gl},L}} Z_{\text{ct},1} \quad (6.19)$$

$Z_{\text{in}} = f(Z_L)$ dönüşüm formülünden yararlanarak, Z_{in} aşağıdaki gibi elde edilir:

$$Z_{\text{in}} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Şekil 6.4 ise yaptığımız örnek çalışma sonucu bu duruma uygun Z_{in} - ve Z_L -düzlemlerindeki konfigürasyonu gösteriyor.

6.2 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 2.Bölgede

Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 2.bölgede ise Z_S -düzleminde giriş VSWR ve gürültü daireleri dış teğettir. Bu teğet durumunu oluşturan giriş ve yük empedanslarının geometrik yeri T_1 daresinin kendisidir . Maksimum kazanç (5.6) bağıntısı ile verilir ve bu kazancın elde edildiği yük empedansı (5.7) bağıntısı ile verilen Z_{cgLmax} olacaktır. $Z_{in} = Z_{cgmax}$ giriş empedansı da $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülü ya da Güneş F.,Güneş M.,Fidan M. (1994) çalışmasında (27) bağıntısı ile verilir. Z_S -düzleminde oluşan dış teğet pozisyonu bize tek kaynak empedansı çözümü verir ki bu kaynak empedansı (6.11) bağıntısı ile bulunabilir.

6.3 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.Bölgede

Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.bölgede olduğunda giriş VSWR ve gürültü daireleri Z_S -düzleminde birbirlerini iki noktada keserler. Bu da hem istenen giriş VSWR'ı hem de istenen gürültü faktörünü gerçekleyen iki kaynak empedansı var olduğu anlamına gelir (Şekil 6.5). Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.bölgede (Şekil6.6) olduğu sürece maksimum kazanç (5.6) bağıntısı ile verilir ve bu kazancı veren yük empedansı da (5.7) bağıntısı ile elde edilir. $Z_{in} = Z_{cgmax}$ giriş empedansı 2.bölgede olduğu gibi $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülü ya da Güneş F.,Güneş M.,Fidan M. (1994) çalışmasında (27) bağıntısı ile bulunabilir. Kaynak empedansları Z_{S1} ve Z_{S2} ,yani, Şekil 6.5'deki kesişme noktaları aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$Z_{S1,2} = R_{S1,2} + jX_{S1,2} \quad (6.20)$$

$$R_{S1,2} = K \pm \sqrt{K^2 - D}, X_{S1,2} = AR_{S1,2} + B \quad (6.21)$$

$$A = \frac{R_{cn} - R_{cv}}{X_{cv} - X_{cn}} \quad (6.22)$$

$$B = \frac{|Z_{in}|^2 - |Z_{opt}|^2}{2(X_{cv} - X_{cn})} \quad (6.23)$$

$$K = \frac{R_{cn} + AX_{cn} - AB}{1 + A^2} \quad (6.24)$$

$$D = \frac{B^2 + |Z_{opt}|^2 - 2BX_{cn}}{1 + A^2} \quad (6.25)$$

Şekil 6.7'da bu duruma uygun olarak pratik de elde ettiğimiz konfigürasyon gösteriliyor.

6.4 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 5.Bölgede

Bu durumda Z_{in} -düzleminde maksimum kazanç, sabit kazanç dairesinin ve T_2 dairesinin birbirine iç içe teğet oldukları noktada elde edilir. Bu ayrıca gürültü ve giriş VSWR dairelerinin, Z_S -düzleminde birbirlerine iç teğet oldukları anlamına gelir. Şekil 6.8'deki iç teğet pozisyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$|Z_{cg} - Z_{ct2}|^2 = (r_{t2} - r_g)^2 \quad (6.26)$$

(6.26) ifadesi (6.1) ifadesine benzediğinden 1.bölge için elde ettiğimiz bağıntıları, Z_{ct1}, r_{t1} yerine sırasıyla, $Z_{ct2}, -r_{t2}$ yerleştirirsek, 5.bölge için gereken bağıntıları elde ederiz. Buna göre;

$$D = |Z_{cg}|^2 - r_g^2 + |Z_{ct2}|^2 - r_{t2}^2 \quad (6.27)$$

$$E = -\frac{Dr_{22} - R_{ct2}Q - 2X_{ct2}X_{cg}r_{22}}{r_{t2}} \quad (6.28)$$

$$F = -\frac{R_{ct2}}{r_{t2}} \quad (6.29)$$

$$G_T = \frac{1 - |p_i|^2}{|Z_{12}|^2 (1 - F^2)} \left\{ Q + EF - \sqrt{(Q + EF)^2 - (1 - F^2)(|Z|^2 - E^2)} \right\} \quad (6.30)$$

İki dairenin değdiği nokta olan Z_{in} giriş empedansı, aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$Z_{in} = \frac{r_g}{r_g - r_{t2}} Z_{ct2} - \frac{r_{t2}}{r_g - r_{t2}} Z_{cg} \quad (6.31)$$

Z_L yük empedansı ise $Z_L = f^1(Z_{in})$ ters dönüşüm formülü ile bulunur. Z_S kaynak empedansı iki koşul altında aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$r_n > r_v$ olduğunda,

$$Z_S = \frac{r_n}{r_n - r_v} Z_{cv} - \frac{r_v}{r_n - r_v} Z_{cn} \quad (6.32)$$

$r_n < r_v$ olduğunda,

$$Z_s = \frac{r_v}{r_v - r_n} Z_{cn} - \frac{r_n}{r_v - r_n} Z_{cv} \quad (6.33)$$

Z_L -düzleminde ise 5.bölgede maksimum kazanç noktası, T_2 dairesinin ve kazanç dairesinin dış teğet noktasıdır (Şekil 6.9). Bu durumu aşağıdaki şekilde ifade ederiz:

$$|Z_{cl,2} - Z_{egl}|^2 = (r_{il,2} + r_{gl})^2 \quad (6.34)$$

(6.34) ifadesi (6.12) ifadesi ile benzerdir. Dış teğet noktasında maksimum kazancı veren Z_L yük empedansı, Z_L -düzleminde 1.bölge için elde edilen ifadelerde $Z_{cl,1}, r_{il,1}$ terimleri yerine sırasıyla, $Z_{cl,2}, -r_{il,2}$ konulması ile bulunabilir. Buna göre aşağıdaki bağıntılar ortaya çıkar:

$$D = |Z_{egl}|^2 - r_{gl}^2 + |Z_{cl,2}|^2 - r_{il,2}^2 \quad (6.35)$$

$$E = -\frac{Dr_{11} + R_{cl,2}Q - 2X_{cl,2}X_{egl}r_{11}}{r_{il,2}} \quad (6.36)$$

$$F = -\frac{R_{cl,2}}{r_{il,2}} \quad (6.37)$$

(6.35),(6.36) ve (6.37) bağıntılarına göre G_T maksimum kazanç,

$$G_T = \frac{|z_{21}|^2 (1 - |\rho_i|^2) (F^2 - 1)}{(Q + EF) - \sqrt{(Q + EF)^2 - (F^2 - 1)(E^2 - |z|^2)}} \quad (6.38)$$

ile verilir. Bu maksimum kazancı veren Z_L yük empedansı aşağıdadır:

$$Z_L = \frac{r_{il,2}}{r_{il,2} - r_{gl}} Z_{egl} + \frac{r_{gl}}{r_{il,2} - r_{gl}} Z_{cl,2} \quad (6.39)$$

Z_{in} giriş empedansı ise $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülünden elde edilir.

Z_L -düzleminde karşılaşılacak bir diğer durum ise T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken 5.bölge T_2 dairesinin içi olduğu zaman oluşacak durumdur (Şekil 6.9). Böyle bir durumda sabit kazanç dairesi, T_2 dairesine iç teğettir. Teğet noktasındaki G_T maksimum kazancı ve Z_L yük empedansını, Z_L düzleminde 1.bölge için bulduğumuz bağıntılara $Z_{cl,1}, r_{il,1}$ yerine, sırasıyla $Z_{cl,2}, r_{il,2}$ koyarak elde ederiz:

$$D = |Z_{egl}|^2 - r_{gl}^2 + |Z_{cl,2}|^2 - r_{il,2}^2 \quad (6.40)$$

$$E = \frac{Dr_{11} + R_{cl,2}Q - 2X_{cl,2}X_{egl}r_{11}}{r_{il,2}} \quad (6.41)$$

$$F = \frac{R_{\text{etl},2}}{r_{\text{il},2}} \quad (6.42)$$

(6.40), (6.41) ve (6.42) bağıntılarına istinaden maksimum kazanç bağıntısı aşağıda şekilde elde edilir:

$$G_T = \frac{|Z_{21}|^2 (1 - |\rho_i|^2) (F^2 - 1)}{(Q + EF) - \sqrt{(Q + EF)^2 - (F^2 - 1)(E^2 - |z|^2)}} \quad (6.43)$$

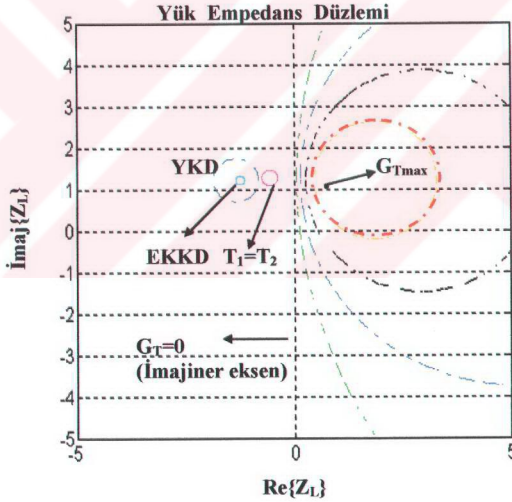
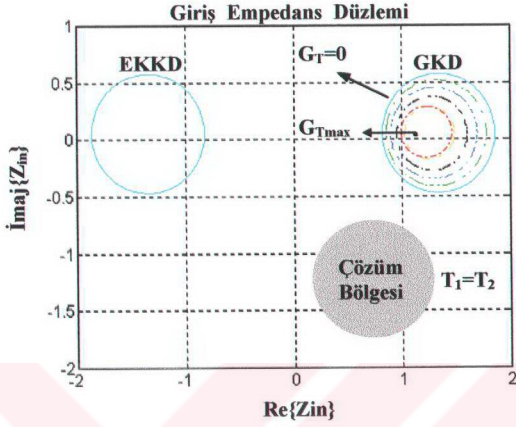
(6.43) bağıntısında maksimum kazancı veren Z_L yük empedansı,

$$Z_L = \frac{r_{\text{il},2}}{r_{\text{il},2} - r_{\text{gl}}} Z_{\text{cgL}} - \frac{r_{\text{gl}}}{r_{\text{il},2} - r_{\text{gl}}} Z_{\text{etl},2} \quad (6.44)$$

ile verilir. Z_{in} giriş empedansı, $Z_{\text{in}} = f(Z_L)$ dönüşüm bağıntısı ile bulunur.

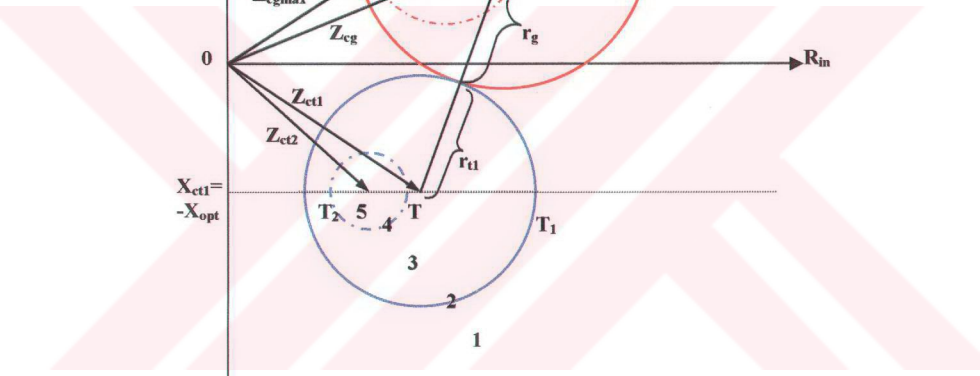
6.5 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 4. Bölgede

Bu durumda maksimum kazanç ve uygun giriş empedansı ile yük empedansı daha önce tanımlandığı gibi, sırasıyla, G_{Tmax} , Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} ile elde edilir. Kaynak empedansı da gürültü ve giriş VSWR dairelerinin yarıçaplarına bağlı olarak, (6.32) ve (6.33) bağıntısı ile bulunur.

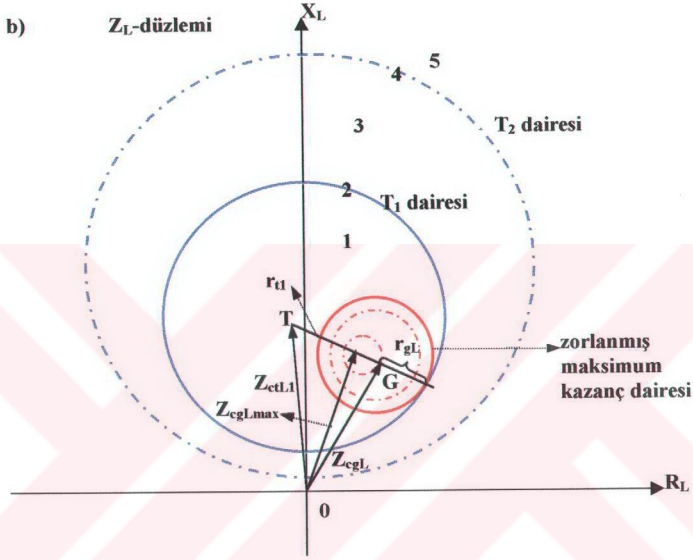


$\cdots G_{Tmax}/5$, $\cdots 2G_{Tmax}/5$, $\cdots 3G_{Tmax}/5$, $\cdots 4G_{Tmax}/5$
 $S_{11}=0.2<20$, $S_{12}=0.05<120$, $S_{21}=3<40$, $S_{22}=0.5<50$
 $F_{min}=1\text{dB}$, $\Gamma_{opt}=0.65<70$, $R_n/50=0.42$, $V_{ireq}=1$, $F_{req}=1.25\text{dB}$

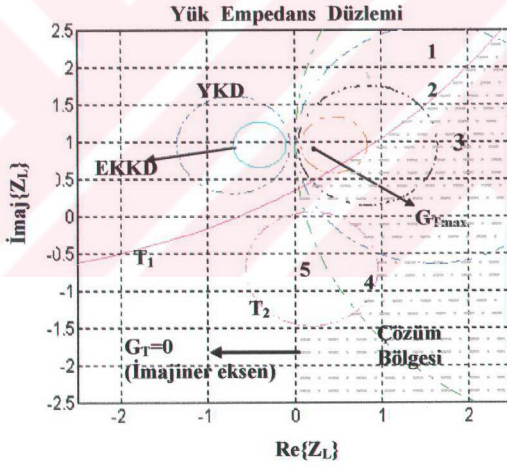
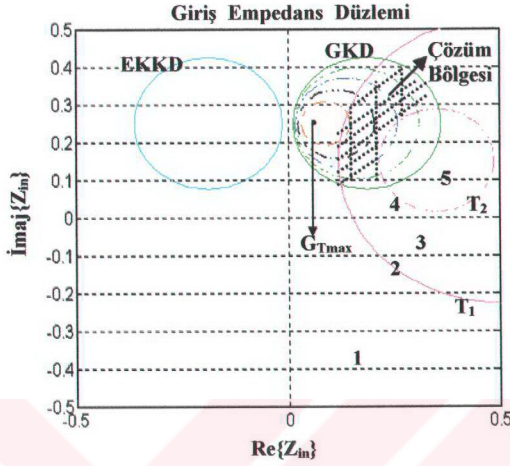
Şekil 6.1 Fiziksel çözümü olmayan uyumsuz konfigürasyon



Şekil 6.2 Z_{in} -düzleminde Z_{cgmax} 1.bölgede iken oluşan dış teğet geometri



Şekil 6.3 Z_L -düzleminde $Z_{cgl,max}$ 1.bölgede olması durumunda a) T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken, b) T_1 dairesi T_2 dairesinin içinde iken oluşan iç teğet geometri

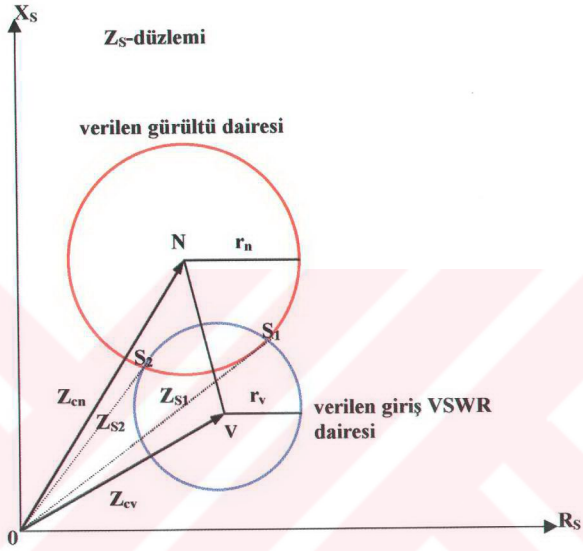


--- $G_{Tmax}/5$, --- $2G_{Tmax}/5$, --- $3G_{Tmax}/5$, --- $4G_{Tmax}/5$

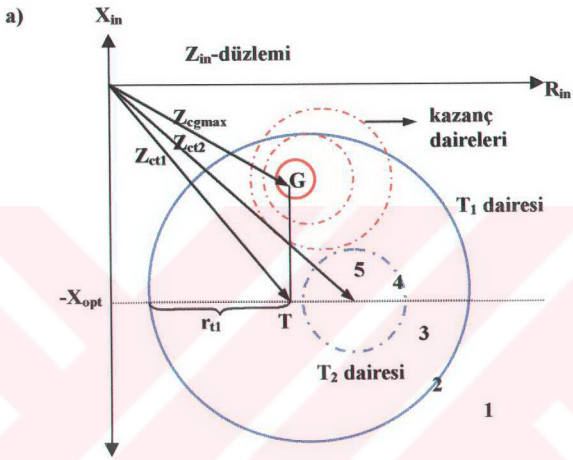
$S_{11}=0.66<151$, $S_{12}=0.13<26$, $S_{21}=1.68<39$, $S_{22}=0.31<95$

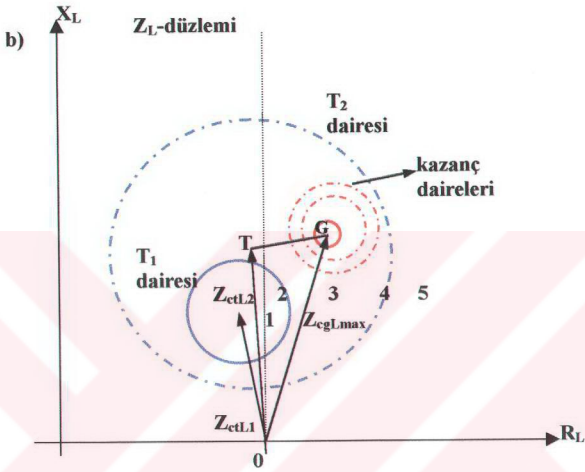
$F_{min}=2.6\text{dB}$, $\Gamma_{opt}=0.52<161$, $R_n/50=0.1$, $V_{ireq}=1.34$, $F_{req}=2.9\text{dB}$

Şekil 6.4 Z_{cgL} ve $Z_{cgL,max}$ 1.bölgede iken oluşan konfigürasyon

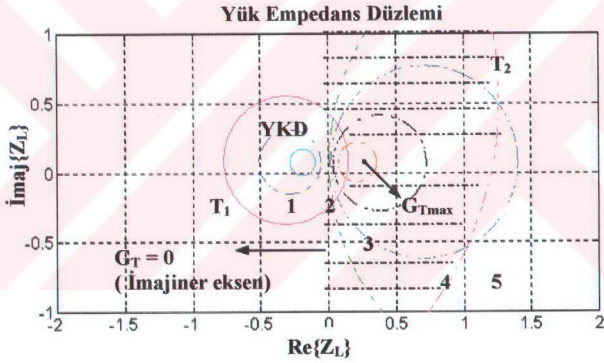
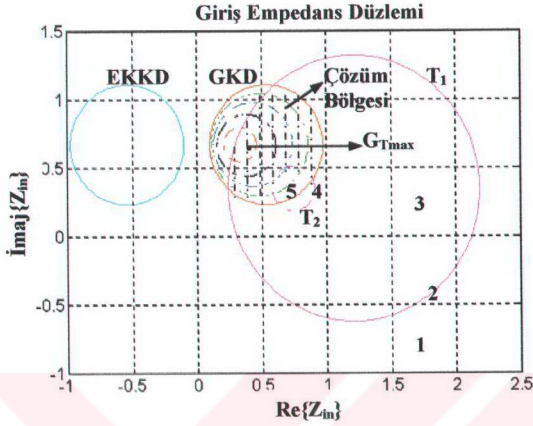


Şekil 6.5 Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3.bölgede iken Z_s -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR daireleri arasında oluşacak kesişim geometrisi



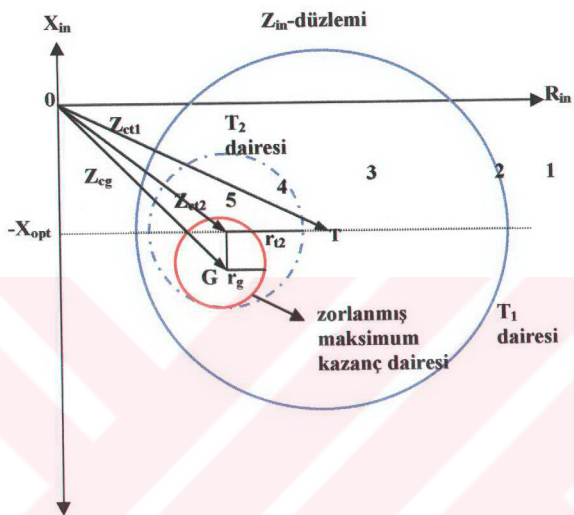


Şekil6.6 a) Z_{in} -düzleminde ve b) Z_L -düzleminde, sırasıyla, Z_{cgmax} ve Z_{cgLmax} 3. bölgede iken oluşacak geometri

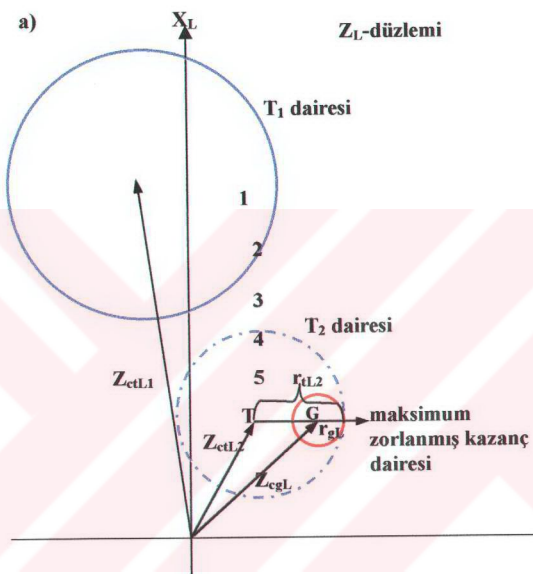


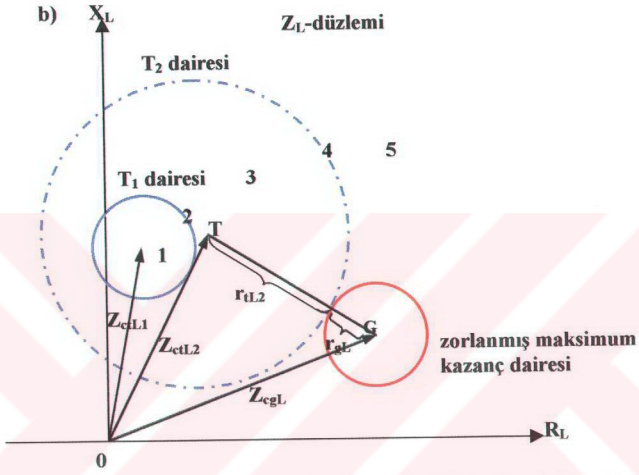
— — Kazanç daireleri, — EKKD, NE72089A transistörü
 $f = 12\text{GHz}$, $S_{11} = 0.37 < -112$, $S_{12} = 0.16 < -33$, $S_{21} = 1.55 < -34$, $S_{22} = 0.51 < -170$
 $F_{\min} = 2.5\text{ dB}$, $\Gamma_{\text{opt}} = 0.25 < -117$, $R_n/50 = 0.25$, $V_{\text{ireq}} = 1.55$, $F_{\text{req}} = 2.8\text{ dB}$

Şekil 6.7 Maksimum kazanç 3. bölgede iken oluşan konfigürasyon



Şekil 6.8 Z_{in} -düzleminde Z_{cgmax} 5.bölgede iken oluşacak geometri





Şekil 6.9 Z_L -düzleminde 5.bölgede a) T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken, b) T_1 dairesi, T_2 dairesinin içinde iken oluşacak geometri

7. KOŞULLU KARARLILIK KOŞULLARI ve KAZANÇ BAĞINTILARININ ELDE EDİLMESİ

7.1 Koşullu Kararlı Bir Mikrodalga Transistör İçin Sağlanan Koşullar

Koşullu kararlı bir mikrodalga transistörün kararsız olarak çalışması, transistörün giriş ve çıkış empedanslarının, reel kısımlarını negatif yapan bazı kaynak ve yük empedanslarının mevcudiyeti durumunda ortaya çıkar. Bundan dolayı koşullu kararlı bir mikrodalga transistörünün kararlılık koşullarını belirleyen eşitsizlikler, $R_{in}>0$ ve $R_{out}>0$ eşitsizlikleridir.

R_{in} ve R_{out} ifadelerini negatif yapan yük ve kaynak empedanslarının belirlenebilmesi için öncelikle, bu ifadelerin sıfıra eşitlenerek, analitik ve geometrik sınırların elde edilmesi gerekir. $R_{in} = \text{Re}\{Z_{in}\} = 0$ ve $R_{out} = \text{Re}\{Z_{out}\} = 0$ eşitlikleri sırasıyla, Z_L - ve Z_S -düzlemlerinde kanonik formda açılarak, elde edilmek istenen sınır dairelerinin merkez fazörü ve yarıçapı bağıntıları bulunabilir. Z_L -düzleminde elde edilen dairenin (aynı zamanda yük kararlılık dairesi şeklinde isimlendirilen dairenin), $Z_{cl} = R_{cl} + jX_{cl}$, merkez fazörlü ve r_L yarıçaplı daire aşağıdaki biçimde elde edilir:

$$R_{cl} = -\frac{2r_{11}r_{22}-r}{2r_{11}}, X_{cl} = -\frac{2x_{22}r_{11}-x}{2r_{11}}, r_L = \frac{|z|}{2r_{11}} \quad (7.1)$$

Benzer biçimde Z_S -düzleminde elde edilen dairenin (aynı zamanda kaynak kararlılık dairesi şeklinde isimlendirilen daire), $Z_{cs} = R_{cs} + jX_{cs}$ merkez fazörlü ve r_s yarıçaplı daire aşağıdaki biçimde elde edilir:

$$R_{cs} = -\frac{2r_{11}r_{22}-r}{2r_{22}}, X_{cs} = -\frac{2x_{11}r_{22}-x}{2r_{22}}, r_s = \frac{|z|}{2r_{22}} \quad (7.2)$$

Yukarıda tanımlanan dairelerin içinde gösterilen R_{cl} ve R_{cs} ifadelerinin her ikisinin negatif değerleri için $|Z_{cl} - Z_L| < r_L$ olduğunda $R_{in} < 0$ ve $|Z_{cs} - Z_S| < r_s$ olduğunda ise $R_{out} < 0$ olacağı gösterilebilir. Bu yüzden hem Z_L -düzleminde hem de Z_S -düzleminde elde edilecek bu dairelerin sağ yarı düzleminde kalacak pozitif kısımları da kararsız çalışma bölgesine dahil olur. Sağ yarı düzlemdeki bu bölgeye “Yasak Bölge” adı verilir (Şekil 7.1a). Z_L - ve Z_S - düzlemlerinde elde edilen bu kararlılık daireleri imajiner eksene teğet olduklarında koşullu ve mutlak kararsızlık arasında geçiş durumu olduğu için (Şekil 7.1b) koşullu ve mutlak kararlılık koşulları bu geometriden bulunabilir. Mutlak kararlılık durumunda Z_L - ve Z_S - düzlemlerindeki kararlılık daireleri tamamen sol yarı düzlemde bulunurlar.

5.bölümde belirttiğimiz mutlak kararlı koşullarından biri olan $2r_{11}r_{22} - r > |z|$ koşulundan yola çıkarak, η kararlılık faktörünü tanımlayabiliriz. Burada η aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$\eta = \frac{2r_{11}r_{22} - r}{|z|} \quad (7.3)$$

Bu durumda mutlak ve koşullu kararlı koşulları aşağıda ifade edildiği şekilde gerçekleşir:

- (i) $r_{11} > 0, r_{22} > 0, \eta > 1$ eşitsizlikleri mutlak kararlı durumu,
 - (ii) $r_{11} > 0, r_{22} > 0, 0 < \eta < 1$ eşitsizlikleri koşullu kararlılık durumu,
- oluşturur.

7.2 Koşullu Kararlılık Durumunda Z_L -düzleminde Giriş VSWR ile Sınırlandırılmış Kazanç Daire Ailesinin Elde Edilmesi

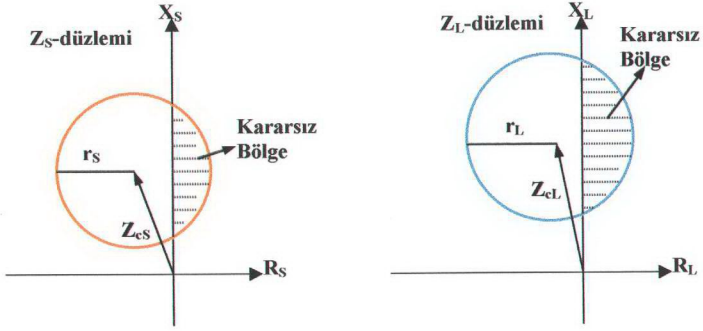
Koşullu kararlılık durumunda da elde edilecek giriş VSWR ile sınırlandırılmış kazanç dairelerinin $Z_{cgL} = R_{cgL} + jX_{cgL}$ merkez fazörü ve r_{gL} yarıçapı için (5.2) ve (5.3) bağıntıları ile kullanılabilir. Bu bağıntılardan yararlanılarak, kazanç dairesi ailesinin özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Şekil 7.2):

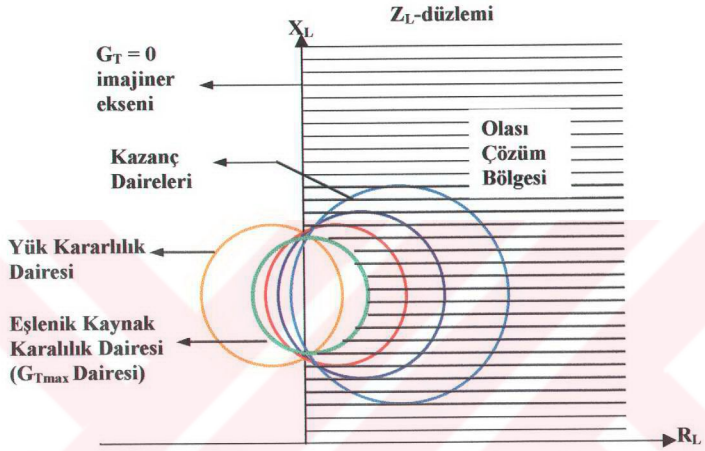
- (i) Bütün kazanç dairesi, yük kararlılık dairesi ve eşlenik kaynak kararlılık dairesi de dahil olmak üzere $R_L = 0$ imajiner eksenini aynı iki noktada keserler.
- (ii) $G_{Tmin} = G_{T0} = 0$ dairesi Z_L -düzleminde imajiner eksendir ve bu eksen Z_{in} -düzleminde giriş kararlılık dairesinin karşılığıdır.
- (iii) Z_{in} -düzleminde de bütün dairelerin iki noktada kestiği, $R_{in} = 0$ imajiner ekseninin Z_L -düzleminde görüntüsü yük kararlılık dairesidir.
- (iv) $G_{Tmax} > G_T > 0$ daireleri imajiner eksenin ve eşlenik kaynak kararlılık dairesinin pozitif reel kısmının (sağ tarafta kalan kısmının) dışında kalacak şekilde sınırlanmıştır. Maksimum kazanç sağlayan daire, Z_{in} -düzleminde olduğu gibi Z_L -düzlemine transfer edilmiş eşlenik kaynak kararlılık dairesidir. Maksimum kazanç bağıntısı ise Güneş F., Güneş M., Fidan M. (1994) makalesinde (51) bağıntısı ile verilir. Buna göre maksimum kazanç:

$$G_T = 2 \frac{1 - |\rho_i|^2}{|z_{12}|^2} (2r_{11}r_{22} - r) \quad (7.4)$$

ile verilir. $|p_i|=0$ (7.4) bağıntısında yerine konulursa, “Maksimum Kararlılık Kazanç (MKK)” değeri elde edilir:

$$MKK = 2 \left| \frac{z_{21}}{z_{12}} \right| \eta \quad (7.5)$$





Şekil 7.2 Koşullu kararlı bir mikrodalga transistörünün Z_L -düzleminde oluşan kazanç daireleri

8. KOŞULLU KARARLILIK GEOMETRİLERİNDE Z_{in} - ve Z_L -DÜZLEMLERİNDE ZORLANMIŞ MAKSİMUM KAZANCIN ANALİTİK VE GEOMETRİK ÇÖZÜMLERİ

6.bölümde mutlak kararlılık durumu için yapılan çalışmayı, bu kez koşullu kararlılık durumu için yapacağız. Z_S -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR dairelerinin birbiri ile olan ilişkisinin koşullu kararlılık durumunda Z_{in} - ve Z_L -düzlemine yansımaları sonucu oluşan beş bölgeye dayandırılarak oluşacak geometrilerin her biri için zorlanmış maksimum kazancın analitik ve geometrik çözümünü elde edeceğiz.

1. Durum: Z_{in} -düzleminde $G_{Tmin} = 0$ daresi tamamen 1.bölgede ise fiziksel çözüm yoktur (Şekil 8.1). Bu durum dairenin merkez fazörü ve yarıçapına göre şu şekilde ifade edilir:

$$|Z_{cgmin} - Z_{ct1}| > r_s + r_{t1} \quad (8.1)$$

Z_L -düzleminde ise $G_{Tmin} = 0$ daresi 1.bölgede, yani, T_1 daresi tamamen sol yarı düzlemde ise fiziksel çözüm yoktur (Şekil 8.2). Z_L -düzleminde bu durum şu şekilde ifade edilir:

$$|R_{ctL1}| > r_{tL1}, R_{ctL1} < 0 \quad (8.2)$$

1.durumu gösteren örnek çalışmamız Şekil 8.3'de gösteriliyor.

2. Durum: Z_{in} -düzleminde T_1 daresi sabit kazanç daireleri alanını kestiğinde, yani, T_1 daresinin sınırlandırılmış maksimum kazanç dairesi ile $G_{Tmin} = 0$ daresi arasında ki herhangi bir daire ile dış teğet olduğu durumdur (Şekil 8.4). T_1 daresine dış teğet olan daire zorlanmış maksimum kazanç dairesidir. Zorlanmış maksimum kazanç ve uygun giriş empedansı dış teğet ilişkiden yararlanılarak, sırasıyla, (6.9) ve (6.10) bağıntıları ile bulunabilir. Bu giriş empedansına karşı düşen yük empedansı ise $Z_L = f^1(Z_{in})$ ters dönüşüm formülü ile elde edilir. Kaynak empedansı ise T_1 daresi üzerindeki çözüm noktası Z_S -düzleminde gürültü faktörü ve giriş VSWR dairelerinin dış teğet olması anlamına geleceğinden, (6.11) bağıntısı ile bulunabilir. 2.durum Z_{in} -düzleminde şu eşitsizlikle verilir:

$$|Z_{cgmax} - Z_{ct1}| > r_s + r_{t1} > |Z_{cgmin} - Z_{ct1}| \quad (8.3)$$

Z_L -düzleminde T_1 daresi sınırlandırılmış maksimum kazanç dairesi ile $G_{Tmin} = 0$ imajiner eksen arasında herhangi bir daire ile iç teğettir (Şekil 8.5). Bu iç teğet ilişkiden yararlanarak zorlanmış maksimum kazanç ve yük empedans değeri 6.bölümde ifade edilen

(6.18) ve (6.19) bağıntıları ile bulunur. Giriş empedansı da benzer yöntemle $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülü ile bulunabilir. Z_L -düzleminde 2.durum şu şekilde ifade edilir:

$$|Z_{ctL,1} - Z_{cgl,max}| < r_{dL,1} - r_{sL} \quad (8.4)$$

2.durum ile ilgili örnek çalışmamız Şekil 8.6'da gösteriliyor.

3. Durum: Z_{in} -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin tamamı, sınırlandırılmış maksimum kazanç dairesi ile $G_{Tmin} = 0$ dairesi arasında ise zorlanmış maksimum kazanç dairesi, T_1 dairesine dış teğet olan dairedir (Şekil 8.7). Teğet noktası ise uygun giriş empedansı veren çözüm noktasıdır. Zorlanmış maksimum kazanç ve uygun giriş empedansı (6.9) ve (6.10) bağıntıları yardımıyla bulunabilir. Giriş empedansına karşı düşen yük empedansı da ters dönüşüm formülü ile elde edilir. Zorlanmış minimum kazanç dairesi ise T_1 dairesini iç teğet yapan dairedir. Bu durumda zorlanmış minimum kazanç (6.9) bağıntısındaki E ve F ifadelerinde r_{t1} yerine $-r_{t1}$ yerleştirilerek bulunabilir. Zorlanmış maksimum kazancı veren kaynak empedansı da (6.11) bağıntısı ile bulunabilir. Bu durum aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilir:

$$|Z_{ct1} - Z_{cgl,max}| > r_{ct1} + r_{sL}, |Z_{cgmin} - Z_{ct1}| < r_{sL} - r_{ct1} \quad (8.5)$$

Z_L -düzleminde de T_1 ve T_2 daireleri tamamen $G_{Tmin} = 0$ imajiner eksen ile giriş VSWR ile sınırlandırılmış maksimum kazanç dairesi arasında bulunabilir. Zorlanmış maksimum kazancı veren daire Z_{in} -düzleminde olduğu gibi T_1 dairesine dış teğet olan dairedir ve teğet noktası da uygun yük empedansını veren çözüm noktasıdır (Şekil 8.8). Buna bağlı olarak, zorlanmış maksimum kazanç ve uygun giriş empedansı (6.9) ve (6.10) bağıntılarında Z_{ct1} ve r_{t1} terimleri yerine $Z_{ctL,1}$ ve $r_{tL,1}$ terimlerini yerleştirilerek bulunabilir. Bu yük empedansına karşı düşen giriş empedansı ise dönüşüm formülü ile elde edilir. Zorlanmış minimum kazanç ve yük empedansı (6.18) ve (6.19) bağıntıları ile bulunabilir. $Z_{in} = f(Z_L)$ formülü de giriş empedansını bulmamıza yardımcı olur. Z_L -düzleminde 3.durumu ifade eden eşitsizlik aşağıdadır:

$$|Z_{ctL,1} - Z_{cgl,max}| > r_{ctL,1} + r_{sL}, R_{ctL,1} > r_{dL,1}, R_{ctL,1} > 0 \quad (8.6)$$

4. Durum: Z_{in} -düzleminde T_1 dairesi eşlenik kaynak kararlılık dairesini kestiğinde, eşlenik kaynak kararlılık dairesinin (sınırlanmış maksimum kazanç dairesinin) bazı kısımları 3.bölgede kalır (Şekil 8.9). Bu çözüm bölgesinde bulunan eşlenik kaynak kararlılık dairesinin yay parçası üzerinde zorlanmış maksimum kazancı sağlayan sonsuz çözüm vardır. Bu sonsuz çözümlerden iki tanesi eşlenik kaynak kararlılık dairesinin T_1

daresini kestiği noktalar. Bu noktalarda da zorlanmış maksimum kazanç, giriş VSWR tarafından sınırlandırılmış maksimum kazanç, yani, (7.4) bağıntısına eşittir. Zorlanmış maksimum kazanç karşı gelen bu iki noktadaki giriş empedansı aşağıda verilen bağıntılar yardımıyla hesaplanır:

$$A = \frac{R_{cs} - R_{ct1}}{X_{ct1} + X_{cs}}, B = \frac{|Z_{opt}|^2 - (|Z_{cs}|^2 - r_s^2)}{2(X_{ct1} + X_{cs})} \quad (8.7)$$

$$K = \frac{R_{ct1} - AB + AX_{ct1}}{1 + A^2} \quad (8.8)$$

$$D = \frac{|Z_{opt}|^2 + B^2 - 2BX_{ct1}}{1 + A^2} \quad (8.9)$$

$$R_{in1,2} = K \pm \sqrt{K^2 - D} \quad (8.10)$$

$$X_{in1,2} = AR_{in1,2} + B \quad (8.11)$$

$$Z_{in1,2} = R_{in1,2} + jX_{in1,2} \quad (8.12)$$

Verilen bu giriş empedansları yoluyla yük empedansları, $Z_L = f^1(Z_{in})$ ters dönüşüm formülü ile bulunur. Kaynak empedansları ise (6.11) bağıntısı ile elde edilir. Z_{in} -düzleminde bu durum aşağıdaki eşitsizliklerle ifade edilebilir:

$$|Z_{cgmax} - Z_{ct2}| > r_s + r_{t2}, |Z_{cgmax} - Z_{ct1}| < r_s + r_{t1} \quad (8.12)$$

Z_L -düzleminde T_1 daresi eşlenik kaynak kararlılık daresini iki noktada keser. T_1 ve T_2 daireleri arasındaki 3.bölgedeki eşlenik kaynak kararlılık daresi yay parçası üzerinde sonsuz çözüm vardır (Şekil8.10). Bu yay parçası üzerinde zorlanmış maksimum kazanç, giriş VSWR ile sınırlandırılmış maksimum kazanç, yani (7.4) bağıntısına eşittir. Biz Z_{in} -düzleminde başvurduğumuz benzer yöntemle bağlı olarak iki kesişim noktasındaki çözümleri bulacağız. Bu zorlanmış maksimum kazancı veren iki çözüm noktası aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır:

$$A = \frac{R_{cSL} - R_{ct1}}{X_{ct1} - X_{cSL}}, B = \frac{(|Z_{ctL1}|^2 - r_{tL1}^2) - (|Z_{cSL}|^2 - r_{SL}^2)}{2(X_{ct1} - X_{cSL})} \quad (8.13)$$

$$K = \frac{R_{ctL1} - AB + AX_{ctL1}}{1 + A^2} \quad (8.14)$$

$$D = \frac{|Z_{opt}|^2 + B^2 - 2BX_{ctL1}}{1 + A^2} \quad (8.15)$$

$$R_{L1,2} = K \pm \sqrt{K^2 - D} \quad (8.16)$$

$$X_{L1,2} = AR_{L1,2} + B \quad (8.17)$$

$$Z_{L1,2} = R_{L1,2} + jX_{L1,2} \quad (8.18)$$

Bu yük empedanslarına karşı düşen giriş empedansları da $Z_{in} = f(Z_L)$ dönüşüm formülü ile elde edilir. Z_L -düzleminde 4.durum aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilir:

T_1 ve T_2 daireleri birbirinin dışında iken,

$$|Z_{cgl,max} - Z_{ctl,2}| > r_{SL} + r_{tl,2}, |Z_{cgl,max} - Z_{ctl,1}| < r_{SL} + r_{tl,1} \quad (8.19)$$

T_1 dairesi T_2 dairesinin içerisinde iken,

$$|Z_{ctl,2} - Z_{cgl,max}| < r_{tl,2} - r_{SL}, |Z_{cgl,max} - Z_{ctl,1}| < r_{SL} + r_{tl,1} \quad (8.20)$$

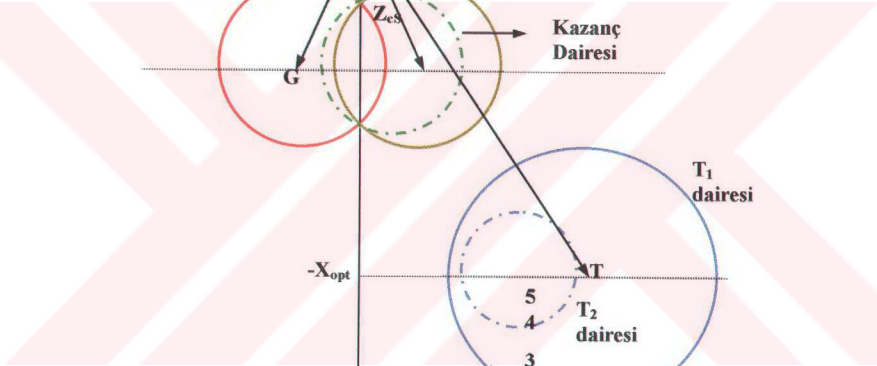
eşitsizlikleri geçerlidir.

Bu durumu gösteren örnek çalışmamız (Şekil 8.11) ile gösteriliyor.

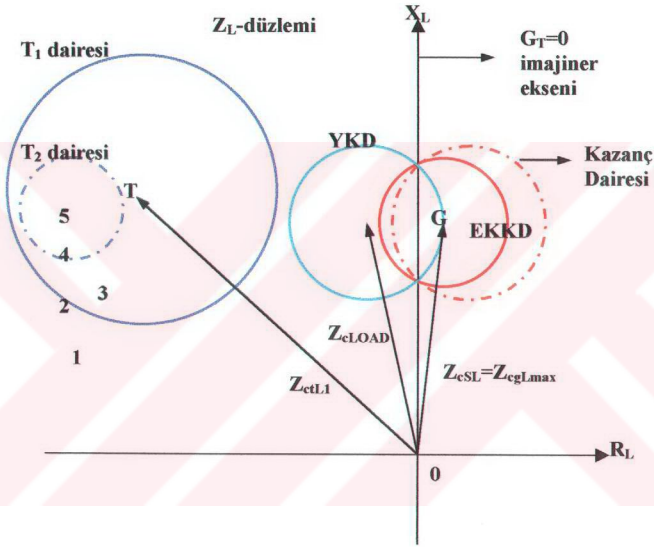
5. Durum: Z_{in} -düzleminde T_2 dairesi eşlenik kaynak kararlılık dairesini kestiğinde, eşlenik kaynak kararlılık dairesinin 5.bölgede kalan yay parçası üzerinde çözüm yoktur. Sadece 3.bölgede kalan yay parçaları üzerinde zorlanmış maksimum kazancın, giriş VSWR tarafından sınırlanmış maksimum kazanca eşit olduğu sonsuz çözüm vardır (Şekil 8.12). Eşlenik kaynak kararlılık dairesinin T_2 dairesini kestiği iki noktada bu çözümlerden ikisidir. Zorlanmış maksimum kazanç (7.4) bağıntısı ile, bu kazanca karşı gelen kesişim noktasındaki giriş empedansları ise (8.7),(8.8) ve (8.9) bağıntılarında $R_{\alpha 1}$ ve $X_{\alpha 1}$ terimleri yerine $R_{\alpha 2}$ ve $X_{\alpha 2}$ terimleri yerleştirilmesi ile bulunur. Yük empedansları ters dönüşüm formülü ile, kaynak empedansları ise (6.32) veya (6.33) bağıntıları ile elde edilir. Z_{in} -düzleminde 5.durum aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilir:

$$|Z_{cgl,max} - Z_{ct,2}| < r_s + r_{t2} \quad (8.21)$$

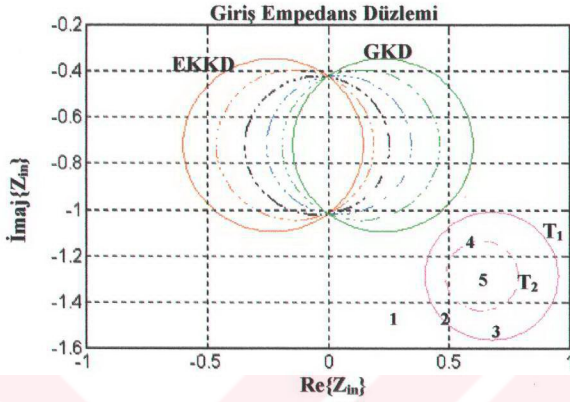
Z_L -düzleminde de benzer biçimde T_2 dairesi eşlenik kaynak kararlılık dairesini kestiğinde 5.bölgede fiziksel çözüm yoktur. 3.bölgedeki yay parçaları üzerinde sonsuz çözüm vardır ve bu çözümlerden iki tanesi de T_2 üzerindeki kesişim noktasıdır (Şekil 8.13). Bu nedenlerden dolayı zorlanmış maksimum kazanç (7.4) bağıntısı ile, kesişim noktalarına karşı gelen yük empedansları ise (8.13),(8.14) ve (8.15) bağıntılarında $R_{\alpha L1}, X_{\alpha L1}, Z_{\alpha L1}, r_{tL1}$ terimleri yerine, sırasıyla, $R_{\alpha L2}, X_{\alpha L2}, Z_{\alpha L2}, r_{tL2}$ terimleri yerleştirilince bulunabilir. Giriş empedansları ise dönüşüm formülü ile elde edilir. Z_L -düzleminde bu durum yandaki eşitsizlikle ifade edilir: $|Z_{cgl,max} - Z_{ctl,2}| < r_{SL} + r_{tl,2}$ (8.22)



Şekil 8.1 Z_{in} -düzleminde T_1 dairesi tamamen $G_T = 0$ dairesinin (giriş kararlılık dairesinin) dışında konumlandığından fiziksel çözümün olmadığı geometri

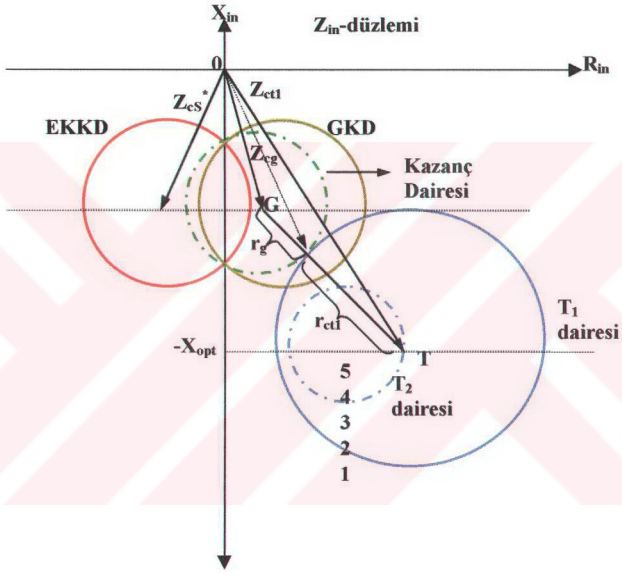


Şekil 8.2 Z_L -düzleminde T_1 dairesi tamamen sol yarı düzlemde konumlandığından fiziksel çözüm olmayan geometri

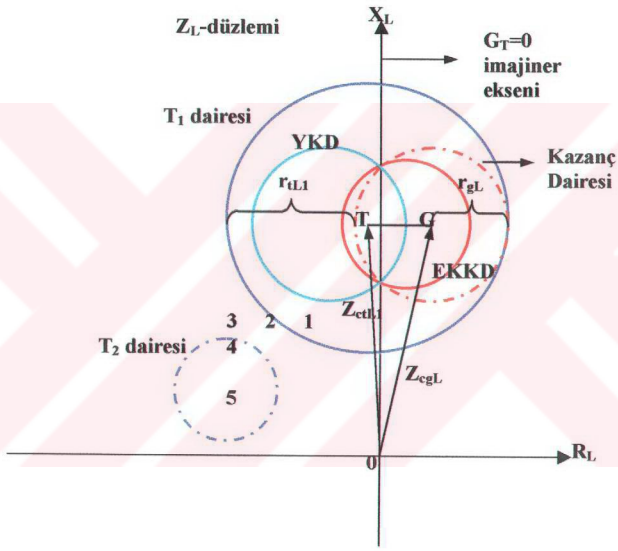


NE72089A transistörü, $S_{11}=0.76\angle-95$, $S_{12}=0.11\angle26$, $S_{21}=2.34\angle90$, $S_{22}=0.59\angle-66$
 $=0.65\angle68$, $F_{min}=1\text{dB}$, $R_n/50=0.42$, $V_{ireq}=1.1$, $F_{req}=1.05$

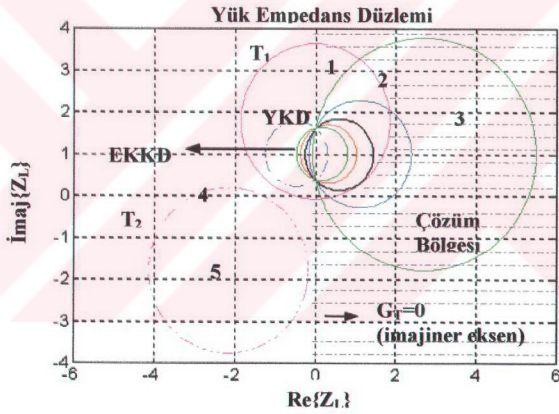
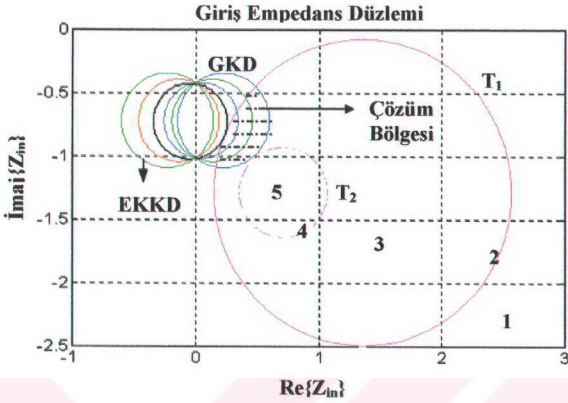
Şekil 8.3 Pratiksel çalışmamızda 1.duruma uygun olarak elde ettiğimiz konfigürasyon



Şekil8.4 Z_{in} -düzleminde T_1 daresi G_{Tmax} ve $G_T=0$ daireleri arasında herhangi bir kazanç daresi ile kesişmesi durumunda oluşacak geometri



Şekil8.5 Z_L -düzleminde T_1 dairesinin sağ yarı düzlemde herhangi bir kazanç dairesi ile iç teğet olması durumunda oluşacak geometri



EKKD(Eşlenik kaynak kararlılık daresi)= G_{Tmax} daresi

GKD(Giriş kararlılık daresi)= $G_{TO}(G_T=0)$ daresi,YKD(Yük kararlılık daresi)

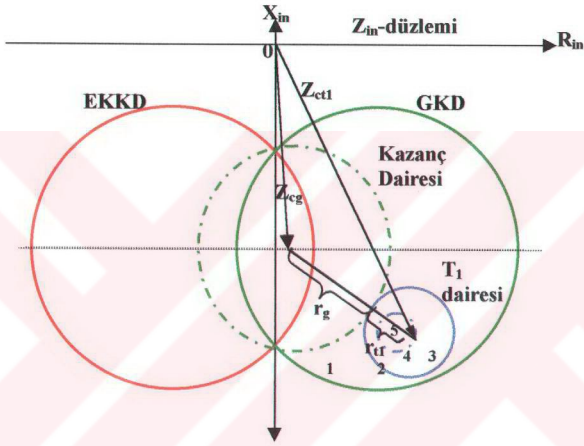
— $G_{Tmax}/5$, — $2G_{Tmax}/5$, — $3G_{Tmax}/5$, — $4G_{Tmax}/5$

NE72089A transistörü, $S_{11}=0.76<-95$, $S_{12}=0.11<26$, $S_{21}=2.34<90$, $S_{22}=0.59<-66$

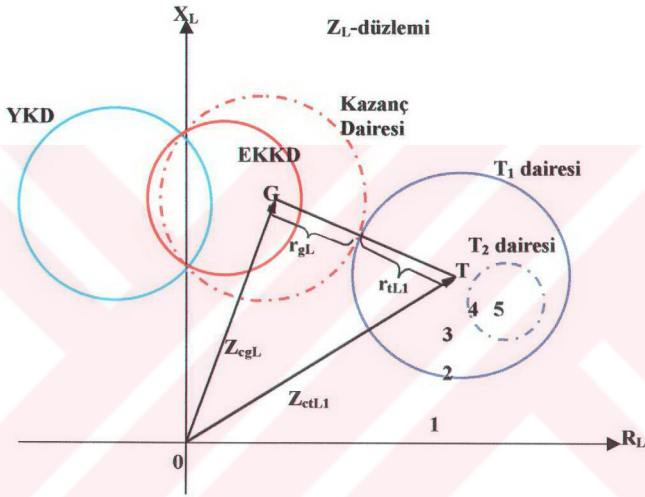
$F_{min}=1$ dB, $R_n/50=0.42$, $\Gamma_{opt}=0.65<68$, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44$ dB, $f=4$ Ghz

$Z_S=17.4462 + j44.6992$, $Z_L=57.5325 + j15.6429$, $G_{Tmax}=11.6243$ dB

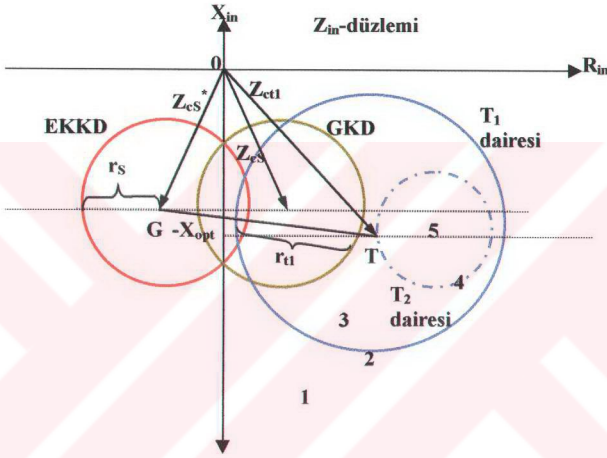
Şekil 8.6 Pratiksel çalışmamızda 2.duruma uygun oluşan geometri



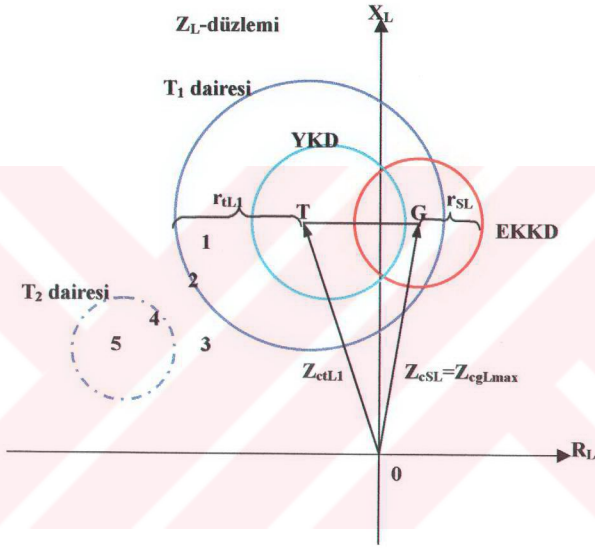
Şekil 8.7 Z_{in} -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin tamamen G_{Tmax} ve $G_T = 0$ dairelerinin arasında konumlanması sonucu oluşacak geometri



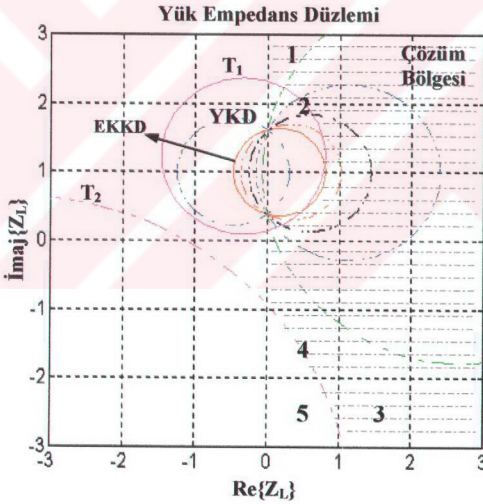
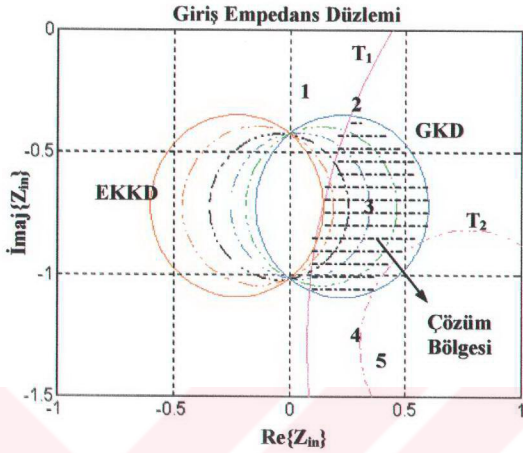
Şekil 8.8 Z_L -düzleminde T_1 ve T_2 daireleri tamamen sağ yarı düzlemde iken oluşacak geometri



Şekil 8.9 Z_{in} -düzleminde T_1 dairesinin G_{Tmax} dairesini (eşlenik kaynak kararlılık dairesini) kestiğinde oluşacak geometri

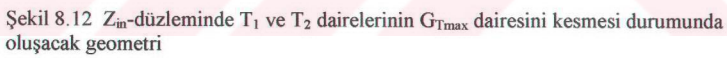


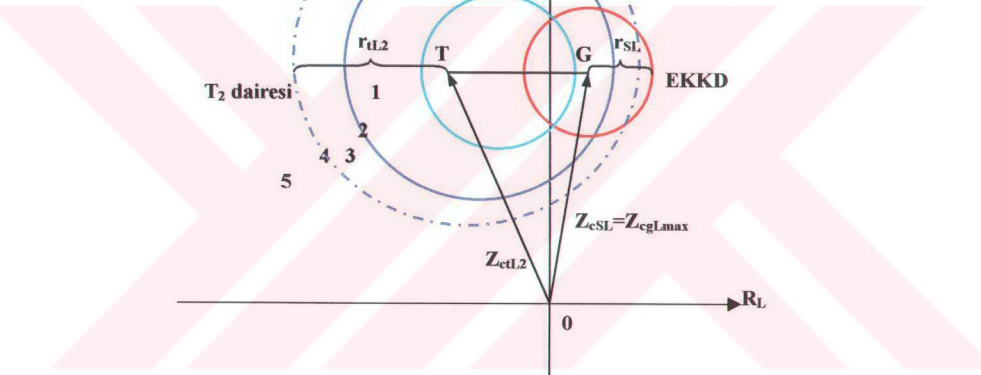
Şekil 8.10 Z_L -düzleminde T_1 daireesinin $G_{T_{max}}$ daireesini kestiğinde oluşacak geometri



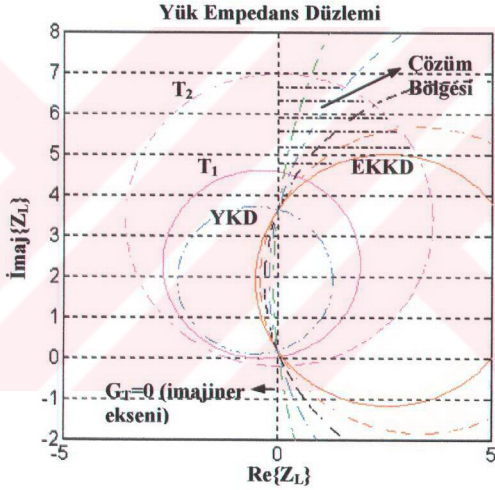
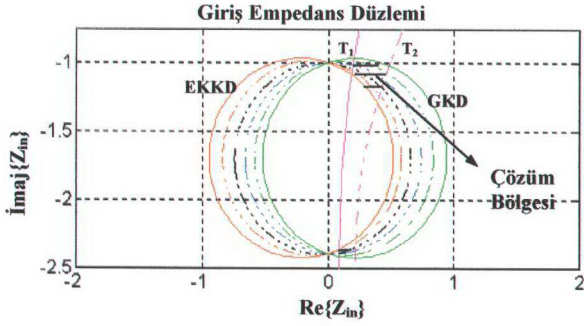
- - Kazanç Daireleri, NE72089A transistörü, $f = 4 \text{ GHz}$
 $S_{11} = 0.76 \angle -95^\circ$, $S_{12} = 0.11 \angle 26^\circ$, $S_{21} = 2.34 \angle 90^\circ$, $S_{22} = 0.59 \angle -66^\circ$
 $\Gamma_{opt} = 0.65 \angle 68^\circ$, $F_{min} = 1 \text{ dB}$, $R_n/50 = 0.42$, $V_{ireq} = 1.1$, $F_{req} = 1.05 \text{ dB}$
 $Z_S = 13.9734 + j37.9837$, $Z_L = 39.6989 + j54.2230$, $G_{Tmax} = 13.6228 \text{ dB}$

Şekil 8.11 Uygulamada gerçekleştirilen 4.duruma ait konfigürasyon





Şekil 8.13 Z_L -düzleminde T_1 ve T_2 dairelerinin $G_{T_{\max}}$ dairesini kesmesi durumunda oluşabilecek geometri



--- Kazanç Daireleri, NE72089A transistörü, $f = 2\text{GHz}$,
 $S_{11} = 0.92 \angle -52^\circ$, $S_{12} = 0.07 \angle 54^\circ$, $S_{21} = 2.94 \angle 130^\circ$, $S_{22} = 0.68 \angle -35^\circ$
 $\Gamma_{opt} = 0.73 \angle 36^\circ$, $F_{min} = 0.6\text{ dB}$, $R_n/50 = 0.58$, $V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8\text{ dB}$
 $Z_S = 0.6228 + j1.3225$, $Z_L = 163.95 + j245.83$, $G_{Tmax} = 13.6987\text{ dB}$

Şekil 8.14 Pratik çalışmamızda elde ettiğimiz 5.duruma uygun elde ettiğimiz konfigürasyon

9. GERİBESLEMELİ ve GÜRÜLTÜLÜ BİR İKİ KAPILININ GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ

Şimdiye kadar yapılan performans karakterizasyonu çalışmalarının amacı sadece bir mikrodalga transistörün F , V_i , G_T performans üçlüsünü, optimum şekilde konfigürasyon tipine, f frekansına, I_{DS} , V_{DS} kutuplama parametrelerine dayalı olarak elde etmektir. Ancak çalışmanın bir başka hedefi de yapılan bu çalışmanın uygulanabilirliğini mümkün olan en yüksek mertebede sağlamaktır. Bundan dolayı bir mikrodalga yükseltece uygulanacak geribeslemenin performans karakterizasyonuna etkisini de hesaba katmak, bir mikrodalga yükseltecinin tasarımında hedeflerimize başarıyla ulaşmamız açısından önemlidir.

Geribesleme devrelerinin toplam iki-kapılı devreye etkisi parazitiktir. Bu yüzden geribesleme devrelerimizin gürültü faktörü üzerindeki etkisini veren denklem grupları hem seri hem de paralel geribesleme yöntemlerine bağlı olarak ifade edilecektir. Çalışmamızda yer alacak bağlantıların karmaşıklığının basite indirgenmesi için geribesleme devresinin tek kayıpsız reaktans elemandan ibaret olduğu varsayılacaktır.

9.2 Gürültülü İki-kapılı Devre Modeli

Tipik lineer iki-kapılı devre modeli Şekil 9.1'de gösteriliyor. Buna karşı gürültülü iki-kapılı devre gösterilimi için Şekil 9.2'deki model kullanılır. Bütün dahili gürültü kaynakları, iki-kapılının giriş kapısında v_n gürültü gerilim üretici ve i_n gürültü akım üreticisine indirgenebilir. Gürültü akım kaynağı, gerilim kaynağı ile ilişkili ve ilişkisiz bileşenlerden oluşur. İlişkili bileşen, Y_{cor} korelasyon admitansı, ilişkisiz bileşen ise G_u kondüktansı ile gösterilir.

Burada yer alan bağlantıların türetilmesinin çıkış noktası (1.1) bağıntısıdır. Bu bağıntı, Y_{cor} korelasyon admitansını içeren aşağıdaki ifadeye denktir:

$$F = 1 + \frac{G_u}{G_s} + \frac{R_n}{G_s} |Y_s + Y_{cor}|^2 = 1 + \frac{G_u}{G_s} + \frac{R_n}{G_s} \left[|Y_s|^2 + |Y_{cor}|^2 + 2\text{Re}(Y_s Y_{cor}^*) \right] \quad (9.1)$$

burada Y_{cor} ,

$$I_n = I_u + Y_{cor} V_n \quad (9.2)$$

ile tanımlanır. I_u , V_n gürültü gerilim üretici ile ilişkisiz olan, I_n gürültü akım üreticinin frekans domeninde gösterilen bileşenidir. R_n ve G_u da aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$|V_n|^2 = 4kT \Delta f R_n \quad |\dot{V}_n|^2 = 4kT \Delta f \dot{R}_n \quad (9.3)$$

$$|I_u|^2 = 4kT \Delta f G_u \quad |\dot{I}_u|^2 = 4kT \Delta f \dot{G}_u \quad (9.4)$$

burada I_u ve V_n , sırasıyla, i_n ve v_n zaman domeni büyüklüklerinin Fourier dönüşümü yardımıyla elde edilen frekans domeni büyüklükleridir.

9.2 Seri Geribesleme

Şekil 9.3'de her ikisi de T sıcaklığında olan hem transistörlü hem de transistörlü iki-kapılıya seri olarak bağlanmış geribesleme devresinden oluşmuş toplam iki-kapılı devre görülmektedir. Farklı iki-kapılının gürültü kaynakları birbirleri ile ilişkisizdir. İki-kapılının girişindeki ve çıkışındaki sonlandırma gerilimleri ve akımları iki-kapılının aşağıdaki bağıntı yoluyla z-parametrelerine bağlıdır:

$$V_n = V_1 - \frac{z_{11}}{z_{21}} V_2 \quad I_n = -\frac{V_2}{z_{21}} \quad (9.5)$$

Birleşik iki-kapılının Z matrisi,

$$\dot{Z} = Z + \hat{Z} \quad (9.6)$$

ve birleşik sonlandırma gerilimleri,

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= V_1 + \hat{V}_1 \\ \dot{V}_2 &= V_2 + \hat{V}_2 \end{aligned} \quad (9.7)$$

ile verilir. (9.5), (9.6) ve (9.7) bağıntıları ile birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü akım ve gerilim üretici için aşağıdaki denklemler elde edilir:

$$\dot{V}_n = V_n + I_n A_1 + \hat{V}_n + \hat{I}_n A_2 \quad \dot{I}_n = I_n B_1 + \hat{I}_n B_2 \quad (9.8)$$

burada

$$A_1 = \frac{\hat{z}_{11} z_{21} - z_{11} \hat{z}_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad B_1 = \frac{z_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad (9.9)$$

$$A_2 = \frac{z_{11} \hat{z}_{21} - \hat{z}_{11} z_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad B_2 = \frac{\hat{z}_{21}}{z_{21} + \hat{z}_{21}} \quad (9.10)$$

dır. (9.2), (9.3), (9.4), (9.8), (9.9), (9.10) bağıntıları ile birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü parametreleri aşağıdaki biçimde elde edilir:

$$\dot{R}_n = R_n \left[1 + |Y_{cor} A_1|^2 \right] + |A_1|^2 G_u + \hat{R}_n \left[1 + |\hat{Y}_{cor} A_2|^2 \right] + |A_2|^2 \hat{G}_u \quad (9.11)$$

$$\dot{Y}_{cor} = \frac{[R_n Y_{cor} B_1 (1 + Y_{cor}^* A_1^*) + G_u A_1^* B_1 + \hat{R}_n \hat{Y}_{cor} B_2 (1 + \hat{Y}_{cor}^* A_2^*) + \hat{G}_u A_2^* B_2]}{\dot{R}_n} \quad (9.12)$$

$$\dot{G}_u = |B_1|^2 \left[G_u + R_n |Y_{cor}|^2 \right] + |B_2|^2 \left[\hat{G}_u + \hat{R}_n |\hat{Y}_{cor}|^2 \right] - \dot{R}_n |\hat{Y}_{cor}|^2 \quad (9.13)$$

Yukarıda verilen eşdeğer gürültü parametrelerine bağlı olarak, birleşik (toplam) devrenin optimum kaynak admitansı ve gürültü faktörünü elde etmemizi sağlayan bağıntıları aşağıdaki şekilde oluşturabiliriz:

$$\dot{Y}_{opt} = \sqrt{\frac{\dot{G}_n}{\dot{R}_n} + (\text{Re}\{\dot{Y}_{cor}\})^2} - j.\text{imag}\{\dot{Y}_{cor}\} \quad (9.14)$$

$$\dot{F}_{min} = 1 + 2\dot{R}_n \text{Re}(\dot{Y}_{cor} + \dot{Y}_{opt}) \quad (9.15)$$

Optimum kaynak empedansı da $\dot{Z}_{opt} = 1/\dot{Y}_{opt}$ bağıntısı ile elde edilir.

9.3 Paralel Geribesleme

Şekil 9.4'de gürültülü iki-kapılının paralel bağlantı modeli gösteriliyor. Farklı iki-kapılının gürültü kaynakları ilişkisiz oldukları varsayılarak, bir iki-kapılının girişindeki eşdeğer gürültü üreteçleri aşağıdaki bağıntılarla verilir:

$$I_n = I_1 - \frac{y_{11}}{y_{21}} V_n = -\frac{I_2}{y_{21}} \quad (9.16)$$

Birleşik iki kapılının Y matrisi,

$$\dot{Y} = Y + \hat{Y} \quad (9.17)$$

ve birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü akım kaynakları,

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_1 + \hat{I}_1 \\ \dot{I}_2 &= I_2 + \hat{I}_2 \end{aligned} \quad (9.18)$$

şeklinde ifade edilir. (9.16), (9.17) ve (9.18) bağıntıları kullanılarak, aşağıdaki denklemler türetilir:

$$\begin{aligned} \dot{V}_n &= V_n D_1 + \hat{V}_n D_2 \\ \dot{I}_n &= I_n + V_n E_1 + \hat{I}_n + \hat{V}_n E_2 \end{aligned} \quad (9.19)$$

burada

$$D_1 = \frac{y_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad E_1 = \frac{\hat{y}_{11}y_{21} - y_{11}\hat{y}_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad (9.20)$$

$$D_2 = \frac{\hat{y}_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad E_2 = \frac{y_{11}\hat{y}_{21} - \hat{y}_{11}y_{21}}{y_{21} + \hat{y}_{21}} \quad (9.21)$$

ile verilir. (9.2), (9.3), (9.4), (9.19), (9.20), (9.21) bağıntılarından yararlanarak, birleşik iki-kapılının eşdeğer gürültü parametreleri aşağıda şekilde elde edilir:

$$\dot{R}_n = R_n |D_1|^2 + \hat{R}_n |D_2|^2 \quad (9.22)$$

$$\dot{Y}_{\text{cor}} = \frac{R_n}{\dot{R}_n} D_1^* (Y_{\text{cor}} + E_1) + \frac{\hat{R}_n}{\dot{R}_n} D_2^* (\hat{Y}_{\text{cor}} + E_2) \quad (9.23)$$

$$\dot{G}_u = G_u + R_n \left[|E_1 + Y_{\text{cor}}|^2 \right] + \hat{G}_u + \hat{R}_n \left[|E_2 + \hat{Y}_{\text{cor}}|^2 \right] - \dot{R}_n |\dot{Y}_{\text{cor}}|^2 \quad (9.24)$$

(9.22), (9.23), (9.24) bağıntıları kullanılarak, (9.14) ve (9.15) bağıntıları yardımıyla birleşik(toplam) iki-kapılının optimum kaynak admitansı ve gürültü faktörü hesaplanabilir.

9.4 Tek Eleman Geribesleme

Çoğu pratik durumlarda tek elemanlı seri ve paralel geribesleme devrelerine çok sık rastlanır. İki-kapılı geribesleme devrelerinin Z ve Y parametreleri bu nedenle aşağıdaki gibi verilir:

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} Z_f & Z_f \\ Z_f & Z_f \end{bmatrix} \quad (9.25)$$

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

(9.25) ifadesine göre A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , D_1 , D_2 , E_1 , E_2 basitleştirilmiş şekilde aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$A_1 = Z_f \frac{z_{21} - z_{11}}{z_{21} + Z_f}, B_1 = \frac{z_{21}}{z_{21} + Z_f}$$

$$A_2 = -A_1, B_2 = \frac{Z_f}{z_{21} + Z_f} \quad (9.26)$$

$$D_1 = \frac{y_{21}}{y_{21} - Y_f}, E_1 = Y_f \frac{y_{21} + y_{11}}{y_{21} - Y_f}$$

$$D_2 = \frac{-Y_f}{y_{21} - Y_f}, E_2 = E_1$$

Seri geribeslemede $\hat{R}_n = 0, \hat{G}_u = \text{Re} \left(\frac{1}{Z_f} \right), \hat{Y}_{\text{cor}} = 0$ olduğu, paralel geri beslemede ise

$\hat{R}_n = \text{Re} \left(\frac{1}{Y_f} \right), \hat{G}_u = 0, \hat{Y}_{\text{cor}} = 0$ olduğu gösterilebilir. Şekil 9.5'de tek elemanlı

geribeslemeli iki-kapılının blok şeması görülmektedir.

9.4.1 Tek reaktans geribesleme

Tek elemanlı geribeslemelerde pratikte sıkça karşılaşılan bir durum da tek elemanın saf reaktans elemandan ibaret olmasıdır. Bu durumda, iki-kapılı geribesleme devresinin gürültü faktörü birdir, $\hat{R}_n$ ve $\hat{G}_u$ sifıra eşittir. Bundan dolayı seri ve paralel geribesleme için $\dot{R}_n$, $\dot{Y}_{cor}$ ve $\dot{G}_u$ aşağıda görüldüğü biçime dönüşür:

Serigeribesleme için,

$$\dot{R}_n = R_n \left[1 + |Y_{cor} A_1|^2 \right] + |A_1|^2 G_u \quad (9.27)$$

$$\dot{Y}_{cor} = \frac{R_n Y_{cor} B_1 (1 + Y_{cor}^* A_1^*) + G_u A_1^* B_1}{\dot{R}_n} \quad (9.28)$$

$$\dot{G}_u = |B_1|^2 \left[G_u + R_n |Y_{cor}|^2 \right] \quad (9.29)$$

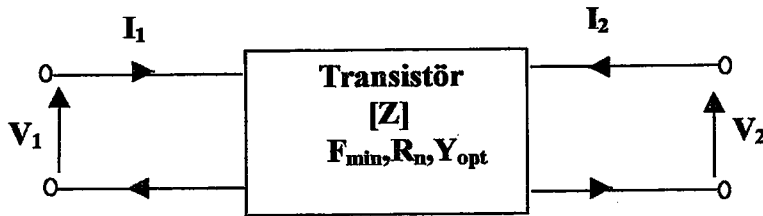
paralel geribesleme için,

$$\dot{R}_n = R_n |D_1|^2 \quad (9.30)$$

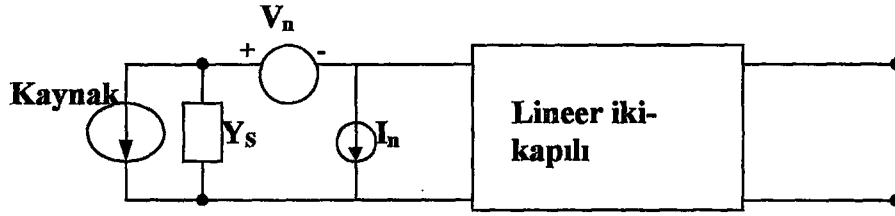
$$\dot{Y}_{cor} = \frac{R_n}{\dot{R}_n} D_1^* (Y_{cor} + E_1) \quad (9.31)$$

$$\dot{G}_u = G_u + R_n \left[|E_1 + Y_{cor}|^2 \right] - \dot{R}_n |\dot{Y}_{cor}|^2 \quad (9.32)$$

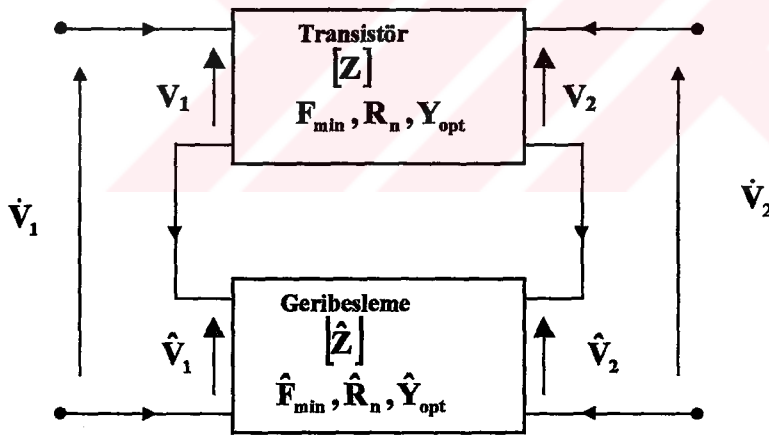
elde edilir. (9.14) ve (9.15) bağıntıları yardımıyla toplam iki kapılı devrenin optimum kaynak admitansı ve toplam gürültü faktörü bulunabilir.



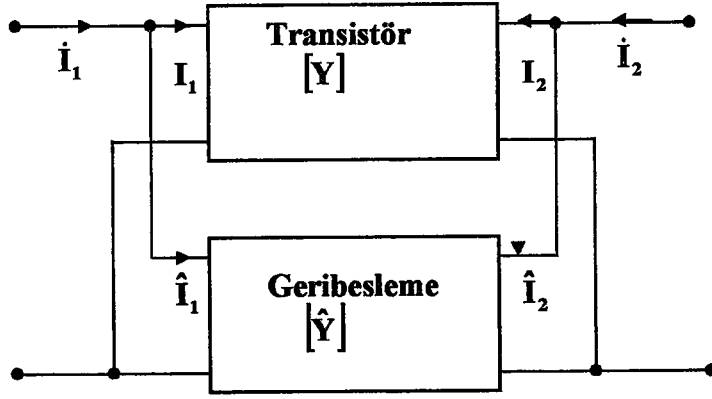
Şekil 9.1 Tipik geribeslemesiz iki-kapılı devre modeli



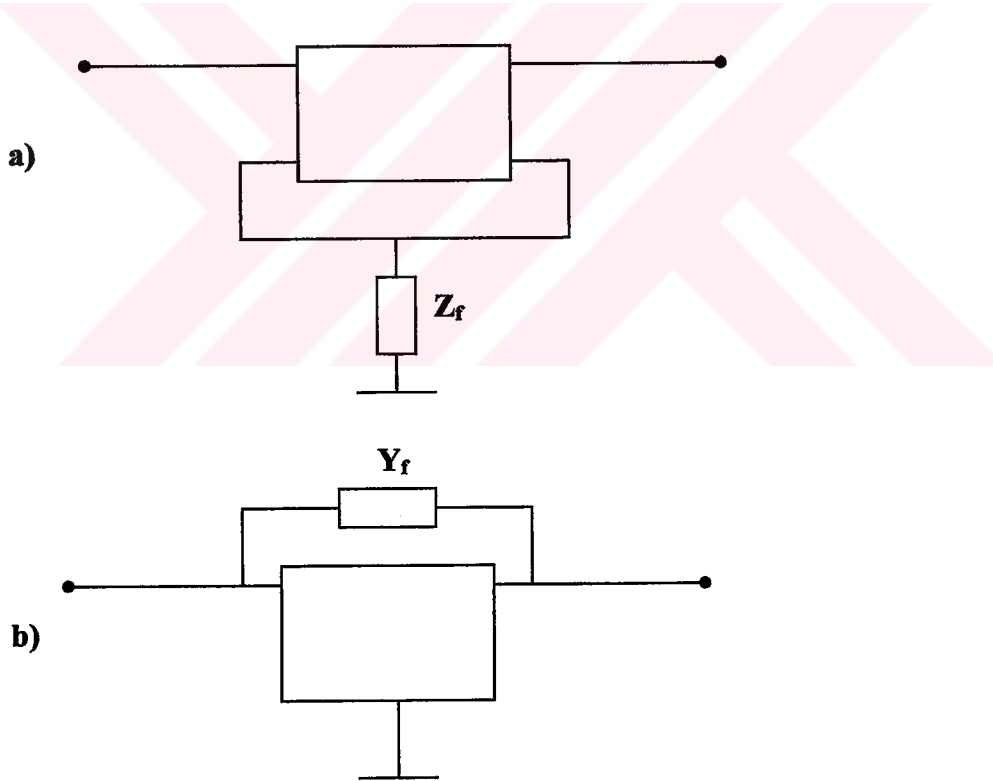
Şekil 9.2 Lineer iki-kapılı devrenin harici gürültü kaynaklardan oluşmuş eşdeğer gürültü modeli



Şekil 9.3 Genelleştirilmiş seri geribeslemeli iki-kapılı devre modeli



Şekil 9.4 Genelleştirilmiş paralel geribeslemeli iki-kapılı devre modeli

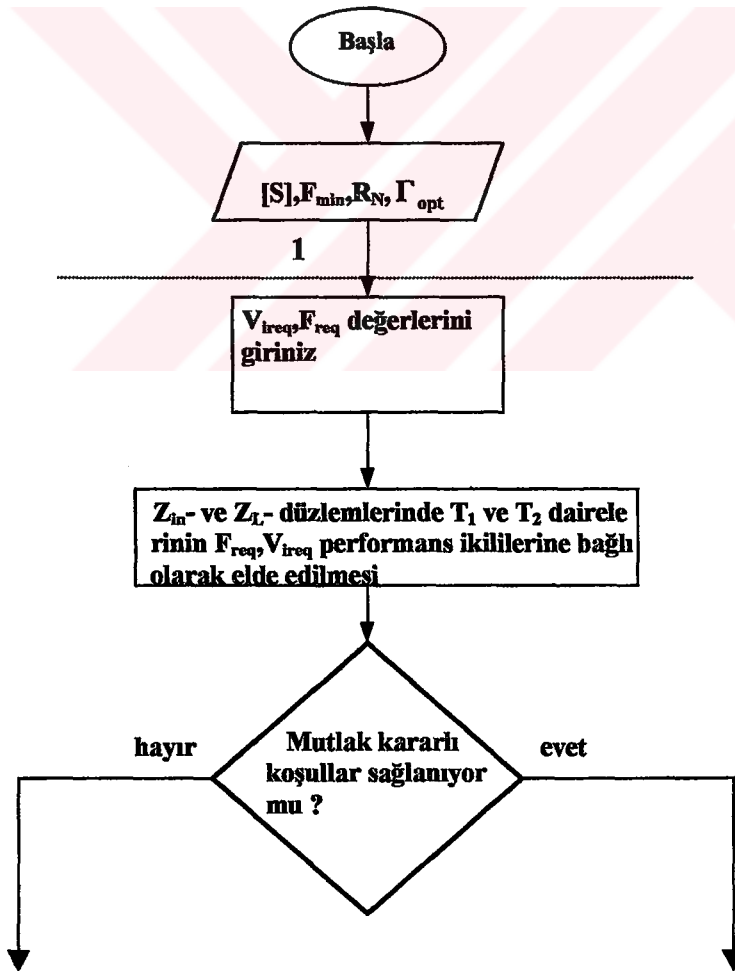


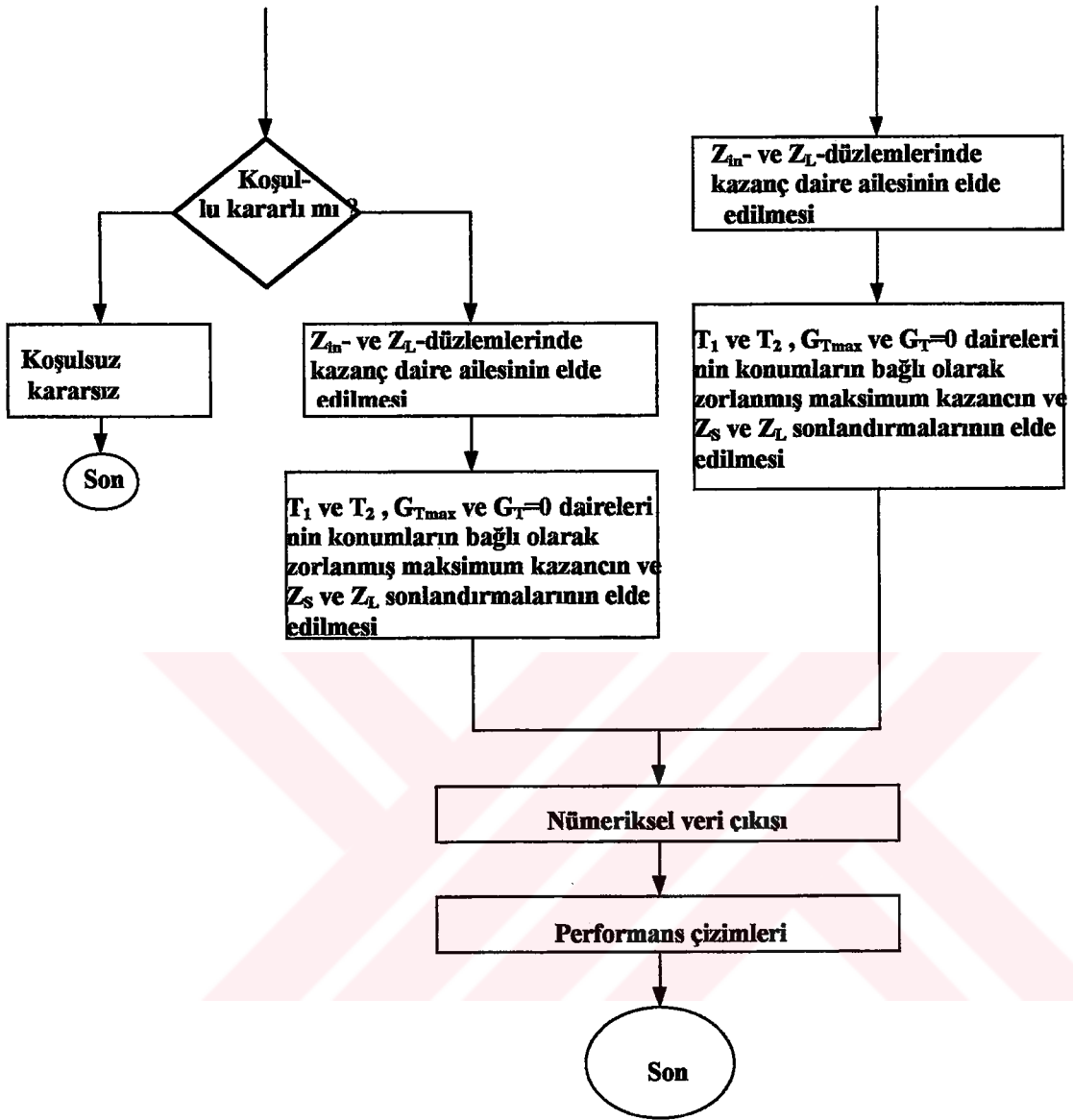
Şekil 9.5 Kayıpsız tek elemanlı geribeslemeli devre modeli a) seri b) paralel

10. ÖRNEK ÇALIŞMALAR ve SONUÇLAR

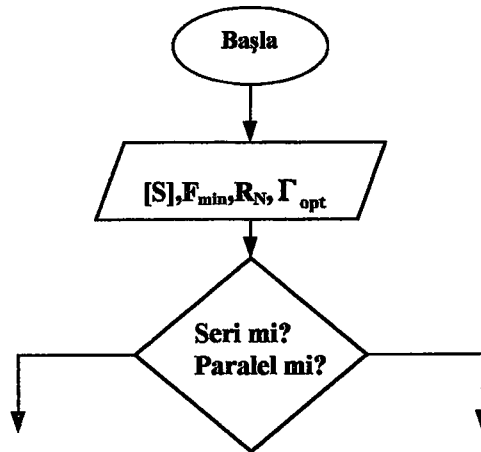
Yukarıda teorisini geliştirdiğimiz çalışmanın uygulamaya dönük olan tasarım çalışmaları çerçevesinde oluşturduğumuz bilgisayarla simülasyon işlemini MATLAB programı ile gerçekleştirdik. MATLAB programı, özellikle tasarım konfigürasyonunu ortaya çıkarmamızda sağladığı kolaylık, esnek ve modüler yapısı hedeflerimize başarıyla ulaşmamıza yardımcı olmuştur. Ayrıca programın ortaya çıkarılan geometrileri bit map ve meta file olarak depolama imkanı vermesi de bu geometrileri kolaylıkla işleme imkanı vermiştir. MATLAB ile gerçekleştirdiğimiz programın akış şeması Şekil 10.1’de gösterilmektedir. Bunun dışında yazdığımız programdan yararlanarak elde ettiğimiz sonuçlar ile ilgili grafiksel yorumlarla, kullandığımız transistöre dayanarak yapılan tasarımı optimum hale getirebiliriz.

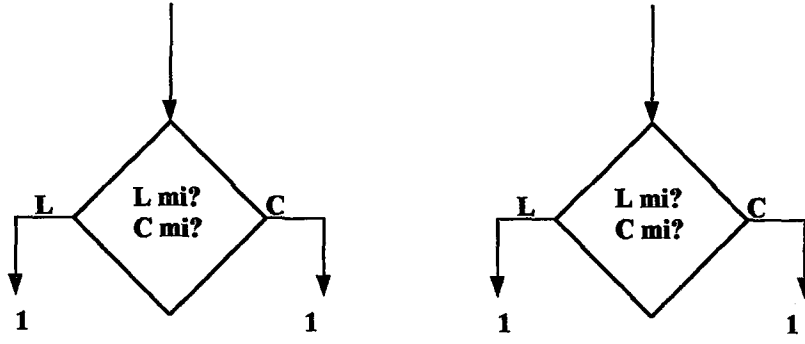
10.1 Bilgisayarla Simülasyon





Geribeslemeli iki-kapılının akış şeması ise aşağıdaki gibidir:





Şekil 10.1 Bilgisayar simülasyonunun akış şeması

Akış şeması 1 ' den itibaren geribeslemesiz akış şeması ile aynı şekilde devam eder.

Aşağıda MATLAB ile yazılan programın tamamı veriliyor:

% S-parametrelerinin z-parametrelerine dönüştürülmesi %

```
s11 = input('S11 Mutlak değerini giriniz. ');
o11 = input('S11 Argümanını giriniz. ');
O11 = o11*(pi/180); S11 = s11*exp(i*O11);
```

```
s12 = input('S12 Mutlak değerini giriniz. ');
o12 = input('S12 Argümanını giriniz. ');
O12 = o12*(pi/180); S12 = s12*exp(i*O12);
```

```
s21 = input('S21 Mutlak değerini giriniz. ');
o21 = input('S21 Argümanını giriniz. ');
O21 = o21*(pi/180); S21 = s21*exp(i*O21);
```

```
s22 = input('S22 Mutlak değerini giriniz. ');
o22 = input('S22 Argümanını giriniz. ');
O22 = o22*(pi/180); S22 = s22*exp(i*O22);
```

```
f=input('f değerini Hz cinsinden giriniz. ');
omega = 2*pi*f;
```

% Transistörün gürültü parametrelerinin girilmesi %

```
G = input('Gamaopt Mutlak değerini giriniz. ');
G1= input('Gamaopt Argümanını giriniz. ');
G2 = G1*(pi/180);
Gamaopt = G*exp(i*G2);
FmindB = input('Fmin değerini giriniz. ');
Fmin = 10^(FmindB*0.1);
Rn = input('Rn değerini giriniz. ');
```

% Zo Değeri 50ohm olarak alınmıştır.%

Z01 = 50; Z02 = 50 ;

R01 = real(Z01); R02 = real(Z02);

deltas = ((1-S11)*(1-S22)-S12*S21)

Z11 = ((1+S11)*(1-S22)+S12*S21)/deltas

Z12 = (2*S12)/deltas

Z21 = (2*S21)/deltas

Z22 = ((1+S22)*(1-S11)+S12*S21)/deltas

p = input('Seri geribesleme devresi için sıfır, paralel geribesleme devresi için bir giriniz. ');

if p == 0

q = input(' Endüktans için sıfır değerini, kapasitans için bir değerini giriniz. ');

if q == 0

t = 0

L = input(' Endüktans değerini Henry olarak giriniz. ');

Xseri = omega * L;

elseif q == 1

t = 0

c = input('Kapasitans değerini Farad olarak giriniz. ');

Xseri = -1/(omega * c);

else

t = 1;

end;

while t==1,

fprintf('Yanlış değer girdiniz %f\n', q);

q = input(' Endüktans için sıfır değerini, kapasitans için bir değerini giriniz. ');

if q == 0

t = 0

L = input(' Endüktans değerini Henry olarak giriniz. ');

Xseri = omega * L;

elseif q == 1

t = 0

c = input('Kapasitans değerini Farad olarak giriniz. ');

Xseri = -1/(omega * c);

else

t = 1;

end;

```

end;

Z11g = i * Xseri; Z12g = i * Xseri ; Z21g = i * Xseri; Z22g = i * Xseri

% İki-kapılının eşdeğer z-parametreleri %

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

% Zopt Hesaplanması%

Zopt = ((1 + Gamaopt) / (1 - Gamaopt));
Zoptm = abs(Zopt); Zopta = angle(Zopt);
Ropt = real(Zopt); Xopt = imag(Zopt);

%(F(dB), Vi) taleplerinin girilmesi %

Vi = input(' Vi Değerini Giriniz ');

% Giriş yansıtma katsayısının modülünün hesaplanması %

Rmod = (Vi - 1) / (Vi + 1); C = 1 - (Rmod^2);
FdB = input(' FdB Değerini Giriniz ');
F = 10^(FdB * 0.1);

% Transistörün teorik gürültü parametrelerinin hesaplanması %

Yopt = 1 / Zopt;
Ycor = ((Fmin - 1) / (2 * Rn)) - Yopt;
Gu = ((Fmin - 1) * real(Yopt)) - (((Fmin - 1)^2) / (4 * Rn));

% Geribeslemeli iki-kapılının teorik gürültü parametrelerinin hesaplanması%

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)));

% İki-kapılının ölçülebilen eşdeğer gürültü parametrelerinin hesaplanması%

Yoptt = sqrt((Gut / Rnt) + (real(Yct))^2 - (i * 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);

```

% Gürültü dairelerinin merkez fazörü ve yarıçapının hesaplanması %

```
N = ((F - Fmin)*(Zoptm^2)) / (2*Rn);  
Rcn = Ropt + N; Xcn = Xopt;  
rn = sqrt(N*(N + 2*Ropt));  
U = (1 + Rmod^2) / C; V = 2*Rmod / C;
```

```
Rct1 = Rcn*U + rn*V; Xct1 = -Xopt;  
Zct1 = Rct1 + i*Xct1;  
Zct1m = abs(Zct1); Zct1a = angle(Zct1);  
rt1 = sqrt((Zct1m^2) - (Zoptm^2));
```

```
Rct2 = Rcn*U - rn*V; Xct2 = -Xopt;  
Zct2 = Rct2 + i*Xct2;  
Zct2m = abs(Zct2); Zct2a = angle(Zct2);  
rt2 = sqrt((Zct2m^2) - (Zoptm^2));
```

% Yük düzleminde T1 ve T2 dairelerinin elde edilmesi % % (ZctL1 ; rtL1) ve (ZctL2 ; rtL2)'nin hesaplanması %

```
delta = Z11*Z22 - Z12*Z21;  
AtL1 = Z11 - Zct1; BtL1 = delta - Z22*Zct1;  
payt1 = abs(BtL1)^2 - (rt1*abs(Z22))^2;  
paydat1 = (abs(AtL1)^2) - (rt1^2);  
ZctL1 = -((conj(AtL1)*BtL1) - (rt1^2*Z22))/(paydat1);  
rtL1 = sqrt(abs(ZctL1)^2 - (payt1 / paydat1));
```

```
AtL2 = Z11 - Zct2; BtL2 = delta - Z22*Zct2;  
payt2 = abs(BtL2)^2 - (rt2*abs(Z22))^2;  
paydat2 = (abs(AtL2)^2) - (rt2^2);
```

```
ZctL2 = -((conj(AtL2)*BtL2) - (rt2^2*Z22))/(paydat2);  
rtL2 = sqrt(abs(ZctL2)^2 - (payt2 / paydat2));
```

% Dairelerin Çizimi %

```
th = 0:2*pi/100:2*pi;  
ZL1 = ZctL1 + rtL1*exp(i*th);  
RL1 = real(ZL1);  
XL1 = imag(ZL1);
```

```
ZL2 = ZctL2 + rtL2*exp(i*th);  
RL2 = real(ZL2);  
XL2 = imag(ZL2);
```

% Giriş düzleminde T1 ve T2 dairelerinin çizimi%

```
Zi1 = Zct1 + rt1*exp(i*th);  
Zi2 = Zct2 + rt2*exp(i*th);  
Ri1 = real(Zi1);Xi1 = imag(Zi1);  
Ri2 = real(Zi2);Xi2 = imag(Zi2);
```

% Kararlılık dairesinin belirlenmesi %

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

```
Z = Z12*Z21;R=real(Z);X = imag(Z);  
Q = 2*R11*R22 - R  
ita = Q/abs(Z);
```

```
if R11>0 & R22>0 & ita>1
```

%Koşullu kararlılık analizi. İlkönce giriş ve yük kararlılık düzlemlerinde eşlenik kaynak kararlılık %

%dairelerinin elde edilmesi ve GTMAX değerinin hesaplanması %

```
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*th);Ri3 = real(Zi3);Xi3 = imag(Zi3);
```

%Giriş kararlılık dairesinin elde edilmesi(ZCINPUT = -RCS - i*XCS;rINPUT =rs)%

```
ZCINPUT = -RCS - i*XCS;  
Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*th); Ri5 = real(Zi5);Xi5 = imag(Zi5);
```

```
AS = Z11 - ZCSC ;BS = delta - Z22*ZCSC;  
PAYS = (abs(BS))^2 - (rs * abs(Z22))^2;  
PAYDAS = ((abs(AS))^2) - (rs^2) ;
```

```
ZCSL = -((conj(AS)*BS)-(rs^2)*Z22)/(PAYDAS); rsL=sqrt(abs(ZCSL)^2 -  
(PAYS/PAYDAS));
```

```
ZL3 = ZCSL + rsL * exp(i*th);RL3 =real(ZL3);XL3 = imag(ZL3);
```

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

%Yük kararlılık dairesinin elde edilmesi (RCLOAD,XCLOAD;rLOAD) %

```
RCLOAD = -(2*R11*R22-R)/(2*R11);XCLOAD = -(2*X22*R11-X)/(2*R11);
ZCLOAD = RCLOAD + i*XCLOAD;rLOAD = abs(Z)/(2*R11);
ZL5 = ZCLOAD + rLOAD * exp(i*th);RL5 = real(ZL5);XL5 = imag(ZL5);
```

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

```
%PL(k) = ((abs(Z21))^2*C)/ (((k-1)*GTMAX)/3);
%RCGL(k) = (PL(k) - Q)/(2*R11);XCGL = (X - 2*R11*X22)/(2*R11);
%rgL(k) = sqrt(PL(k)^2 - 2*Q*PL(k) + (abs(Z))^2)/(2*R11);
%ZCGL(k) = RCGL(k) + i*XCGL;%
```

```
AG(k) = Z11 - ZCG(k);BG(k) = delta - Z22*ZCG(k);
PAYDAG(k) = (abs(AG(k))^2-rg(k)^2);
ZCGL(k) = -((conj(AG(k))*BG(k)-(rg(k))^2*Z22))/PAYDAG(k);
rgL(k) = sqrt(abs(ZCGL(k))^2-((abs(BG(k))^2-
((rg(k))*abs(Z22))^2)/PAYDAG(k)));
```

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

```
ZCGL1 = ZCGL(1);ZCGL2 = ZCGL(2);ZCGL3 = ZCGL(3);ZCGL4 =
ZCGL(4);ZCGL5 = ZCGL(5);ZCGL6 = ZCGL(6); rgL1 = rgL(1);rgL2 = rgL(2);rgL3 =
rgL(3);rgL4 = rgL(4);rgL5 = rgL(5);rgL6 = rgL(6);
```

```
ZL41 = ZCGL1 + rgL1 * exp(i*th);RL41 = real(ZL41);XL41 = imag(ZL41);
ZL42 = ZCGL2 + rgL2 * exp(i*th);RL42 = real(ZL42);XL42 = imag(ZL42);
ZL43 = ZCGL3 + rgL3 * exp(i*th);RL43 = real(ZL43);XL43 = imag(ZL43);
ZL44 = ZCGL4 + rgL4 * exp(i*th);RL44 = real(ZL44);XL44 = imag(ZL44);
ZL45 = ZCGL5 + rgL5 * exp(i*th);RL45 = real(ZL45);XL45 = imag(ZL45);
ZL46 = ZCGL6 + rgL6 * exp(i*th);RL46 = real(ZL46);XL46 = imag(ZL46);
```

```
plot(Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-',Ri3,Xi3,'c-',Ri41,Xi41,'r-',Ri42,Xi42,'g-
.',Ri43,Xi43,'b-',Ri44,Xi44,'k-',Ri45,Xi45,'r-',Ri5,Xi5),...
xlabel('Re{Zin}'),ylabel('Imaj{Zin}'),grid,...
```

```
figure,plot(RL1,XL1,'m-',RL2,XL2,'m-',RL3,XL3,'c-',RL42,XL42,'g-
.',RL43,XL43,'b-',RL44,XL44,'k-',RL45,XL45,'r-',RL5,XL5,'b-'),...
xlabel('Re{ZL}'),ylabel('Imaj{ZL}'),grid,...
```

```
Rcgmax=sqrt(Q^2-abs(Z)^2)/(2*R22);Xcg=XCG;Zcgmax=Rcgmax+i*Xcg
```

```
if abs(Zcgmax-Zct1)>rt1
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 1')
    Xcg=XCG;
    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;
    GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    P=abs(Z12)^2*GTMC/C;Rcg=(Q-P)/(2*R22);
    rg=sqrt(P^2-2*P*Q+abs(Z)^2)/(2*R22);
    Zcg=Rcg+i*Xcg
    Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
    Zl=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;
```

```
elseif abs(Zcgmax-Zct1)== rt1
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 2');
    GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
    Zi=Zcgmax;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
```

```

Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv)) + ((rv*Zcn)/(rv+rn));
ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

elseif abs(Zcgmax-Zct1)<rt1 & abs(Zcgmax-Zct2)>rt2
fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 3');
GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
Zi=Zcgmax;
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt);
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);
A=(Rcn-Rcv)/(Xcv-Xcn);B=(abs(Zi)^2-abs(Zopt)^2)/(2*(Xcv-Xcn));
K=(Rcn+A*Xcn-A*B)/(1+A^2);D=(B^2+abs(Zopt)^2-
2*Xcn*B)/(1+A^2);
Rs1=K+sqrt(K^2-D);Rs2=K-sqrt(K^2-
D);Xs1=A*Rs1+B;Xs2=A*Rs2+B;
Xs1=Xs2;Zs1=Rs1+i*Xs1;Zs2=Rs2+i*Xs2;
fprintf('ZS1 ve ZS2 değerleri var ');
ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS1=50*Zs1;ZS2=50*Zs2;ZS=ZS1;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

elseif abs(Zcgmax-Zct2)<rt2
fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 5');
Xcg=XCG;
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;
GTMC1=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
GTMC2=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
if GTMC1>GTMC2
GTMC=GTMC1;GTmC=GTMC2
else GTMC2>GTMC1
GTMC=GTMC2;GTmC=GTMC1
end;
P=abs(Z12)^2*GTMC/C;Rcg=(Q-P)/(2*R22);
rg=sqrt(P^2-2*P*Q+abs(Z)^2)/(2*R22);
Zcg=Rcg+i*Xcg
Zi=((rg*Zct2)/(-rt2+rg))-((rt2*Zcg)/(-rt2+rg));
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;

```



```

rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
if rn>rv
    Zs=((rn*Zcv)/(rn-rv)) - ((rv*Zcn)/(rn-rv));
else rn<rv
    Zs=((rv*Zcn)/(rv-rn)) - ((rn*Zcv)/(rv-rn));
end;
ZI=50*Zi;ZL=50*Zi;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTmC);

else abs(Zcgmax-Zct2)==rt2
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 4');
    GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
    Zi=Zcgmax;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    if rn>rv
        Zs=((rn*Zcv)/(rn-rv)) - ((rv*Zcn)/(rn-rv));
    else rn<=rv
        Zs=((rv*Zcn)/(rv-rn)) - ((rn*Zcv)/(rv-rn));
    end;
    ZI=50*Zi;ZL=50*Zi;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTmC);

end;

```

elseif R11>0 & R22>0 & ita>0 & ita<1

%Koşullu kararlılık analizi. İlkönce giriş ve yük kararlılık düzlemlerinde eşlenik kaynak kararlılık %

%dairelerinin elde edilmesi ve GTMAX değerinin hesaplanması %

```

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*th);Ri3 = real(Zi3);Xi3 = imag(Zi3);

```

%Giriş kararlılık dairesinin elde edilmesi(ZCINPUT = -RCS - i*XCS;rINPUT =rs)%

```

ZCINPUT = -RCS - i*XCS;
Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*th); Ri5 = real(Zi5);Xi5 = imag(Zi5);

```

```

AS = Z11 - ZCSC ;BS = delta - Z22*ZCSC;
PAYS = (abs(BS))^2 - (rs * abs(Z22))^2
PAYDAS = ((abs(AS))^2) - (rs^2) ;

```

$ZCSL = -((\text{conj}(AS)*BS) - (rs^2)*Z22)/(PAYDAS);$ $rsL = \sqrt{\text{abs}(ZCSL)^2 - (PAYS/PAYDAS)}$;
 $ZL3 = ZCSL + rsL * \exp(i*th); RL3 = \text{real}(ZL3); XL3 = \text{imag}(ZL3);$
 $GTMAX = 2*C*Q/(\text{abs}(Z12)^2);$

%Yük kararlılık dairesinin elde edilmesi (RCLOAD,XCLOAD;rLOAD) %

$RCLOAD = -(2*R11*R22-R)/(2*R11); XCLOAD = -(2*X22*R11-X)/(2*R11);$
 $ZCLOAD = RCLOAD + i*XCLOAD; rLOAD = \text{abs}(Z)/(2*R11);$
 $ZL5 = ZCLOAD + rLOAD * \exp(i*th); RL5 = \text{real}(ZL5); XL5 = \text{imag}(ZL5);$

% Giriş ve yük düzlemlerinde kazanç dairelerinin elde edilmesi %

for k = 1:6
 $COEFS = (\text{abs}(Z12)^2)/(2*R22*C)$
 $y(k) = (k-1)*(GTMAX/5);$
 $S(k) = y(k)*COEFS;$
 $RCG(k) = -(RCS + S(k)) ; XCG = -XCS; rg(k) = \sqrt{rs^2 + 2*S(k)*RCS + S(k)^2};$
 $ZCG(k) = RCG(k) + i*XCG;$

 $\%PL(k) = ((\text{abs}(Z21))^2*C)/(((k-1)*GTMAX)/3);$
 $\%RCGL(k) = (PL(k) - Q)/(2*R11); XCGL = (X - 2*R11*X22)/(2*R11);$
 $\%rgL(k) = \sqrt{PL(k)^2 - 2*Q*PL(k) + (\text{abs}(Z))^2/(2*R11)};$
 $\%ZCGL(k) = RCGL(k) + i*XCGL; \%$

 $AG(k) = Z11 - ZCG(k); BG(k) = \text{delta} - Z22*ZCG(k);$
 $PAYDAG(k) = (\text{abs}(AG(k))^2 - rg(k)^2);$
 $ZCGL(k) = -((\text{conj}(AG(k))*BG(k) - (rg(k))^2*Z22))/PAYDAG(k);$
 $rgL(k) = \sqrt{\text{abs}(ZCGL(k))^2 - ((\text{abs}(BG(k))^2 - ((rg(k))*\text{abs}(Z22))^2)/PAYDAG(k))};$

 end;

$ZCG1 = ZCG(1); ZCG2 = ZCG(2); ZCG3 = ZCG(3); ZCG4 = ZCG(4); ZCG5 = ZCG(5); ZCG6 = ZCG(6);$
 $rg1 = rg(1); rg2 = rg(2); rg3 = rg(3); rg4 = rg(4); rg5 = rg(5); rg6 = rg(6);$
 $Zi41 = ZCG1 + rg1 * \exp(i*th);$
 $Ri41 = \text{real}(Zi41); Xi41 = \text{imag}(Zi41);$
 $Zi42 = ZCG2 + rg2 * \exp(i*th);$
 $Ri42 = \text{real}(Zi42); Xi42 = \text{imag}(Zi42);$
 $Zi43 = ZCG3 + rg3 * \exp(i*th);$
 $Ri43 = \text{real}(Zi43); Xi43 = \text{imag}(Zi43);$
 $Zi44 = ZCG4 + rg4 * \exp(i*th);$
 $Ri44 = \text{real}(Zi44);$
 $Xi44 = \text{imag}(Zi44);$
 $Zi45 = ZCG5 + rg5 * \exp(i*th);$

```

Ri45 = real(Zi45);
Xi45 = imag(Zi45);
Zi46 = ZCG6 + rg6 * exp(i*th);
Ri46 = real(Zi46);
Xi46 = imag(Zi46);

```

```

ZCGL1 = ZCGL(1);ZCGL2 = ZCGL(2);ZCGL3 = ZCGL(3);ZCGL4 =
ZCGL(4);ZCGL5 = ZCGL(5);ZCGL6 = ZCGL(6);rgL1 = rgL(1);rgL2 = rgL(2);rgL3 =
rgL(3);rgL4 = rgL(4);rgL5 = rgL(5);rgL6 = rgL(6);

```

```

ZL41 = ZCGL1 + rgL1 * exp(i*th);RL41 = real(ZL41);XL41 = imag(ZL41);
ZL42 = ZCGL2 + rgL2 * exp(i*th);RL42 = real(ZL42);XL42 = imag(ZL42);
ZL43 = ZCGL3 + rgL3 * exp(i*th);RL43 = real(ZL43);XL43 = imag(ZL43);
ZL44 = ZCGL4 + rgL4 * exp(i*th);RL44 = real(ZL44);XL44 = imag(ZL44);
ZL45 = ZCGL5 + rgL5 * exp(i*th);RL45 = real(ZL45);XL45 = imag(ZL45);
ZL46 = ZCGL6 + rgL6 * exp(i*th);RL46 = real(ZL46);XL46 = imag(ZL46);

```

```

plot(Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-',Ri3,Xi3,'c-',Ri41,Xi41,'r-',Ri42,Xi42,'g-
.',Ri43,Xi43,'b-',Ri44,Xi44,'k-',Ri45,Xi45,'r-',Ri46,Xi46,'r-',Ri5,Xi5,'b'),...
      xlabel('Re{Zin}'),ylabel('İmaj{Zin}'),grid,...
figure,plot(RL1,XL1,'m-',RL2,XL2,'m-',RL3,XL3,'c-',RL42,XL42,'g-
.',RL43,XL43,'b-',RL44,XL44,'k-',RL45,XL45,'r-',RL46,XL46,'r-',RL5,XL5,'b-'),...
      xlabel('Re{ZL}'),ylabel('İmaj{ZL}'),grid,...

```

```

if abs(ZCINPUT-Zct1)>=(rs+rt1)
    fprintf('Fiziksel çözüm yok')

```

```

elseif abs(ZCSC-Zct1)>(rs+rt1) & abs(ZCINPUT-Zct1)<(rs+rt1)
    Xcg=XCG;
    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;
    GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/((abs(Z12))^2*(1-F^2));
    S=(abs(Z12)^2*GTMC)/(2*R22*C);Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    Rcg=-(Rcs+S);Xcg=-Xcs;rg=sqrt(S^2+2*S*Rcs+rs^2);
    Zcg=Rcg+i*Xcg
    Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Zs=((m*Zcv)/(rn+rv)) + ((rv*Zcn)/(rv+rn));

```

ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

```
elseif abs(Zct1-ZCINPUT)<abs(rs+rt1) & abs(Zct1-ZCSC)>rs+rt1
    Xcg=XCG;
    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;
    GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/((abs(Z12))^2*(1-F^2));
    GTMCm=C*((Q+E*F)+sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/((abs(Z12))^2*(1-F^2));
    S=(abs(Z12)^2*GTMC)/(2*R22*C);Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    Rcg=-(Rcs+S);Xcg=-Xcs;rg=sqrt(S^2+2*S*Rcs+rs^2);
    Zcg=Rcg+i*Xcg
    Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
    ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTMCm);
```

```
elseif abs(ZCSC-Zct1)<rs+rt1 & abs(ZCSC-Zct2)>rs+rt2
    GTMC=GTMAX;Zm=abs(ZCSC)^2-rs^2;
    Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    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=K+sqrt(K^2-D);Xi=A*Ri+B;
    Zi=Ri+i*Xi;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);
    Zcn=Rcn+i*Xcn;Zcv=Rcv+i*Xcv;
    Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
    ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);
    GTm=1;
```

```
else abs(ZCSC-Zct2)<rs+rt2
    GTMC=GTMAX;Zm=abs(ZCSC)^2-rs^2;
    Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    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=K+sqrt(K^2-D);Xi=A*Ri+B;
        Zi=Ri+i*Xi;
        Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
        Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);
        Zcn=Rcn+i*Xcn;Zcv=Rcv+i*Xcv;
        Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn))
        Zl=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
        GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

    end;

else

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

end;

%PARALEL GERİBESLEME%
elseif p==1

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

q = input(' Endüktans için sıfır değerini,kapasitans için bir değerini giriniz. ');
if q == 0
    t=0
    L = input(' Endüktans değerini Henry olarak giriniz. ');
    Xpara = omega * L;Ypara = 1/Xpara;

elseif q == 1
    t=0;
    c = input('Kapasitans değerini Farad olarak giriniz. ');
    Xpara = -1/(omega* c);Ypara = -1/Xpara;

else
    t=1
end;
while t==1,
    fprintf('Yanlış değer girdiniz %f\n', q);
q = input(' Endüktans için sıfır değerini,kapasitans için bir değerini giriniz. ');
if q == 0
    t=0
    L = input(' Endüktans değerini Henry olarak giriniz. ');
    Xpara = omega * L;Ypara = 1/Xpara;

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

```

```

Xpara = -1/(omega* c); Ypara = -1/Xpara;

else
    t=1
end;
end;

Z = i * Xpara;
Y11g = 1/Z; Y12g = -1/Z; Y21g = Y12g; Y22g = Y11g;

% İki-kapılının eşdeğer z-parametreleri %

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;

% Zopt Hesaplanması%

Zopt = ((1+Gamaopt))/(1-Gamaopt);
Zoptm = abs(Zopt); Zopta = angle(Zopt);
Ropt = real(Zopt); Xopt = imag(Zopt);

% (F(dB),Vi) taleplerinin girilmesi %

Vi = input(' Vi Değerini Giriniz ');

% Giriş yansıtma katsayısının modülünün hesaplanması %

Rmod = (Vi - 1)/(Vi + 1); C = 1-(Rmod^2);
FdB = input(' FdB Değerini Giriniz ');
F = 10^(FdB*0.1);

%Transistörün teorik gürültü parametreleri %

Yopt = 1/Zopt;
Ycor = ((Fmin - 1)/(2*Rn)) - Yopt ;
Gu = ((Fmin - 1)*real(Yopt))-(((Fmin - 1)^2)/(4*Rn)) ;

% Geribeslemeli iki-kapılının teorik gürültü parametreleri%

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

```

% İki-kapılının ölçülebilen eşdeğer gürültü parametrelerinin hesaplanması%

```
Yoptt = sqrt((Gut/Rnt) + (real(Yct))^2 - (i* 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);
```

% Yük empedans düzleminde T1 ve T2 dairelerinin elde edilmesi %

% Gürültü dairelerinin merkez fazörü ve yarıçapının hesaplanması %

```
N = ((F - Fmin)*(Zoptm^2)) / (2*Rn);  
Rcn = Ropt + N ; Xcn = Xopt;  
rn = sqrt(N*(N + 2*Ropt));  
U = (1 + Rmod^2) / C; V = 2*Rmod / C;  
Rct1 = Rcn*U + rn*V; Xct1 = -Xopt;  
Zct1 = Rct1 + i*Xct1;  
Zct1m = abs(Zct1); Zct1a = angle(Zct1);  
rt1 = sqrt((Zct1m^2) - (Zoptm^2));
```

```
Rct2 = Rcn*U - rn*V; Xct2 = -Xopt;  
Zct2 = Rct2 + i*Xct2;  
Zct2m = abs(Zct2); Zct2a = angle(Zct2);  
rt2 = sqrt((Zct2m^2) - (Zoptm^2));
```

% (ZctL1 ; rtL1) ve (ZctL2 ; rtL2)'nin hesaplanması %

```
delta = Z11*Z22 - Z12*Z21 ;  
AtL1 = Z11-Zct1 ; BtL1 = delta-Z22*Zct1;  
payt1 = abs(BtL1)^2- (rt1*abs(Z22))^2  
paydat1 = (abs(AtL1)^2) - (rt1^2);
```

```
ZctL1 = -((conj(AtL1)*BtL1) - (rt1^2*Z22))/(paydat1)  
rtL1 = sqrt(abs(ZctL1)^2 - (payt1 / paydat1));
```

```
AtL2 = Z11-Zct2 ; BtL2 = delta-Z22*Zct2;  
payt2 = abs(BtL2)^2-(rt2*abs(Z22))^2;  
paydat2 = (abs(AtL2)^2) - (rt2^2);
```

```
ZctL2 = -((conj(AtL2)*BtL2) - (rt2^2*Z22))/ (paydat2);  
rtL2 = sqrt(abs(ZctL2)^2 - (payt2 / paydat2));
```

% Dairelerin Çizimi %

```
th = 0:2*pi/100:2*pi;  
ZL1 = ZctL1 + rtL1*exp(i*th);
```

```
RL1 = real(ZL1);
XL1 = imag(ZL1);
```

```
ZL2 = ZctL2 + rtL2*exp(i*th);
RL2 = real(ZL2);
XL2 = imag(ZL2);
```

% Giriş düzleminde T1 ve T2 dairelerinin çizimi%

```
Zi1 = Zct1 + rt1*exp(i*th);
Zi2 = Zct2 + rt2*exp(i*th);
Ri1 = real(Zi1);Xi1 = imag(Zi1);
Ri2 = real(Zi2);Xi2 = imag(Zi2);
```

% Kararlılık durumlarının belirlenmesi %

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

```
Z = Z12*Z21;R=real(Z);X = imag(Z);
Q = 2*R11*R22 - R
ita = Q/abs(Z);
```

```
if R11>0 & R22>0 & ita>1
```

%Koşullu kararlılık analizi. İlkönce giriş ve yük kararlılık düzlemlerinde eşlenik kaynak kararlılık %

%dairelerinin elde edilmesi ve GTMAX değerinin hesaplanması %

```
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*th);Ri3 = real(Zi3);Xi3 = imag(Zi3);
```

%Giriş kararlılık dairesinin elde edilmesi(ZCINPUT = -RCS - i*XCS;rINPUT =rs)%

```
ZCINPUT = -RCS - i*XCS;
Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*th); Ri5 = real(Zi5);Xi5 = imag(Zi5);
AS = Z11 - ZCSC ;BS = delta - Z22*ZCSC;
PAYS = (abs(BS))^2 - (rs * abs(Z22))^2
PAYDAS = ((abs(AS))^2) - (rs^2) ;
```

```
ZCSL = -((conj(AS)*BS)-(rs^2)*Z22)/(PAYDAS); rsL=sqrt(abs(ZCSL)^2 - (PAYS/PAYDAS));
```


ZL3 = ZCSL + rsL * exp(i*th);RL3 =real(ZL3);XL3 = imag(ZL3);

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

%Yük kararlılık dairesinin elde edilmesi (RCLOAD,XCLOAD;rLOAD) %

RCLOAD = -(2*R11*R22-R)/(2*R11);XCLOAD = -(2*X22*R11-X)/(2*R11);
ZCLOAD = RCLOAD + i*XCLOAD;rLOAD = abs(Z)/(2*R11);
ZL5 = ZCLOAD + rLOAD * exp(i*th);RL5 = real(ZL5);XL5 = imag(ZL5);

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

%PL(k) = ((abs(Z21))^2*C)/ (((k-1)*GTMAX)/3);
%RCGL(k) = (PL(k) - Q)/(2*R11);XCGL = (X - 2*R11*X22)/(2*R11);
%rgL(k) = sqrt(PL(k)^2 - 2*Q*PL(k) + (abs(Z))^2)/(2*R11);
%ZCGL(k) = RCGL(k) + i*XCGL;%

AG(k) = Z11 - ZCG(k);BG(k) = delta - Z22*ZCG(k);
PAYDAG(k) = (abs(AG(k))^2-rg(k)^2);
ZCGL(k) = -((conj(AG(k))*BG(k)-(rg(k))^2*Z22))/PAYDAG(k);
rgL(k) = sqrt(abs(ZCGL(k))^2-((abs(BG(k))^2-
((rg(k))*abs(Z22))^2)/PAYDAG(k)));

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

```
Ri46 = real(Zi46);
Xi46 = imag(Zi46);
```

```
ZCGL1 = ZCGL(1);ZCGL2 = ZCGL(2);ZCGL3 = ZCGL(3);ZCGL4 =
ZCGL(4);ZCGL5 = ZCGL(5);ZCGL6 = ZCGL(6); rgL1 = rgL(1);rgL2 = rgL(2);rgL3 =
rgL(3);rgL4 = rgL(4);rgL5 = rgL(5);rgL6 = rgL(6);
```

```
ZL41 = ZCGL1 + rgL1 * exp(i*th);RL41 = real(ZL41);XL41 = imag(ZL41);
ZL42 = ZCGL2 + rgL2 * exp(i*th);RL42 = real(ZL42);XL42 = imag(ZL42);
ZL43 = ZCGL3 + rgL3 * exp(i*th);RL43 = real(ZL43);XL43 = imag(ZL43);
ZL44 = ZCGL4 + rgL4 * exp(i*th);RL44 = real(ZL44);XL44 = imag(ZL44);
ZL45 = ZCGL5 + rgL5 * exp(i*th);RL45 = real(ZL45);XL45 = imag(ZL45);
ZL46 = ZCGL6 + rgL6 * exp(i*th);RL46 = real(ZL46);XL46 = imag(ZL46);
```

```
plot(Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-',Ri3,Xi3,'c-',Ri41,Xi41,'r-',Ri42,Xi42,'g-
',Ri43,Xi43,'b-',Ri44,Xi44,'k-',Ri45,Xi45,Ri46,Xi46,Ri5,Xi5),...
xlabel('Re{Zin}'),ylabel('Imaj{Zin}'),grid,...
figure,plot(RL1,XL1,'m-',RL2,XL2,'m-',RL3,XL3,'c-',RL42,XL42,'g-
',RL43,XL43,'b-',RL44,XL44,'k-',RL45,XL45,RL46,XL46,RL5,XL5,'b-'),...
xlabel('Re{ZL}'),ylabel('Imaj{ZL}'),grid,...
```

```
Rcgmax=sqrt(Q^2-abs(Z)^2)/(2*R22);Xcg=XCG;Zcgmax=Rcgmax+i*Xcg
```

```
if abs(Zcgmax-Zct1)>rt1
fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 1')
Xcg=XCG;
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;
GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
P=abs(Z12)^2*GTMC/C;Rcg=(Q-P)/(2*R22);
rg=sqrt(P^2-2*P*Q+abs(Z)^2)/(2*R22);
Zcg=Rcg+i*Xcg
Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;
```

```

elseif abs(Zcgmax-Zct1) == rt1
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 2');
    GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
    Zi=Zcgmax;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv)) + ((rv*Zcn)/(rv+rn));
    Zl=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

elseif abs(Zcgmax-Zct1)<rt1 & abs(Zcgmax-Zct2)>rt2
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 3');
    GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
    Zi=Zcgmax;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt);
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);
    A=(Rcn-Rcv)/(Xcv-Xcn);B=(abs(Zi)^2-abs(Zopt)^2)/(2*(Xcv-
Xcn));
    K=(Rcn+A*Xcn-A*B)/(1+A^2);D=(B^2+abs(Zopt)^2-
2*Xcn*B)/(1+A^2);
    Rs1=K+sqrt(K^2-D);Rs2=K-sqrt(K^2-
D);Xs1=A*Rs1+B;Xs2=A*Rs2+B;
    Xs1=Xs2;Zs1=Rs1+i*Xs1;Zs2=Rs2+i*Xs2;
    fprintf(' ZS1 ve ZS2 değerleri var ');
    Zl=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS1=50*Zs1;ZS2=50*Zs2;ZS=ZS1;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=1;

elseif abs(Zcgmax-Zct2)<rt2
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 5');
    Xcg=XCG;
    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;
    GTMC1=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    GTMC2=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    if GTMC1>GTMC2
        GTMC=GTMC1;GTmC=GTMC2
    else GTMC2>GTMC1
        GTMC=GTMC2;GTmC=GTMC1
    end;
    P=abs(Z12)^2*GTMC/C;Rcg=(Q-P)/(2*R22);
    rg=sqrt(P^2-2*P*Q+abs(Z)^2)/(2*R22);

```

```

Zcg=Rcg+i*Xcg
Zi=((rg*Zct2)/(-rt2+rg))-((rt2*Zcg)/(-rt2+rg));
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    if rn>rv
        Zs=((rn*Zcv)/(rn-rv)) - ((rv*Zcn)/(rn-rv));
    else rn<rv
        Zs=((rv*Zcn)/(rv-rn)) - ((rn*Zcv)/(rv-rn));
    end;
ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTmC);

```

```

else abs(Zcgmax-Zct2)==rt2
    fprintf('ZCGMAX IS IN REGION 4');
    GTMC = (Q-sqrt(Q^2-abs(Z)^2))*C/(abs(Z12)^2);
    Zi=Zcgmax;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
    Zcn=Rcn+i*Xcn;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
    rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
        if rn>rv
            Zs=((rn*Zcv)/(rn-rv)) - ((rv*Zcn)/(rn-rv));
        else rn<=rv
            Zs=((rv*Zcn)/(rv-rn)) - ((rn*Zcv)/(rv-rn));
        end;
    ZI=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTmC);

end;

```

```
elseif R11>0 & R22>0 & ita>0 & ita<1
```

%Koşullu kararlılık analizi. İlkönce giriş ve yük kararlılık düzlemlerinde eşlenik kaynak kararlılık %

%dairelerinin elde edilmesi ve GTMAX değerinin hesaplanması %

```

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*th);Ri3 = real(Zi3);Xi3 = imag(Zi3);

```

%Giriş kararlılık dairesinin elde edilmesi(ZCINPUT = -RCS - i*XCS;rINPUT =rs)%

```
ZCINPUT = -RCS - i*XCS;
```

```

Zi5 = ZCINPUT + rs * exp(i*th); Ri5 = real(Zi5);Xi5 = imag(Zi5);
AS = Z11 - ZCSC ;BS = delta - Z22*ZCSC;
PAYS = (abs(BS))^2 - (rs * abs(Z22))^2
PAYDAS = ((abs(AS))^2) - (rs^2) ;

```

```

ZCSL = -((conj(AS)*BS)-(rs^2)*Z22)/(PAYDAS); rsL=sqrt(abs(ZCSL)^2 -
(PAYS/PAYDAS));
ZL3 = ZCSL + rsL * exp(i*th);RL3 =real(ZL3);XL3 = imag(ZL3);
GTMAX = 2*C*Q/(abs(Z12)^2);

```

% Yük kararlılık dairesinin elde edilmesi (RCLOAD,XCLOAD;rLOAD) %

```

RCLOAD = -(2*R11*R22-R)/(2*R11);XCLOAD = -(2*X22*R11-X)/(2*R11);
ZCLOAD = RCLOAD + i*XCLOAD;rLOAD = abs(Z)/(2*R11);
ZL5 = ZCLOAD + rLOAD * exp(i*th);RL5 = real(ZL5);XL5 = imag(ZL5);

```

% Giriş ve yük kararlılık düzleminde kazanç dairelerinin elde edilmesi %

```

for k = 1:6

```

```

    COEFS = (abs(Z12)^2)/(2*R22*C)
    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;

```

```

    %PL(k) = ((abs(Z21))^2*C)/ (((k-1)*GTMAX)/3);
    %RCGL(k) = (PL(k) - Q)/(2*R11);XCGL = (X - 2*R11*X22)/(2*R11);
    %rgL(k) = sqrt(PL(k)^2 - 2*Q*PL(k) + (abs(Z))^2)/(2*R11);
    %ZCGL(k) = RCGL(k) + i*XCGL;%

```

```

    AG(k) = Z11 - ZCG(k);BG(k) = delta - Z22*ZCG(k);
    PAYDAG(k) = (abs(AG(k))^2-rg(k)^2);
    ZCGL(k) = -((conj(AG(k))*BG(k)-(rg(k))^2*Z22))/PAYDAG(k);
    rgL(k) = sqrt(abs(ZCGL(k))^2-((abs(BG(k))^2-
((rg(k))*abs(Z22))^2)/PAYDAG(k)));

```

```

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*th);
Ri41 = real(Zi41);Xi41 = imag(Zi41);
Zi42 = ZCG2 + rg2 * exp(i*th);

```

```

Ri42 = real(Zi42);Xi42 = imag(Zi42);
Zi43 = ZCG3 + rg3 * exp(i*th);
Ri43 = real(Zi43);Xi43 = imag(Zi43);
Zi44 = ZCG4 + rg4 * exp(i*th);
Ri44 = real(Zi44);
Xi44 = imag(Zi44);
Zi45 = ZCG5 + rg5 * exp(i*th);
Ri45 = real(Zi45);
Xi45 = imag(Zi45);
Zi46 = ZCG6 + rg6 * exp(i*th);
Ri46 = real(Zi46);
Xi46 = imag(Zi46);

```

```

ZCGL1 = ZCGL(1);ZCGL2 = ZCGL(2);ZCGL3 = ZCGL(3);ZCGL4 =
ZCGL(4);ZCGL5 = ZCGL(5);ZCGL6 = ZCGL(6);rgL1 = rgL(1);rgL2 = rgL(2);rgL3 =
rgL(3);rgL4 = rgL(4);rgL5 = rgL(5);rgL6 = rgL(6);

```

```

ZL41 = ZCGL1 + rgL1 * exp(i*th);RL41 = real(ZL41);XL41 = imag(ZL41);
ZL42 = ZCGL2 + rgL2 * exp(i*th);RL42 = real(ZL42);XL42 = imag(ZL42);
ZL43 = ZCGL3 + rgL3 * exp(i*th);RL43 = real(ZL43);XL43 = imag(ZL43);
ZL44 = ZCGL4 + rgL4 * exp(i*th);RL44 = real(ZL44);XL44 = imag(ZL44);
ZL45 = ZCGL5 + rgL5 * exp(i*th);RL45 = real(ZL45);XL45 = imag(ZL45);
ZL46 = ZCGL6 + rgL6 * exp(i*th);RL46 = real(ZL46);XL46 = imag(ZL46);

```

```

plot(Ri1,Xi1,'m-',Ri2,Xi2,'m-',Ri3,Xi3,'c-',Ri41,Xi41,'r-',Ri42,Xi42,'g-
.',Ri43,Xi43,'b-',Ri44,Xi44,'k-',Ri45,Xi45,'r-',Ri46,Xi46,'-',Ri5,Xi5),...
xlabel('Re{Zin}'),ylabel('İmaj{Zin}'),grid,...
figure,plot(RL1,XL1,'m-',RL2,XL2,'m-',RL3,XL3,'c-',RL42,XL42,'g-',RL43,XL43,'b-
.',RL44,XL44,'k-',RL45,XL45,'r-',RL46,XL46,'-',RL5,XL5,'b-'),...
xlabel('Re{ZL}'),ylabel('İmaj{ZL}'),grid,...

```

```

if abs(ZCINPUT-Zct1)>=(rs+rt1)
    fprintf('Fiziksel çözüm yok')

```

```

elseif abs(ZCSC-Zct1)>(rs+rt1) & abs(ZCINPUT-Zct1)<(rs+rt1)
    Xcg=XCG;
    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;
    GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/(abs(Z12)^2*(1-F^2));
    S=(abs(Z12)^2*GTMC)/(2*R22*C);Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    Rcg=-(Rcs+S);Xcg=-Xcs;rg=sqrt(S^2+2*S*Rcs+rs^2);
    Zcg=Rcg+i*Xcg
    Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;

```

```

Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv)) + ((rv*Zcn)/(rv+rn));
ZI=50*Zi;ZL=50*Zi;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);

```

```

elseif abs(Zct1-ZCINPUT)<abs(rs-rt1) & abs(Zct1-ZCSC)>rs+rt1

```

```

Xcg=XCG;
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;
fprintf('GTM ve GTm değerleri');
GTMC=C*((Q+E*F)-sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/((abs(Z12))^2*(1-F^2));
GTMCm=C*((Q+E*F)+sqrt((Q+E*F)^2-(1-F^2)*(abs(Z)^2-
E^2)))/((abs(Z12))^2*(1-F^2));
S=(abs(Z12)^2*GTMC)/(2*R22*C);Rcs=RCS;Xcs=XCS;
Rcg=-(Rcs+S);Xcg=-Xcs;rg=sqrt(S^2+2*S*Rcs+rs^2);
Zcg=Rcg+i*Xcg;
Zi=((rg*Zct1)/(rt1+rg))+((rt1*Zcg)/(rt1+rg));
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcn=real(Zopt)+N;Xcn=imag(Zopt)
Zcn=Rcn+i*Xcn;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);Zcv=Rcv+i*Xcv;
rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv)) + ((rv*Zcn)/(rv+rn));
ZI=50*Zi;ZL=50*Zi;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);GTm=10*log10(GTMCm);

```

```

elseif abs(ZCSC-Zct1)<rs+rt1 & abs(ZCSC-Zct2)>rs+rt

```

```

GTMC=GTMAX;Zm=abs(ZCS)^2-rs^2;
Rcs=RCS;Xcs=XCS;
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=K+sqrt(K^2-D);Xi=A*Ri+B;
Zi=Ri+i*Xi;
Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-imag(Zi);
Zcn=Rcn+i*Xcn;Zcv=Rcv+i*Xcv;rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
ZI=50*Zi;ZL=50*Zi;ZS=50*Zs;
GTM=10*log10(GTMC);

```



```

else abs(ZCSC-Zct2)<rs+rt2
    GTMC=GTMAX;Zm=abs(ZCS)^2-rs^2;
    Rcs=RCS;Xcs=XCS;
    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=K+sqrt(K^2-D);Xi=A*Ri+B;
    Zi=Ri+i*Xi;
    Zl=((Z12*Z21)/(Z11-Zi))-Z22;
    Rcv=(1+Rmod^2)*real(Zi)/C;Xcv=-
imag(Zi);rv=2*Rmod*real(Zi)/C;
    Zcn=Rcn+i*Xcn;Zcv=Rcv+i*Xcv;
    Zs=((rn*Zcv)/(rn+rv))+((rv*Zcn)/(rv+rn));
    Zl=50*Zi;ZL=50*Zl;ZS=50*Zs;
    GTM=10*log10(GTMC);
end;

else

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

end;

else
    fprintf('Yanlış değer girdiniz . %f\n,p ')

end;

```


10.2 Çizelgeler ve Grafikler

Çalışmalarda kullandığımız NE72089A transistörünün ürün katalog değerleri aşağıdadır:

Çizelge 10.1 NE72089A transistörünün ürün katalog değerleri

! FILENAME: N72089AA.S2P VERSION:2.0

! NEC PART NUMBER: NE72089A DATE: 12/87

! BIAS CONDITIONS: $V_{DS}=3V$, $I_{DS}=10mA$

#	NOISE PARAMETERS											
#	S ₁₁		S ₂₁		S ₁₂		S ₂₂		F _{min.}	Γ _{opt}		R _n /50
#Ghz	mag.	ang.	mag.	ang.	mag.	ang.	mag.	ang.		mag.	ang.	
1.0									0.55	.76	13	.68
2.0	.92	-52	2.94	130	.07	54	.68	-35	0.60	.73	36	.58
3.0	.84	-75	2.62	108	.09	38	.63	-51				
4.0	.76	-95	2.34	90	.11	26	.59	-66	1.00	.65	68	.42
5.0	.71	-113	2.18	72	.12	16	.58	-79				
6.0	.65	-131	2.02	56	.13	7	.56	-93	1.30	.53	100	.28
7.0	.59	-146	1.86	41	.13	-1	.54	-105				
8.0	.55	-160	1.76	26	.13	-7	.54	-116	1.70	.42	138	.19
9.0	.49	-177	1.68	13	.13	-12	.53	-129				
10.0	.44	165	1.66	-1	.14	-17	.53	-139	2.15	.31	175	.15
11.0	.39	140	1.63	-19	.15	-26	.52	-154				
12.0	.37	112	1.55	-34	.16	-33	.51	-170	2.50	.25	-117	.25

Performans karakterizasyon çalışmamızda $f = 4Ghz$ çalışma frekansı seçildi. Bu frekanstaki S- ve gürültü parametreleri ile çizelgeler ve grafikler oluşturuldu. İlk önce giriş VSWR sabit tutularak, sırasıyla, $V_i = 1$, $V_i = 2$, $V_i = 3$ değerleri için gürültü faktörü, zorlanmış maksimum kazanç, yük ve kaynak empedanslarını içeren çizelge oluşturulmuştur, daha sonra bu çizelgedeki değerlere bağlı olarak kazanç-gürültü faktörü eğrisi elde edilmiştir.

Çizelge 10.2 $V_i = 1$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

F	G_{Tmax} (zor.)	Z_L	Z_S
1,02	*	*	*
1,06	*	*	*
1,1	*	*	*
1,14	*	*	*
1,18	0,5	15,75-102,32i	22,84 +49,22i
1,20	2,6	25,47-99,48i	22,3+48,67i
1,24	4,90	41,92-90,93i	21,31+47,72i
1,28	6,20	54,24-80,2i	20,4+46,92i
1,32	7,20	62,83-68,81i	19,58+46,24i
1,36	7,90	68,39-57,72i	18,81+45,66i

1,4	8,40	71,65-47,44i	18,1+45,15i
1,44	8,90	73,24-38,18i	17,45+44,7i
1,48	9,30	73,66-29,99i	16,83+44,3i
1,52	9,60	73,27-22,8i	16,26+43,95i
1,56	10,00	72,35-16,52i	15,72+43,63i
1,6	10,20	71,08-11,04i	15,21+43,35i
1,64	10,50	69,6-6,24i	14,73+43,09i
1,68	10,70	68,0-2,05i	14,28+42,85i
1,72	10,90	66,35+1,64i	13,85+42,64i
1,76	11,10	64,68+4,88i	13,44+42,45i
1,8	11,30	63,03+7,76i	13,06+42,27i
1,84	11,40	61,42+10,31i	12,69+42,1i
1,88	11,60	59,85+12,58i	12,34+41,95i
1,92	11,80	58,34+14,61i	12,01+41,81i
1,96	11,90	56,89+26,44i	11,69+41,68i
2	12,00	55,5+18,08i	11,39+41,56i
2,04	12,2	54,16+19,57i	11,1+41,45i
2,08	12,3	52,89+20,91i	10,82+41,35i
2,12	12,4	51,67+22,14i	10,55+41,25i
2,16	12,5	50,51+23,26i	10,29+41,16i
2,2	12,6	49,41+24,28i	10,05+41,08i
2,24	12,7	48,35+25,22i	9,81+41i
2,28	12,8	47,34+26,08i	9,58+40,93i
2,32	12,9	46,38+26,87i	9,36+40,86i
2,36	13	45,46+27,6i	9,15+40,79i
2,4	13,1	44,58+28,28i	8,95+40,73i
2,44	13,2	43,74+28,91i	8,75+40,68i
2,48	13,3	42,94+29,5i	8,56+40,62i
2,52	13,4	42,17+30,04i	8,38+40,57i
2,56	13,5	41,43+30,55i	8,2+40,52i
2,6	13,5	40,72+31,03i	8,03+40,48i
2,64	13,6	40,04+31,47i	7,87+40,43i
2,68	13,7	39,39+31,89i	7,71+40,39i
2,72	13,8	38,77+32,28i	7,55+40,36i
2,76	13,8	38,17+32,65i	7,4+40,32i
2,8	13,9	37,59+32,99i	7,26+40,28i
2,84	14	37,03+33,32i	7,12+40,25i
2,88	14,1	36,5+33,63i	6,98+40,22i
2,92	14,1	36,5+33,63i	6,98+40,22i
2,96	14,1	36,5+33,63i	6,98+40,22i
3	14,1	36,5+33,63i	6,98+40,22i
3,04	14,1	36,5+33,63i	6,98+40,22i
* Fiziksel çözüm yok			

Çizelge 10.3 $V_i = 2$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

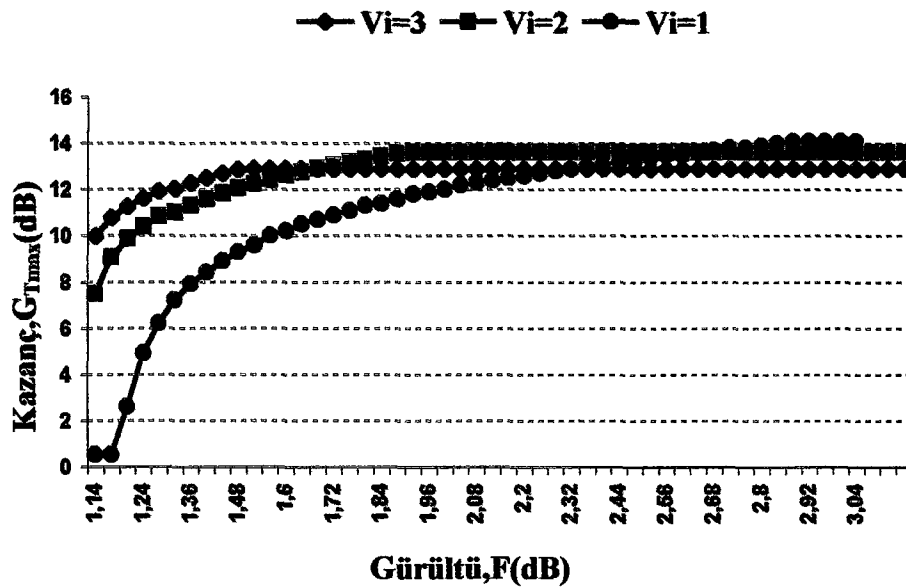
	F	$G_{Tmax}(zor.)$	Z_L	Z_s
$V_i=2$	1,02	7,4958	69,3379 -55,2224i	28,9087 +58,3395i
	1,06	9,0668	73,4076 -24,2476i	26,8952 +54,4870i
	1,1	9,8645	70,2363 - 8,1568i	25,3332 +52,1778i
	1,14	10,4112	66,2352 + 1,8747i	24,0050 +50,5106i
	1,18	10,8313	62,4319 + 8,7358i	22,8375 +49,2166i
	1,20	11,0107	60,6750 +11,4104i	22,3013 +48,6679i
	1,24	11,3262	57,4650 +15,7271i	21,3079 +47,7180i
	1,28	11,5986	54,6308 +19,0540i	20,4041 +46,9218i
	1,32	11,8392	52,1238 +21,6918i	19,5756 +46,2435i
	1,36	12,0556	49,8963 +23,8309i	18,8118 +45,6582i
	1,4	12,2529	47,9065 +25,5978i	18,1043 +45,1479i
	1,44	12,4347	46,1191 +27,0799i	17,4462 +44,6992i
	1,48	12,6038	44,5051 +28,3394i	16,8320 +44,3019i
	1,52	12,7621	43,0403 +29,4217i	16,2570 +43,9479i
	1,56	12,9113	41,7049 +30,3609i	15,7173 +43,6308i
	1,6	13,0527	40,4821 +31,1829i	15,2095 +43,3453i
	1,64	13,1873	39,3582 +31,9077i	14,7306 +43,0873i
	1,68	13,3159	38,3214 +32,5511i	14,2781 +42,8531i
	1,72	13,4393	37,3617 +33,1258i	13,8498 +42,6398i
	1,76	13,5579	36,4708 +33,6418i	13,4436 +42,4451i
	1,8	13,6228	38,9626 +41,1922i	13,7545 +40,7939i
	1,84	13,6228	40,0134 +47,8096i	13,9655 +39,4010i
	1,88	13,6228	39,9261 +52,3438i	13,9908 +38,4103i
	1,92	13,6228	39,3959 +55,9165i	13,9430 +37,5885i
	1,96	13,6228	38,6371 +58,8648i	13,8543 +36,8704i
	2	13,6228	37,7522 +61,3560i	13,7395 +36,2262i
	2,04	13,6228	36,7995 +63,4918i	13,6072 +35,6391i
	2,08	13,6228	35,8146 +65,3417i	13,4624 +35,0984i
	2,12	13,6228	34,8205 +66,9562i	13,3089 +34,5966i
	2,16	13,6228	33,8320 +68,3739i	13,1491 +34,1284i
	2,2	13,6228	32,8590 +69,6250i	12,9849 +33,6895i
	2,24	13,6228	31,9082 +70,7341i	12,8177 +33,2766i
	2,28	13,6228	30,9835 +71,7207i	12,6486 +32,8872i
	2,32	13,6228	30,0875 +72,6016i	12,4786 +32,5188i
	2,36	13,6228	29,2215 +73,3902i	12,3081 +32,1697i
	2,4	13,6228	28,3862 +74,0983i	12,1379 +31,8382i
	2,44	13,6228	27,5814 +74,7355i	11,9683 +31,5229i
	2,48	13,6228	26,8069 +75,3104i	11,7997 +31,2226i
	2,52	13,6228	26,0619 +75,8301i	11,6323 +30,9362i
	2,56	13,6228	25,3457 +76,3007i	11,4665 +30,6627i
	2,6	13,6228	24,6572 +76,7278i	11,3023 +30,4013i
	2,64	13,6228	23,9954 +77,1159i	11,1400 +30,1511i

2,68	13,6228	23,3592 +77,4692i	10,9796 +29,9115i
2,72	13,6228	22,7476 +77,7912i	10,8213 +29,6819i
2,76	13,6228	22,1594 +78,0851i	10,6652 +29,4615i
2,8	13,6228	21,5938 +78,3537i	10,5112 +29,2499i
2,84	13,6228	21,0495 +78,5994i	10,3595 +29,0467i
2,88	13,6228	20,5256 +78,8244i	10,2100 +28,8512i
2,92	13,6228	20,0212 +79,0307i	10,0627 +28,6631i
2,96	13,6228	19,5354 +79,2200i	9,9178 +28,4821i
3	13,6228	19,0672 +79,3937i	9,7752 +28,3077i
3,04	13,6228	18,6159 +79,5534i	9,6348 +28,1395i

Çizelge 10.4 $V_i = 3$ için elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedansları değeri

F	$G_{Tmax}(zor.)$	Z_L	Z_s
1,02	9,9963	63,3548 + 7,2215i	28,9087+58,3395i
1,06	10,7824	55,4477+18,1356i	26,8952 +54,4870i
1,1	11,2587	50,5006+23,2682i	25,3332 +52,1778i
1,14	11,6182	46,8864+26,4552i	24,0050 +50,5106i
1,18	11,9136	44,0592+28,6748i	22,8375 +49,2166i
1,20	12,0449	42,8529+29,5562i	22,3013 +48,6679i
1,24	12,2834	40,7501+31,0058i	21,3079 +47,7180i
1,28	12,4972	38,9689+32,1521i	20,4041 +46,9218i
1,32	12,6921	37,4331+33,0837i	19,5756 +46,2435i
1,36	12,8720	36,0902+33,8571i	18,8118 +45,6582i
1,4	12,8849	39,9993+47,5575i	19,6261 +43,1398i
1,44	12,8849	39,7343+53,9826i	19,6365 +41,7412i
1,48	12,8849	38,7240+58,5788i	19,4987 +40,5915i
1,52	12,8849	37,4334+62,1190i	19,2928 +39,5866i
1,56	12,8849	36,0415+64,9407i	19,0488 +38,6854i
1,6	12,8849	34,6333+67,2374i	18,7818 +37,8659i
1,64	12,8849	33,2520+69,1351i	18,5006 +37,1138i
1,68	12,8849	31,9197+70,7212i	18,2110 +36,4192i
1,72	12,8849	30,6472+72,0595i	17,9166 +35,7747i
1,76	12,8849	29,4389+73,1977i	17,6202 +35,1744i
1,8	12,8849	28,2954+74,1723i	17,3237 +34,6136i
1,84	12,8849	27,2153+75,0118i	17,0285 +34,0882i
1,88	12,8849	26,1961+75,7388i	16,7356 +33,5949i
1,92	12,8849	25,2346+76,3713i	16,4459 +33,1308i
1,96	12,8849	24,3274+76,9239i	16,1598 +32,6935i
2	12,8849	24,3274+76,9239i	16,1598 +32,6935i
2,04	12,8849	22,6620+77,8349i	15,6007 +31,8904i
2,08	12,8849	21,8972+78,2113i	15,3281 +31,5211i
2,12	12,8849	21,1736+78,5445i	15,0605 +31,1710i
2,16	12,8849	20,48+78,8401i	14,7978 +30,8388i

2,2	12,8849	19,8384+791030i	14,5403 +30,5232i
2,24	12,8849	19,2217+79,3373i	14,2879 +30,2232i
2,28	12,8849	18,6360+79,5465i	14,0406 +29,9376i
2,32	12,8849	18,0789+79,7335i	13,7983 +29,6656i
2,36	12,8849	17,5488+79,9010i	13,5612 +29,4061i
2,4	12,8849	17,0436+80,0512i	13,3290 +29,1586i
2,44	12,8849	16,5619+80,1860i	13,1018 +28,9221i
2,48	12,8849	16,1021+80,3072i	12,8795 +28,6961i
2,52	12,8849	15,6628+80,4160i	12,6619 +28,4799i
2,56	12,8849	15,2427+80,5140i	12,4490 +28,2730i
2,6	12,8849	14,8407+80,6021i	12,2407 +28,0748i
2,64	12,8849	14,4556+80,6815i	12,0369 +27,8849i
2,68	12,8849	14,0865+80,7529i	11,8375 +27,7027i
2,72	12,8849	13,7324+80,8172i	11,6424 +27,5278i
2,76	12,8849	13,3925+80,8750i	11,4516 +27,3599i
2,8	12,8849	13,0659+80,9270i	11,2648 +27,1986i
2,84	12,8849	12,7519+80,9737i	11,0820 +27,0436i
2,88	12,8849	12,4498+81,0156i	10,9032 +26,8944i
2,92	12,8849	12,1590+81,0532i	10,7282 +26,7509i
2,96	12,8849	11,878 +81,0868i	10,5569 +26,6127i
3	12,8849	11,608 +81,1169i	10,3892 +26,4796i
3,04	12,8849	11,348 +81,1436i	10,2250 +26,3513i



Şekil 10.2 Giriş VSWR sabit olduğunda elde edilen kazanç-gürültü faktörü eğrisi

F gürültü faktörünü sabit tutarak, çeşitli giriş VSWR değerlerine karşı elde edilen zorlanmış maksimum kazanç, yük ve kaynak empedanslarını içeren çizelge ve grafikler aşağıdadır:

Çizelge 10.5 F = 1.36 dB değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

	V_1	$G_{Tmax}(zor.)$	Z_L	Z_s
F=1.36dB	1	7,8636	68,3917 -57,7176i	18,8118 +45,6582i
	1,25	9,9634	72,0953 -15,2486i	18,8118 +45,6582i
	1,5	11,0056	63,9384 + 6,2199i	18,8118 +45,6582i
	1,75	11,6356	56,0787 +17,4044i	18,8118 +45,6582i
	2	12,0556	49,8963 +23,8309i	18,8118 +45,6582i
	2,25	12,3533	45,1368 +27,8550i	18,8118 +45,6582i
	2,5	12,5732	41,4268 +30,5510i	18,8118 +45,6582i
	2,75	12,7409	38,4785 +32,4551i	18,8118 +45,6582i
	3	12,8720	36,0902 +33,8571i	18,8118 +45,6582i
	3,25	12,7060	39,9151 +52,4620i	20,8784 +43,1553i
	3,5	12,5314	38,1385 +60,3477i	21,7687 +42,2229i
	3,75	12,3614	35,7312 +65,4857i	22,4090 +41,5973i
	4	12,1961	33,2928 +69,0831i	22,9118 +41,1301i
	4,25	12,0356	31,0038 +71,6999i	23,3235 +40,7624i
	4,5	11,8798	28,9162 +73,6547i	23,6695 +40,4632i
	4,75	11,7285	27,0343 +75,1454i	23,9658 +40,2138i
	5	11,5816	25,3447 +76,3014i	24,2230 +40,0024i
	5,25	11,4389	23,8282 +77,2106i	24,4487 +39,8205i
	5,5	11,3003	22,4650 +77,9343i	24,6486 +39,6623i
	5,75	11,1655	21,2363 +78,5165i	24,8271 +39,5232i
	6	11,0345	20,1254 +78,9889i	24,9874 +39,4000i

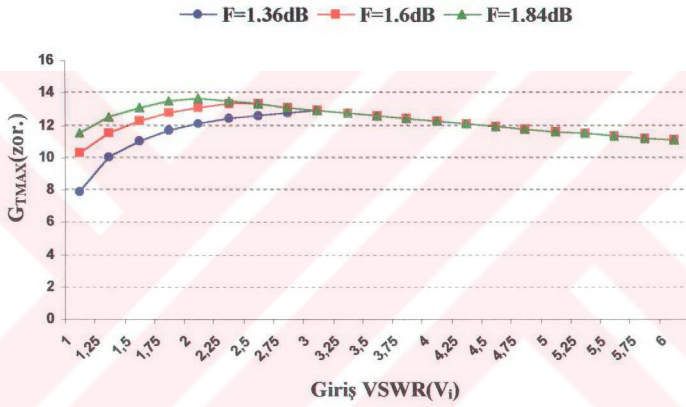
Çizelge 10.6 F =1.6dB değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedansl değerleri

	V_1	$G_{Tmax}(zor.)$	Z_L	Z_s
F=1.6dB	1	10,2284	71,0822 -11,0358i	15,2095+43,3453i
	1,25	11,5040	60,3187 +11,9234i	15,2095+43,3453i
	1,5	12,2385	51,4509 +22,3571i	15,2095+43,3453i
	1,75	12,7172	45,0956 +27,8869i	15,2095+43,3453i
	2	13,0527	40,4821 +31,1829i	15,2095+43,3453i

2,25	13,2998	37,0256 +33,3224i	15,2095+43,3453i
2,5	13,2530	40,0142 +51,1064i	16,9747+40,4139i
2,75	13,0676	37,7747 +61,3001i	18,0554+38,8442i
3	12,8849	34,6333 +67,2374i	18,7818+37,8659i
3,25	12,7060	31,5970 +71,0755i	19,3326+37,1603i
3,5	12,5314	28,8770 +73,6882i	19,7722+36,6178i
3,75	12,3614	26,4962 +75,5310i	20,1342+36,1841i
4	12,1961	24,4243 +76,8668i	20,438 +35,8279i
4,25	12,0356	22,6196 +77,8564i	20,6989+35,5295i
4,5	11,8798	21,0415 +78,6029i	20,9242+35,2755i
4,75	11,7285	19,6546 +79,1744i	21,1214+35,0565i
5	11,5816	18,4289 +79,6174i	21,2955+34,8655i
5,25	11,4389	17,3398 +79,9643i	21,4504+34,6974i
5,5	11,3003	16,3668 +80,2383i	21,5892+34,5483i
5,75	11,1655	15,4932 +80,4563i	21,7143+34,4152i
6	11,0345	14,7050 +80,6307i	21,8276+34,2955i

Çizelge 10.7 $F = 1.84$ değerine karşı düşen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

	V_i	$G_{Tmax}(zor.)$	Z_L	Z_s
$F=1.84dB$	1	11,4469	61,4202 +10,3068i	12,6911 +42,1027i
	1,25	12,4459	50,5854 +23,1881i	12,6911 +42,1027i
	1,5	13,0615	43,3587 +29,1912i	12,6911 +42,1027i
	1,75	13,4801	38,4142 +32,4945i	12,6911 +42,1027i
	2	13,6228	40,0134 +47,8096i	13,9655 +39,4010i
	2,25	13,4391	37,7376 +61,3922i	15,2433 +37,0173i
	2,5	13,2530	33,8942 +68,2893i	16,0215 +35,6900i
	2,75	13,0676	30,3044 +72,3946i	16,5883 +34,7734i
	3	12,8849	27,2153 +75,0118i	17,0285 +34,0882i
	3,25	12,7060	24,6056 +76,7588i	17,3830 +33,5518i
	3,5	12,5314	22,4020 +77,9658i	17,6758 +33,1187i
	3,75	12,3614	20,5305 +78,8224i	17,9223 +32,7609i
	4	12,1961	18,9288 +79,4435i	18,1329 +32,4598i
	4,25	12,0356	17,5466 +79,9017i	18,3151 +32,2028i
	4,5	11,8798	16,3441 +80,2443i	18,4743 +31,9806i
	4,75	11,7285	15,2900 +80,5033i	18,6146 +31,7867i
	5	11,5816	14,3595 +80,7005i	18,7393 +31,6159i
	5,25	11,4389	13,5326 +80,8516i	18,8509 +31,4642i
	5,5	11,3003	12,7935 +80,9677i	18,9512 +31,3286i
	5,75	11,1655	12,1292 +81,0569i	19,0421 +31,2067i
	6	11,0345	11,5291 +81,1253i	19,1246 +31,0965i

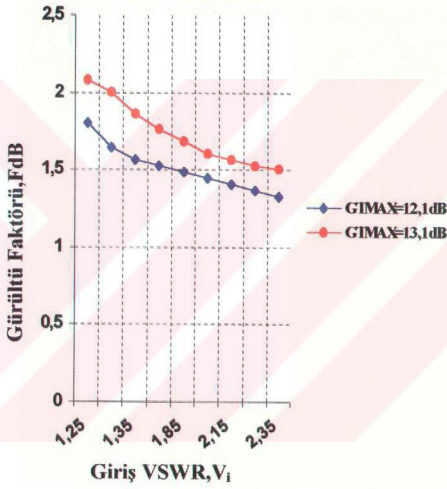


Şekil 10.3 Gürültü faktörü sabit olduğunda elde edilen kazanç-giriş VSWR eğrisi

Şimdi de kazanç sabit alınarak giriş VSWR ile gürültü faktörü arasındaki ilişkiyi inceleyelim:

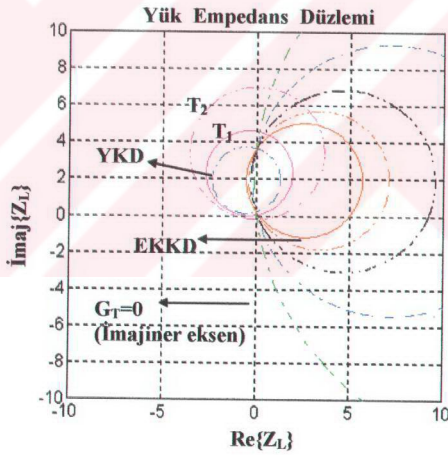
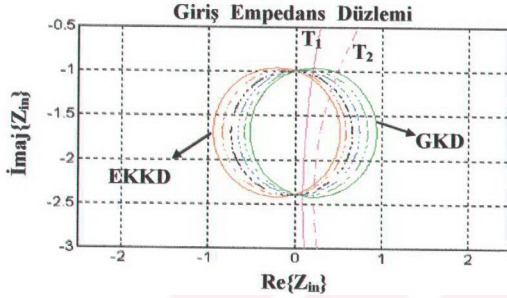
Çizelge 10.8 Sabit kazançda giriş VSWR ve gürültü faktörü değerlerine karşı elde edilen yük ve kaynak empedans değerleri

	V_i	FdB	Z_L	Z_S
$G_{Tmax}=12,1dB$	1,05	1,96	54,51+19,19i	11,69+41,68i
	1,10	1,88	55,09+18,54i	12,34+41,95i
	1,15	1,84	54,41+19,19i	12,69+42,1i
	1,40	1,64	52,94+20,86i	14,74+43,09i
	1,45	1,6	53+20,8i	15,21+43,35i
	1,50	1,56	53,18+20,62i	15,72+43,63i
	1,60	1,52	52,01+21,81i	16,26+43,95i
	1,70	1,48	51,11+22,68i	16,83+44,3i
	1,75	1,44	51,73+22,08i	17,45+44,7i
	1,80	1,44	50,47+23,29i	17,45+44,7i
	1,90	1,4	50,07+23,67i	18,1+45,15i
	2,00	1,36	49,9+23,83i	18,81+45,66i
$G_{Tmax}=13,1dB$	2,05	1,36	48,84+24,78i	18,81+45,66i
	2,20	1,32	47,99+25,52i	19,58+46,24i
	V_i	F	Z_L	Z_S
	1,25	2,08	43,72+28,93i	10,82+41,35i
	1,30	2,00	44,28+28,51i	11,39+41,56i
	1,35	1,86	43,94+28,76i	11,69+41,68i
	1,65	1,76	42,25+29,98i	13,44+42,45i
	1,85	1,68	40,69+31,05i	14,28+42,85i
	1,95	1,6	40,14+31,41i	14,73+43,09i
	2,15	1,56	39,41+31,88i	15,72+43,63i
	2,30	1,52	38,57+32,4i	16,26+43,95i
	2,35	1,5	37,95+32,78i	16,26+43,95i

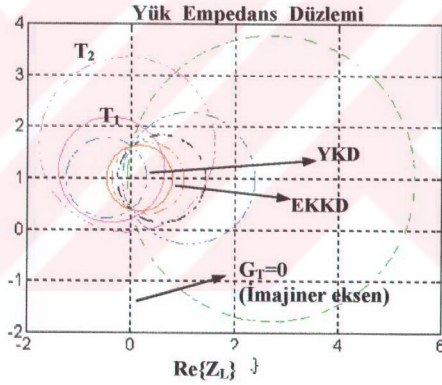
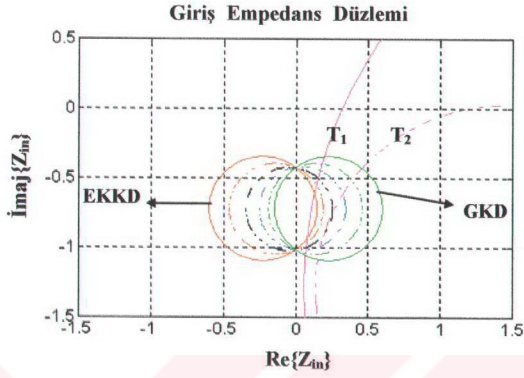


Şekil 10.4 Kazanç sabit tutulduğunda gürültü faktörü ve giriş VSWR arasındaki ilişkiyi gösteren eğri

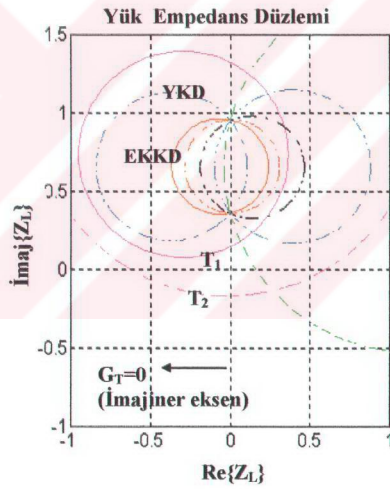
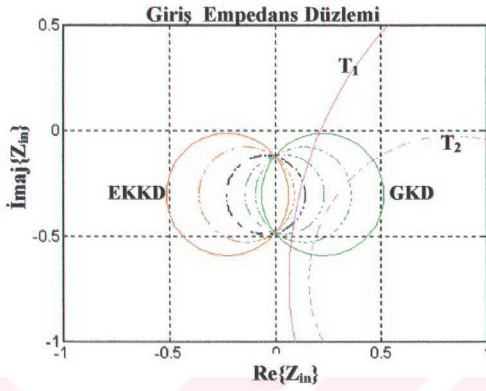
Zorlanmış maksimum kazanç ile frekans arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarabilmek için ilk önce $f = 2, 4, 6, 8, 10, 12$ Ghz frekanslarda elde edilen tasarım konfigürasyonlarını ortaya çıkaralım:



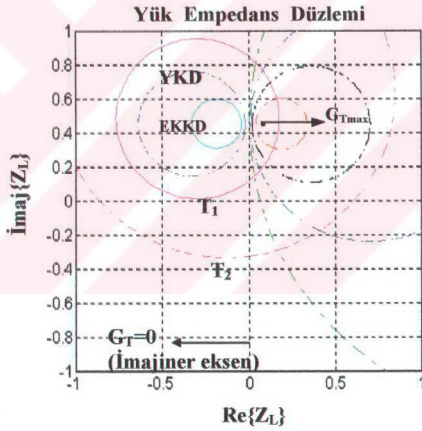
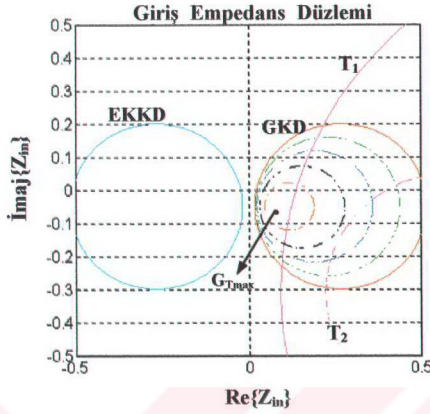
Şekil 10.5 NE72089A transistörü $f = 2$ Ghz de $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8$ için elde edilecek konfigürasyon



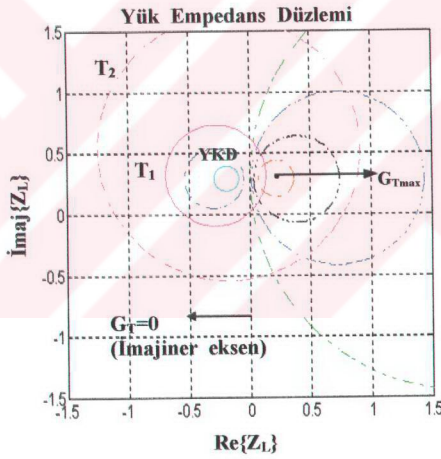
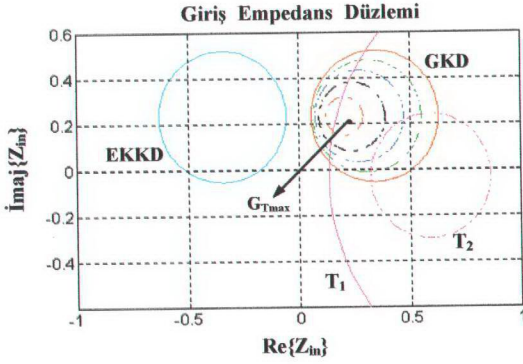
Şekil 10.6 NE72089A transistörü $f = 4$ Ghz de elde edilen $V_{req}=1.55$, $F_{req}=2.8\text{dB}$ için oluşan konfigürasyon



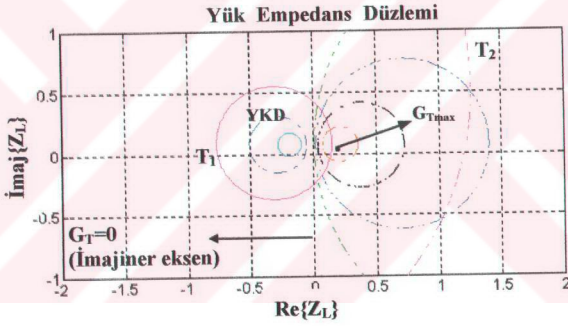
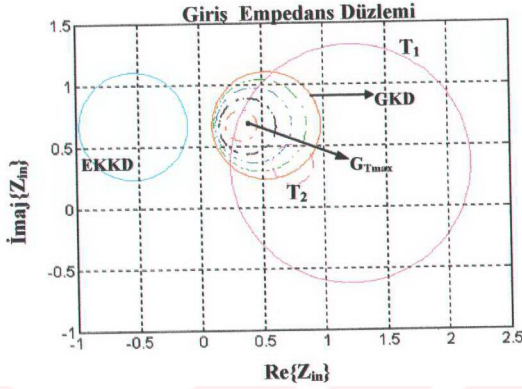
Şekil 10.7 NE72089A transistörü $f = 6 \text{ Ghz}$ de elde edilen $V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8 \text{ dB}$ için oluşan konfigürasyon



Şekil 10.8 NE72089A transistörü $f = 8 \text{ Ghz}$ de elde edilen $V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8\text{dB}$ için oluşan konfigürasyon



Şekil 10.9 NE72089A transistörü $f = 10 \text{ GHz}$ de elde edilen $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=2.8\text{dB}$ için oluşan konfigürasyon

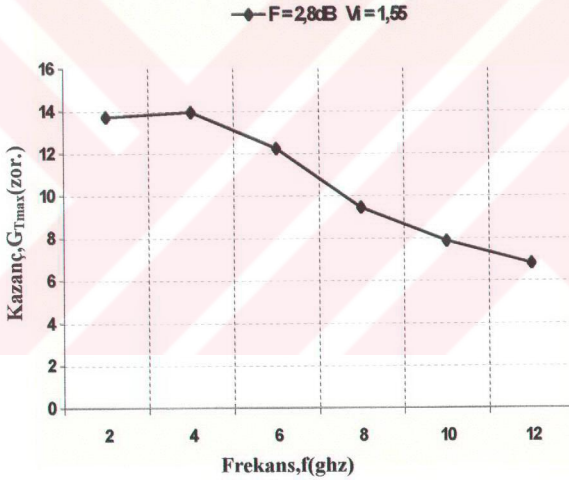


Şekil 10.10 NE72089A transistörü $f = 12$ Ghz de elde edilen $V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8$ dB için oluşan konfigürasyon

Yukarıda NE72089A transistörünün frekansa bağlı olarak, oluşturduğumuz çeşitli konfigürasyonları görüyoruz. Aşağıda ise yine bu frekansları kullanarak elde edilen zorlanmış maksimum kazancı ile yük ve kaynak empedansları içeren çizelge ve kazanç – frekans eğrisi görülmektedir:

Çizelge 10.9 Çeşitli frekans değerlerine karşı elde edilen maksimum kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

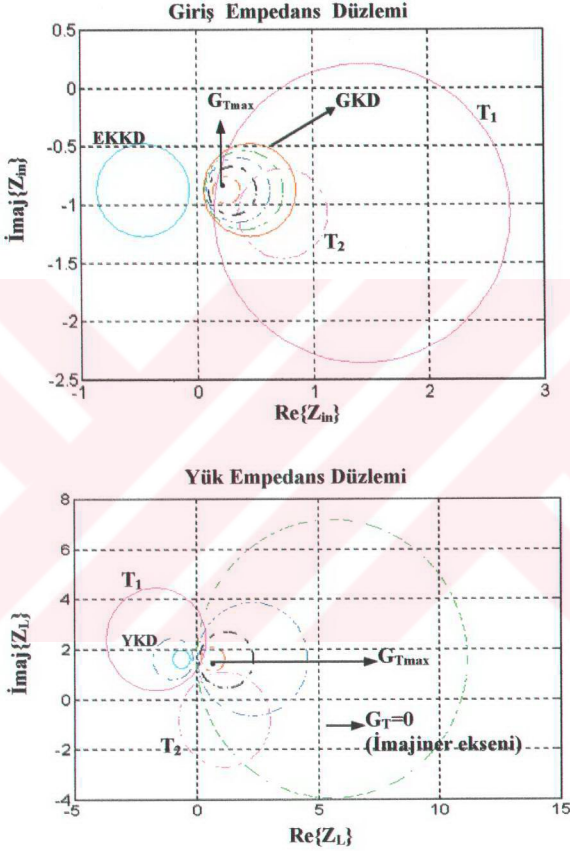
f Ghz	G_{TMAX}(zor.)	Z_L	Z_s
2	13,6987	12,0406+ 18,054i	0.5258 + 1.3036i
4	13,9274	29.7444 +72.9210i	9.7817 +31.3729i
6	12,2025	17.3572 +29.5746i	7.8826 +18.0528i
8	9,4170	8.6516 +22.4369i	9.3547 + 3.8093i
10	7,8561	7.9995 +14.4287i	14.3676 - 7.6172i
12	6,7931	8.0927 + 3.5979i	23.9771 -27.3937i



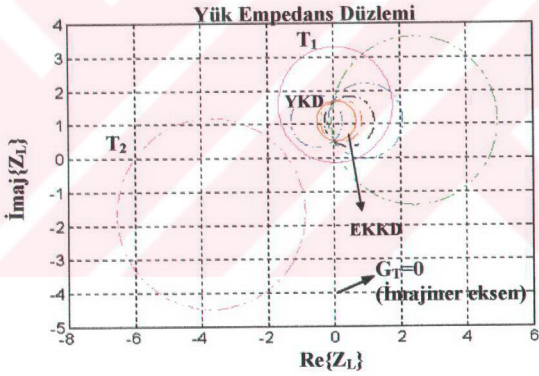
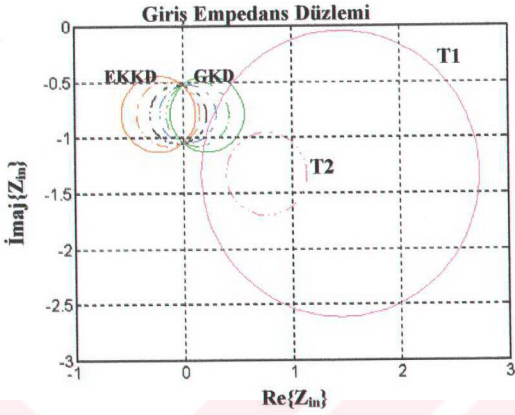
Şekil 10.11 $V_{ireq} = 1.55$, $F_{req} = 2.8$ dB için NE72089A transistörü için kazanç-frekans eğrisi

Buraya kadar oluşturduğumuz çizelge ve grafikler geribeslemesiz iki-kapılı sadece NE72089A transistörünün z- ve eşdeğer gürültü parametrelerini gözönüne alarak elde edilmiştir. Ancak pratik durumlarda sıkça karşılaştığımız tek reaktans elemanlı

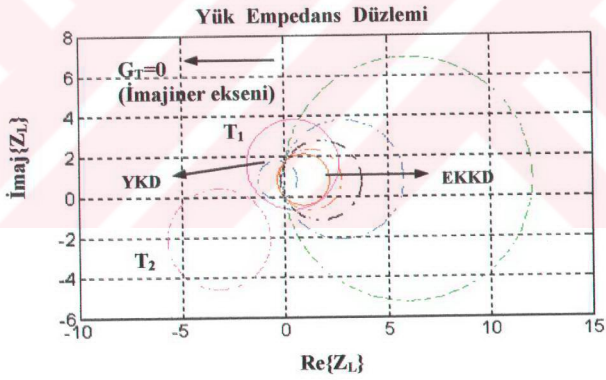
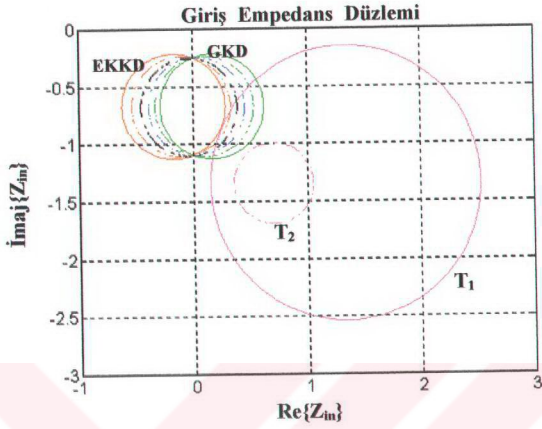
geribesleme devrelerini de hesaba katmalıyız. Aşağıda bazı endüktans ve kapasitans değerlerinde elde edilen konfigürasyonların geribeslemesiz iki-kapılıya göre nasıl değiştiği gözlemlenebilir:



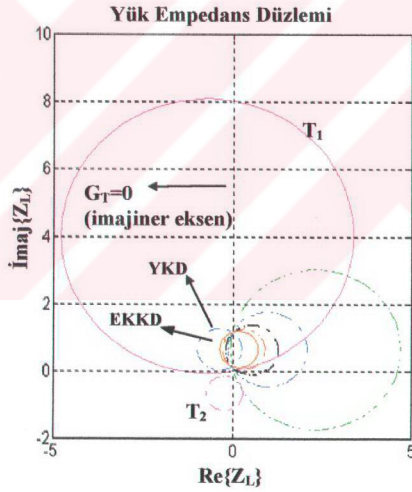
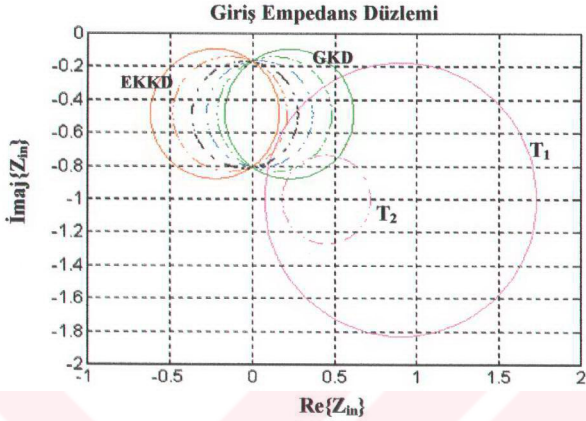
Şekil 10.12 $L_S=0.01\text{nH}$, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44\text{dB}$ değerleri için elde ettiğimiz seri geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları



Şekil 10.13 $L_p=1.2\text{nH}$, $V_{\text{ireq}}=1.55$, $F_{\text{req}}=1.44\text{dB}$ değerleri için elde ettiğimiz paralel geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları



Şekil10.14 $C_s=550\text{pF}$, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44\text{dB}$ değerleri için elde ettiğimiz seri geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları



Şekil10.15 $C_P=10\text{pF}$, $V_{ireq}=1.55$, $F_{req}=1.44\text{dB}$ değerleri için elde ettiğimiz paralel geribeslemeli iki-kapılının konfigürasyonları

Geribeslemeli iki-kapılı (birleşik iki-kapılı) devrenin belli reaktans değerlerine göre elde edilen zorlanmış maksimum kazanç, yük ve kaynak empedanslarını içeren çizelgeler ve kazanç-endüktans ve kazanç-kapasitans eğrileri aşağı da veriliyor:

Çizelge 10.10 Seri ve paralel tek reaktanslı endüktif geribeslemede kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

L_S (nH)	G_{Tmax}	G_{Tmax} dB	$G_{Tmax(zor.)}$ dB	Z_L	Z_S
0,1	3,9858	6,0052	6,0052	145,99+ 107,03i	54,6960+26,6955i
0,4	2,3621	3,7330	3,7330	293,70+ 359,13i	90,682- 123,20i
0,6	2,2058	3,4357	3,4357	320,14+ 531,14i	97,221- 218,53i
0,8	2,1294	3,2826	3,2826	334,17+ 699,38i	100,52- 314,51i
1	2,0841	3,1892	3,1892	342,80+ 865,36i	102,45- 411,06i
1,2	2,0541	3,1263	3,1263	348,64+ 1030i	103,70- 508,01i
1,6	2,0169	3,0469	3,0469	356,02+ 1356,9i	105,19- 702,66i
3	1,9653	2,9343	2,9343	366,46+ 2491,4i	107,11- 1387,1i
7	1,9319	2,8598	2,8598	373,34+ 5717i	108,23- 3348i
11	1,9228	2,8393	2,8393	375,22+ 8938,7i	108,51- 5310,2i
16	1,9178	2,8281	2,8281	376,25+ 12965i	108,66- 7763,4i
25	1,9139	2,8192	2,8192	377,06+ 20211i	108,78- 12179i
35	1,9119	2,8147	2,8147	377,48+ 28262i	108,84- 17086i
45	1,9108	2,8122	2,8122	377,71+ 36312i	108,87- 21993i
55	1,9101	2,8106	2,8106	377,85+ 44363i	108,89- 26900i
65	1,9096	2,8095	2,8095	377,96+ 52413i	108,91- 31807i
75	1,9093	2,8087	2,8087	378,03+ 60464i	108,92- 36714i
85	1,9090	2,8081	2,8081	378,09+ 68514i	108,92- 41620i
95	1,9088	2,8076	2,8076	378,13+ 76565i	108,93- 46527i
L_P (nH)	G_{Tmax}	G_{Tmax} dB	$G_{Tmax(zor.)}$ dB	Z_L	Z_S
0,1	Mutlak kararsız durum				
0,4	62,7324	17,9749	15,7809	84,141+ 112,59i	18,6149 +56,4281i
0,6	73,0601	18,6368	13,8761	86,6832+54,410i	18,8688 +50,2871i
0,8	49,4541	16,9420	13,1665	79,3698+38,116i	18,6330 +48,4728i
1	41,2443	16,1536	12,7982	74,5431+31,147i	18,4355 +47,5660i
1,2	37,1062	15,6945	12,5723	71,3748+27,392i	18,2882 +47,0156i
1,6	32,9603	15,1799	12,3091	67,5665+23,504i	18,0911 +46,3763i
3	28,5025	14,5488	11,9719	62,6099+19,247i	17,7976 +45,5550i
7	26,1962	14,1824	11,7688	59,6317+17,050i	17,5983 +45,0565i
11	25,6320	14,0878	11,7155	58,8551+16,516i	17,5432 +44,9250i

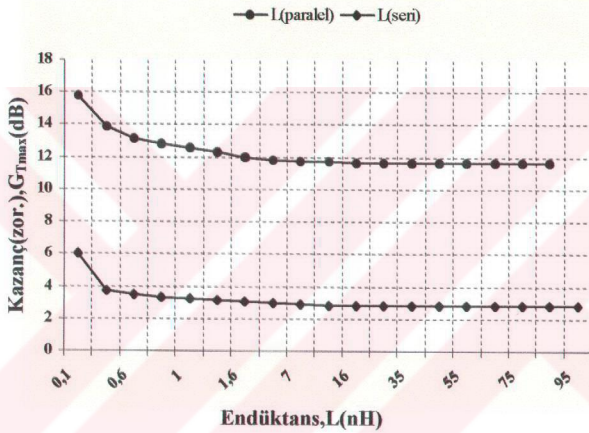
16	25,3339	14,0370	11,6867	58,4369+16,235i	17,5130 +44,8539i
25	25,1028	13,9972	11,6641	58,1088+16,018i	17,4890 +44,7979i
35	24,9871	13,9772	11,6527	57,9432+15,909i	17,4768 +44,7696i
45	24,9233	13,9661	11,6464	57,8516+15,849i	17,4700 +44,7540i
55	24,8829	13,9601	11,6424	57,7934+15,811i	17,4657 +44,7440i
65	24,8550	13,9541	11,6396	57,7531+15,785i	17,4627 +44,7371i
75	24,8346	13,9506	11,6375	57,7236+15,766i	17,4605 +44,7320i
85	24,8190	13,9478	11,6360	57,7011+15,751i	17,4588 +44,7282i
95	24,8067	13,9457	11,6347	57,6833+15,740i	17,4575 +44,7251i

Çizelge 10.11 Seri ve paralel tek reaktanslı kapasitif geribeslemede kazanç, yük ve kaynak empedans değerleri

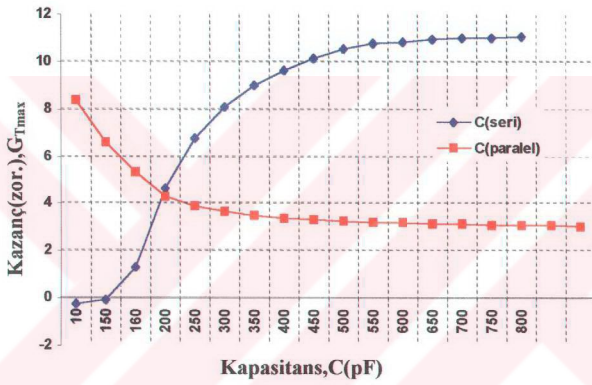
Cs(pF)	G _{Tmax}	G _{Tmax} (dB)	G _{Tmax} (zor). dB	Z _L	Z _s
160	1,3456	1,2891	1,2891	34,212+ 224,24i	38,9058+41,52i
200	2,8642	4,5700	4,5700	71,949+ 214,83i	34,3970+40,4048i
250	4,7046	6,7252	6,7252	114,16+ 187,88i	30,4217+40,2491i
300	6,3779	8,0468	8,0468	141,60+ 148,32i	27,5475+40,6678i
350	7,8592	8,9538	8,9538	151,37+ 105,82i	25,3265+41,3482i
400	9,1582	9,6181	9,6181	147,05+ 67,568i	23,4941+42,1929i
450	10,2955	10,1265	10,1265	133,43+ 35,748i	21,8573+43,2172i
500	11,2935	10,5283	10,5283	112,03+ 8,2827i	20,1496+44,6413i
550	12,1727	10,8539	10,7458	85,5378 -11,6038i	18,3950+46,4998i
600	12,9510	11,1230	10,8226	82,9761 - 9,3471i	18,3234+46,3336i
650	13,6434	11,3492	10,8874	80,8383 - 7,4325i	18,2618+46,1950i
700	14,2624	11,5419	10,9429	79,0281 - 5,7883i	18,2083+46,0778i
750	14,8185	11,7080	10,9909	77,4762 - 4,3612i	18,1613+45,9773i
800	15,3205	11,8527	11,0328	76,1314 - 3,1113i	18,1198+45,8904i

C _p (pF)	G _{Tmax}	G _{Tmax} (dB)	G _{Tmax} (zor.) dB	Z _L	Z _s
10	7,8176	8,9307	8,3011	20,9338 + 4,3070i	11,4986+34,5660i
25	4,6732	6,6961	6,5417	10,2476 + 4,0458i	6,7790 +26,2210i
50	3,3704	5,2768	5,2768	6,1893 + 4,3235i	4,0389 +18,0151i
100	2,6601	4,2490	4,2490	2,8582 + 3,5291i	1,9240 +11,0776i
150	2,4140	3,8273	3,8273	1,5666 +2,7174i	1,0910 +8,0497i
200	2,2891	3,5966	3,5966	0,9762 + 2,1651i	0,6953 + 6,3376i
250	2,2136	3,4509	3,4509	0,6626 + 1,7842i	0,4791 + 5,2336i
300	2,1630	3,3505	3,3505	0,4776 + 1,5105i	0,3491 + 4,4611i
350	2,1267	3,2770	3,2770	0,3599 + 1,3062i	0,2651 + 3,8893i
400	2,0994	3,2210	3,2210	0,2806 + 1,1486i	0,2079 + 3,4487i

450	2,0782	3,1768	3,1768	0,2247 + 1,0238i	0,1673 + 3,0985i
500	2,0612	3,1411	3,1411	0,1838 + 0,9228i	0,1374 + 2,8134i
550	2,0472	3,1116	3,1116	0,1531 + 0,8394i	0,1148 + 2,5766i
600	2,0356	3,0869	3,0869	0,1295 + 0,7695i	0,0974 + 2,3768i
650	2,0257	3,0658	3,0658	0,1109 + 0,7101i	0,0836 + 2,2059i
700	2,0173	3,0477	3,0477	0,0960 + 0,6591i	0,0725 + 2,0580i
750	2,0100	3,0319	3,0319	0,0840 + 0,6148i	0,0635 + 1,9288i
800	2,0035	3,0180	3,0180	0,0740 + 0,5760i	0,0561 + 1,8149i

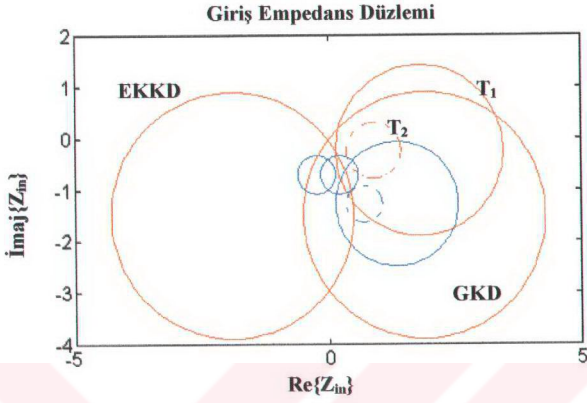


Şekil 10.16 Endüktif tek elemanlı paralel ve seri geribeslemede G_{Tmax} -L eğrisi

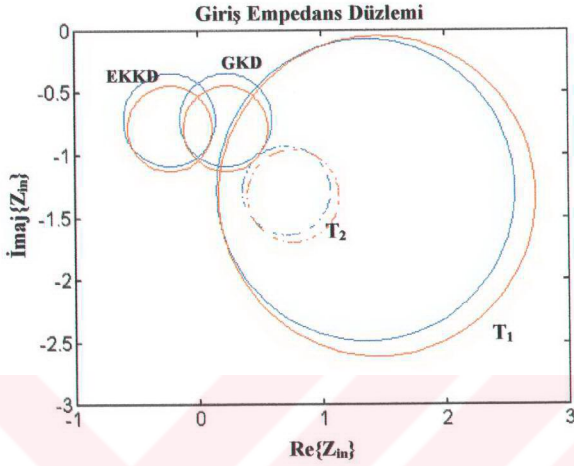


Şekil 10.17 Kapasitif tek elemanlı paralel ve seri geribeslemede G_{Tmax} -C eğrisi

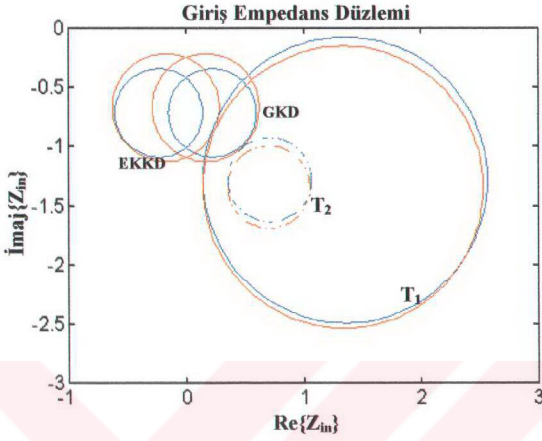
Aşağıda geribeslemeli geometriler ile geribeslemesiz geometrilerin aynı düzlemde yer almasıyla aradaki fark rahatlıkla gözlemlenebilir. Mavi daireler geribeslemesiz durumda oluşacak daireler, kırmızı daireler ise geribeslemeli durumda oluşacak daireleri gösteriyor:



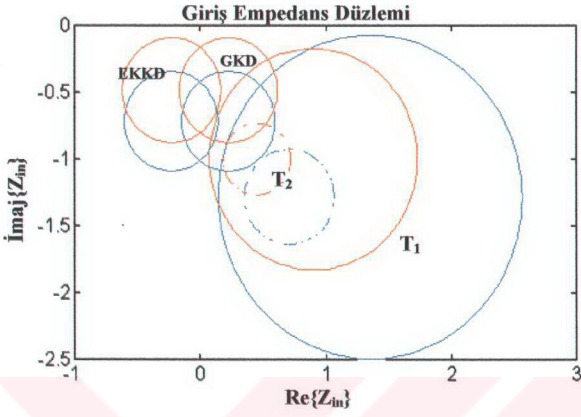
Şekil 10.18 $L_S = 0.05$ nH değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması



Şekil 10.19 $L_p = 1.2 \text{ nH}$ değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması



Şekil 10.20 $C_s = 550$ pF değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması



Şekil 10.20 $C_p = 10$ pF değere sahip tek reaktans elemanlı geribeslemeli iki-kapılı ile geribeslemesiz iki-kapılının karşılaştırılması

10.3 Sonuçlar

Yukarıdaki rnek çalışmamızdan da görülebileceği gibi ortaya çıkan çizelgelerden ve grafiklerden üzerinde çalıştığımız NE72089A transistörü için aşağıdaki yorumları yapabiliriz:

- (i) Giriş VSWR sabit tutulduğunda iki-kapılı ykset devresinin koşulsuz kararlı çalışma bölgesinde(KKB) alabileceği maksimum kazanç , gürültü faktörü ile orantılı olarak artmakta, ancak belirli bir sınır değerinden sonra kazanç doyuma ulaşmaktadır.
- (ii) Gürültü faktörü sabit tutulduğunda KKB'deki maksimum kazanç giriş VSWR ile belirli bir değere kadar orantılı bir şekilde artmakta, ancak bu değerden sonra ters orantılı bir şekilde azalmaktadır.
- (iii) Kazanç sabit tutulduğunda görülmektedir ki gürültü faktörü ile giriş VSWR birbirleri ile üstel olarak ters orantılıdır.
- (iv) Kazanç frekans ile belli bir değere kadar artmakta, ancak bu değerden sonra kazanç çok az değişim göstermektedir.
- (v) Seri endüktif geribeslemede kazanın çok düştüğü görülmektedir. Çok küçük endüktans değerlerinde uygun çalışma geometrileri elde edilmektedir.
- (vi) Paralel endüktif geribeslemede yine çok küçük endüktans değerlerinde kazanç yüksektir. Ancak kazanç endüktans değeri arttıkça azalmaktadır ve geribeslemesiz durumda elde edilecek kazana yaklaşmaktadır.
- (vii) Seri kapasitif geribeslemede kazanç kapasitans değeriyle doğru olarak artmaktadır ve geribeslemesiz durumda elde edilecek kazanç değerinde doyuma ulaşmaktadır.
- (viii) Paralel kapasitif geribeslemede kazanç kapasitans değeri ile ters olarak azalmaktadır. Ancak düşük kapasitans değerlerinde kazanç yüksek değerlere ulaşır.

11. SONUÇLAR

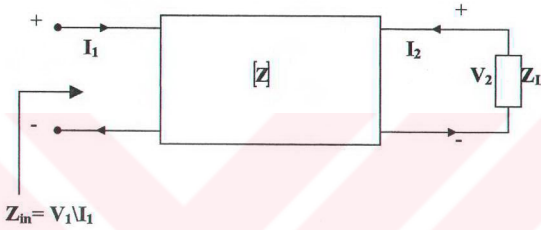
Genel olarak bu çalışmada bir mikrodalga devresinin temel karakterizasyon elemanlarından biri olan empedans parametreleri kullanılarak, performans karakterizasyonu, bir lineer iki-kapılının lineer oransal birebir eşleme kurallarına uygun olarak Z_L -düzlemine aktarılmıştır. Böyle bir transfer işlemi Z_L -düzleminde "Tasarım Konfigürasyonu"yla sonuçlanmıştır. Bu tasarım konfigürasyonu, KKÇB, sınırlandırılmış kazanç daire ailesi, gürültü faktörü ve giriş VSWR'ı birleştiren T_1 ve T_2 dairelerinden oluşmaktadır. Böylece frekans (f), kutuplama parametreleri (V_{DS}, I_{DS}) ile konfigürasyon tipi (KT) gibi transistör çalışma parametrelerinin ve geribesleme devre elemanlarının tasarım konfigürasyonu üzerine etkileri yük parametreleri cinsinden incelenebilir. Ayrıca bu çalışma dar-orta ve geniş bantlı mikrodalga devrelerinin, bilhassa tümleşik mikrodalga devrelerinin tasarımında araç olarak kullanılabilir.

Pratik tasarım çözümü getirebilmek için geribeslemenin birleşik iki-kapılının gürültü faktörü üzerine etkisi de bu çalışmada hesaba katılmıştır. Hesaplamalar geribesleme devresi pratikte sıkça karşılaşılan tek reaktans elemandan oluştuğu varsayılarak, büyük oranda karmaşık yapısından basite indirgenebilir. Geribeslemenin dört gürültü parametresine ilave etkisi dikkate alınarak, mevcut çözüm yolu genelleşmiş olmaktadır.

EK 1

BİR DAİRENİN Z_{in} -DÜZLEMİNDEN Z_L -DÜZLEMİNE AKTARILMASI İÇİN GEREKEN DÖNÜŞÜM FORMÜLLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Z_{in} ve Z_{out} giriş ve çıkış empedansları sırasıyla, Z_L ve Z_S yük ve kaynak empedanslarının lineer fraksiyonel dönüşümüdür, ve bu dönüşüm aşağıdaki gibi verilir:



$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \quad (1)$$

$$V_2 = z_{12}I_1 + z_{22}I_2 \quad (2)$$

$$V_2 = -Z_L I_2 \quad (3)$$

(3) bağıntısı (2) bağıntısına yerleştirilirse,

$$0 = z_{21}I_1 + (z_{22} + Z_L)I_2 \Rightarrow I_2 = -\frac{z_{21}}{z_{22} + Z_L}I_1 \quad (4)$$

elde edilir. (4) bağıntısı (1) bağıntısında yerine konulursa,

$$Z_{in} = f(Z_L) = \frac{V_1}{I_1} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L} \quad (5)$$

elde edilir. (5) bağıntısı aşağıdaki gibi yeniden ifade edilebilir:

$$Z_{in} = \frac{\Delta_Z + z_{11}Z_L}{z_{22} + Z_L} \quad (6)$$

$$Z_{in}(z_{22} + Z_L) = \Delta_Z + z_{11}Z_L$$

$$Z_{in}z_{22} - \Delta_Z = (z_{11} - Z_{in})Z_L \Rightarrow Z_L = f^{-1}(Z_{in}) = \frac{Z_{in}z_{22} - \Delta_Z}{z_{11} - Z_{in}} \quad (7)$$

Z_{in} -düzleminde Z_{cin} merkez fazörlü ve r_{in} yarıçaplı bir daire düşünelim,

$$|Z_{in} - Z_{cin}|^2 = r_{in}^2 \quad (8)$$

$$\left| \frac{\Delta + z_{11}Z_L}{z_{22} + Z_L} - Z_{cin} \right| = r_{in}$$

$$|\Delta + z_{11}Z_L - z_{22}Z_{cin} - Z_L Z_{cin}|^2 = r_{in}^2 |z_{22} + Z_L|^2$$

$$|(z_{11} - Z_{cin})Z_L + \Delta - z_{22}Z_{cin}|^2 = r_{in}^2 |z_{22} + Z_L|^2$$

$A = z_{11} - Z_{cin}$; $B = \Delta - z_{22}Z_{cin}$ şeklinde tanımlanırsa, yukarıdaki ifade aşağıda görüldüğü biçimde yeniden yazılabilir:

$$(AZ_L + B)(A^*Z_L^* + B^*) = r_{in}^2 |z_{22} + Z_L|^2 \Rightarrow$$

$$|A|^2 |Z_L|^2 + AB^*Z_L + A^*BZ_L^* + |B|^2 = r_{in}^2 (|z_{22}|^2 + |Z_L|^2 + z_{22}Z_L^* + z_{22}^*Z_L) \Rightarrow$$

$$(|A|^2 - r_{in}^2) |Z_L|^2 + (AB^* - r_{in}^2 z_{22}^*)Z_L + (A^*B - r_{in}^2 z_{22})Z_L^* + |B|^2 - r_{in}^2 |z_{22}|^2 = 0 \quad (9)$$

(9) bağıntısı kanonik formda yeniden düzenlenirse,

$$|Z_L|^2 + \frac{AB^* - r_{in}^2 z_{22}^*}{|A|^2 - r_{in}^2} Z_L + \frac{A^*B - r_{in}^2 z_{22}}{|A|^2 - r_{in}^2} Z_L^* + \frac{|B|^2 - r_{in}^2 |z_{22}|^2}{|A|^2 - r_{in}^2} = 0 \quad (10)$$

(10) denkleminde,

$$Z_{cl} = \frac{A^*B - r_{in}^2 z_{22}}{|A|^2 - r_{in}^2} \quad (11)$$

$$r_L^2 = |Z_{cl}|^2 - \frac{|B|^2 - r_{in}^2 |z_{22}|^2}{|A|^2 - r_{in}^2} \quad (12)$$

elde edilir.

EK 2

Z_{in}-DÜZLEMİNDE EŞLENİK KAYNAK KARARLILIK DAİRESİ İLE T₁ DAİRESİNİN KESİŞMESİ SONUCU KESİŞİM NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Z_{in}-düzleminde eşlenik kaynak kararlılık dairesini ve T₁ dairesini sırasıyla, aşağıdaki şekilde kanonik formda yazabiliriz:

$$|Z_{in}|^2 - Z_{in}^* Z_{cSc} - Z_{in} Z_{cSc}^* + |Z_{cSc}|^2 - r_s^2 = 0 \quad (1)$$

$$|Z_{in}|^2 - Z_{in}^* Z_{ct1} - Z_{in} Z_{ct1}^* + |Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2 = 0 \quad (2)$$

ya da

$$|Z_{in}|^2 - 2R_{in}R_{cSc} - 2X_{in}X_{cSc} + |Z_{cSc}|^2 - r_s^2 = 0 \quad (3)$$

$$|Z_{in}|^2 - 2R_{in}R_{ct1} - 2X_{in}X_{ct1} + |Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2 = 0 \quad (4)$$

(3) ve (4) denklemlerini taraf tarafa çıkarırsak,

$$2R_{in}(R_{ct1} - R_{cSc}) + 2X_{in}(X_{ct1} - X_{cSc}) + |Z_{cSc}|^2 - r_s^2 - (|Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2) = 0 \quad (5)$$

$$X_{in} = \frac{R_{cSc} - R_{ct1}}{X_{ct1} - X_{cSc}} R_{in} + \frac{(|Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2) - (|Z_{cSc}|^2 - r_s^2)}{2(X_{ct1} - X_{cSc})} \quad (6)$$

(6) bağıntısında,

$$A = \frac{R_{cSc} - R_{ct1}}{X_{ct1} - X_{cSc}}, B = \frac{(|Z_{ct1}|^2 - r_{t1}^2) - (|Z_{cSc}|^2 - r_s^2)}{2(X_{ct1} - X_{cSc})} \quad \text{tanımlamaları yapılırsa, (6) bağıntısı}$$

aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir:

$$X_{in} = AR_{in} + B \quad (7)$$

(7) bağıntısını (4) bağıntısında yerine koyarsak,

$$R_{in}^2 - 2 \frac{(R_{ct1} - AB + AX_{ct1})}{1 + A^2} R_{in} + \frac{|Z_{opt}|^2 + B^2 - 2BX_{ct1}}{1 + A^2} = 0 \quad \text{ikinci derece denklemi elde}$$

edilir. Bu denklemin kökleri çözüm noktalarının reel kısımlarını verir.

$$K = \frac{R_{ct1} - AB + AX_{ct1}}{1 + A^2}, D = \frac{|Z_{opt}|^2 + B^2 - 2BX_{ct1}}{1 + A^2} \quad \text{şeklinde tanımlamalar yapılırsa,}$$

denklem aşağıdaki biçime dönüşür:

$$R_{in}^2 - 2KR_{in} + D = 0 \quad (8)$$

(8) denkleminin kökleri,

$R_{in,2} = K \pm \sqrt{K^2 - D}$ ile verilir. (7) bağıntısından $X_{in,2}$ $X_{in,2} = AR_{in,2} + B$ bağıntısı ile elde edilir.

KAYNAKLAR

- B. Albinson, MSc (1987), "Noise Parameters Transformations of Interconnected Two-port Networks ", IEE Proceedings, 134,(2), April 1987, 125-129
- Fidan M. (1993), Mikrodalga Transistörlerinin Performans Eğrilerinin Bilgisayarla Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Güneş F.,Çetiner B.A. (1998),"A Novel Smith Chart Formulation of Performance Characterisation for a Microwave Transistor", IEE Proc.-Circuits Devices Syst.,145,(6),1998,1-10.
- Güneş F.,Güneş M.,Fidan M. (1994),"Performance characterisation of a microwave transistor",IEE Proc.-Circuits Devices Syst.,141,(5),1994,337-344.
- V.M.T. Lam, C.R. Poole, P.C.L. Yip (1992), " Exact Noise Figure of A Noisy Two-port with Feedback", IEE PROC.-G, 139,(4),August 1992 , 473-476

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	16.04.1974	
Doğum yeri	Devrek/Zonguldak	
Lise	1984-1990	Devrek Lisesi
Lisans	1990-1995	Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	1996-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Habr. Anabilim Dalı Haberleşme Mühendiliği Programı
Çalıştığı kurumlar	1997-1998	SYS GROUP Ltd. Şti.