168394

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEVRE FONKSİYONLARI İLE BİR MİKRODALGA TRANSİSTORUNUN OPTİMUM SONLANDIRMALARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Elektronik ve Haberleşme Müh. Mehmet Ercüment Kolay

FBE Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Haberleşme Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ii

Kısaltma Listesi iii

1.Transitor İşaret ve Gurultu Davranısı 1

1.1.1 Transistor Performans Olcu Fonksiyonları 1

1.1.2 Transistor Performans Karakterizasyonu 3

1.1.3 (F, V_i, G_T), B} Hedef Uzayı ve Kullanımı 4

1.1.4 (Z_S, Z_L) ve B Hedef Uzayı ve Kullanımı 5

1.1.5 Global Optimum ve Algoritmaları 9

1.1.6 Gradient-Temelli Algoritmalar 9

2.T ve ∏ Tipi IMC ve OMC devreleriyle Sonlandirilmis Mikrodalga Kuvvetlendiricileri 10

2.2.1 Bir Seri - Hat Devresinin Tanimi 10

2.2.2 Bir Paralel - Hat Devresinin Tanimi 11

2.2.3 T-Tipi Devre İçin ABCD Matrisinin Elde Edilmesi 12

2.2.4 Π -Tipi Devre İçin ABCD Matrisinin Elde Edilmesi 13

2.2.5 Paralel + Seri "L" Devresi 14

2.2.6 Seri + Paralel "L" Devresi 15

3. Genis Band Uyumlaştırma Problemi 17

4. Sonuclar 27

5. Sonuclar ve Değerlendirmeler 54

Ek-1 Bilgisayar Programları 55

Ek-2 Kaynaklar 85

SİMGE LİSTESİ

n	Frekans Örnekleme Sayısı
$F(\omega)$	Gürültü Faktörü
$F_{req}(\omega)$	İstenen Gürültü Faktörü
$V_i(\omega)$	VSWR
$V_{ireq}(\omega)$	İstenen VSWR
$G_T(\omega)$	Kazanç
$G_{T_{req}}(\omega)$	İstenen Kazanç
$Z_{Sref}(\omega_i)$	Kaynağa Bakıldığında Görülen Empedans Değeri
$Z_{Lref}(\omega_i)$	Yüke Bakıldığında Görülen Empedans Değeri
$G(\omega_i)$	Transduser Güç Kazancı
W	Ağırlık Katsayısı
R_N	Eşdeğer Gürültü Direnci
F_M	Minimum Gürültü Faktörü
Z_{op}	Optimum Kaynak Empedansı
E_N	Gürültü Hata Fonksiyonu
ρ_i	Giriş Yansıma Katsayısı
E_{Vi}	VSWR Hata Fonksiyonu
F	Hata İfadesi
A,B,C,D	ABCD Parametrelerinin Gösterimi
S	Saçılma Parametresi
N	Gürültü Parametresi
NF	Kuvvetlendirici Gürültü Faktörü
V_{DS}, I_D, V_{CE}, I_C	Tranzistör Kutuplama Koşulları
Z_{out}^{IMC}	Giriş Uydurma Devresinin çıkış empedansı
$Z_{L_{IMC}}$	Transistorun giriş empedansı
Z_S	Kaynak empedansı
Z_{in}^{OMC}	Çıkış Uydurma Devresinin giriş empedansı
$Z_{S_{OMC}}$	Transistorun çıkış empedansı
Z_L	Yük empedansı
ρ	Yansıma Parametresi
χ	Genişleme Parameresi
γ	Daralma Parametresi
σ	Büzülme Parametresi
P_L ve P_{avs}	Yüke Aktarılan ve Kaynaktan Çekilen Güç

KISALTMA LİSTESİ

VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
USWA	Koşullu Kararlı Çalışma Bölgesi (Unconditionally Stable Working Area)
NF	Noise Figure
CT	Configuration Type
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ICSIS	International Symposium on Computer and Information Sceiences
YTU	Yildiz Technical University
İTÜ	İstanbul teknik Üniversitesi
EMC	European Microwave Conference
MIT	Microwave Institute of Technology
IMC	Input Matching Circuit
OMC	Output Matching Citcuit
NE02135C	Katalogdan Seçilmiş bir Tranzistör Türü
NE329S01	Katalogdan Seçilmiş bir Tranzistör Türü
ATF21186	Katalogdan Seçilmiş bir Tranzistör Türü
FMINS	MATLAB 6 Programındaki Bir Toolbox
GA	Genetik Algoritma
YSA	Yapay Sinir Ağı
MLP	Çok Katmanlı Algılayıcı
FDTD	Finite Difference Time Domain
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuit
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service

ÖNSÖZ

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği anabilim dalı Haberleşme programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada, yayınlanan en son bilimsel veriler ve kaynaklar incelenerek Performans Üçlüleri olarak bilinen $F_{ref}(\omega)$ Gürültü Faktörü, $V_{iref}(\omega)$ Giriş VSWR ve $G_{Tref}(\omega)$ Kazanç referans değerleri ile hedeflenen potansiyel bir B bandı içerisinde Mikrodalga Kuvvetlendirici tasarımları yapılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında ve çalışmalarım sırasında değerli yardımlarını esirgemeyen gerek moral ve gerekse bilgi açısından bana destek olan sayın hocam Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ'e; her konuda desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof.Dr.Hasan Dincer ve degerli dostum Candas Bilgin'e; varlıklarıyla güven veren dostlarım Dr. Mehmet Fatih Çağlar ve Dr. Yavuz Cengiz'e; her şeyin üstündeki aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Mikrodalga eleman karekterizasyonu ve tasarımı haberleşme mühendisliğinin en önemli ilgi alanlarından biridir. Mikrodalga kuvvetlendiricisinin tasarımında , sistem performansını optimize edebilmek amacı ile birçok modern nümerik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde genellikle , bir çalışma bandı boyunca kazanç (G_T) , üzerinde yoğunlaşırken , giriş uyumsuzluğu (V_i) , gürültü faktörü (F) , çıkış uyumsuzluğu (V_{out}) , gibi diğer performans ölçü kriterleri hesaba alınmaz.

Genişband uyumlaştırma teorisinin, paralel bağlı RC gibi kısıtlı yükler için geliştirilen kazanc band genişliği teorisinin geliştirilmesiyle başladığı düşünülebilir. Daha sonra her hangi bir yük için kazanç band genişliği teorisi genelleştirilmiştir ve bir çok araştırmacı yeni teknikler kullanarak genişband uyumlaştırma problemini çözmeye uğraşmaktadırlar. Fakat şu görülmüştür ki; mevcut analitik teori, pratik uygulamalarda karşılaşılan karmaşık uyumlaştırma problemlerinin çözümünde ciddi zorluklar içermektedir. Bu nedenle, daha pratik uyumlaştırma devresi tasarım araçları geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Kuvvetlendirici optimizasyonu için ilk aşamada potansiyel performans karekteristikleri incelenerek hedef uzayı oluşturulmuştur. Optimizasyonun ikinci aşaması olarak probleme uygun çok amaçlı hata fonksiyonu oluşturulur.En son olarak hata fonksiyonun hedef uzayı içinde en minimumu bulmak için algoritma oluşturulur.Bu çalışmada optimizasyon algoritması olarak gradient ve başlangıç koşulları rastgele optimize edilmiş Nelder-Mead Simpleks algoritmaları kullanılmıştır.

Uygulamalarda, transistor olarak NE329S01 kullanılmış ve transistorun bütün parametreleri sabit olarak alınmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem empedans yaklasımı yöntemidir.
Kuvvetlendirici en uygun şekle sokma için kullanılan matlab araçları olarak lsqnonlin ve fminsearch kullanılmıstır.
Son olarak en uygun şekle sokma sonucu bulunan devre elemanları ile bütün devre analiz edilmiş ve sonuçlar bir simülasyon programı ile test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga Kuvvetlendirici, Transducer Güç Kazancı, Giriş VSWR, Gürültü Faktörü, Gradient .

ABSTRACT

Characterisation of active microwave devices and design of the wideband microwave amplifiers are still among the major interests in the communication engineering . Especially , in designing microwave amplifiers , many sophisticated numerical methods are utilised to optimise the system performance.Generally , the optimisation is focused on the transducer power gain (G_T) over the frequency band of operation without controlling the other performance criteria such as the noise (F) , the input VSWR (V_i) , and the output VSWR(V_O) .

In this work, NE329S01 was used as a transistor and all of it's parameters were assumed as constant

In the optmization procces of the amplifier , firstly the target space is formed subject to the potantial performance of the device and the limits of the technology used in realization . In the second stage a multiobjective error function is chosen subject to the features of the system.Final stage is to chose and program the optimization algortihm to determine the global minimum of the error function within the target space.In this work the two different algorithms called as the Nelder-Mead Simplex and Gradient algorithms are utilized in the optimization process.

In the end the complete analysis of the whole system is done using the resulted optimization parameters and the results are compared with the results of the Professional soft packets "MICROWAVE OFFICE" shown that all of them are agreed.

Key words: Microwave Amplifier , Transducer Power Gain , Input VSWR , Noise Figure , Gradient

1. TRANSİSTOR İŞARET VE GÜRÜLTÜ DAVRANIŞI

Bir mikrodalga transistorünün küçük-işaret ve gürültü davranışı, genellikle saçılma [S] ve gürültü [N] parametreleri ile karakterize edilen bir iki-kapılı ile modellenebilir.

Transistorü ölçüm sonucu doğrudan karakterize eden [S] ve [N] parametreleri kullanılan devre konfigürasyonuna bağlı olarak uygun diğer tip karakterizasyon parametrelerine dönüştürülebilir. Örneğin bu çalışmada, transistör performans karakterizasyonu için [S] ve [N], [Z] (açık devre) parametrelerine, kaskad bağlı bir kuvvetlendirici devre analizi ve sentezi için de ABCD ya da Dalga-Transmisyon parametrelerine dönüştürülmüştür. Buna göre, Şekil 1.1'teki transistor iki-kapılısı için V-I denklemleri matrisiyel formda aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \tag{1.1}$$

Ayrıca transistorün sonlandırılma denklemleri

$$V_2 = -I_2 Z_L, \qquad V_1 = V_s - I_1 Z_s, \tag{1.2}$$

ve Z_i giriş ve Z_0 çıkış empedansları da

$$Z_i = \frac{V_1}{I_1} = z_{11} - \frac{z_{12} z_{21}}{z_{22} + Z_L}, \qquad Z_0 = \frac{V_2}{I_2} = z_{22} - \frac{z_{12} z_{21}}{z_{11} + Z_s} \tag{1.3}$$

şeklinde ifade edilebilir.

1.1.1 Transistor Performans Ölçü Fonksiyonları

Bir transistor iki-kapılı performansı genellikle üç temel fonksiyon ile ölçülebilir: Transduser Güç Kazancı G_T, Gürültü faktörü F ve Giriş VSWR fonksiyonu V_i 'dir. Bu fonksiyonlar transistor [Z] parametreleri, kaynak ve yük sonlandırmaları cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Collins):

$$G_T = \frac{P_L}{P_{AVS}}$$

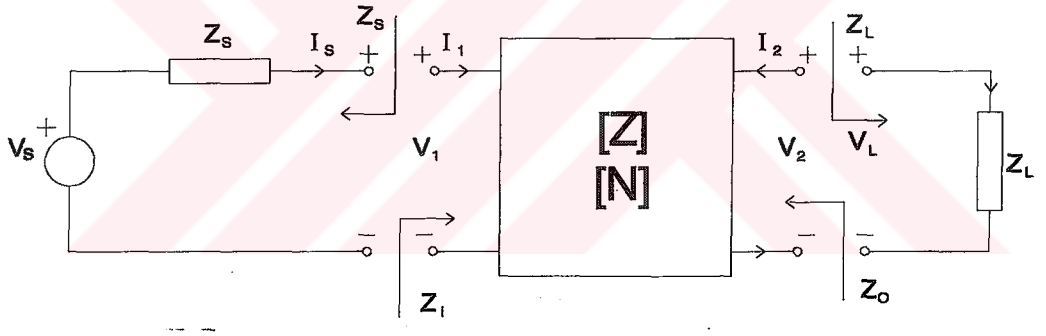
$$G_T\{R_s, X_s, R_L, X_L\} = \frac{4R_s R_L |Z_{21}|^2}{|(z_{11} + Z_s)(z_{22} + Z_L) - z_{12} z_{21}|^2} \tag{1.4}$$

$$F = \frac{(S/N)_i}{(S/N)_o} = F\{R_s, X_s\} = F_{\min} + \frac{R_N}{|Z_{opt}|^2} \frac{|Z_s - Z_{opt}|^2}{R_s} \tag{1.5}$$

$$\text{Giriş VSWR} = V_i\{R_s, X_s, R_L, X_L\} = \frac{1 + |\rho_i|^2}{1 - |\rho_i|^2}, \rho_i = \frac{Z_s - Z_i^*}{Z_s + Z_i} \tag{1.6}$$

Ayrıca, burada kaynak Z_S ve yük Z_L pasif sonlandırmaları transistorun kararlı çalışmasını sağlayacak şekilde tayin edilmelidir:

$$\text{Re}\{Z_i\} \geq 0, \text{ ve } \text{Re}\{Z_O\} \geq 0 \tag{1.7}$$



Şekil 1.1 Mikrodalga transistorun iki-kapılı modeli

Tayin edilmiş Z_S ve Z_L sonlandırmaları, transistorlu kuvvetlendiricide verilen kaynak Z_g ve alıcı Z_r sonlandırmalarından sırası ile giriş ve çıkış uydurma devreleri ile elde edilirler. Bir kuvvetlendirici devresinde kullanılan uydurma devreleri aynı zamanda kayıpsız olmalı ve transistor için talep edilen çalışma bandını karşılamalıdır. Bu çalışmada uydurma devrelerinde kayıpsız ve resiprok dağılmış parametreli elemanlar -transmisyon hat parçaları- kullanılmıştır. Sonuç olarak kuvvetlendiricinin performansını tamamiyle aktif eleman tayin ettiği söylenilebilir.

1.1.2 Transistor Performans Karakterizasyonu

Transistor performans ölçü fonksiyonlarını eş zamanlı gerçekleyen (F, Vi, G_T) ve (Z_S, Z_L) fiziksel çözümlerdir. (Güneş, 1994, 1998, 2002). Fiziksel gerçeklenebilirlik koşulları aşağıda verilmiştir:

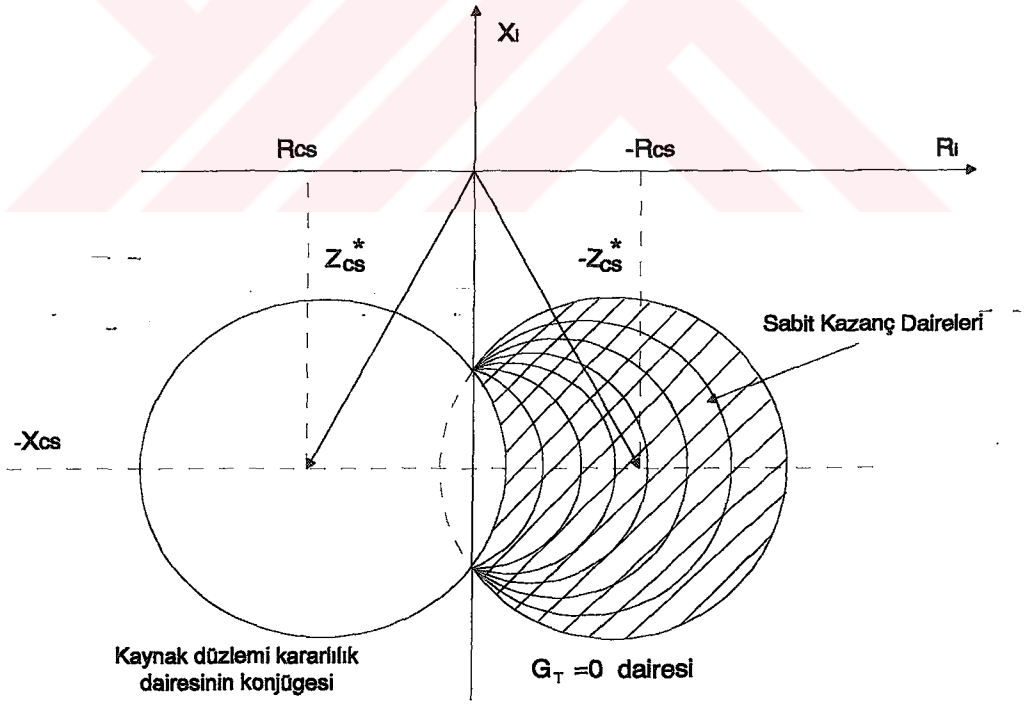
$$F_{req} \geq F_{min},\ V_{ireq} \geq 1,\ G_{Tmin} \leq G_{Treq} \leq G_{Tmax} \tag{1.8}$$

Z_{Sreq} ve Z_{Lreq} sonlandırmaları transistoru "Kararlı Çalışma Bölgesi"ndeki pasif sonlandırmalardan seçilmelidir (Şekil 1.2):

$$\Re e\{Z_{sreq}\} \geq 0, \quad \Re e\{Z_{Lreq}\} \geq 0$$

$$\Re e\{Z_{in}\} = \Re e\left\{z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_{Lreq}}\right\} > 0, \tag{1.9}$$

$$\Re e\{Z_{out}\} = \Re e\left\{z_{22} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{11} + Z_{sreq}}\right\} > 0$$



Şekil 1.2 Giriş empedans düzleminde koşullu kararlı halde bir V_{ireq} ile sınırlandırılmış kazanç daireleri (Güneş, 1994)

Transistor performans karakterizasyonu kuvvetlendirici tasarımı için bir $B=f_1-f_2$ çalışma bandında, aşağıdaki uyumlu (F, Vi, G_T) üçlülerini ve (Z_S, Z_L) sonlandırmalarını çıktı olarak vermektedir:

$$(F_{req}, V_{i\,req}, G_{T\,max}) \Leftrightarrow Z_{S\,max} = R_{S\,max} + j\,X_{S\,max}, \quad (1.10)$$

$$Z_{L\,max} = R_{L\,max} + j\,X_{L\,max}; \quad (1.11)$$

$$(F_{req}, V_{i\,req}, G_{T\,min}) \Leftrightarrow Z_{S\,min} = R_{S\,min} + j\,X_{S\,min}, \quad (1.12)$$

$$Z_{L\,min} = R_{L\,min} + j\,X_{L\,min}; \quad (1.13)$$

$$(F_{req}, V_{i\,req}, G_{T\,req}) \Leftrightarrow Z_{S\,req} = R_{S\,req} + j\,X_{S\,req}, \quad (1.14)$$

$$Z_{L\,req} = R_{L\,req} + j\,X_{L\,req}. \quad (1.15)$$

1.1.3 {(F, V_i, G_T), B} Hedef Uzayı ve Kullanımı

Bir mikrodalga kuvvetlendirici optimizasyonu prosesinin amacı, $V_{ireq}(f)$ ve $F_{req}(f)$ sınırlayıcı fonksiyonlara uygun bir $G_{Tmin}(f)<G_{Treq}(f)<G_{Tmax}(f)$ fonksiyonu belli bir potansiyel B bandı boyunca gerçekleştirmektir. Burada, bir özellik not edilmelidir: "Performans Karakterizasyonu" teorisinden, $V_{ireq}(f)$ ile sınırlandırılmış bütün $G_{Tmin}<G_{Treq}<G_{Tmax}$ kazanç çemberlerinin bir kısmı, Koşulsuz Kararlı Çalışma Bölgesinde yer alıp birim Smith çemberini aynı iki noktada kestikleri bilinmektedir. Buna göre ,verilen çalışma frekansı f de $V_{ireq}(f)$ ve $F_{req}(f)$ gerçekleyen bölgelerin Koşulsuz Kararlı Çalışma bölgesi ile ara-kesitinden birçok kararlı (F ,V_i ,G_T) çözüm takımları oluşturulabilir (Güneş, 1994), (Güneş ve Çetiner 1998). Buna göre minimize edilecek "Hata" (=Amaç) fonksiyonu, sadece transdüser kazanç G_T, giriş VSWR V_i ve gürültü faktörü F içerebilir ve kararlılık faktörünü hesaba katmaya gerek kalmamaktadır. Bu çalışmada {(F, V_i, G_T), B} hedef uzayı için sadece V_i ,G_T 'yi içeren iki hedefli Amaç Fonksiyonu kullanılmıştır. Bu çok hedefli Amaç Fonksiyonu B bandı boyunca n tane örnek frekans üzerinden toplamlar ihtiva etmektedir:

Burada n, örnek frekans sayısı, $|\rho_{in}(f_i)|$ f_i frekansında giriş yansıma katsayısının modülüne olup,

$$|\rho_{in}(f_i)| = \frac{V_i - 1}{V_i + 1} \text{ e eşittir.} \quad (1.17)$$

(1.4) ve (1.5) de G_T ve V_i fonksiyonları Z_{0i} , ℓ_i cinsinden ifade edilerek F, devre tasarım değişkenlerinin fonksiyonu olarak bulunmuştur. {(F, V_i, G_T), B} için tasarım uzayı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

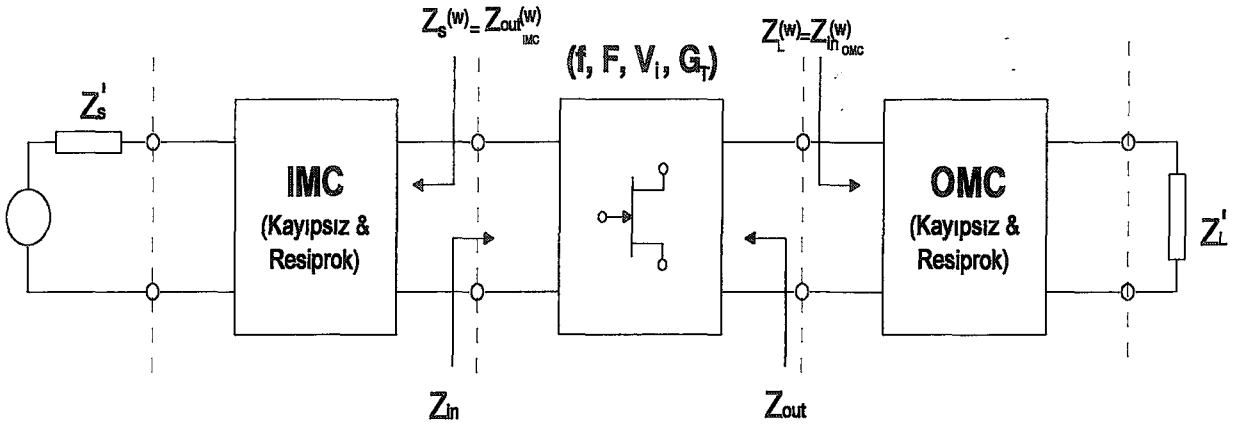
a) T, konfigürasyonunda kullanılmış olup hat uzunlukları ve karakteristik empedansları optimizasyon değişkenleri olarak seçilmiştir:

$\vartheta = [\ell_1\ \ell_2\ \ell_3\ \ell_4\ \ell_5\ \ell_6\ Z_{o1}\ Z_{o2}\ Z_{o3}\ Z_{o4}\ Z_{o5}\ Z_{o6}]^t$

1.1.4 (Z_S, Z_L) ve B Hedef Uzayı ve Kullanımı

Bir mikrodalga kuvvetlendiricisinin giriş ve çıkş uydurma devreleri ile birilikte genel görünümü Şekil 1.3'de gösterilmiştir. Transistorun "Performans Karakterisyonu" teorisi kullanılarak elde edilen uyumlu performans (F_{req}, V_{ireq}, G_{Treq}) üçlülerinin kuvvetlendirici içinde gerçekleştirilebilmesi için transistörün kaynak (Z_{Sreq}) ile sürülmesi ve yük (Z_{Lreq}) ile de yüklenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımda, Z_{sreq} 'ta Giriş Uydurma Devresi (IMC) , Z_{lreq}'ın Çıkış Uydurma Devresi (OMC) ile ayrı ayrı optimizasyon ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.3).

Z_{sreq}'ı gerçekleştirilen IMC devresi Şekil 1.4'de Z_{lreq}'ın gerçekleştirildiği OMC devresi Şekil 1.5 te verilmektedir.



Şekil 1.3 Giriş ve çıkış uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisi

Uydurma devresinde her bir eleman için zincir matrisleri (1.4) – (1.5) deklemlerinde verilmiştir.

$$[A]_1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & jZ_{o1}\sin\theta_1 \\ j\frac{1}{Z_{o1}}\sin\theta_1 & \cos\theta_1 \end{bmatrix} \qquad (1.18)$$

$$[A]_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j\frac{1}{Z_{o2}}\cot\theta_2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.19)$$

$$[A]_3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & jZ_{o3}\sin\theta_3 \\ j\frac{1}{Z_{o3}}\sin\theta_3 & \cos\theta_3 \end{bmatrix} \quad (1.20)$$

burada,

$$\theta_i = \frac{2\pi f}{c} l \quad (1.21)$$

olarak alınmıştır. Devrenin tümü için zincir matrisi, üç matrisin çarpımına eşittir.

$$[A] = [A]_1[A]_2[A]_3 \quad (1.22)$$

$$[A] = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (1.23)$$

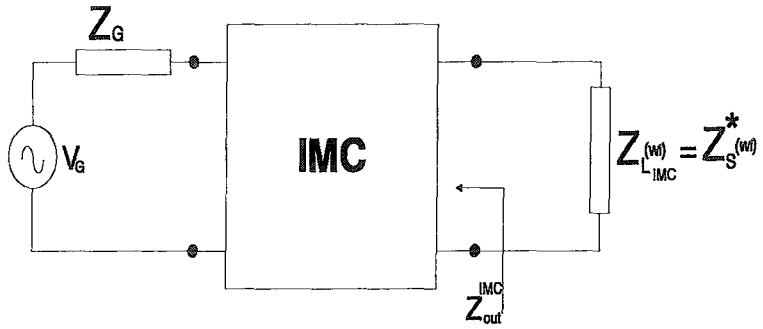
$$Z_{in} = \frac{AZ_L + B}{CZ_L + D} \quad (1.24)$$

$$Z_{out} = \frac{DZ_S + B}{CZ_S + A} \quad (1.25)$$

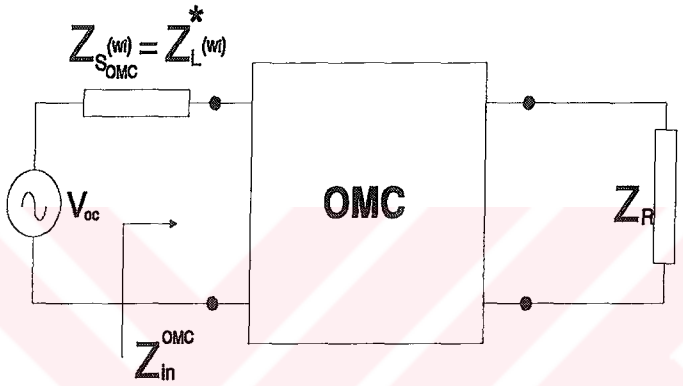
$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_S^*}{Z_{in} + Z_S} \quad (1.26)$$

$$\Gamma_{out} = \frac{Z_{out} - Z_L^*}{Z_{out} + Z_L} \quad (1.27)$$

$$G_T = 4\mathrm{Re}\{Z_S\}\mathrm{Re}\{Z_L\}\left|\frac{1}{AZ_L + B + CZ_SZ_L + DZ_S}\right|^2 \quad (1.28)$$



Şekil 1.4 Transistore $Z_S(\omega_i)$ 'nin sürülme empedansının devresi



Şekil 1.5 Transistore $Z_L(\omega_i)$ 'nin yük empedansının devresi

Her iki optimizasyon prosedüründe de aynı hata hata fonksiyonu kullanılmıştır:

$$E = \sum_{i=1}^{N} 1 - e^{-W(1-G_T)^2} \tag{1.29}$$

Burada, W= Ağırlık katasayısı Gt: Kayıpsız ve resiprok iki kapılı uydurma devresinin transducer güç kazancıdır.

$$G_T = 1 - |\rho_{in}|^2 \tag{1.30}$$

Burada, $|\rho|$: Bir kapıdaki yansıma katsayısının modülü olup örneğin Giriş Uydurma Devresi için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$|\rho_{in}|^2 = \left|\frac{Z_{out}^{IMC} - Z_{L_{IMC}}^*}{Z_{out}^{IMC} + Z_{L_{IMC}}}\right|^2 = \left|\frac{Z_{out}^{IMC} - Z_S(\omega)}{Z_{out}^{IMC} + Z_S^*(\omega)}\right|^2 \tag{1.31}$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

Z_{out}^{IMC} = Giriş Uydurma Devresinin çıkış empedansı

$Z_{L_{IMC}}$ = Transistorun giriş empedansı

Z_S= Kaynak empedansıdır.

Aynen kaynak empedansını transistörün giriş empedansına uygunlaştıran devrede olduğu gibi transistörün çıkış empedansını, yük empedansına eşitleyen uydurma devresi de yukarıdaki bağıntılardan tasarlanabilir.

Çıkış Uydurma Devresi için yansıma katsayısı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$|\rho|^2 = \left|\frac{Z_{in}^{OMC} - Z_{S_{OMC}}^*}{Z_{in}^{OMC} + Z_{S_{OMC}}}\right|^2 = \left|\frac{Z_{in}^{OMC} - Z_L(\omega)}{Z_{in}^{OMC} + Z_L^*(\omega)}\right|^2 \qquad (1.32)$$

Burada;

Z_{in}^{OMC} = Çıkış Uydurma Devresinin giriş empedansı

$Z_{S_{OMC}}$ = Transistorun çıkış empedansı

Z_L= Yük empedansıdır.

Transistorun giriş empedansını, kaynak empedansına ve transistorun çıkış empedansını yük empedansına uygunlaştıran uydurma devreleri için tasarım uzayı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

a) Kaynak Empedansını Transistörün Giriş Empedansına Uygunlaştıran "T" tipi konfigürasyonda hat uzunlukları ve karakteristik empedansları optimizasyon değişkenleri olarak kullanılmıştır:

$\vartheta = [\ell_1\ \ell_2\ \ell_3\ Z_{01}\ Z_{02}\ Z_{03}]^t$

b) Yük Empedansını transistörün çıkış empedansına uygunlaştıran "T" tipi konfigürasyonda hat uzunlukları ve karakteristik empedansları optimizasyon değişkenleri olarak kullanılmıştır:

$\vartheta = [\ell_1\ \ell_2\ \ell_3\ Z_{01}\ Z_{02}\ Z_{03}]^t$

1.1.5 Global Optimum ve Algoritmaları

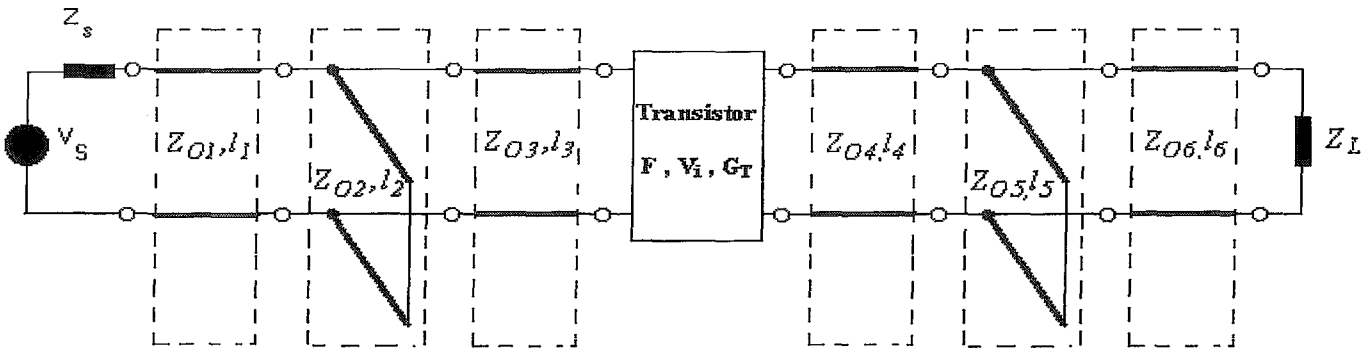
Geleneksel en iyiyi (optimal noktayı) arama yöntemleri, iki ana başlık altında toplanabilir: Bunlar, gradient-temelli algoritmalar ve sezgisel yöntemlerdir. Gradient temelli algoritmalar, bugüne kadar literatürde yoğun bir biçimde incelenmişlerdir. Bunlar da kendi aralarında dolaylı ve doğrudan olmak üzere ikiye ayrılırlar.

1.1.6 Gradient-Temelli Algoritmalar

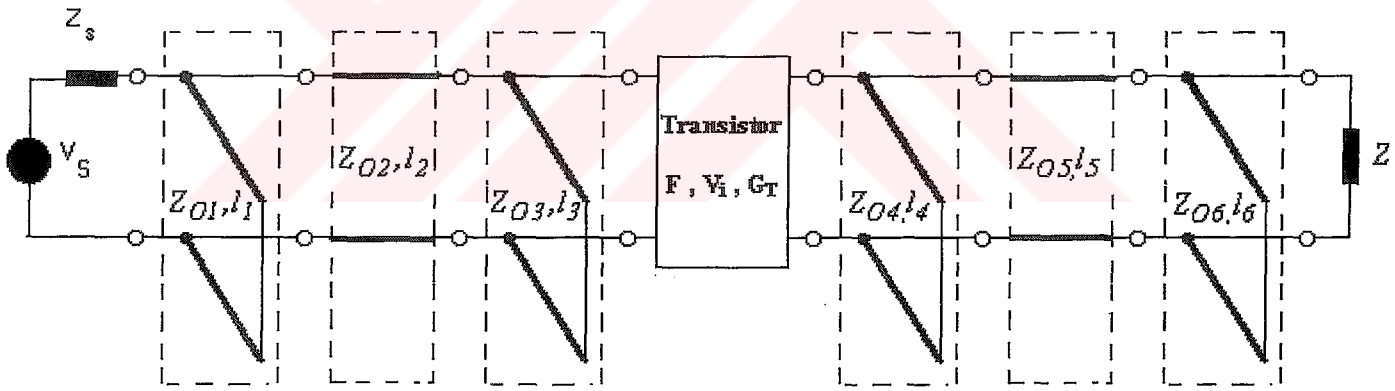
Matematiksel nonlineer programlama algoritmaları, mühendislik optimizasyon problemlerindeki uygulamalar için bir metod olarak ortaya çıkmışlardır. Bu algoritmalar, eşit ve eşit olmayan sınırlamaların bir karışımı olan tek ve çok hedefli dizayn problemlerinin çözümü için genel bir yaklaşım sürerler. Bu metodların en etkilileri, hedef fonksiyonunun en az birinci dereceden türevine ihtiyaç duyan gradient tabanlı olanlarıdır. Gradient tabanlıların tepe tırmanma kabiliyeti, ilk tahminin optimum noktaya olan uzaklığı ile ilişkilidir.

2. T VE ∏ TİPİ , IMC VE OMC DEVRELERİYLE SONLANDİRİLMİS MİKRODALGA KUVVETLENDİRİCİLERİ

"T" devresi seri , şönt , seri hat iki-kapılılarının kaskad bağlanması sonucu oluşturulduğundan devrenin topolojisi ve devre seması aşağıdaki gibidir. T tipi IMC ve OMC devreleri birlikte tümleşik olarak verilmiştir.



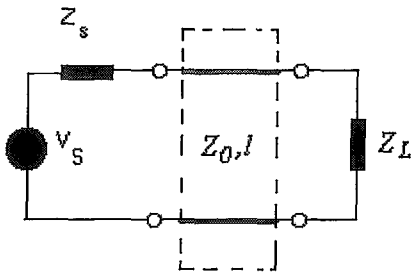
Şekil 2.1 IMC(T – Tipi) – Transistor – OMC(T – Tipi) devresi



Şekil 2.2 IMC(Π – Tipi) – Transistor – OMC(Π – Tipi) devresi

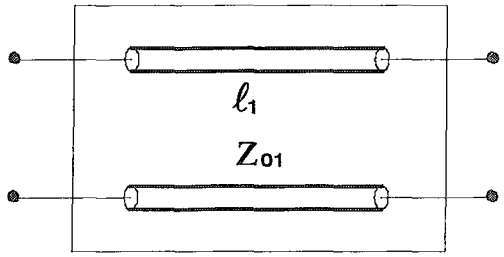
2.2.1 Bir Seri - Hat Devresinin Tanimi

Seri transmisyon hat iki kapılısı, Şekli 2.3'de verilmiş olup zincir parametreleri aşağıdadır (Collins,1992).



Şekil 2.3 Seri – Hat devresi

$$\begin{bmatrix} \cos(\beta\ell) & jZ_0 \sin(\beta\ell) \\ \frac{j\sin(\beta\ell)}{Z_0} & \cos(\beta\ell) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$



Şekil 2.4 Seri transmisyon hat iki-kapılısı

$$G_T = \frac{4R_s R_L}{P} \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

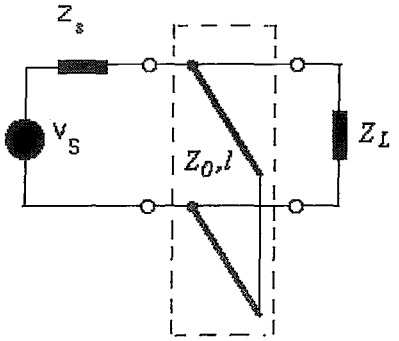
$$P = \left|AZ_L + B + (CZ_L + D)\right|^2 \quad (2.3)$$

$$R_S = \text{Real } Z_S \,,\; R_L = \text{Real } Z_L \quad (2.4)$$

$$A = \cos\beta\ell \,, B = jZ_0 \sin\beta\ell \,, C = \frac{j\sin\beta\ell}{Z_0} \,, D = \cos\beta\ell \quad (2.5)$$

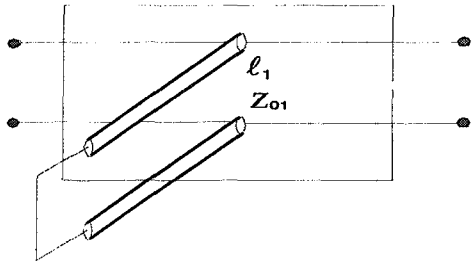
2.2.2 Bir Paralel - Hat Devresinin Tanimi

Paralel transmisyon hat iki kapılısı, Şekli 2.5'de verilmiş olup zincir parametreleri aşağıdadır (Collins,).



Şekil 2.5 Paralel hat devresi

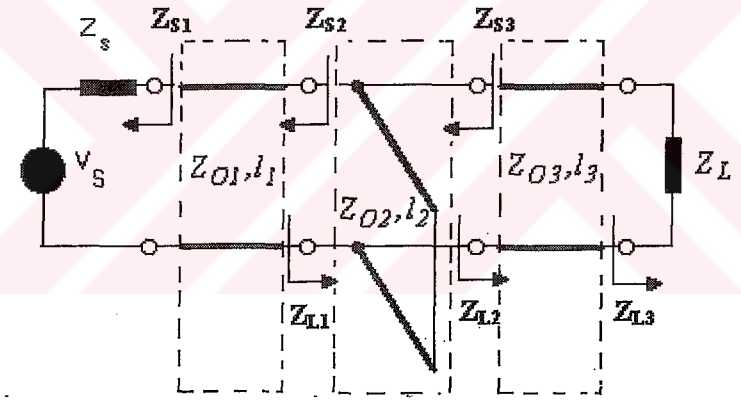
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\dfrac{j}{Z_0 \tan(\beta \ell)} & 1 \end{bmatrix} \tag{2.6}$$



Şekil 2.6 Paralel transmisyon hat iki-kapılısı

$$A = 1, B = 1, C = -\frac{j}{Z_0 tg\beta\ell}, D = 1 \tag{2.7}$$

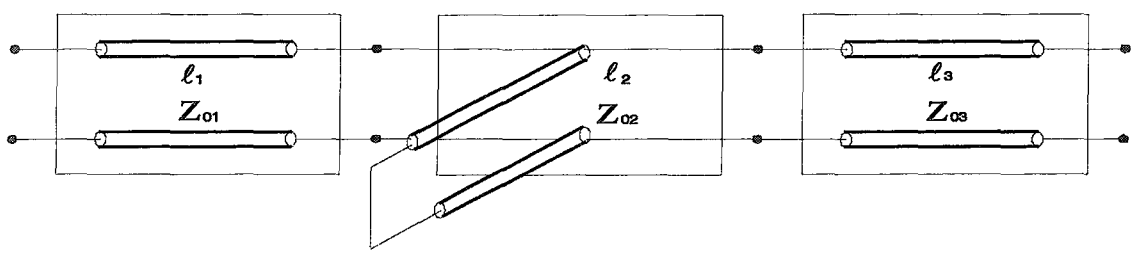
2.2.3 T-Tipi Devre İçin ABCD Matrisinin Elde Edilmesi



Şekil 2.7 T – Tipi devre

"T" devresi seri , şönt , seri hat iki-kapılılarının kaskad bağlanması sonucu oluşturulduğundan devrenin [ABCD] matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Şekil 2.8):

$$[ABCD]_T = \begin{bmatrix} \text{seri} \\ \text{hat} \end{bmatrix}_1 \times \begin{bmatrix} \text{paralel} \\ \text{hat} \end{bmatrix}_2 \times \begin{bmatrix} \text{seri} \\ \text{hat} \end{bmatrix}_3 \tag{2.8}$$



Şekil 2.8 "T" tipi uydurma devresi2

$$[E_1]=\begin{bmatrix}\cos\beta\ell_1 & jZo_1\sin\beta\ell_1\\ \dfrac{j\sin\beta\ell_1}{Zo_1} & \cos\beta\ell_1\end{bmatrix}\text{(1.Seri - Hat)} \tag{2.9}$$

$$[E_3]=\begin{bmatrix}\cos\beta\ell_3 & jZo_3\sin\beta\ell_3\\ \dfrac{j\sin\beta\ell_3}{Zo_3} & \cos\beta\ell_3\end{bmatrix}\text{(2.Seri - Hat)} \tag{2.10}$$

$$[E_2]=\begin{bmatrix}1 & 0\\ -\dfrac{j}{Zo_2\tan\beta\ell_2} & 1\end{bmatrix}\text{(1.Paralel - Hat)} \tag{2.11}$$

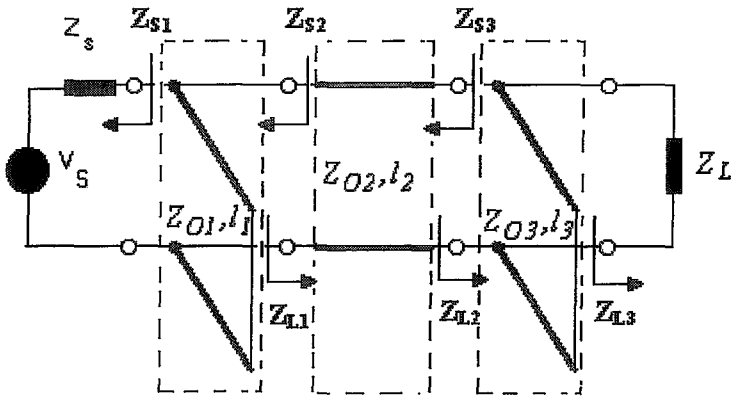
$$[E_{T12}]=[E_1][E_2] \tag{2.12}$$

$$[E_{T23}]=[E_2][E_3]$$

$$[ABCD]_T=\begin{bmatrix}\cos(\beta\ell_1).\cos(\beta\ell_3) & 0\\ \dfrac{j.\sin(\beta\ell_1).\sin(\beta\ell_3)}{\tan(\beta\ell_2).Z_{O1}Z_{O2}Z_{O3}} & \cos(\beta\ell_1).\cos(\beta\ell_3)\end{bmatrix} \tag{2.13}$$

Devre pasif olduğu için bütün $G_A = 1$, $G_P = 1$ ' dir

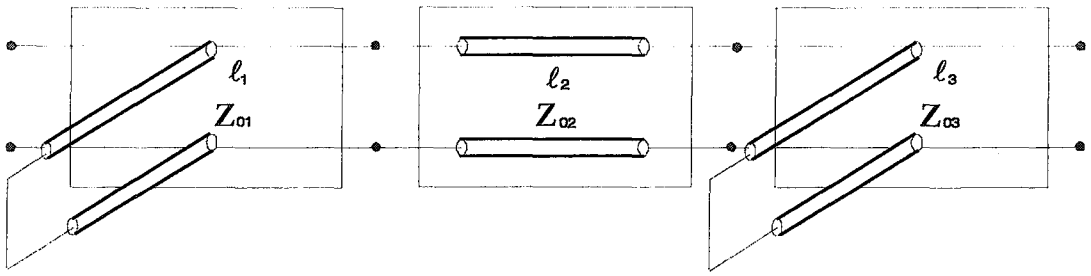
2.2.4 Π -Tipi Devre İçin ABCD Matrisinin Elde Edilmesi



Şekil 2.9 Π -Tipi devre

"Π" devresi paralel, seri, paralel hat iki-kapılılarının kaskad bağlanması sonucu oluşturulduğundan devrenin [ABCD] matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Şekil 2.10):

$$[ABCD]_{\Pi}=\begin{bmatrix}\text{paralel}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_1 \times \begin{bmatrix}\text{seri}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_2 \times \begin{bmatrix}\text{paralel}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_3 \qquad (2.14)$$



Şekil 2.10 "Π" tipi uydurma devresi

$$[E_1]=\begin{bmatrix}1 & 0\\ -\dfrac{j}{Zo_1 \tan\beta\ell_1} & 1\end{bmatrix} \text{ (1. Paralel - Hat)} \qquad (2.15)$$

$$[E_3]=\begin{bmatrix}1 & 0\\ -\dfrac{j}{Zo_3 \tan\beta\ell_3} & 1\end{bmatrix} \text{ (2. Paralel - Hat)} \qquad (2.16)$$

$$[E_2]=\begin{bmatrix}\cos\beta\ell_2 & jZo_2 \sin\beta\ell_2\\ \dfrac{j\sin\beta\ell_2}{Zo_2} & \cos\beta\ell_2\end{bmatrix} \text{ (1.Seri - Hat)} \qquad (2.17)$$

$$[E_{\prod 12}]=[E_1][E_2] \qquad (2.18)$$

$$[E_{\prod 23}]=[E_2][E_3] \qquad (2.19)$$

$$[ABCD]_{pi}=\begin{bmatrix}\cos(\beta\ell_2) & 0\\ -\dfrac{j.\sin(\beta\ell_2)}{\tan(\beta\ell_1).\tan(\beta\ell_3)Z_{O1}Z_{O2}Z_{O3}} & \cos(\beta\ell_2)\end{bmatrix}$$

Devre pasif olduğu için bütün $G_A = 1$, $G_P = 1$.

2.2.5 Paralel + Seri "L" Devresi

Paralel+seri "L" devresi, sırasıyla paralel ve seri transmisyon hat iki-kapılılarının kaskad bağlanmaları sonucu oluştuğundan devrenin [ABCD] matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Şekil 2.11):

$$[\mathrm{ABCD}]_L = \begin{bmatrix}\text{paralel}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_1 \times \begin{bmatrix}\text{seri}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_2 \qquad (2.20)$$

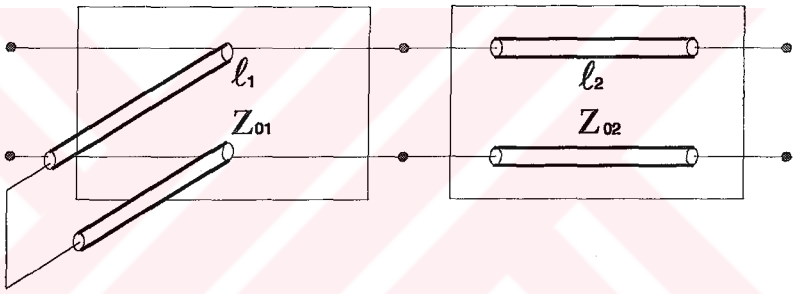
$$[E_1] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\dfrac{j}{Zo_1 \tan\beta\ell_1} & 1 \end{bmatrix} \text{ (1. Paralel - Hat)}$$

$$[E_2] = \begin{bmatrix} \cos\beta\ell_2 & jZo_2 \sin\beta\ell_2 \\ \dfrac{j\sin\beta\ell_2}{Zo_2} & \cos\beta\ell_2 \end{bmatrix} \text{ (1.Seri - Hat)}$$

$$[E_{L12}] = [E_1][E_2]$$

$$[ABCD]_L = \begin{bmatrix} \cos(\beta\ell_2) & 0 \\ \dfrac{\sin(\beta\ell_2)}{\tan(\beta\ell_1)Z_{O1}Z_{O2}} & \cos(\beta\ell_2) \end{bmatrix} \qquad (2.21)$$

olarak bulunur.



Şekil 2.11 Paralel + Seri "L" uydurma devresi

2.2.6 Seri + Paralel "L" Devresi

Paralel + seri "L" devresi, sırasıyla paralel ve seri transmisyon hat iki-kapılılarının kaskad bağlanmaları sonucu oluştuğundan devrenin [ABCD] matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Şekil 2.12):

$$[\mathrm{ABCD}]_L = \begin{bmatrix}\text{seri}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_1 \times \begin{bmatrix}\text{paralel}\\ \text{hat}\end{bmatrix}_2 \qquad (2.22)$$

(2.1) ve (2.6) nolu formülleri (2.22) eşitliğinde yerine konularak eleman parametreleri cinsinden "L" devresi zincir parametreleri,

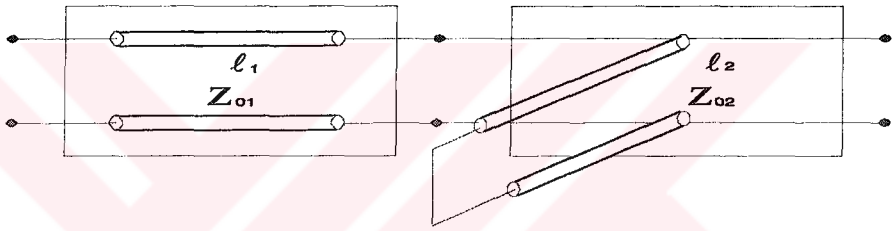
$$[E_1] = \begin{bmatrix} \cos\beta\ell_1 & jZo_1 \sin\beta\ell_1 \\ \dfrac{j\sin\beta\ell_1}{Zo_1} & \cos\beta\ell_1 \end{bmatrix} \text{ (1.Seri - Hat)}$$

$$[E_2]=\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\dfrac{j}{Zo_2 \tan\beta\ell_2} & 1 \end{bmatrix} \text{(1.Paralel - Hat)}$$

$$[E_{T12}]=[E_1][E_2]$$

$$[ABCD]_{\perp} = \begin{bmatrix} \cos(\beta\ \ell_1) & 0 \\ \dfrac{\sin(\beta\ \ell_1)}{\tan(\beta\ \ell_2)Z_{O1}Z_{O2}} & \cos(\beta\ \ell_1) \end{bmatrix} \tag{2.23}$$

olarak bulunur.



Şekil 2.12 Seri + Paralel transmisyon hattı

(2.24)

3. GENİŞBAND UYUMLAŞTIRMA PROBLEMİ

Uyumlaştırma problemi, bir kaynak ve kompleks bir yük empedansı arasına, istenen frekans bandında kaynaktan yüke maksimum güç aktaracak şekilde, bir kayıpsız iki-kapılı devre tasarlamaktır. Bu kayıpsız iki kapılının güç transfer yeteneği en iyi çevrim güç kazancı ile ölçülür, ve şu şekilde tanımlanır: Yüke aktarılan gücün kaynaktan elde edilen güce oranı.

Yukarıdaki şekle göre, ideal durumda yüke aktarılan güç kaynaktan elde edilene eşit olmalıdır. ($P_2=P_1$). Bu, uyumlaştırıcı girişinden görülen empedansın kaynak empedansının eşleniği olmasını gerektirir. Bu durum bir frekans için sağlanabilir, fakat bir frekans bandı için bu gerçekleştirilemez. Eğer uyumlaştırma bir frekans bölgesinde isteniyorsa, maksimum tolerans ve minimum band genişliği probleme dahil edilmelidir. Dolayısıyla, genişband uyumlaştırmanın amacı, istenen band içinde çevrim güç kazancını maksimum yapmaktır. Fakat verilen yük empedansı bazı kısıtlamalar getirmektedir. Bu durumda şu iki noktayan dikkat edilmelidir.

a) Verilen yük empedansı için kazanç-band genişliği kısıtlamalarının bulunması.
b) En uygun devre yapısının bulunması

Yük empedansına bağlı olarak, uyumlaştırma problemi tek uyumlaştırma, çift uyumlaştırma ve aktif iki kapılı problemi olarak sınıflandırılabilir. Klasik tek uyumlaştırma probleminde, rezistif bir kaynaktan her hangi bir kompleks yüke güç aktarımı, çift uyumlaştırma probleminde ise kompleks bir kaynaktan yine kompleks bir yüke güç aktarımı incelenir. Üçüncü sınıfta ise bir aktif elemanın giriş ve çıkışı aynı anda kaynak ve yük empedanslarına uyumlaştırılır. Bu sınıfa örnek olarak mikrodalga yükselteç tasarımları verilebilir.

Ele aldığımız problemde bir aktif elemanın giriş ve çıkış uyumlaştırma devreleri tasarımı yapılacaktır. Yani bir mikrodalga yükselteç tasarımı yapılacaktır. İstenen frekans bölgesinde istenen gücü verecek şekilde nümerik yöntemlerle aktif elemanın giriş ve çıkış uyumlaştırma devrelerinin giriş empedans değerleri elde edilmiştir.

Bu empedans değerlerine sahip çeşitli uyumlaştırma devreleri tasarlanacaktır. Yani bir modelleme problemi ile karşı karşıyayız.

Uyumlaştırma devresi topolojisi için birçok yapı seçilebilir. L, T veya π tipi devreler kullanılabilirler. Örneğin; uyumlaştırma devrelerinde T tipi devreler kullanılacaksa şu adımları izlemeliyiz:

T tipi uyumlaştırma devresinde iki seri hat ve bir kısa devre hat bulunmaktadır.Bu hatların ABCD matrisleri ard arda çarpıldığında, kaskad bağlı elemandan oluşan T devresinin ABCD matrisi elde edilir. Bu matris kullanılarak devrenin giriş empedans ifadesi elde edilir. Bir optimizasyon algoritması ile verilen empedans değerlerine en iyi uyan hat değerleri (hat uzunlukları ve empedansları) elde edilir. Optimizasyon programına başlangıç değer olarak girilen ilk değerlerin seçimi önemlidir. Bu değerlere bağlı olarak program çok iyi sonuç verebileceği gibi çok kötü sonuçlarda üretebilir.

Bunları maddeler halinde şu şekilde özetleyebiliriz:

1) Uyumlaştırma devre topolojisi seçimi (L, T, π). T tipi devre seçtik .

2) Uyumlaştırma devresi ABCD matrisinin elde edilmesi

Seri transmisyon hattı için ABCD matrisi:

$$\begin{bmatrix} \cos(\beta\ell) & jZ_0 \sin(\beta\ell) \\ \dfrac{j\sin(\beta\ell)}{Z_0} & \cos(\beta\ell) \end{bmatrix}$$

Kısa devre sonlandırmalı Transmisyon hattı için ABCD matrisi:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\dfrac{j}{Z_0 \tan(\beta\ell)} & 1 \end{bmatrix}$$

T tipi devre için bir seri, bir kısa devre ve bir seri transmisyon hattının kaskad bağlanması gerekir. Sonuçta elde edilen devrenin ABCD matrisi:

$$\begin{bmatrix} \cos(\beta\ell_1) & jZ_{01}\sin(\beta\ell_1) \\ \dfrac{j\sin(\beta\ell_1)}{Z_{01}} & \cos(\beta\ell_1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\dfrac{j}{Z_{02}\tan(\beta\ell_2)} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\beta\ell_3) & jZ_{03}\sin(\beta\ell_3) \\ \dfrac{j\sin(\beta\ell_3)}{Z_{03}} & \cos(\beta\ell_3) \end{bmatrix}$$

Çarpımından sonra elde edilir.

3) T devresinin ABCD matrisi kullanılarak bu devrenin giriş empedansı ifadesi elde edilir.

4) Optimizasyon programı belirlenir. Biz Isqnonlin (Matlab) programını kullandık.

5) Optimizasyon için başlangıç değerleri (hat uzunlukları ve hat empedansları) girilerek modelleme işlemine başlanır.

6) Optimizasyon sonucu elde edilen hat uzunluk ve hat empedans değerleri kullanılarak uyumlaştırma devresi kurulur.

7) Uyumlaştırma devreleri aktif elemanın giriş ve çıkışına bağlanarak mikrodalga yükselteç tasarımı tamamlanmış olur.

Eğer çalışma frekansları küçük ise, bobin ve kondansatör devre elemanı olarak kullanılarak uyumlaştırma devre tasarımları yapılabilir. Fakat, yüksek frekanslarda, bu toplu elemanlarla çalışmanın güçlükleri nedeniyle, transmisyon hatları kullanarak devre tasarımı yapılması daha doğru olur.

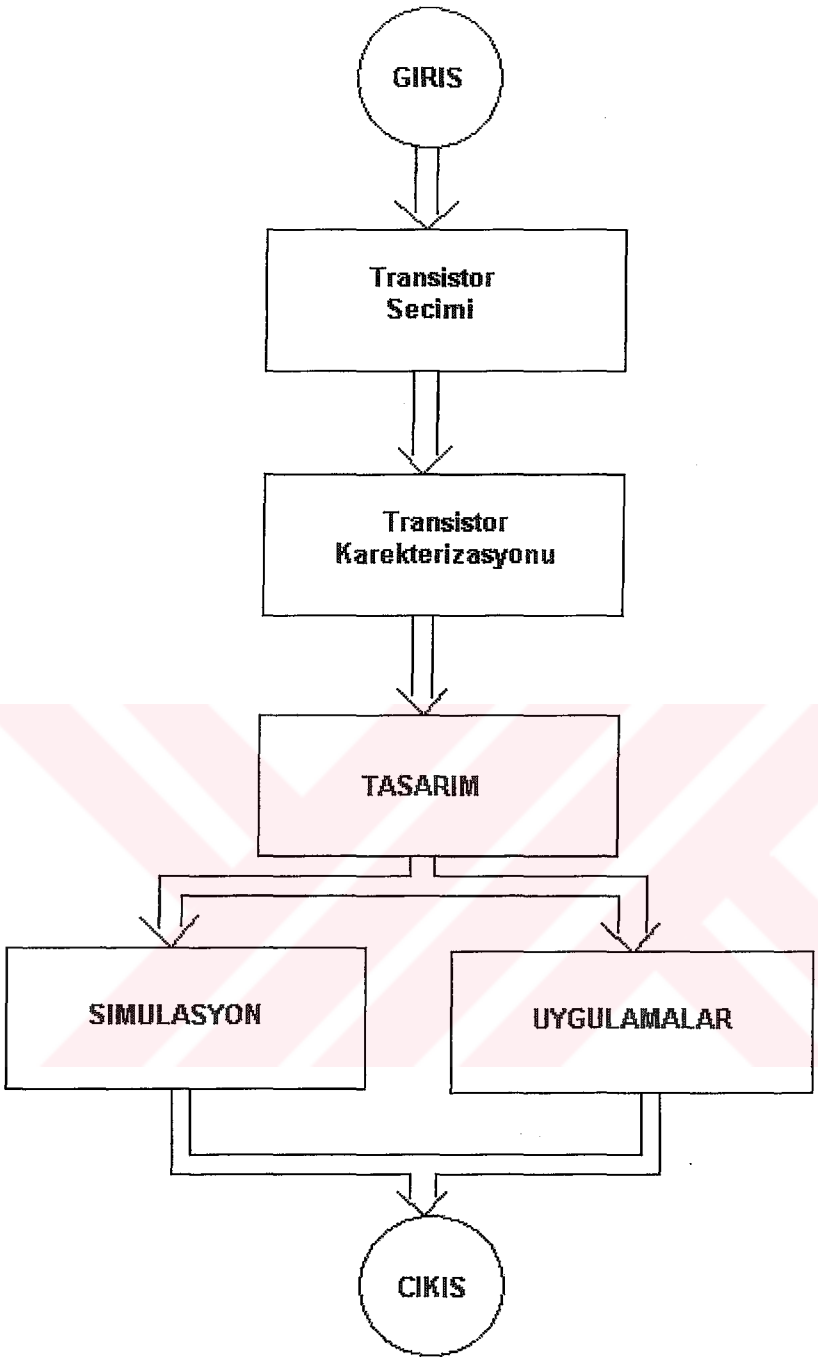
3.1.1 FMINSEARCH

Fminsearch, çok değişkenli kısıtlamasız lineer olmayan minimizasyon komutudur (Nelder-Mead algotirması kullanır). X = FMINSEARCH(FUN,X0) komutu, x_0 başlangıç değerinden başlayarak 'fun' da belirtilen fonsiyonun minimumunu bulur. x_0 skaler, matris veya vektör olabilir.

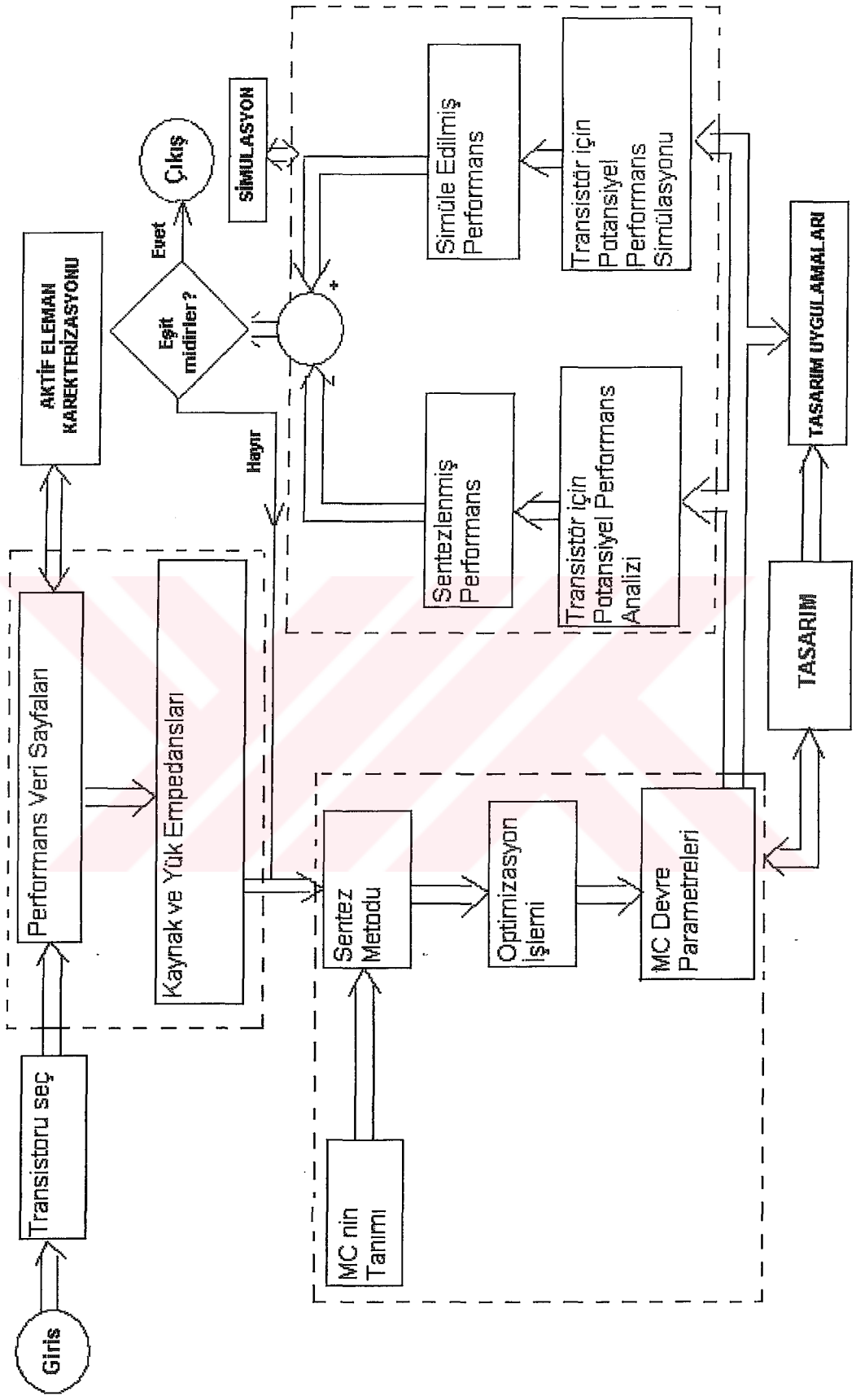
X = FMINSEARCH(FUN,X0,OPTIONS) komutu 'options' içerisine yazılan minimizasyon parametrelerine göre minimum arar.

Örnek: F(x)=sin(x) fonksiyonunun 3 civarındaki minimumunu bulalım,
X = fminsearch(sin,3)
Bu komut ile $x_0 = 0$ seçilerek sin(x) fonksiyonunun minimumu aranır ve sonuç olarak X= 4.7124 bulunur.

Fminsearch komutu , Nelder-Mead (doğrudan arama) metodunu kullanır.



Sekıl 3.1 Bir Mikrodalga Kuvvetlendiricinin Ana Diyagramı



Sekıl 3.2 Bir Mikrodalga Kuvvetlendiricinin Detay Diyagramı

3.1.2 FMINUNC (Gradient metodu kullanan matlab optimizasyon rutini)

' Fmimunc' komutu, bir başlangıç değerinden başlayarak, çok değişkenli skaler x bir fun fonksiyonunun -sonsuz ve +sonsuz arsindaki (sinirlamasiz) minimumunu bulur. Bu genellikle kısıtlanmamış lineer olmayan optimizasyon olarak isimlendirilir.

x = fminunc (fun ,X_o), X_o baslangic vektorunden başlayarak, fun ' ile bir fonksiyon ile tanimlanan fonksiyon için local minimum X vektorune ulaşır.

x = fminunc (fun ,X_o , options) bu şekilde, optimizasyon , 'options' kısmında belirtilen parametreler göz önüne alınarak yapılır. Örneğin; Options = optimset ('GradObj' , 'On') yapılmışsa gradient analitik olarak tedarik edilerek optimizasyonu yapılır. Fakat bunun için 'fun' ın x vektorune gore gradientinin analitik olarak teşkil edilip verilmesi gerekir.

Örnekler

Minimumu bulunacak fonksiyon $f(x) = 3x_1^2 + 2x_1.x_2^2 + x_2^2$ olsun.Bu olusturulan dosya myfun.m adi altinda oluşturulan dosyada soylece verilebilir.

```
Function f=myfun(x)
f = 3x(1)^2 + 2.x(1).x(2) + x(2)^2
```

Şimdi optimizasyon programını yazalım;

X_o = [1,1] : programın başlangıç değerleri , X_1 = 1, X_2 = 1

$[x, fval] = fminunc(`myfun`, x_0)$

Bu program çalıştırıldığında X_1 ve X_2 değişkenleri için f(x) fonksiyonunun bu değerlerde aldığı değer şöyle hesaplanmıştır.

$x_1 = -0.7914.10^{-8}$ $x_2 = 0.226.10^{-8}$. $f(x) = 1.5722.10^{-16}$

Eğer aynı fonksiyonu anlitik gradient ifadelerini kullanarak minimize etmek istersek myfun.m dosyasını şu şekilde duzenlemeliyiz.

```
Function [f,g] =myfun(x)
f = 3x(1)^2 + 2x(1).x(2) + x(2)^2
If nargout >1
g(1) = 6x(1) + 2x(2);
g(2) = 2x(1) + 2x(2);
end.
```

Aynı zamanda 'gradient'i seçtiğimizi 'options' da belirtmeliyiz.

Yani optimizasyon programı şu şekilde olmalı,

options = optimset ('Grad Obj' , 'On');

$X_0 = [1,1]$;

$[x, fval] = f\min unc(`myfun`, x_0, options)$

Bu durumda x_1, x_2 ve f(x) için bulunan değerler şöyle olmaktadır.

$x_1 = -0.6661.10^{-15}$ $x_2 = 0$ $f(x) = 1.3312.10^{-30}$

Örnek: f(x) = sin(x) + 3 fonksiyonunun minimumunu bulalım.

f = inline('sin(x)+3')

x = fminunc(f,h)

Başlangıç değeri olarak x=4 seçildi, bu durumda x için bulunan değer şöyle;

x= 4,7124

fminunc komutu, karelerinin toplamı şeklindeki fonksiyonlarda tercih edilmemelidir.

$f(x) = f_1(x)^2 + f_2(x)^2 + f_3(x)^2 + ...$

Bu tür problemler için Isqnonlin komutu kullanılmalıdır. Aynı zamanda fmmunc kullanılarak minimumu bulunmaya çalışılan fonksiyonlar sürekli olmalıdır. Süreksizlik içeren fonksiyonlarda tercih edilmemelidir.

3.1.3 FMINCON

'Fmincon' , bir başlangıç değerinden başlayarak, çok değişkenli bir skaler fonksiyonun kısıtlamalı minimumunu bulur. Bu genellikle kısıtlamalı lineer olmayan optimizasyon veya lineer olmayan programlama olarak isimlendirilir.

X = fmincon (fun, X_o , A,b) komutu 'fun' da belirtilen fonksiyonun X_o'dan başlayarak $Ax \le b$ eşitsizliğine uyan minimumu bulur. X_o skaler, vektör veya matris olabilir.

$x = f\min con(fun, x_0, A, b, A_{eq}, b_{eq})$ komutu 'fun'da belirtilen fonksiyonun X_o'dan başlayarak $A_{eq}.X = b_{eq}$ eşitliği ve $A.X \le b$ eşitsizliğine uyan minimumunu bulur.

$x = f\min con(fun, x_0, A, b, A_{eq}, b_{eq}, lb, ub)$ komutumda x değişkeni için alt ve üst sınır arasında değişebilir, yani $lb \le x \le ub$ dir.

Örnekler:

+f(x) = - X_1 ,X_2 ,X_3 fonksiyonun X = [10 ;10;10] başlangıç değerlerinden başlayarak,

$0 \le x_1 + 2x_2 + 2x_3 \le 72$. kısıtlaması altında minimumu bulalım.

Önce fonksiyonu veren myfun.m . dosyasını yazalım.

```
function f = myfun(x)
f = -x(1).x(2).x(3) ;
```

Şimdi uygulanacak kısıtlamaları yazalım .

$-x_1 - 2x_2 - 2x_3 \le 0$

$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \le 72$

Bu kısıtlamalar lineer oldukları için matris eşitsizliği şeklinde yazılabilirler, $A.x \le b$ yani

$$A = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -2 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad , \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 72 \end{bmatrix}$$

Başlangıç değerlerini girerek, optimizasyonu başlatalım,

x_0 = [10 ; 10; 10] ;

$[x, fval] = f\min con(`myfun`, x_0, A, b)$ Optimizasyon sonucu x_1, x_2, x_3 değişkenleri ve f(x) fonksiyonunun bu noktada aldığı değerler şu şekilde bulunur.

$x_1 = 24$, $x_2 = 12$, $x_3 = 12$ $f(x) = -3.4560.10^3$

Eğer x değişkeni için alt ve üst limit belirtilmemiş ise, alt limit olarak (-) sonsuz , üst limit olarak (+) sonsuz alınır.

Fmmcon komutu ve kısıtlamalar sürekli olmalıdır. Süreksizlik içeren fonksiyon eya kısıtlamalarda tercih edilmemelidir. Bu komut sadece yerel çözümler bulur.

3.1.4 LSQNONLIN

'Isqnonlin' komutu karelerin – toplamı şeklindeki fonksiyonların minimumunu bulur.

X = Isqnonlm (fun , X_o) komutu, X_o değerinden başlayarak, karelerin- toplamı şeklindeki 'fun' da belirtilen fonksiyonun minimumunu bulur.

X = Isqnonlm (fun , X_o , LB, UB) , x değişkeni için bir alt ve bir üst limit belirler. Yani $LB \leq x \leq UB$ şeklinde değerlendirilir.

Alt limit (-) sonsuz olacaksa LB= -inf , üst limit (+) sonsuz olacaksa UB= inf şeklinde yazılmalıdır.

X = Isqnonlin (fun , X_o , LB, UB , options) komutu optimizasyon işlemini 'options' da belirtilen özellikler göz önüne alınarak gerçekleştirilir. Burada iterasyon sayısı, adım miktarı, optimizasyon metodu , minimum değişim miktarı gibi kullanıcıya bağlı parametreler girilebilir.

Örnek:

f(x) = sin (x) fonksiyonunun $x_0 = 2$ değerinden başlayarak minimumunu bulalım.

f(x) = fonksiyonunun yazılacağı program myfun.m olsun;

```
function f =myfun(x)
f = sin(x) ;
```

Şimdi optimizasyonu gerçekleştirelim.

```
X = Isqnonlin (`myfun`, 2)
```

Optimizasyon sonucunda x = 3,1416 olarak bulunur.

Örnek:

f(x) = sin (3x) olsun , x_0 =1 seçilirse;

```
function  f= myfun(x)
f = sin (3x)
x = Isqnonlin (`myfun`, 1)
```

Optimizasyon sonucunda x = 1,0472 bulunur.

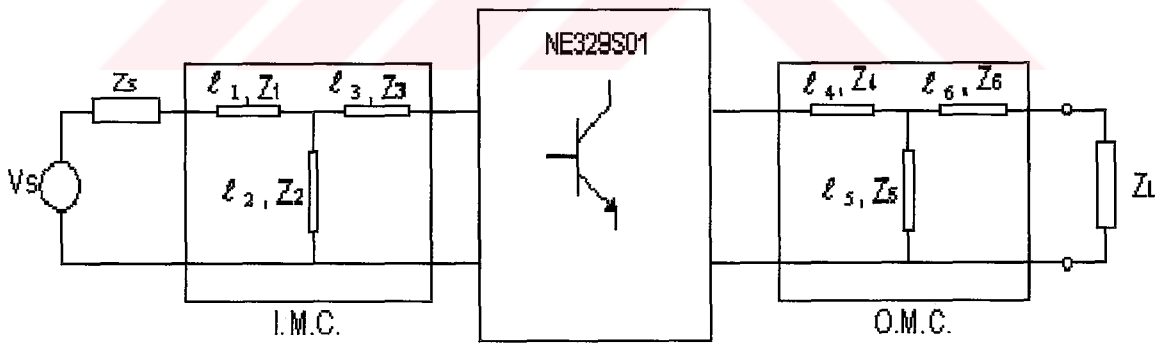
4.BİLGİSAYAR SONUCLARI

4.1. Fminsearch Kullanılarak Elde Edilen Sonuçlar

Çizelge 4.1 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi

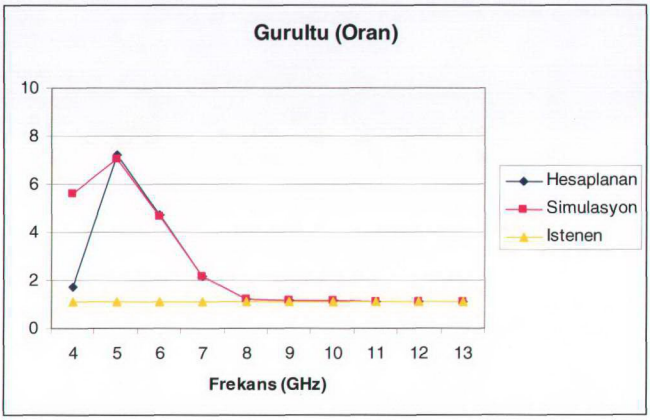
Tasarım Hedef Uzayı: (F, V_i, G_T, B)⇔(1.12 ,1 , 10, 4-13GHz)

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	-2.9249	0.61	61.3561	78.61	1.7469	5.62
5	0.2543	0.88	14.5303	18.25	7.2120	7.08
6	3.2423	1.75	7.5421	10.63	4.7223	4.69
7	8.6775	4.9	2.2818	3.42	2.1923	2.1842
8	11.8384	12.919	1.0095	1.183	1.2215	1.22
9	10.1933	12.317	1.0004	1.034	1.1390	1.1395
10	9.0515	9.18	1.0014	1.030	1.1493	1.14
11	9.4044	8.223	1.0003	1.023	1.1178	1.11
12	10.1173	9.02	1.0000	1.01	1.1129	1.11
13	9.2375	9.01	1.0002	1.01	1.1095	1.11

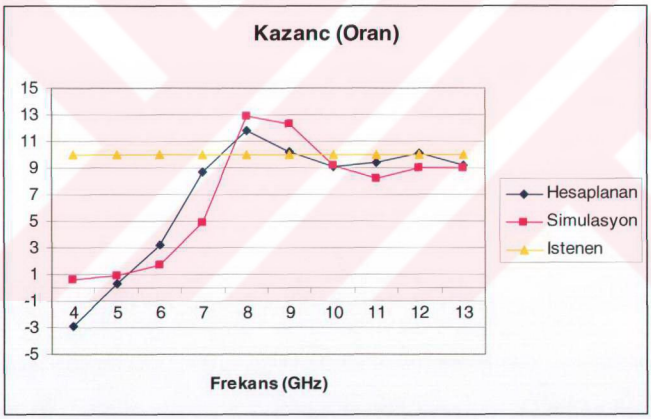


Şekil 4.1 10 dB Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

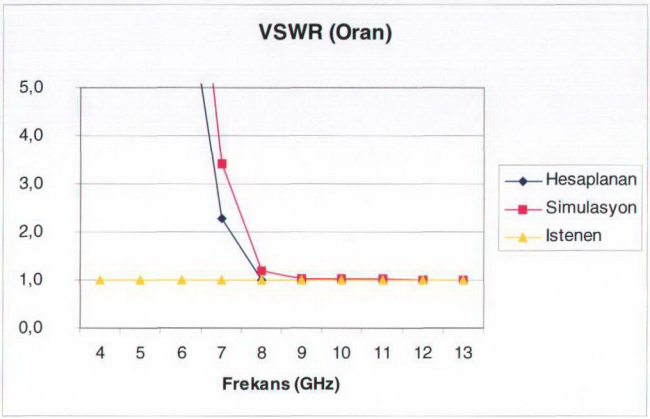
ℓ_1=0.6354 cm, ℓ_2=0.6564 cm, ℓ_3=2.0359 cm, ℓ_4=0.8058 cm, ℓ_5=0.6825 cm, ℓ_6=1.4164 cm, Z_1=29.7442 Ω, Z_2= 9.7487 Ω, Z_3= 23.0777 Ω, Z_4= 111.4525 Ω, Z_5= 40.1603 Ω, Z_6= 73.8380 Ω



Sekil 4.2 - Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimidir



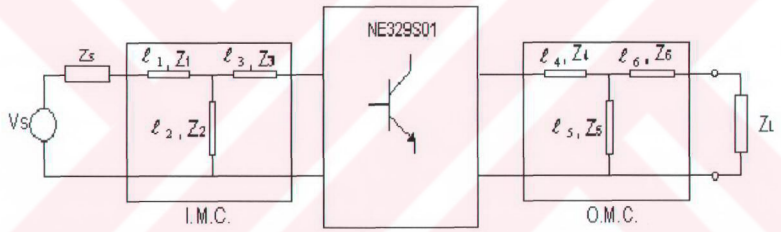
Sekil 4.3- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimidir



Sekil 4.4- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimidir

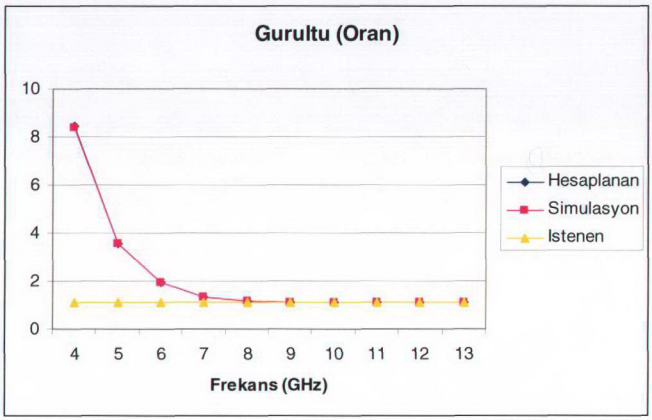
Çizelge 4.2 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi
Tasarım Hedef Uzayı: (F, V_i, G_T, B)⇔(1.12, 1,Gtmax, 4-13GHz)

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	3.1796	22.52	28.6892	29.187	8.4230	8.4062
5	6.5811	14.38	9.2797	16.237	3.5727	3.5655
6	10.9822	13.58	2.9531	4.81	1.9346	1.92
7	14.2698	14.09	1.1503	1.04	1.3455	1.34
8	14.4368	13.92	1.0013	1.03	1.1439	1.14
9	13.7656	13.56	1.0009	1.04	1.0946	1.09
10	13.2010	14.36	1.0023	1.043	1.0941	1.09
11	12.6390	11.15	1.0011	1.035	1.0921	1.09
12	12.0021	3.792	1.0010	1.02	1.0983	1.09
13	11.4172	0.4882	1.0214	1.22	1.1256	1.09

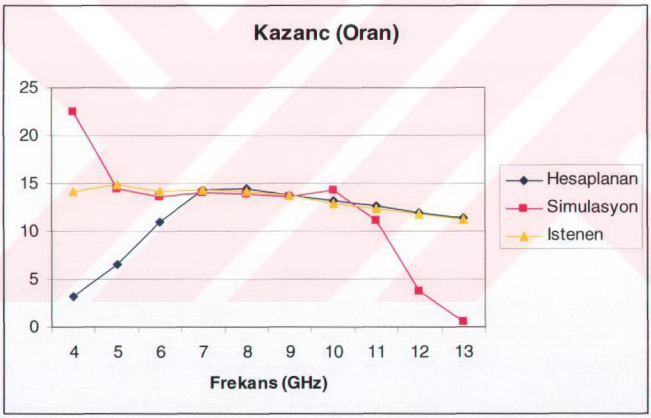


Şekil 4.5 Gtmax Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

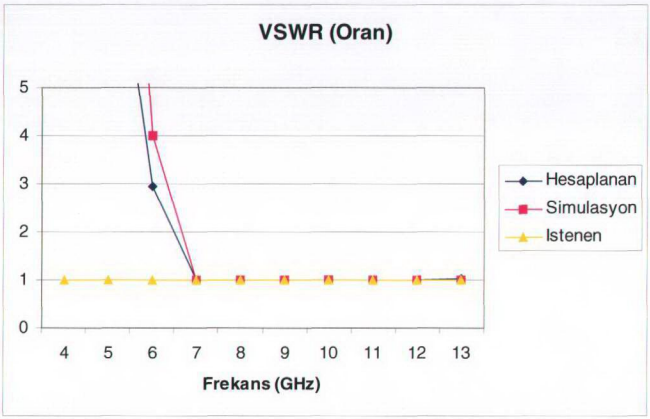
ℓ_1=0.7103 cm, ℓ_2=0.7195 cm, ℓ_3=0.1425 cm, ℓ_4=1.2507 cm, ℓ_5=0.8469 cm, ℓ_6=1.6869 cm, Z_1=37.08 Ω, Z_2= 12.2853 Ω, Z_3= 56.1144 Ω, Z_4= 52.5906 Ω, Z_5= 99.8415 Ω, Z_6= 55.5073 Ω



Sekil 4.6- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimidir



Sekil 4.7- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimidir

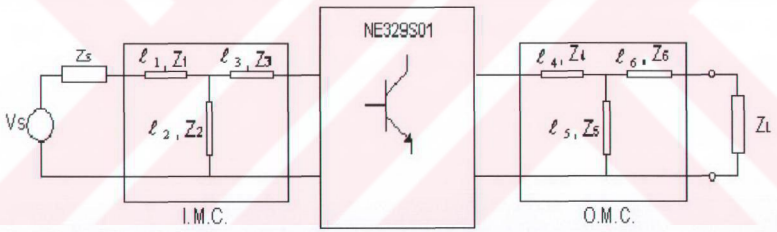


Sekil 4.8- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimidir

Çizelge 4.3 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi

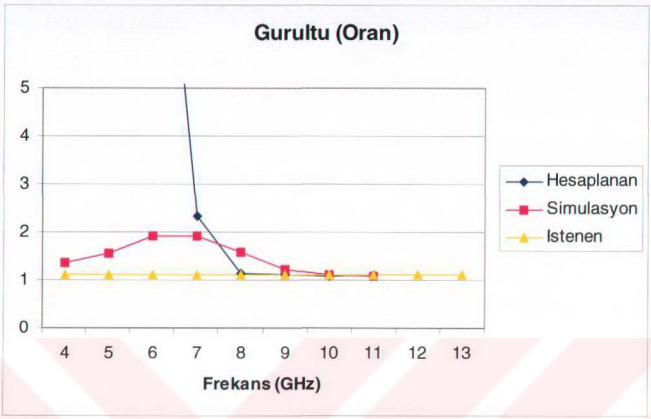
Tasarım Hedef Uzayı: (F, V_i, G_T, B)⇔(1.12, 1,12, 4-13GHz)

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	-11.3781	22.52	828.5872	8.06	200.3738	1.36
5	-6.3536	14.38	188.6793	5.428	51.0958	1.56
6	0.7425	13.58	32.6829	7.86	11.3833	1.92
7	10.3052	14.09	2.7759	5.79	2.3286	1.91
8	14.4815	13.92	1.0001	2.72	1.1362	1.57
9	13.7706	13.56	1.0005	1.228	1.1069	1.22
10	13.1742	14.36	1.0004	1.15	1.0963	1.1
11	12.9516	11.15	1.0005	1.24	1.1025	1.09
12	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
13	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

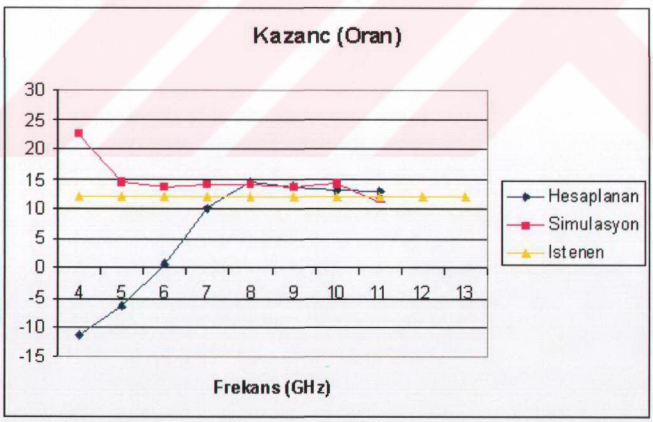


Şekil 4.9 12 dB Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

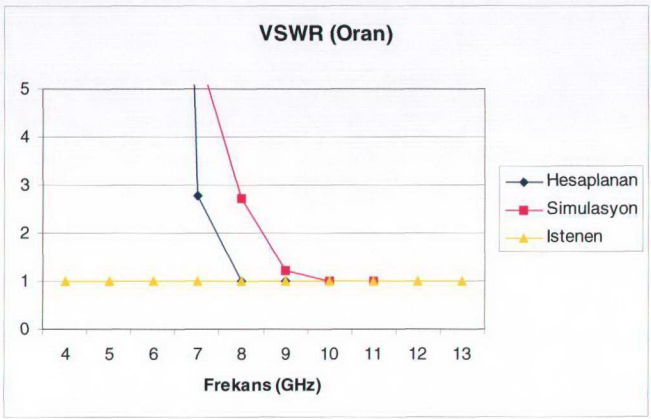
ℓ_1=0.6241 cm, ℓ_2=0.6348 cm, ℓ_3=1.9156 cm, ℓ_4=1.4784 cm, ℓ_5=0.8989 cm, ℓ_6=1.1410 cm, Z_1=24.5684 Ω, Z_2= 4.6549 Ω, Z_3= 18.3392Ω, Z_4= 51.7870 Ω, Z_5= 71.8304 Ω, Z_6= 48.1248 Ω



Sekil 4.10- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimidir



Sekil 4.11- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimidir



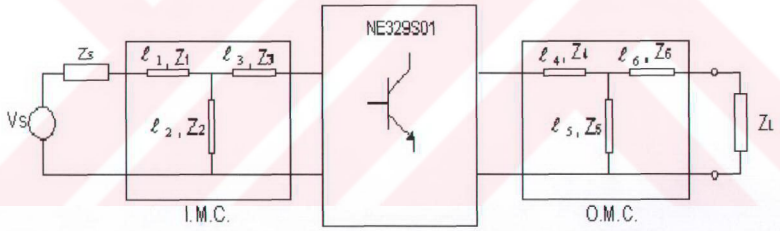
Sekil 4.12- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimidir

4.2 Lsqnonlin Kullanılarak Elde Edilen Sonuçlar

Çizelge 4.4 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi

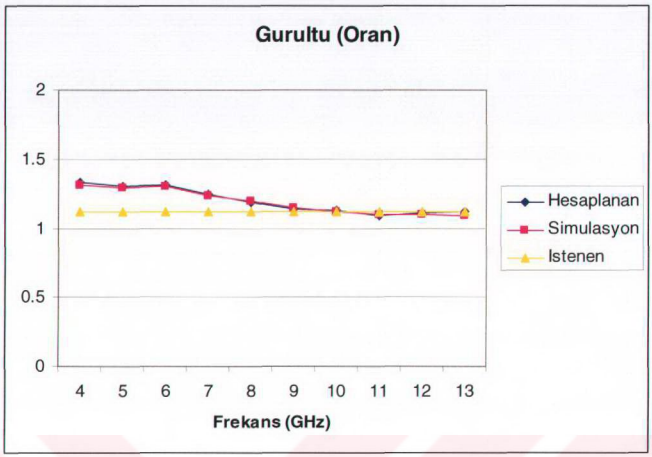
Tasarım Hedef Uzayı: $(F, V_i, G_T, B) \Leftrightarrow (1.12, 1,10, 4\text{-}13GHz)$

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	13.1945	21.230	1.3136	2.074	1.3337	1.316
5	11.1428	13.330	1.1992	1.78	1.3066	1.299
6	10.3566	11.150	1.2162	1.77	1.3179	1.300
7	10.5896	11.500	1.1156	1.59	1.2417	1.240
8	11.1722	12.980	1.0538	1.404	1.1928	1.200
9	11.1732	12.790	1.0211	1.26	1.1399	1.150
10	10.2397	10.500	1.0086	1.14	1.1328	1.120
11	9.4825	8.600	1.0012	1.111	1.0940	1.100
12	9.3130	8.700	1.0021	1.066	1.1091	1.100
13	10.1184	10.240	1.0007	1.024	1.1197	1.090

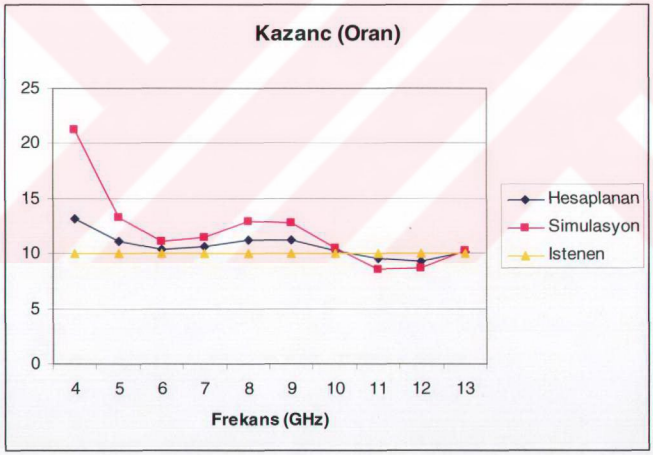


Şekil 4.13 10 dB Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

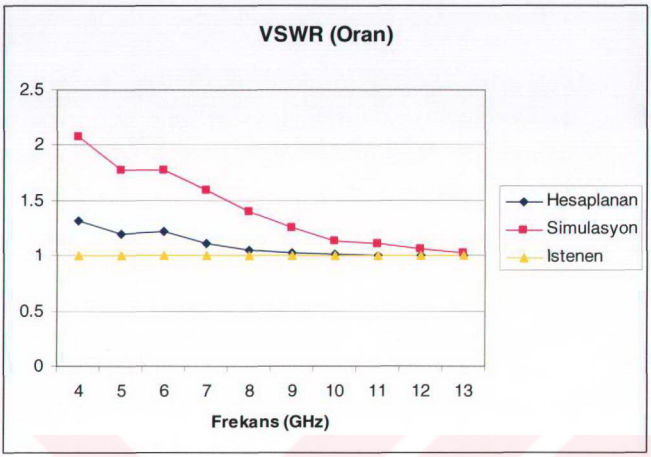
ℓ_1=5.3540 cm, ℓ_2=7.0176 cm, ℓ_3=5.5184 cm, ℓ_4=1.1453 cm, ℓ_5=0.7880 cm, ℓ_6=0.7981 cm, Z_1=48.8330 Ω, Z_2= 432.2277 Ω, Z_3= 48.5425 Ω, Z_4= 160.0531 Ω, Z_5= 384.3097 Ω, Z_6= 83.3260 Ω



Sekil 4.14- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimi.



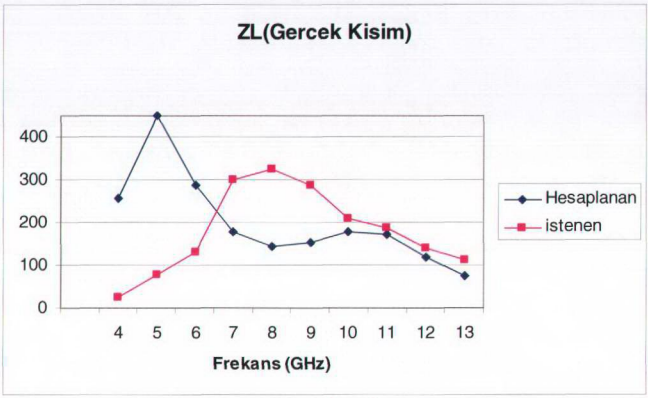
Sekil 4.15- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimi.



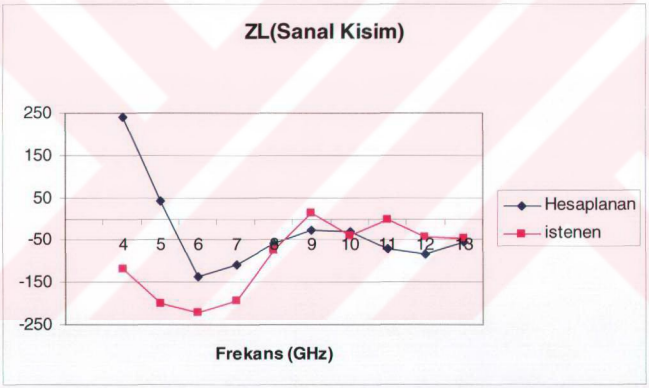
Sekil 4.16- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimi.

Sentezlenen Transistor Kaynak ve Yuk Empedanslari

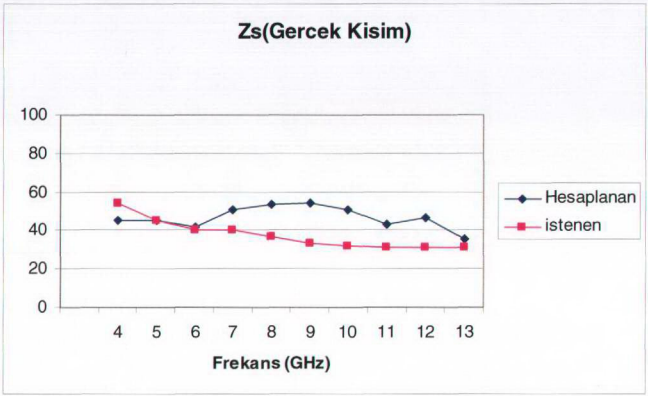
ZL				Zs			
Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)	Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)
254.77	10.53	241.26	-85.96	44.9306	67.77	11.8937	137.72
449.67	24.00	43.01	-118.06	44.8578	54.62	1.1286	93.60
288.77	78.77	-137.77	-200.46	41.4704	45.89	-4.492	64.22
176.62	131.10	-106.99	-222.44	50.4835	40.69	-5.3827	51.25
144.77	300.01	-59.11	-193.57	53.3161	40.21	-2.5669	36.92
152.16	326.75	-27.19	-74.94	54.2414	37.61	2.6993	24.40
177.77	286.28	-30.32	15.55	50.5789	33.73	1.5561	13.35
171.18	209.47	-71.37	-40.47	43.3036	31.03	5.67	8.47
118.38	187.74	-83.32	-1.31	46.4984	31.41	1.56	1.38
76.36	140.69	-54.73	-44.55	35.0835	31.05	-3.011	-3.69



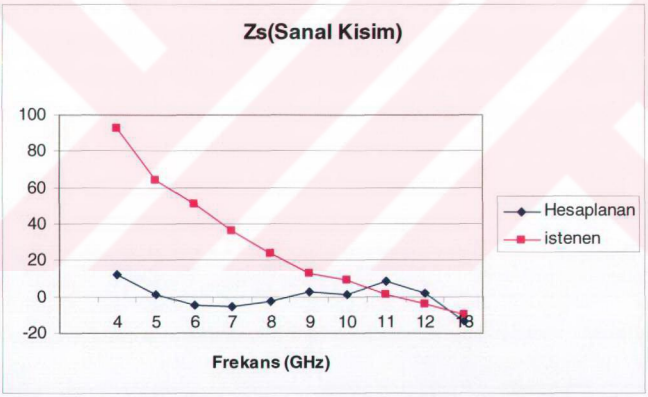
Sekil 4.17- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin Zl nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



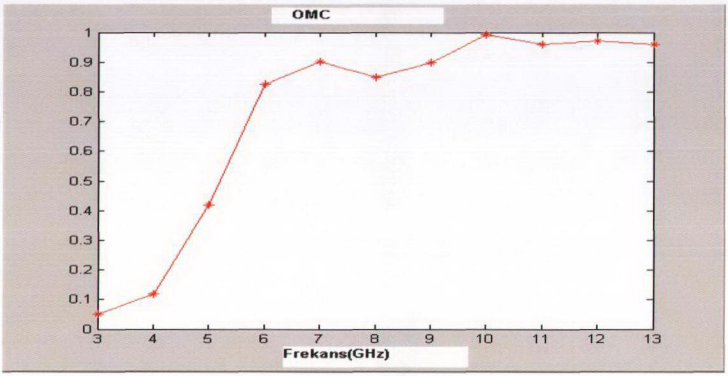
Sekil 4.18- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin Zl nin sanal kisminin frekansa baglı degisimi.



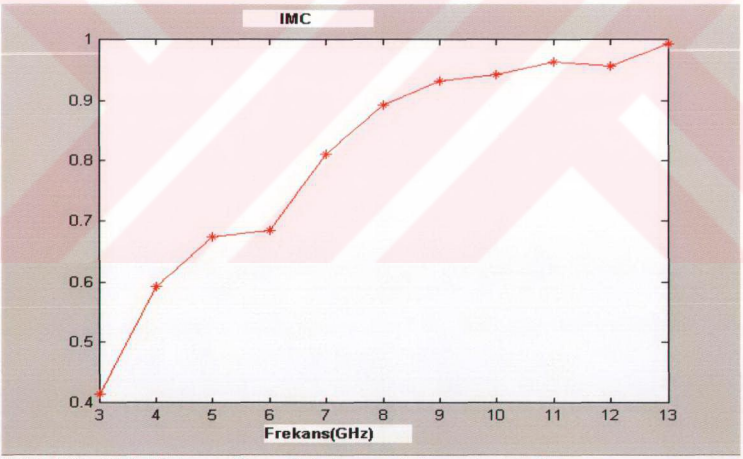
Sekil 4.19- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin Zs nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



Sekil 4.20- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 10 dB kazanc degeri icin Zs nin sanal kisminin frekansa baglı degisimi.



Sekil 4.21- Cikis Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.

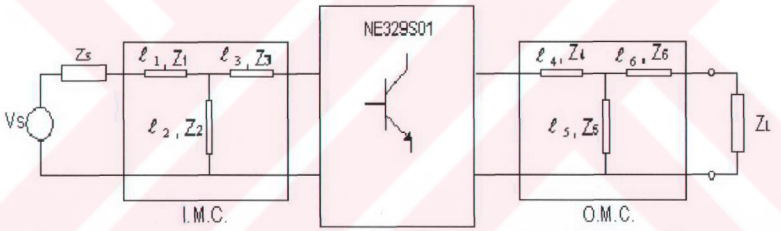


Sekil 4.22- Giris Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.

Çizelge 4.5 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi

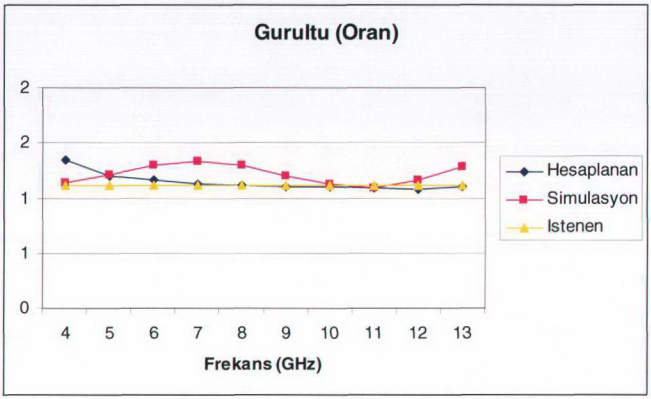
Tasarım Hedef Uzayı: $(F, V_i, G_T, B) \Leftrightarrow (1.12, 1, Gtmax, 4\text{-}13GHz)$

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	15.6355	40.000	1.8065	1.408	1.3402	1.1401
5	15.2875	22.080	1.3101	1.42	1.2032	1.2063
6	14.8147	15.780	1.2237	1.492	1.1585	1.2987
7	14.3547	14.580	1.1344	1.453	1.1320	1.3371
8	13.8171	15.800	1.0693	1.358	1.1145	1.3025
9	13.2641	18.400	1.0519	1.293	1.1005	1.1978
10	12.6945	18.000	1.0359	1.243	1.0992	1.1239
11	12.2524	16.110	1.0190	1.157	1.0878	1.0891
12	11.8649	11.500	1.0117	1.08	1.0845	1.1594
13	11.1450	11.417	1.0623	1.157	1.1062	1.2803

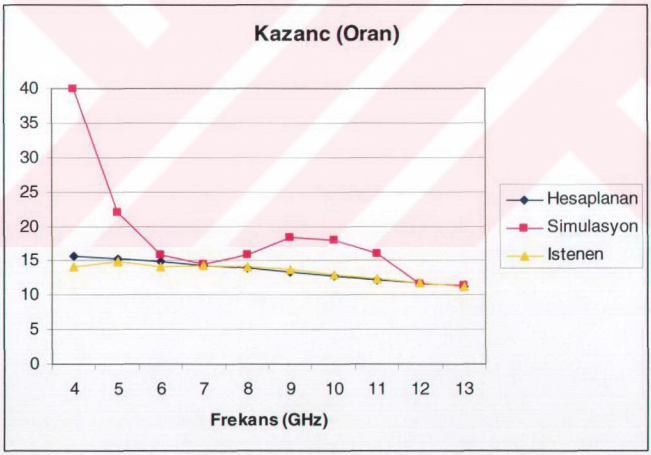


Şekil 4.23 10 dB Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

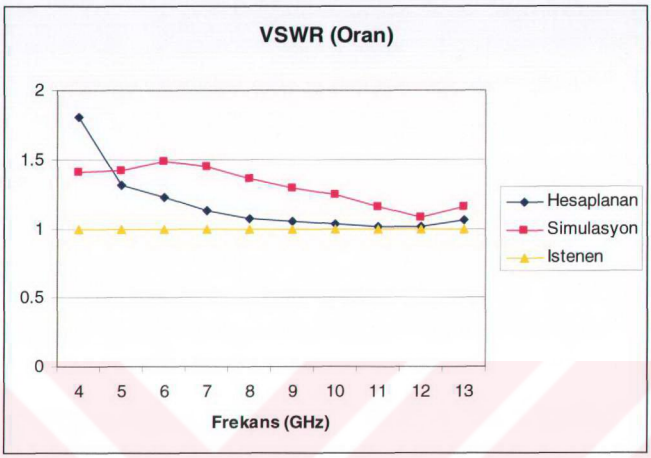
ℓ_1=0.1032 cm, ℓ_2=0.9279 cm, ℓ_3=0.9222 cm, ℓ_4=1.1970 cm, ℓ_5=0.9215 cm, ℓ_6=1.0391 cm, Z_1=133.9942 Ω, Z_2= 67.3317 Ω, Z_3= 49.0908 Ω, Z_4= 48.9243 Ω, Z_5= 144.3475 Ω, Z_6= 49.8828 Ω



Sekil 4.24- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimi.



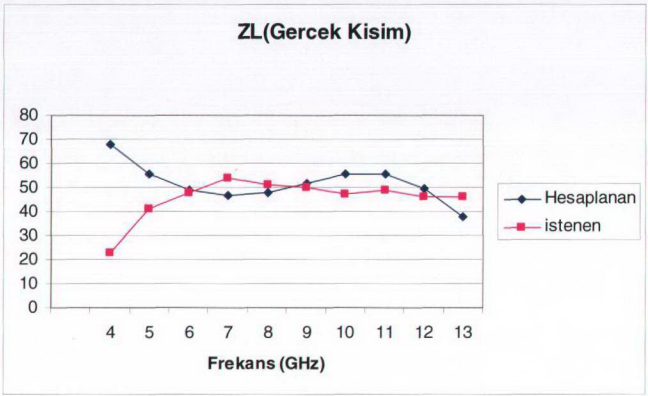
Sekil 4.25- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimi.



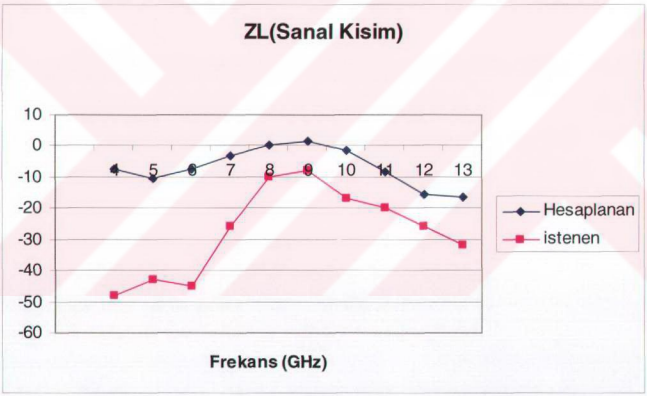
Sekil 4.26- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin GTmax kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimi.

Sentezlenen Transistor Kaynak ve Yuk Empedanslari

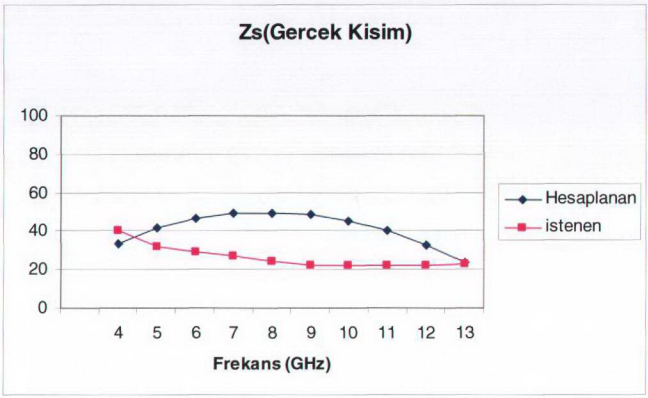
ZL				Zs			
Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)	Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)
67.599	12.63	-7.4658	-46.98	33.49	53.89	34.758	156.133
55.6275	23.08	-10.3089	-48.35	41.4109	40.80	32.6693	110.594
49.0434	41.53	-7.3268	-43.73	46.4578	32.18	28.9815	81.35
46.8661	48.47	-3.1202	-45.01	49.0039	29.20	24.852	64.97
48.015	54.12	0.3175	-26.95	49.5331	27.02	20.804	51.32
51.5081	51.08	1.3912	-10.43	48.3008	24.41	17.0161	37.01
55.3868	47.33	-1.5353	-7.84	45.2622	22.37	13.6417	24.56
55.7711	49.017	-8.5326	-17.07	40.1758	21.97	11.0784	9.63
49.2355	46.83	-15.4339	-20.12	32.8568	22.50	10.1491	2.05
37.5437	46.95	-16.4273	-26.65	23.5644	23.60	12.1056	-5.60



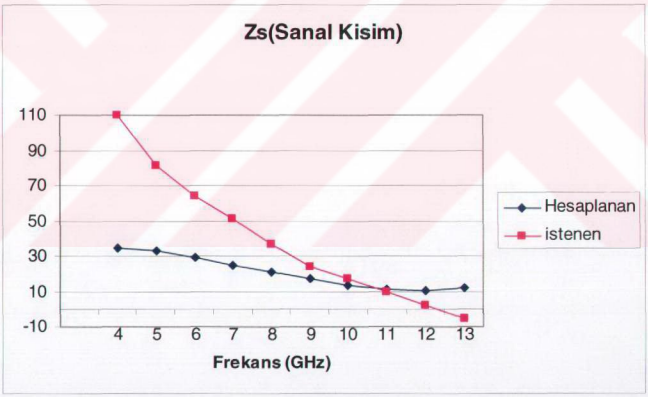
Sekil 4.27- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin Gtmax kazanc degeri icin Zl nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



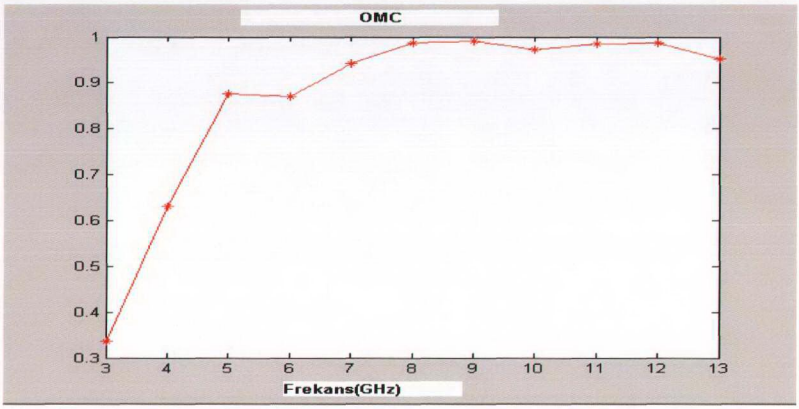
Sekil 4.28- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin Gtmax kazanc degeri icin Zl nin sanal kisminin frekansa baglı degisimidir



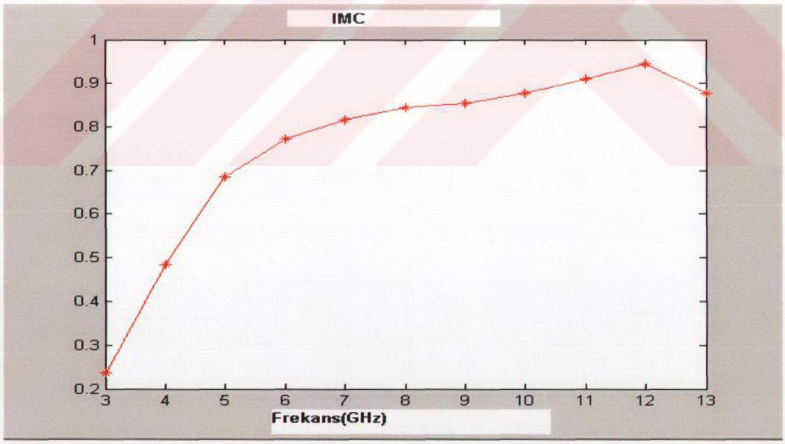
Sekil 4.29- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin Gtmax kazanc degeri icin Zs nin gercek kisminin frekansa baglı degisimidir



Sekil 4.30- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin Gtmax kazanc degeri icin Zs nin sanal kisminin frekansa baglı degisimidir



Sekil 4.31- Cikis Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.

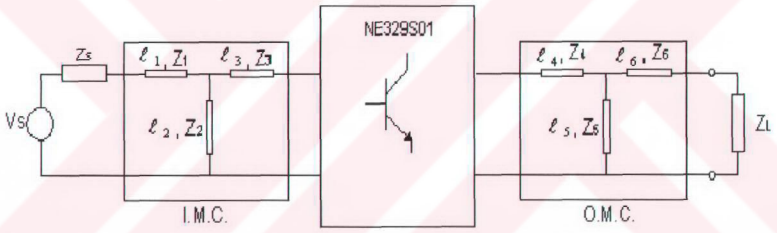


Sekil4.32- Giris Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.

Çizelge 4.6 Kuvvetlendiricinin kazanç, gürültü ve giriş VSWR sonuçlarının simülasyon programı sonuçları ile birlikte gösterimi

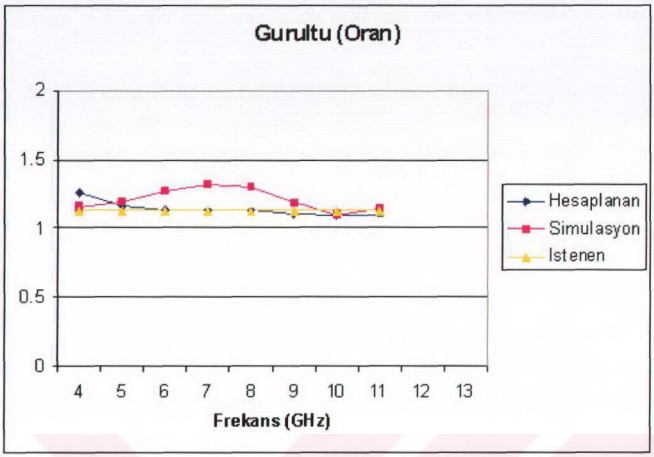
Tasarım Hedef Uzayı: (F, V_i, G_T, B)⇔(1.12, 1,12, 4-13GHz)

Frekans (GHz)	Kazanç (Oran)		VSWR (Oran)		Gurultu (Oran)	
	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon	Sentezlenen	Simulasyon
4	14.1155	22.520	1.0406	3.42	1.2550	1.150
5	13.0863	14.850	1.0172	2.82	1.1595	1.188
6	13.3338	13.600	1.0364	2.09	1.1323	1.267
7	13.3990	14.090	1.0395	1.58	1.1213	1.313
8	12.5349	13.920	1.0198	1.66	1.1193	1.294
9	11.5788	13.560	1.0067	2.2	1.1058	1.179
10	11.6003	14.490	1.0012	1.97	1.0939	1.094
11	12.1983	11.590	1.0119	1.13	1.0872	1.141
12	NaN	3.850	NaN	1.24	NaN	Nan
13	NaN	0.600	NaN	1.84	NaN	NaN

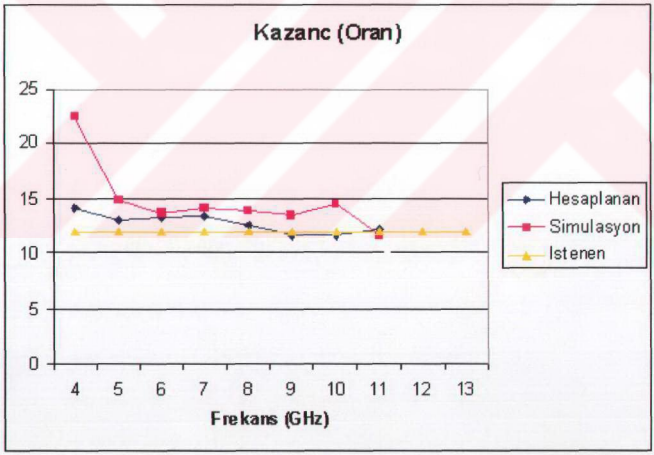


Şekil 4.33 10 dB Kazaç için Tasarlanan T tipi IMC ve OMC Kuvvetlendirici Devresi

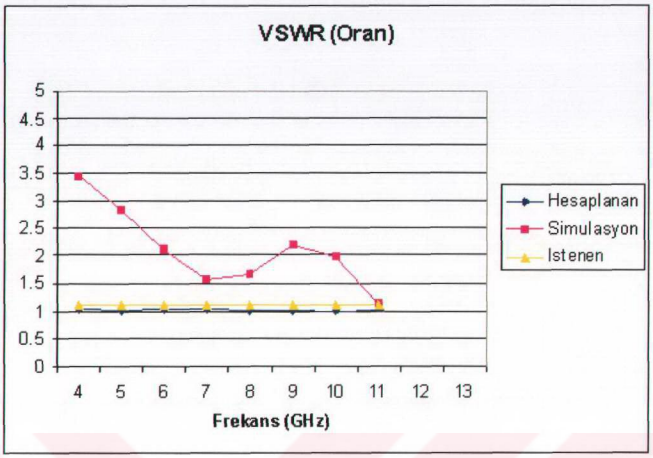
ℓ_1=0.1415 cm, ℓ_2=1.1161 cm, ℓ_3=0.8438 cm, ℓ_4=1.5478 cm, ℓ_5=0.9430 cm, ℓ_6=0.9088 cm, Z_1=147.3789 Ω, Z_2= 84.5367 Ω, Z_3= 53.9577 Ω, Z_4= 141.7093 Ω, Z_5= 369.7798 Ω, Z_6= 79.9989 Ω



Sekil 4.34- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin gurultusunun frekansa baglı degisimi.



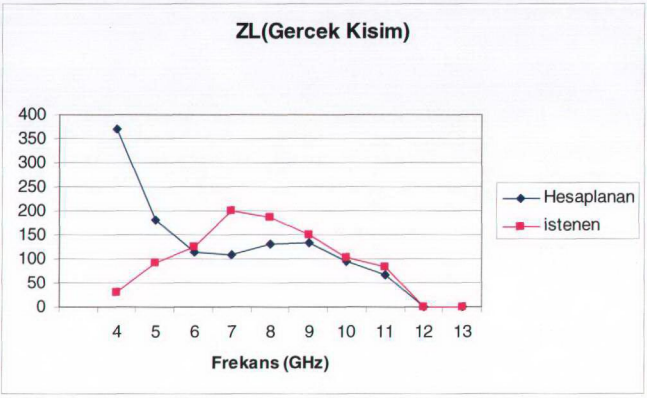
Sekil 4.35- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin kazancın frekansa baglı degisimi.



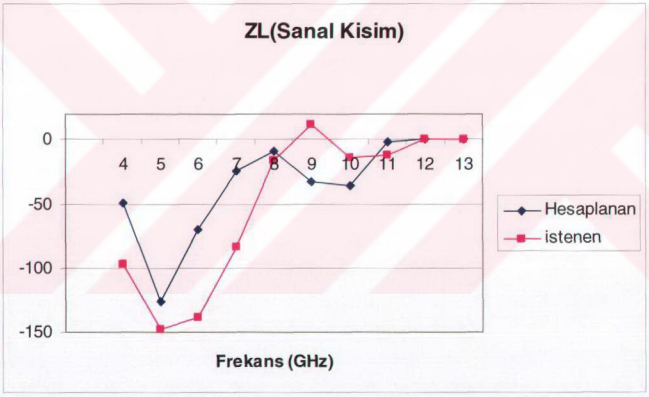
Sekil 4.36- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin VSWR frekansa baglı degisimi.

Sentezlenen Transistor Kaynak ve Yuk Empedanslari

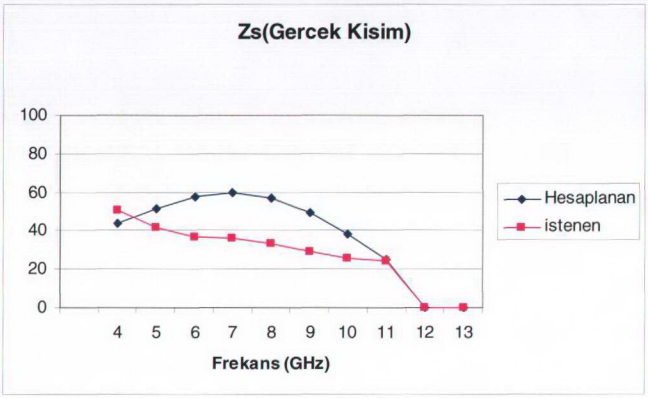
ZL				Zs			
Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)	Reel (Sentezlenen)	Reel (Istenen)	Imag (Sentezlenen)	Imag (Istenen)
370.55	14.11	-49.51	-73.29	43.4235	63.51	39.2195	142.86
180.48	30.96	-126.6	-97.55	51.638	51.03	37.255	97.29
114.07	90.70	-69.73	-148.76	57.3955	42.90	32.7721	67.00
108.35	124.06	-25.04	-139.90	59.5139	37.57	26.3114	54.01
129.67	199.04	-9.46	-84.98	56.8505	36.57	19.5072	39.59
132.99	187.31	-32.99	-16.17	49.3613	33.57	14.7399	26.68
94.84	151.02	-35.48	12.80	38.2583	29.43	14.0499	15.87
67.37	103.87	-1.31	-14.05	25.1677	26.92	18.7066	11.49
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN



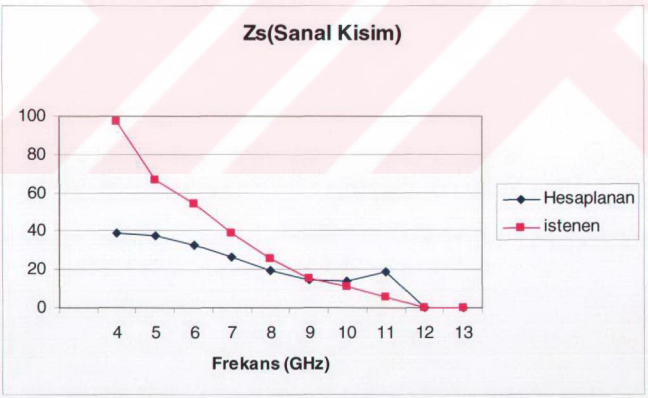
Sekil 4.37- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin Zl nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



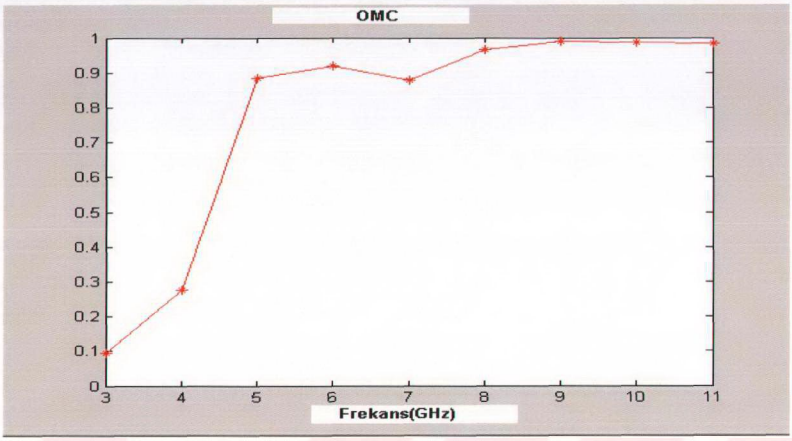
Sekil 4.38- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin Zl nin sanal kisminin frekansa baglı degisimi.



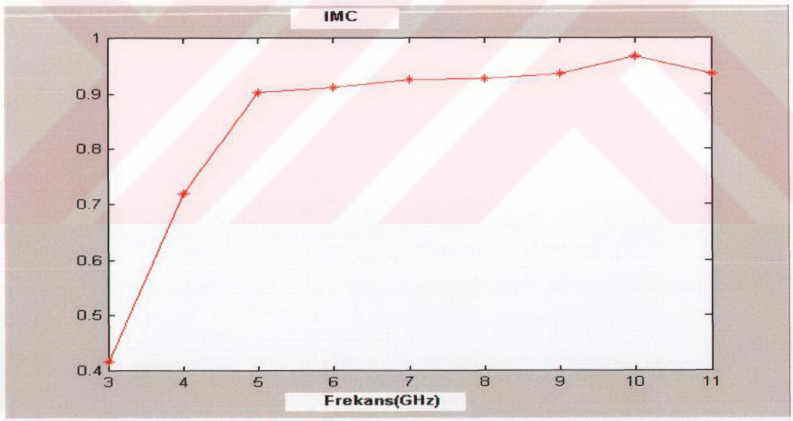
Sekil 4.39- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin Zs nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



Sekil 4.40- Girisi ve cıkısı "T" tipi uydurma devreli mikrodalga kuvvetlendiricisinin 12 dB kazanc degeri icin Zl nin gercek kisminin frekansa baglı degisimi.



Sekil 4.41- Cikis Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.



Sekil 4.42- Giris Uydurma Devresinin kazanc frekans degisimi.

5. SONUCLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada , mikrodalga kuvvetlendiricisinin optimizasyonu temel problemi olan gerçeklenebilir tasarım uzayı problemi çözülmüştür. Tasarım uzayı , iki alt uzaydan ibarettir.

i) Tasarım Değişkenleri Uzayı
ii) Tasarım Hedefi Uzayı

Bizim sistemimizde tasarım değişkenleri , uydurma devrelerinde kullanılan transmisyon hatlarının karekteristik empedansları Z ve ℓ dir. Ve hedef fonksiyonlarımız gürültü faktörü F , giriş yansıma katsayısı modülü ρ_i ve transducer güç kazancı G_T dir. Tasarım değişkenleri Z_{oi}, ℓ_i ile arasında yüksek nonlineer ilişki vardır.Bu ilişkiler , sistemin matematik modeli kullanılarak formülüze edilmiştir.Uygulanabilir tasarım değişkenleri uzayı , sistemin gerçekleştirilmesi düşünülen teknolojinin sınırları göz önüne alınarak teşkil edilmiştir.Hedef uzayı , optimizasyonda iki şekilde kullanılmıştır. 1) Uyumlu $F(w),V_i(w),G_T(w)$ üçlüsü B band genişliği 2) Z_S , Z_L sonlandırmaları ve B band genişliği . Performans data yapraklarında transistor , iki soft yöntem ile modellenmiştir. 1) Nelder-Mead Simpleks Algoritması 2) Gradient Temelli Algoritmadır.

Nelder-Mead Simpleks Algoritması ile edilen optimizasyon prosedüründe uydurma devrelerinin performans karekteristiklerinin inşaası N (örnekleme frekansı sayısı) adımda yapılmıştır. Öyle ki , her bir adımda başlangıç değerleri , bir önceki adımın optimizasyon sonuçlarıdır. Optimizasyon işlemi esnasında tatmin edici sonuçlara ulaşılmadığı adımda eleman sayısı birer birer artırılma yoluna gidilmiştir.
Gradient Temelli Algoritma prosesinde , Transistorun giriş ve çıkış empedanslarından yararlanılarak , empedans yaklaşımı metodu kullanılmıştır.

Kullanılan her iki soft modelin temelinde kazancın optimizasyonu baz alınmıştır.İstenilen Kazanç değerine bağlı olarak sonuçlar elde edilmiş ve bunun paralelinde diğer parametreler elde edilmiştir.

Optimizasyon sonucunda tasarlanan devreler "MICROWAVE OFFICE" mikrodalga simulasyon programı ile test edilmiştir. Gerçekleştirilen devre sonuçlarının simülasyon sonuçları ile tam bir uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada tasarlanan ve simülasyon programları ile gerçeklenebilirliği ispat edilen devreler , ileri ki aşamalarda mikrodalga devre teknolojilerinden yararlanılarak uygulamaya konacaktır.

BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

Mikrodalga kuvvetlendiricisi optimizasyonu çalışmalarda mikrodalga tranzistör olarak NE329S01 kullanılmıstır.Asagıda kullanılan programlar verilmiştir.

IMC_CIS_MAX

```
function E = imc_cis(l)
% imc_cis  fonksiyonu 3 adet uydurma devresinin l degiskenlerini ve bu devrelere
% iliskin 3 adet z empedansini E hata fonksiyonunu en aza indirmek etmek suretiyle
%belirler.
% Danisman : Prof.Dr. Filiz GÜNES
% Giris bilgileri '.csv' uzantili dosyalardan okunur
global Zs_In Zoutsc Zinsc Zoutsd gmout gmin GT
Const = DLMREAD('Dosya_Const_max.csv',';',0,0,'A1..J1');
Zs_In = DLMREAD('Zs_Input_max.csv',';',0,0,'A1..E11');
% Kaynak ve Yük Empedanslari
n=11;
Zs_const=50;
Zl_const=50;
E1 = zeros(2,2);
E2 = zeros(2,2);
E3 = zeros(2,2);
M = zeros(2,2);
Zoutsc=zeros(n,1);
Zinsc=zeros(n,1);
gmout=zeros(n,1);
gmin=zeros(n,1);
GT=zeros(n,1);
```

```
toplam=zeros(n,1);
% z, optimize edilecek hat parçalarinin karakteristik empedanslari
z1=l(4);
z2=l(5);
z3=l(6);
l1=l(1);
l2=l(2);
l3=l(3);
Theta = (2*pi/(Const(3)))*kron(l*1e-2,Zs_In(:,1)*1e9);
% l cm. cinsinden ve frekans GHz cinsinden oldugu için 0.01 ve 1*10^9 ile çarpiliyor.
Zoutsd = Zs_In(:,2)+i.*Zs_In(:,3)
for n = 1:11
E1 = [cos(Theta(n,1)),i.*z1.*sin(Theta(n,1));i.*sin(Theta(n,1))./z1,cos(Theta(n,1))];
E3 = [cos(Theta(n,3)),i.*z3.*sin(Theta(n,3));i.*sin(Theta(n,3))./z3,cos(Theta(n,3))];
E2 = [1,0;-i./(z2.*tan(Theta(n,2))),1];
M = E1*E2*E3;
Zoutsc(n) = (M(1,2)+M(2,2).*Zs_const)/(M(1,1)+M(2,1).*Zs_const)
Zinsc(n) = (M(1,2)+M(1,1).*conj(Zoutsd(n)))/(M(2,2)+M(2,1).*conj(Zoutsd(n)));
gmout(n) = (Zoutsc(n) - Zoutsd(n))/(Zoutsc(n) + conj(Zoutsd(n)));
gmin(n) = (Zinsc(n) - conj(Zs_const))/(Zinsc(n) + Zs_const);
GT(n)=4*real(Zs_const)*real(Zoutsd(n))/(abs(M(1,1).*conj(Zoutsd(n))+M(1,2)+Zs_const
        *(M(2,1).*conj(Zoutsd(n))+M(2,2))).^2)
end
% Hata Islevi
%W1= .5*Zs_In(:,4);
%W2= .5*Zs_In(:,5);
```

```
%toplam =(W1.*(Zoutsc_real-Zoutsd_real).^2+W2.*(Zoutsc_imag-
        Zoutsd_imag).^2)/(Zs_const.^2);
%toplam = (1 - GT.^0.5);
%toplam = (1 - GT).^0.5;
%toplam = (1 - GT);
%toplam = (1 - GT).^2;
%toplam = exp(1 - GT).^2);
%toplam = exp(0.1*((1 - GT).^2));
GT=GT(6:11,1);
toplam = abs(1 - GT);
E = sum(toplam)
```

OMC_CIS_MAX

```
function E = omc_cis(l)
% OMCCT_W(l) fonksiyonu 3 adet uydurma devresinin l degiskenlerini ve bu devrelere
% iliskin 3 adet z empedansini E hata fonksiyonunu en aza indirmek etmek suretiyle
% belirler.
% Danisman : Prof.Dr. Filiz GÜNES
% Giris bilgileri '.csv' uzantili dosyalardan okunur
global Zl_In Zinlc Zoutlc gmin gmout GT
Const = DLMREAD('Dosya_Const_max.csv',';',0,0,'A1..J1');
Zl_In = DLMREAD('Zl_Input_max.csv',';',0,0,'A1..E11');
% Kaynak ve Yük Empedanslari
n=11;
Zs_const=50;
Zl_const=50;
E1 = zeros(2,2);
E2 = zeros(2,2);
E3 = zeros(2,2);
M = zeros(2,2);
Zinlc=zeros(n,1);
Zoutlc=zeros(n,1);
gmin=zeros(n,1);
gmout=zeros(n,1);
GT=zeros(n,1);
toplam=zeros(n,1);
% z, optimize edilecek hat parçalarinin karakteristik empedanslari
```

```
z1=l(4);
z2=l(5);
z3=l(6);
l1=l(1);
l2=l(2);
l3=l(3);
Theta=(2*pi/(Const(3)))*kron(l*1e-2,Zl_In(:,1)*1e9);
% 1 cm. cinsinden ve frekans GHz cinsinden oldugu için 0.01 ve 1*10^9 ile çarpiliyor.
Zinld=Zl_In(:,2)+i.*Zl_In(:,3)
for n = 1:11
E1=[cos(Theta(n,1)),i.*z1.*sin(Theta(n,1));i.*sin(Theta(n,1))./z1,cos(Theta(n,1))];
E3=[cos(Theta(n,3)),i.*z3.*sin(Theta(n,3));i.*sin(Theta(n,3))./z3,cos(Theta(n,3))];
E2=[1,0;-i./(z2.*tan(Theta(n,2))),1];
M=E1*E2*E3;
Zinlc(n) = (M(1,1).*Zl_const+M(1,2))./(M(2,1).*Zl_const+M(2,2))
Zoutlc(n) = (M(2,2).*conj(Zinld(n))+M(1,2))./(M(2,1).*conj(Zinld(n))+M(1,1));
gmout(n) = (Zoutlc(n) - conj(Zl_const))/(Zoutlc(n) + Zl_const);
gmin(n) = (Zinlc(n) - Zinld(n))/(Zinlc(n) + conj(Zinld(n)));
GT(n)=4*real(Zinld(n))*real(Zl_const)/(abs(M(1,1).*Zl_const+M(1,2)+conj(Zinld(n))*(
M(2,1).*Zl_const+M(2,2))).^2)
end
% Hata Islevi
%W1=0.5*Zl_In(:,4);
%W2=0.5*Zl_In(:,5);
%toplam=(W1*(real(Zinlc)-real(Zinld)).^2+W2*(imag(Zinlc)-
imag(Zinld)).^2)./((Zl_const.^2));
GT=GT(4:11,1);
```

```
toplam = abs(1 - GT);

E=sum(toplam)
```

```
SONUC
In = DLMREAD('Dosya_Input.csv',';',0,0,'A1..N14');
S = MATCOMP(In(:,[3:2:9,12]),In(:,[4:2:10,13]));
Guopt=In(3:12,11);
Guopt=10.^(0.1*Guopt);
candas=In(3:12,14);
Yopt=MATCOMP(In(3:12,12),In(3:12,13));
G_opt=S(:,5);
S = S(:,1:4);
S=S(3:12,:);
S11=S(:,1);
S21=S(:,2);
S12=S(:,3);
S22=S(:,4);
data=[...
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13];
w=data(:,1)';
```

```
ZLhes =[...
93.64 -28.17
56.79 -24.35
47.30 -10.95
48.98 -2.80
52.55 -1.74
52.77 -2.65
53.59 -1.70
57.73 -4.60
54.71 -15.61
38.38 -18.32];
ZLhes=ZLhes(:,1)+j*ZLhes(:,2);
ZLreq =[...
4 38.25 -48.36
5 41.54 -43.73
6 48.47 -45.02
7 54.12 -26.96
8 51.09 -10.44
9 50.13 -7.84
10 47.34 -17.07
11 49.02 -20.13
12 46.84 -26.65
13 46.96 -32.86];
ZLreq=ZLreq(:,2)+j*ZLreq(:,3);
Zinhes =[...
1.8829 15.5881
```

```
3.9748 20.4988
8.0471 25.5647
15.0367 29.1059
23.6140 28.0772
29.2792 22.2508
30.1700 15.5178
27.8827 10.0995
23.3589 6.3807
17.1910 5.2389];
Zinhes=Zinhes(:,1)+j*Zinhes(:,2);
Zinreq =[...
4 40.8 110.59
5 32.18 81.35
6 29.21 64.98
7 27.03 51.33
8 24.41 37.02
9 22.24 24.56
10 21.97 17.24
11 21.72 9.64
12 22.51 2.05
13 23.61 -5.6];
Zinreq=Zinreq(:,2)+j*Zinreq(:,3);
YLhes=(ZLhes-50)./(ZLhes+50);
YLreq=(ZLreq-50)./(ZLreq+50);
YShes=(Zinhes-50)./(Zinhes+50);
YSreq=(Zinreq-50)./(Zinreq+50);
```

```
MYLhes=abs(YLhes);

MYLreq=abs(YLreq);

MYShes=abs(YShes);

MYSreq=abs(YSreq);

Yinhes=S11+((S12.*S21.*YLhes)./(1-S22.*YLhes));

Yinreq=S11+((S12.*S21.*YLreq)./(1-S22.*YLreq));

Kazancreq=((1-MYLreq.^2).*(abs(S21)).^2.*(1-MYSreq.^2))./((abs(1-
S22.*YLreq)).^2.*(abs(1-Yinreq.*YSreq)).^2);

Kazancreq=10*log10(Kazancreq)

Kazanches=((1-MYLhes.^2).*(abs(S21)).^2.*(1-MYShes.^2))./((abs(1-
S22.*YLhes)).^2.*(abs(1-Yinhes.*YShes)).^2);

Kazanches=10*log10(Kazanches)

figure(1);clf;

plot(w,Kazancreq,'kx-',w,Kazanches,'r-'),grid

xlabel('w');ylabel('Kazanc');title ('Kazanc ');

xreq=(abs(YSreq-transpose(Yinreq')).^2)./((abs(1-Yinreq.*YSreq)).^2);

xhes=(abs(YShes-transpose(Yinhes')).^2)./((abs(1-Yinhes.*YShes)).^2);

VSWRreq=(1+xreq.^2)./(1-xreq.^2)

VSWRhes=(1+xhes.^2)./(1-xhes.^2)

xhes

figure(2);clf;

plot(w,VSWRreq,'kx-',w,VSWRhes,'r-'),grid

xlabel('w');ylabel('VSWR');title ('VSWR ');

Gurultu=Guopt+(4.*candas.*(abs(YShes-Yopt)).^2)./((1-
(abs(YShes)).^2).*abs(1+Yopt).^2)

Gurultureq=Guopt+(4.*candas.*(abs(YSreq-Yopt)).^2)./((1-
(abs(YSreq)).^2).*abs(1+Yopt).^2)
```

```
figure(3);clf;
plot(w,Gurultureq,'kx-',w,Gurultu,'r-'),grid
xlabel('w');ylabel('Gürültü');title ('Gürültü');
```

MYFUN.M

```
function [f,g]=myfun(x,B,RL,XL)

g(1)=0;g(2)=0;g(3)=0;g(4)=0;g(5)=0;g(6)=0;
for a=1:length(RL)
   k(a)=(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)));
   if nargout>1
      g(1)=g(1)+(((-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))
+i*x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+
i*sin(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)-
i*(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)
*x(3))+sin(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/t
an(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
```

```
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*((-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))
+i*x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))+(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(
1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*sin(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1
))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))))/(1-
((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
```

```
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-((-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))
+i*x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+
i*sin(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)-
i*(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)
*x(3))+sin(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/t
an(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*((-
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(-
```

```
sin(B(a)*x(1))*B(a)+x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))
+i*x(4)*cos(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))+(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(
1))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*sin(B(a)*x(1))*B(a)*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(i*cos(B(a)*x(1))*B(a)/x(4)+i*sin(B(a)*x(1
))*B(a)/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-sin(B(a)*x(1))*B(a)*cos(B(a)*x(3))));
    g(2)=g(2)+((-
x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x
(3))-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))+cos(
B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(
B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-
x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x(3))))/(
1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
```

```
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-(-
x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x
(3))-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))+cos(
B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(
B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
```

```
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-
x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*cos(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))^2*(1+tan(B(a)*x(2))^2)*B(a)*x(6)*sin(B(a)*x(3))));
      g(3)=g(3)+((-
(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(
5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)+(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
i*cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)+cos(B(a)*x(1))*sin(B(a
)*x(3))*B(a))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(
5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)+i*cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x
(3))*B(a)/x(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-
cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)))/(1-
((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
```

```
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-(-(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(
5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)+(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
i*cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)+cos(B(a)*x(1))*sin(B(a
)*x(3))*B(a))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
```

```
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))*B(a)/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(
5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))*B(a)+i*cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x
(3))*B(a)/x(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*cos(B(a)*x(3))*B(a)-
cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))*B(a)));
      g(4)=g(4)+((sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+i*sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*cos(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/ta
n(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
```

```
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
i*sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*cos(B(a)*x(3))+sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*x(6)*sin(B(a)*x(3))))/(1-
((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-(sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+i*sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*cos(B(a)*x(3))-
```

```
sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/ta
n(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x
(3))+i*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
i*sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*cos(B(a)*x(3))+sin(B(a)*x(1))/x(4)^2*x(6)*sin(B(a)*x(3))));
      g(5)=g(5)+((-x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*
x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*co
s(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
```

```
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))/x(5)^
2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))))/(1-
((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-(-x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*
```

```
x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*co
s(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(-x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
i*x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))/x(5)^
2/tan(B(a)*x(2))*cos(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))/x(5)^2/tan(B(a)*x(2))*x(6)*sin(B(a)*x(3))));

g(6)=g(6)+((x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)
*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2-
i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(
1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
```

```
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/
x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))))/(1-
((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))-(1+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))/(1-((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
)))^2*(-
(x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/t
```

```
an(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2-
i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(
1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))+((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))-
(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)-i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))-
cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)))/((cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2))
)*cos(B(a)*x(3))-
x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/x(5)/tan(
B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+i*x(4)*sin(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3))+(i*sin(B(a)*x(1)
)/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*cos(B(a)*x(3))+i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x
(6)+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*x(6)*sin(B(a)*x(3))+cos(B(a)*x(1))*cos(B(a)*x(3)
))^2*(x(4)*sin(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(cos(B(a)*x(1))+x(4)*sin(B(a)*x(1))/
x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))-
i*cos(B(a)*x(1))*sin(B(a)*x(3))/x(6)^2+i*(i*sin(B(a)*x(1))/x(4)-
i*cos(B(a)*x(1))/x(5)/tan(B(a)*x(2)))*sin(B(a)*x(3))));
   end
end

hata=0;
for a=1:length(RL)
   hata=hata+((RL(a)+i*XL(a))-(k(a)))^2;
end
f=sqrt(hata);
return
```

ERROR_FIND.M

```
clc
clear

fre=[2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14];
beta=(fre.*1e9)./30000000000;
RL=[25.153773 12.638568 23.088317 41.536645 48.472354 54.121450 51.085460
50.130215 47.336917 49.017804 46.835875 46.959115 34.722225];
XL=[-26.839457 -46.984915 -48.355311 -43.730569 -45.018661 -26.955031 -10.435763
-7.842936 -17.072691 -20.128921 -26.651231 -32.855103 -66.384109];

x=[3 4 2 80 40 100]; %x(1)=L1 x(2)=L2 x(3)=L3  x(4)=Z1 x(5)=Z2 x(6)=Z3

options=optimset('GradObj','On');
x_new=fminunc('myfun',x,options,beta,RL,XL)
```

T_devresi.m

```
%Verilen RS ve RL degerleri için giris ve çikis T_uyumlastirma
%devrelerinin iletim hatlariyla gerçeklenmesi
clc
clear
f=[3 4 5 6 7 8 9 10 11];
Rs=[14.112790 30.967986 90.700984 124.061999 199.048460 187.315768 151.023811
103.873817 82.367708];
Xs=[73.294768 97.558933 148.766559 139.903213 84.987192 16.171656 12.804892
14.051524 12.126984];

RS=Rs./50;
XS=Xs./50;
Xs=Xs*(-1)

theta=(2.*pi.*f.*1e9)./30000000000; %uzunluklar cm olarak girilecek c=30000000000
cm/s olarak girildi. Bu theta degeri l ile çarpilacak

Li=[0.9088   0.9430   1.5478]; % 3 adeat uzunlugu girilecek cm olarak IMC
Zi=[79.9989  369.7798  141.7093]; % 3 adet normalize hat empedansi girilecek IMC

LZ=[Li Zi];
LB=[1 1 1 0.2 0.2 0.2];
UB=[10 10 10 3 3 3];
OPTIONS=OPTIMSET('MaxFunEvals',10000,'MaxIter',40000,'Display','iter');
LZ_new = lsqnonlin('error_find',LZ,LB,UB,OPTIONS,theta,RS,XS);
for a=1:length(LZ)/2
   Li(a)=LZ_new(a);
   Zi(a)=LZ_new(a+length(LZ)/2);
end

for a=1:length(theta)
   A1=[cos(theta(a)*Li(1)) i*Zi(1)*sin(theta(a)*Li(1)); i*sin(theta(a)*Li(1))/Zi(1)
cos(theta(a)*Li(1))];
   A2=[1 0;-i/(Zi(2)*tan(theta(a)*Li(2))) 1];
   A3=[cos(theta(a)*Li(3)) i*Zi(3)*sin(theta(a)*Li(3)); i*sin(theta(a)*Li(3))/Zi(3)
cos(theta(a)*Li(3))];
   Ai=A3*A2*A1;
   %S11i=(Ai(1,1)+Ai(1,2)-Ai(2,1)-Ai(2,2))/(Ai(1,1)+Ai(1,2)+Ai(2,1)+Ai(2,2));
   %Zin(a)=(1+S11i)/(1-S11i);
   Zin(a)=(Ai(1,1)+Ai(1,2))/(Ai(2,1)+Ai(2,2));
end

RZin=real(Zin);
XZin=imag(Zin);

%e1=(RS-RZin).^2;
%e2=(XS-XZin).^2;
%e=sqrt(e1+e2);
```

```
%hata=e./length(theta);
TPG=(4.*RZin.*RS)./((RZin+RS).^2+(XZin+XS).^2);
plot(f,TPG,'r*-')
Li
Zi=Zi.*50
```

Error_find.m

```
function hata=error_find(LZ,theta,RS,XS);

for a=1:length(LZ)/2
   Li(a)=LZ(a);
   Zi(a)=LZ(a+length(LZ)/2);
end

for a=1:length(theta)
   A1=[cos(theta(a)*Li(1)) i*Zi(1)*sin(theta(a)*Li(1)); i*sin(theta(a)*Li(1))/Zi(1)
cos(theta(a)*Li(1))];
   A2=[1 0;-i/(Zi(2)*tan(theta(a)*Li(2))) 1];
   A3=[cos(theta(a)*Li(3)) i*Zi(3)*sin(theta(a)*Li(3)); i*sin(theta(a)*Li(3))/Zi(3)
cos(theta(a)*Li(3))];
   Ai=A3*A2*A1;
   %S11i=(Ai(1,1)+Ai(1,2)-Ai(2,1)-Ai(2,2))/(Ai(1,1)+Ai(1,2)+Ai(2,1)+Ai(2,2));
   %Zin(a)=(1+S11i)/(1-S11i);
   Zin(a)=(Ai(1,1)+Ai(1,2))/(Ai(2,1)+Ai(2,2));
end

RZin=real(Zin);
XZin=imag(Zin);

%e1=(RS-RZin).^2;
%e2=(XS-XZin).^2;
%e=sqrt(e1+e2);
%hata=e./length(theta);

TPG=(4.*RZin.*RS)./((RZin+RS).^2+(XZin+XS).^2);
TPGhata=abs(1-TPG);
hata=sum(TPGhata);


return
```

! FILENAME: NE329S01.S2P VERSION:2.0
! NEC PART NUMBER: NE329S01 DATE: 01/99
! BIAS CONDITIONS: VDS=2V, IDS=10mA
ang. in deg.

#	S11		S21		S12		S22	
#GHZ	mag.	ang.	mag.	ang.	mag.	ang.	mag.	ang.
1.0	0.955	-25.3	5.347	150.0	0.027	73.3	0.546	-21.3
2.0	0.955	-25.3	5.347	150.0	0.027	73.3	0.546	-21.3
2.5	0.933	-32.2	5.282	142.9	0.035	67.8	0.537	-26.6
3.0	0.910	-38.5	5.210	135.7	0.039	64.8	0.526	-32.0
3.5	0.881	-45.0	5.118	128.6	0.044	60.0	0.510	-36.7
4.0	0.853	-51.3	5.015	121.7	0.049	55.4	0.498	-41.2
4.5	0.820	-57.4	4.912	115.2	0.053	51.3	0.488	-45.4
5.0	0.791	-63.5	4.817	108.7	0.056	47.4	0.476	-49.0
5.5	0.761	-69.0	4.745	102.5	0.059	44.3	0.463	-52.5
6.0	0.741	-74.6	4.688	96.6	0.061	42.0	0.453	-54.9
6.5	0.702	-79.9	4.652	90.1	0.067	38.0	0.441	-60.1
7.0	0.657	-85.8	4.608	83.2	0.071	34.5	0.422	-66.4
7.5	0.604	-92.8	4.536	76.2	0.073	30.9	0.392	-71.7
8.0	0.558	-101.3	4.484	69.5	0.076	29.0	0.368	-76.0
8.5	0.525	-111.7	4.417	62.6	0.079	25.1	0.342	-81.3
9.0	0.497	-122.7	4.349	55.7	0.084	21.5	0.309	-87.3
9.5	0.477	-133.2	4.266	48.7	0.088	18.5	0.275	-95.2
10.0	0.464	-142.7	4.183	42.1	0.092	14.9	0.248	-104.1
10.5	0.456	-152.9	4.107	35.4	0.096	11.2	0.222	-113.6
11.0	0.443	-163.1	4.025	28.7	0.100	6.2	0.198	-123.0
11.5	0.431	-174.8	3.937	21.8	0.101	3.6	0.174	-131.5
12.0	0.426	172.3	3.848	15.0	0.106	-0.5	0.154	-140.5
12.5	0.424	160.2	3.738	7.8	0.107	-4.8	0.136	-154.2
13.0	0.433	148.4	3.627	1.1	0.109	-8.3	0.123	-170.8
13.5	0.448	137.8	3.505	-5.7	0.110	-12.4	0.118	168.5
14.0	0.468	127.4	3.396	-12.6	0.111	-15.0	0.129	145.9
14.5	0.496	116.8	3.273	-19.2	0.113	-18.7	0.153	128.1
15.0	0.525	106.8	3.149	-25.7	0.112	-22.7	0.190	116.0
15.5	0.547	98.7	3.021	-32.0	0.113	-25.4	0.229	105.6
16.0	0.577	93.0	2.895	-38.4	0.112	-28.1	0.274	97.8
16.5	0.612	87.7	2.773	-45.0	0.111	-30.9	0.318	90.5
17.0	0.631	82.5	2.618	-51.5	0.110	-35.0	0.360	82.6
17.5	0.661	76.5	2.490	-57.4	0.111	-37.6	0.388	77.4
18.0	0.685	71.0	2.364	-63.6	0.110	-38.9	0.414	72.4

NOISE PARAMETERS

#	Fmin.	Gamaopt		RN/50
#GHZ	(dB)	mag.	ang.	
2.0	0.26	0.93	14	0.38
4.0	0.27	0.80	29	0.33
6.0	0.29	0.65	48	0.25
8.0	0.31	0.49	72	0.18
10.0	0.33	0.36	102	0.11
12.0	0.35	0.27	139	0.08
14.0	0.43	0.24	-176	0.07
16.0	0.57	0.30	-122	0.10
18.0	0.73	0.47	-58	0.22

KAYNAKLAR

Aliyev, İ., (2001), "Performans (F, V_i, G_t) Üçlüleri Kullanılarak Geniş Bandlı Mikrodalga Kuvvetlendirici Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Altaş, I.H., "Bulanık Mantık Denetimli Bir Güç Uyartım Sistemi", Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi ,Gaziantep, 1999

Cengiz, Y., Güneş, F., " Bir Mikrodalga Transistorunun Bulanık Mantık ile Modellenmesi" 11. Sinyal İşleme Ve İletişim Uygulamaları Kurultayı 18-20 Haziran 2003, İstanbul . 130-133

Chiang, A., C., "Fundamental Methods Of Mathematical Economics"Mcgraw-Hill, Inc. 1974

Cioffi, K.R., (1989), " Broad-Band Distributed Amplifier Impedance Matching Techniques", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 37, No. 12, December 1989, 1870-1876.

Collin, R.E., " Foundation For Microwave Engineering" Mcgraw-Hill 1992 Pp 334-339

Curtice,V.R., Camisa, "Self-Consistent GaAs Fet Models for Amplifier Design and Device Diagnostics", IEEE Trans. 1984, Mtt-32, 1573-1578

Cusick, A., Lezekiel, S., Miles, R.E., "All-Optical Microwave Fitler Design Employing a Genetic Algorithm", IEEE Photonics Technology Letters, Vol.10, No. 8, August 1998, 1156-1158.

Engin O. (2001), "Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma İle Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu" Doktora Tezi, İTÜ. Fen Bilimleri.Enstitüsü.

Erol O. K. (1995), "Bulanık Kontrolör Karar Tablosunun Genetik Algoritmalarla Oluşturulması" Yüksek Lisans Tezi İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-13.

Göksu H., (2002), "Global Optimizasyon Yöntemiyle Elektromanyetik Ters Problem Çözümü" Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Günel, T., Yazgan, B., "A New Approach to the Design of Low Noise Stable Broadband Microwave Amplifier", Proceedings of the 7th Mediterranean Electrotechnical Conference, Vol. 3, 12-14 April 1994, Antalya, 1150-1153.

Güneş, F., Cengiz, Y., ,"Optimization of a Microwave Amplifier Using Neural Performance Data Sheets With Genetic Algorithms", International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN) 2003, 630-637.

Güneş, F., Torpi, H., Gürgen, F., "A Multidimensional Signal-Noise Neural Model for Microwave Transistor" IEE Proc-Circuits Devices And Systems Vol 145, No 2, 1998 Pp 111-117

Güneş, F., Gürgen F., and Torpi, H., "Signal-Noise Neural Network Model For Active Microwave Device", IEE Proc-Circuits Devices And Systems, Vol. 143, No. 1, 1996, 1-8.

Güneş F., Güneş M. Ve Fidan M., " Performance Characterisation Of A Microwave Tranzistör", Ieee Proc. Circuits Devices System, Vol. 141, No:5, October 1994

Güneş F., Çetiner B.A., "Smith Chart Formulation Of Performance Characterisation For

A Microwave Transistor", Ieee Proc. Circuits Devices Syst. Vol. 145, No:6, December 1998

Itoh, Y., Nii, M., Kohno, Y., Mochizuki, M., Takagi, T., "A 4 to 25 GHz 0.5W Monolithic Lossy Match Amplifier", IEEE, 1994, 257-260.

Jung, W-L., Wu, J., (1990), "Stable Broad-Band Microwave Amplifier Design", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 38, No. 8, August 1990, 1079

Lezekiel, S., Cusick, T.A., Miles, R.E., "Evolutinary design of all-Optical Microwave Filters", The Institution of Electrical Engineers, IEE, London, 1999, London, 7/1-7/4.

Marin, M., Hewitt, D.F., Lee, P.K., Tucker, R.S., (1991), "Low Noise Tuned Optical Receivers Using Commerial 50Ω Modular Microwave Amplifiers", Electronic Letters Vol. 27, No. 15, 18th Jully 1991, 1378-1379.

Meijer, P.B.L.,"Fast And Smooth Highly Nonlinear Multidimensional Table Models For Device Modelling", Ieee Trans. Circuits Syst., 1990, 37, (3), Pp. 335-346

Menozzi, R. Ve Piazzi, A.," HEMT and HBT Small-Signal Model Optimization Using a Genetic Algorithm", IEEE, 1997, 13-18.

Moumin, A., (1995), "Yapay Sinir Ağları Ve Genetik Algoritmaların Uçuş Kontrol Sistemlerine Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 104.

Obitko, M., "Genetic Algorithms", Czech Technical University, Prague, 1998.

Öztürk A., "Yöneylem Araştırması", Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 2001, 77-85.

Peik, S.F., Chow, Y.L., (1997), "Genetic Algorithms Applied to Microwave Circuit Optimization", 1997 Asia Pacific Microwave Conference, 2-5 December 1997, Hong Kong, 857-860.

Perennec, A., Soares, R., Jarry, P., Legaud, P., Goloubkoff, M., (1989), "Computer-Aided Design of Hybrid and Monolithic Broad-Band Amplifers for Optoelectronic Receivers", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 37, No. 9, September 1989, 1475-1478.

Roux J.P., Escotte, L., Plana, R., Graffeuil, J., Delage, S.L., Blanck, H., "Small –Signal And Noise Model Extraction Technique For Heterojunction Bipolar Transistor At Microwave Frequencies" Ieee Trans.On Microwave Theory And Techniques ,Vol.43, No 2,February 1995 Pp.293-298.

Semli, L., Estreich, D.B., Riccó, B., (1992), "Small-Signal MMIC Amplifiers with Bridged T-Coil Matching Network", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 27, No.7 July 1992, 1093-1096.

Tavukçu, D., (2000), "MonteCarlo Yönteminin Sayısal İntegrallere ve Elektromanyetik denklem İntegrallerine Uygulanması", Yüksek lisans tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Topham, P. J., Long, A. P., Saul, P. H., Parton, G., Hollis, B. A., Hiams, N. A., Goodfellow, R. C., (1989), "A Broad-Band Amplifier Using GaAs/GaAlAs Heterojunction Bipolar Transistors", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 24, No.3 June 1989, 686-689.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	12.04.1979	
Doğum Yeri	Kilis	
Lise	1992-1995	Bahçelievler Lisesi
Lisans	1995-2000	Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Yüksek Lisans	2000-	Yıldız Teknik Üniversitesi