

93763

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

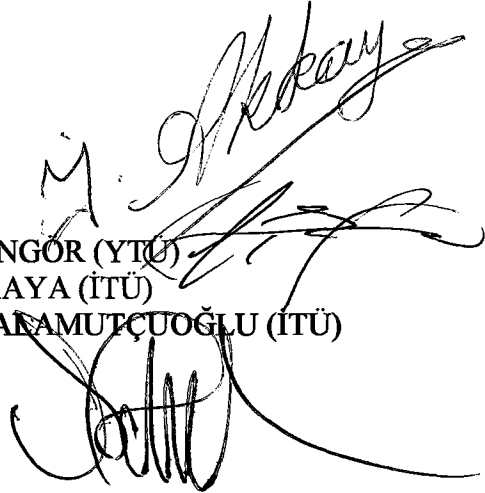
**DİSPERSİF MALZEME İÇEREN DALGA
KILAVUZLARINDA SÜREKSİZLİK ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Haberleşme Yük.Müh.Refet RAMİZ

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

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 1 Mayıs 2000
Tez Danışmanı : Prof.Dr.Taner ŞENGÖR (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof.Dr.İnci AKKAYA (İTÜ)
: Prof.Dr.Osman PARAMUTÇUOĞLU (İTÜ)



İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ	i
ÇİZELGE LİSTESİ	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Konusu	1
1.2 Konunun Tarihçesi	1
1.3 Konunun Önemi ve Tanıtılması	3
2. DİSPERSİF MALZEME İLE DOLU DİKDÖRTGEN DALGA KILAVUZUNDA KESİT SÜREKSİZLİĞİ	11
2.1 Problemin Tanımlanması.....	11
2.2 Dispersif Malzeme İle Dolu Dikdörtgen Dalga Kılavuzunda Kesit Süreksizliği	17
2.3 Sınır Koşulları	17
2.4 (1) Bölgesindeki Elektrik ve Magnetik Alan Bileşenleri.....	29
2.5 (2) Bölgesindeki Elektrik ve Magnetik Alan Bileşenleri.....	43
2.6 Alternatif Sınır Koşulları	51
2.7 Katsayıların Hesaplanması.....	53
3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	72
KAYNAKLAR.....	109
EKLER.....	116
Ek 1 Kompleks Bağlı Permitivite Değerleri	116
ÖZGEÇMİŞ.....	119

Şekil 1.1	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.1)	8
Şekil 1.2	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.2)	8
Şekil 1.3	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.3)	8
Şekil 1.4	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.4)	8
Şekil 1.5	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.5)	9
Şekil 1.6	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.6)	9
Şekil 1.7	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.7)	9
Şekil 1.8	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.8)	9
Şekil 1.9	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.9)	10
Şekil 1.10	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.10)	10
Şekil 1.11	Kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi (malzeme no.11)	10
Şekil 2.1	Dalga kılavuzu kesit süreksizliği.....	11
Şekil 2.2	Dalga kılavuzu süreksizlik kesiti.....	17
Şekil 3.1	Dikdörtgen dalga kılavuzu basamak süreksizliğinde alt bölgeler	72
Şekil 3.2	(1) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\alpha(f)$ zayıflatma sabitinin frekansa göre değişimi	73
Şekil 3.3	(1) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\beta(f)$ propagasyon sabitinin frekansa göre değişimi	73
Şekil 3.4	(2) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\alpha(f)$ zayıflatma sabitinin frekansa göre değişimi	74
Şekil 3.5	(2) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\beta(f)$ propagasyon sabitinin frekansa göre değişimi	74
Şekil 3.6	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	76
Şekil 3.7	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x - y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	77
Şekil 3.8	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x - y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	78
Şekil 3.9	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x - y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	79
Şekil 3.10	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	80
Şekil 3.11	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	81
Şekil 3.12	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	82
Şekil 3.13	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	83
Şekil 3.14	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	84
Şekil 3.15	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	85
Şekil 3.16	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	86
Şekil 3.17	(-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı, $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}= 1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$).....	87

Şekil 3.18	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	88
Şekil 3.19	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	89
Şekil 3.20	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	90
Şekil 3.21	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanının x - y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	91
Şekil 3.22	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	92
Şekil 3.23	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	93
Şekil 3.24	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	94
Şekil 3.25	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	95
Şekil 3.26	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	96
Şekil 3.27	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 5$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	97
Şekil 3.28	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	98
Şekil 3.29	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	99
Şekil 3.30	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	100
Şekil 3.31	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	101
Şekil 3.32	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $g=3$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	102
Şekil 3.33	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $g=3$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	103
Şekil 3.34	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $g=3$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	104
Şekil 3.35	(+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 3$ GHz, $g=3$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)	105
Şekil 3.36	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=443$, $k_{12y}=474$, $k_{13y}=474$, $k_{14y}=443$)	106
Şekil 3.37	(+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanının x-y düzleminde dağılımı $f = 7$ GHz, $c=1$ cm, $m=1$ ($k_{11y}=443$, $k_{12y}=474$, $k_{13y}=474$, $k_{14y}=443$)	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Ortam tipleri	5
Çizelge 3.1	(1) numaralı dalga kılavuzunda (-z) yönünde yayılan dalgaların katsayıları....	75
Çizelge 3.2	(2) numaralı dalga kılavuzunda (+z) yönünde yayılan dalgaların katsayıları...	75



ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım sırasında,

Olaylara olan bilimsel bakış açısıyla üst düzeyde bilimsel bir çalışmanın anlamını kavramamı sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Taner ŞENGÖR'e;

Hayata bir anlam kazandıran hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Çintay GÖKSU'ya ;

Arkadaşlıklarını ve dostluklarını esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ'e, Yard. Doç. Dr. Aktül KAVAS'a, Yard. Doç. Dr. Tuncay UZUN'a, Yard. Doç. Dr. Herman SEDEF'e, Öğr. Gör. Dr. Cahit CANBAY'a ve arkadaşım Ar. Gör. Aydın MELEK'e;

Görüş ve düşüncelerini esirgemeyen arkadaşım ve dostum Ar. Gör. Kamil DİMİLİLER'e;

Bana her zaman güvenen değerli Anne ve Babama, teşekkürü bir borç bilirim.

Refet RAMİZ
İstanbul, 2000

ÖZET*

Literatürde yapılan çalışmaların önemli bir çoğunluğu içi boş dalga kılavuzu yapılarını kullanarak, çeşitli yapı değişiklikleri ile mikrodalga transformatör, filtre, uydurma devresi, v.d. tasarımına yönelik olmaktadır. Burada yapılan çalışmada ise, içi frekansa bağlı olarak değişen dielektrik malzeme ile dolu iki dikdörtgen dalga kılavuzunun basamak süreksizliği şeklinde birleştirilmesinin dalganın yayılım özelliklerine etkisi incelenmiştir. Birinci aşamada içi dispersif malzeme ile dolu, mükemmel iletken kaplı, sonsuz uzun bir dikdörtgen dalga kılavuzu incelenmiştir. Dielektrik malzemenin frekansa bağlı değişiminin 1. dereceden Debye dispersiyonuna sahip olduğu varsayılmıştır. Dalga kılavuzunun TE modu propagasyonunu desteklemesinden hareketle elektrik ve magnetik alan bileşenleri hesaplanmıştır. Buradan hareketle dalga kılavuzu içerisinde +z yönünde yayılan dalganın zayıflatma ve propagasyon sabitleri tanımlanmıştır. Burada elde edilen sonuçlar, dispersif malzeme süreksizliğine sahip dikdörtgen dalga kılavuzu yapısına uygulanmıştır. Dikdörtgen dalga kılavuzu yarı sonsuz iki bölgeye ayrılmış ve her bir bölgenin frekansa bağlı olarak değişen farklı iki dispersif malzeme ile dolu olduğu öngörülmüştür. Dielektrik sabiti frekansa bağlı olarak değişen bir ortam için, farklı frekanslarda farklı dalgaların sözkonusu olacağından hareketle süreksizliğe doğru yayılan dalganın f_1 ve f_2 frekanslı iki farklı dalganın toplamından oluştuğu dikkate alınmıştır. Bu yapılırken gelen dalganın kaynağının süreksizlikten yeterince uzak olduğu kabul edilmiştir. Süreksizlik nedeniyle her bir bölgede oluşan elektrik ve magnetik alan bileşenleri sınır koşulları sağlatılarak elde edilmiştir. Son bölümde ise dispersif malzeme ile dolu dikdörtgen dalga kılavuzunda kesit süreksizliği problemi incelenmiştir. Farklı kesitte iki dikdörtgen dalga kılavuzunun birbirine eklenmesiyle oluşan kesit süreksizliği probleminde, her bir dalga kılavuzunun farklı dispersif malzeme ile dolu olduğu kabul edilmiştir. Süreksizlik etkisi ile her bir bölgede oluşan alanları hesaplamak için yapı belirli alt bölgelere ayrılmış ve her bir bölge için elektrik ve magnetik alan bileşenleri tanımlanmıştır. Süreksizliğe gelen, süreksizlikten yansıyan ve diğer dalga kılavuzunda yayılan dalgaya ilişkin bilinmeyen katsayılar sınır koşulları sağlatılarak elde edilmiştir. Her bir ortamda tanımlanan alan ifadeleri örnek sayısal sonuçlarla yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalga Kılavuzu, Dispersif Ortam, Propagasyon, Mikrodalga Filtre

ABSTRACT**

There are several studies in the literature mainly focused on obtaining microwave transformers, filters, matching circuits and etc. by using the different types of air-filled waveguide structures. In this study, a rectangular waveguide which has a step junction and is filled with frequency dependent dielectric material is considered. First, the constitutive relations are defined for a dispersive media. Then an infinitely long rectangular waveguide is assumed to be filled by dispersive material. The frequency dependence of the dielectric material is taken as 1st order Debye dispersion. The TE mode propagation is considered within the rectangular waveguide and electric and magnetic fields are obtained accordingly. The attenuation constants and propagation constants of a field propagating within the rectangular waveguide through the +z direction are defined. The results are applied to the rectangular waveguide that includes discontinuity in dispersive material. The rectangular waveguide is assumed to be divided into two parts and each part is filled by different dispersive material. For a media whose dielectric constant is changing with frequency, there will be different waves for different frequencies. Here the field propagating through the discontinuity, is assumed to be a combination of two different waves of frequencies with f_1 and f_2 . The source incident field is taken far enough from the discontinuity. The electric and magnetic fields born by the discontinuity is obtained by satisfying the boundary conditions. In the last section, step discontinuity in dispersive material filled rectangular waveguide is studied. The discontinuity is obtained by joining two different sized rectangular waveguides. Each waveguide is assumed to be filled by different dispersive materials. Each region is divided into sub parts to be able to obtain the electric and magnetic fields born by the discontinuity. The unknown amplitudes of the incident waves, reflected waves and transient waves are also obtained by satisfying the boundary conditions. There are several numerical examples given for each study case.

Key Words: Waveguide, Dispersive Media, Propagation, Microwave Filter

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu

Açık yazındaki çalışmalarda, silindirik veya dikdörtgen dalga kılavuzu yapılar kullanılarak çeşitli mikrodalga devre elemanı tasarımları öngörülmektedir. Çalışmaların önemli bir çoğunluğu içi boş dalga kılavuzu yapılarını kullanarak çeşitli yapı değişiklikleri ile mikrodalga transformator, filtre, uydurma devresi, v.b. tasarımına yönelik olmaktadır. Az sayıda çalışma yapı içerisinde belirli bir dielektrik malzeme bulunması durumunu incelemektedir. Günümüzde ise dispersif malzemelere karşı artan bir ilgi vardır (Ramiz ve Şengör, 1999, 2000), (Şengör,2000). Buradan hareketle, içi frekansa bağlı dielektrik malzeme ile dolu dikdörtgen dalga kılavuzları burada yapılan çalışmada incelenmiştir. Bu amaçla içi dispersif dielektrik malzeme ile dolu dikdörtgen dalga kılavuzu gözönüne alınmıştır.

Önce dispersif malzeme içeren bir dalga kılavuzu içindeki elektromagnetik alana ilişkin temel büyüklükler ve eşitlikler ifade edilmiştir. Daha sonra Maxwell denklemlerinden yola çıkarak alan büyüklüklerini bulabilmek için gerekli olan ortamın karakteristik denklemleri ifade edilmiştir. Lineer bir ortam için, kompleks karakteristik denklemler zamanla sinüsoidal değişen durumda $\exp(i\omega t)$ çarpanı ile kullanılmıştır (Harrington, 1961). Ortamın kaynak içermemesi durumunda, bu bölgeler için kompleks alan eşitlikleri belirtilmiştir. Söz konusu alan eşitlikleri serbest uzay ve iyi dielektrik malzemeler için ifade edilmiştir. Bu çalışmaya temel oluşturan dispersif malzemeler için kompleks karakteristik denklemler ve kompleks alan eşitlikleri elde edilmiştir. Ayrık alan formalizmi dispersif malzeme süreksizliğine sahip dalga kılavuzu yapısına uygulanmıştır. Son bölümde ise farklı kesitte dalga kılavuzlarının birbirine eklenmesi ile oluşturulan sınır değer problemi göz önüne alınmış, dispersif malzeme süreksizliği için elde edilen denklemler süreksizlik nedeniyle her bir ortamda oluşan elektrik ve magnetik alanları elde etmek için kullanılmıştır. Elde edilen ifadelerden hareketle her bir durumdaki değişimler grafiklerle gösterilmiştir.

1.2 Konunun Tarihçesi

Dalga kılavuzu jonksiyonlarında saçılma problemi elektromagnetik analizde önem taşır. Bu doğrultuda literatürde analitik ve sayısal birçok teknik mevcuttur. Burada yapılan çalışma açısından önem arzeden başlıca incelemeler aşağıda özetlenmiştir:

(Auda ve Harrington, 1983), sonsuz uzun iki uniform silindirik dalga kılavuzunun birbirine eklenmesiyle oluşan dalga kılavuzu süreksizlik problemini incelemiştir. Her bir silindirik

dalga kılavuzunun farklı yarıçaplarda ve içlerinin farklı dielektrik malzeme ile dolu olduğu varsayılmıştır. Bu dalga kılavuzu jonksiyonu problemini çözmek için moment yöntemini önermektedir. Dalga kılavuzu jonksiyonundan dolayı her bir bölgede oluşan toplam alan modal formda ifade edilmiştir. Bütün TE ve TM modları toplam alan içerisine dahil edilmiştir. Yine her bir kılavuz içindeki modlara ilişkin modal propagasyon sabitleri tanımlanmıştır. Eşdeğerlik prensibi kullanılarak problem iki ayrı bölüme indirgenmiş ve çözülmüştür.

(Leong ve Chandra, 1987), E-düzlemi dalga kılavuzu süreksizlik problemini, birim genlikli bir TEM dalgasının süreksizlik jonksiyonunu uyardığını kabul ederek incelemişlerdir. Toplam transvers elektrik ve magnetik alanlar sonsuz sayıda dalga kılavuzu modlarına bağlı olarak ifade etmişlerdir. Süreksizliğin her bir bölgesine farklı dielektrik sabitine sahip malzemeler yerleştirmişlerdir. Tanımladıkları denklemlerden hareketle uygun baz fonksiyonları seçerek, moment yöntemi ile sayısal sonuçlar elde etmişlerdir.

(Battacharya, 1994), içi hava ile dolu genel bir dalga kılavuzu süreksizliği problemini ele almıştır. Dalga kılavuzu süreksizliğini analiz etmek için sayısal olarak verimli bir yöntem önermiştir. Yöntem moment metodu formülasyonuna dayanmaktadır. Her bir bölgedeki elektromagnetik alanları, ilgili dalga kılavuzu modlarına bağlı olarak ifade etmiş ve buradan hareketle süreksizlik için eşdeğer devre parametrelerini tanımlamıştır.

(Balaji ve Vahldieck, 1998), farklı tipte iki silindirik dalga kılavuzunun birbirine eklenmesiyle oluşan basamak tipte bir dalga kılavuzu süreksizlik problemini mod-uydurma tekniğini kullanarak çözmeyi önermektedir. Basamak geçişlerini bir koninin kesit görünüşü şeklinde almışlardır. Yapının içini hava ile dolu olarak öngörmüş ve süreksizliğe ilişkin genelleştirilmiş saçılma matrisini hesaplamak için mod uydurma metodunu geliştirmişlerdir. Her bir bölgede elektrik ve magnetik potansiyel fonksiyonlarını tanımlamış, bunlardan hareketle elektrik ve magnetik alanları elde etmişlerdir. Ara kesit yüzeyinde transvers elektrik ve magnetik alan bileşenlerinin sürekliliğinden, gelen ve yansıyan dalga genliklerini belirlemişlerdir.

1.3 Konunun Önemi ve Tanıtılması

Malzemeler genellikle sahip oldukları σ , ϵ ve μ değerlerine göre sınıflandırılmışlardır. Yüksek değerde σ 'ye sahip malzemeler *iletkenler* olarak adlandırılırken küçük σ değerine sahip olanlar *dielektrik* olarak adlandırılmaktadır. Analiz açısından, genellikle iyi iletkenleri mükemmel iletken olarak ($\sigma \rightarrow \infty$), iyi dielektrikleri mükemmel dielektrik olarak ($\sigma \rightarrow 0$) yaklaşık olarak almak uygun olmaktadır. İyi iletkenlerin dielektrik sabitini ölçmek zordur fakat 1'e yakın olması beklenir. Çoğu lineer ortamlar için permeabilite μ , serbest uzayın permeabilitesi μ_0 'a yakındır.

Genel anlamda, ortamın karakteristik denklemleri aşağıda belirtilen şekilde lineer diferansiyel denklemler ise ortam lineer olarak adlandırılır (Harrington, 1961):

$$\vec{D}(t) = \epsilon \vec{E}(t) + \epsilon_1 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}(t) + \epsilon_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E}(t) + \epsilon_3 \frac{\partial^3}{\partial t^3} \vec{E}(t) + \epsilon_4 \frac{\partial^4}{\partial t^4} \vec{E}(t) + \dots \quad (1.1)$$

$$\vec{B}(t) = \mu \vec{H}(t) + \mu_1 \frac{\partial}{\partial t} \vec{H}(t) + \mu_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{H}(t) + \mu_3 \frac{\partial^3}{\partial t^3} \vec{H}(t) + \mu_4 \frac{\partial^4}{\partial t^4} \vec{H}(t) + \dots \quad (1.2)$$

$$\vec{J}(t) = \sigma \vec{E}(t) + \sigma_1 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}(t) + \sigma_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E}(t) + \sigma_3 \frac{\partial^3}{\partial t^3} \vec{E}(t) + \sigma_4 \frac{\partial^4}{\partial t^4} \vec{E}(t) + \dots \quad (1.3)$$

(1.1-3) ile verilen denklemler, $\vec{E}(t)$ ve $\vec{H}(t)$ 'nin zamana göre türevleri yeterince küçük olduğu zaman basit ortamın karakteristik denklemlerine özdeş olmaktadır.

Lineerliğin genişletilmiş tanımının fiziksel önemi şu şekilde ifade edilebilir: Ortamın atomik parçacıklarının kütlesi ve yükü vardır, bundan dolayı alan hızlı bir şekilde değiştiğinde, parçacıklar alanı takip edememektedir. Örneğin, bir elektronun alanla hızlandırıldığı varsayılın ve daha sonra $\vec{E}(t)$ elektrik alanının yönü değiştirilsin. Elektronun momentumundan dolayı yönünü değiştirene dek bir zaman gecikmesi olacaktır. Benzeri durum, elektron serbest elektron ise $\vec{J}(t)$ için, sınırlı elektron ise $\vec{D}(t)$ için söz konusu olacaktır. Alanın zamanla sinüsoidal değişimli olduğu varsayılmış ve zamana bağlılık $\exp(i\omega t)$ şeklinde alınmıştır.

Lineer bir ortam için karakteristik denklemler zamanla sinüsoidal değişen durum için ifade edilmişlerdir (Harrington, 1961). Buradan hareketle (1.1) ile verilen eşitliğin ω =sabit hali için kompleks formu,

$$\vec{D}(x, y, z) = \bar{\epsilon}(\omega) \vec{E}(x, y, z), \quad \omega = \text{sabit} \quad (1.4)$$

olarak yazılabilmektedir. $\bar{\epsilon}(\omega) = (\epsilon + i\omega\epsilon_1 - \omega^2\epsilon_2 + i\omega^3\epsilon_3 - \omega^4\epsilon_4 + \dots)$, ω 'nın kompleks fonksiyonu olmak üzere ortamın kompleks permitivitesi olarak adlandırılır. Benzer şekilde (1.2) ve (1.3) eşitlikleri de kompleks formda aşağıdaki şekilde yazılır:

$$\vec{B}(x, y, z) = \bar{\mu}(\omega) \vec{H}(x, y, z), \quad \bar{\mu}(\omega) = (\mu + i\omega\mu_1 - \omega^2\mu_2 + i\omega^3\mu_3 - \omega^4\mu_4 + \dots) \quad (1.5)$$

$$\vec{J}(x, y, z) = \bar{\sigma}(\omega) \vec{E}(x, y, z), \quad \bar{\sigma}(\omega) = (\sigma + i\omega\sigma_1 - \omega^2\sigma_2 + i\omega^3\sigma_3 - \omega^4\sigma_4 + \dots) \quad (1.6)$$

Burada $\bar{\mu}(\omega)$ ve $\bar{\sigma}(\omega)$, ω 'nın kompleks fonksiyonudur ve sırasıyla ortamın kompleks permeabilitesi ve kompleks kondüktivitesi olarak adlandırılır.

Kaynak içermeyen bölgelerde, ω =sabit için kompleks alan eşitlikleri aşağıdaki şekilde verilir:

$$\nabla \times \vec{E}(x, y, z) = -\bar{\mu}(\omega) \vec{H}(x, y, z) \quad (1.7)$$

$$\nabla \times \vec{H}(x, y, z) = \bar{\epsilon}(\omega) \vec{E}(x, y, z) \quad (1.8)$$

Serbest uzayda $\bar{\epsilon}(\omega)$ ve $\bar{\mu}(\omega)$ en basit hali alır: $\bar{\epsilon}(\omega) = \epsilon_0$, $\bar{\mu}(\omega) = \mu_0$. Bu bütün frekanslarda ve bütün alan büyüklükleri için geçerlidir. İyi dielektrik malzemelerde ise $\bar{\epsilon}(\omega) = \bar{\epsilon}$ ve $\bar{\mu}(\omega) = \mu_0$ olarak dikkate alınmaktadır. Genel anlamda $\bar{\epsilon}(\omega)$ 'nın kompleks yapıda olduğu dikkate alınırsa,

$$\bar{\epsilon}(\omega) = \bar{\epsilon}'(\omega) - i\bar{\epsilon}''(\omega) \quad (1.9)$$

yazılabilir. Burada $\bar{\epsilon}'(\omega)$, kompleks permitivitenin reel kısmı, $\bar{\epsilon}''(\omega)$, imajiner kısmını ifade etmektedir. Genlik ve faz olarak,

$$\bar{\epsilon}(\omega) = |\bar{\epsilon}(\omega)| e^{-i\varphi(\omega)} \quad (1.10a)$$

$$|\bar{\epsilon}(\omega)| = \sqrt{[\bar{\epsilon}'(\omega)]^2 + [\bar{\epsilon}''(\omega)]^2} \quad (1.10b)$$

$$\varphi(\omega) = a \tan \left[\frac{\bar{\epsilon}''(\omega)}{\bar{\epsilon}'(\omega)} \right] \quad (1.10c)$$

ifade edilir. Mükemmel dielektrik malzeme için $\bar{\epsilon}''(\omega) = 0$ olmaktadır. İyi dielektrik malzemelerde ise $\bar{\epsilon}'(\omega)$, bütün frekanslarda hemen hemen sabit değer almakta ve $\bar{\epsilon}''(\omega)$, çok küçük olmaktadır.

Bütün malzeme özellikleri Maxwell denklemlerinde ortamın karakteristik denklemlerinin yardımıyla yer alır. Bir başka deyişle Maxwell denklemleri ortamdan bağımsızdır. $\vec{E}(t)$, $\vec{H}(t)$ ile $\vec{D}(t)$, $\vec{B}(t)$ arasındaki ilişki tanımlanabildiği zaman, söz konusu ortam sadece ilgili ortamın karakteristik denklemleri ile karakterize edilebilir. Genel olarak alanlar arasındaki ilişki, ortamın fiziksel yapısına bağlıdır. Bu yapı yöne, sıcaklığa, frekansa veya diğer başka parametrelere bağlı olabilir. Yaygın ortam tipleri aşağıdaki Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Ortam Tipleri

Ortam	Bağımlılık	Örnek
Polarize ortam		Su, plastik
Anizotropik ortam	yön	Polarizörler, mika
Homojen olmayan ortam	pozisyon	Atmosfer
Stasyonere olmayan ortam	zaman	Akusto-optik modülatörler
Dispersif ortam	frekans	İyonize plazma, insan dokusu
Non lineer ortam	E veya H	Demir
Sıcaklığa bağlı ortam	sıcaklık	Demir
Stasyonere ortam	zaman	Kararlı dielektrik

Eğer ortam iletken değilse ve ϵ , μ parametreleri uygulanan alanın frekansından bağımsız ise faz hızı sabit olmakta ve dalga herhangi bir bozulma olmaksızın yayılmaktadır. İletkenliğin olması durumunda, faz hızı ile frekans arasında zayıflatma etkisi yaratan bir ilişki oluşmaktadır. Bunun neticesinde harmonik bileşenlerin fazı ile, yayılma doğrultusunda kayma oluşmakta ve dalga belirli bir mesafe sonra değişmiş olmaktadır. Faz hızının frekansın fonksiyonu olduğu bir ortam *dispersif ortam* olarak adlandırılır.

Dalgaların bileşenleri için propagasyon karakteristiklerinin farklı olduğu durumlarda, dalgaların bileşenlerine ayrıştırılması kullanışlıdır. Bu ayrıştırma ve yeniden oluşturma prosesi, Maxwell denklemleri lineer ortam için lineer olduğundan geçerlidir, kaldı ki lineer bir ortamda alandan bağımsız olan ϵ , μ ve σ değerleri vardır. Bu yaklaşım dispersif ortamın anlaşılmasında yardımcı olmaktadır.

Lineer bir ortamın kompleks permitivitesi ϵ_0 ' a bağlı olarak $\bar{\epsilon}(\omega) = \epsilon_0 \hat{\epsilon}(\omega)$ ile ifade edilebilir. Burada $\hat{\epsilon}(\omega)$, ortamın kompleks bağıl permitivitesi (dielektrik sabiti) olarak adlandırılır. Burada yapılan çalışmada 1. dereceden Debye dispersiyonuna sahip ortam gözönüne alınmıştır. Dolayısıyla, ortamın dielektrik sabiti $\hat{\epsilon}(\omega)$,

$$\hat{\epsilon}(\omega) = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_{\infty}}{1 + i \omega t_0} \quad (1.11)$$

şeklinde dir. Burada ϵ_s ; ortamın sıfır frekansındaki permitivitesi, ϵ_{∞} ; ortamın sonsuz frekansında permitivitesi ve t_0 (sn); rölaksasyon süresidir. Rölaksasyon süresi; yük dağılımının t_0 kadar süre içerisinde ortamda dağılırarak ilk değerinin 1/e katına düştüğü süredir. Bu süre deniz suyu için 2.10^{-10} sn, su için 10^{-6} sn ve bakır için ise $1,5.10^{-19}$ sn mertebelerindedir. Bazı malzemelere ve insan dokularına ilişkin bağıl permitivite değerleri Ek-1'de verilmiştir.

(1.11) ile verilen dielektrik sabiti reel ve imajiner bileşenleri cinsinden şu şekilde tanımlansın,

$$\hat{\epsilon}(\omega) = \hat{\epsilon}'(\omega) - i \hat{\epsilon}''(\omega) \quad (1.12)$$

Burada reel kısım $\hat{\epsilon}'(\omega)$ ve imajiner kısım $\hat{\epsilon}''(\omega)$ sırayla aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$\hat{\epsilon}'(\omega) = \frac{\epsilon_s + \omega^2 t_0^2 \epsilon_\infty}{1 + \omega^2 t_0^2} \quad (1.13)$$

$$\hat{\epsilon}''(\omega) = \frac{\omega t_0 (\epsilon_s - \epsilon_\infty)}{1 + \omega^2 t_0^2} \quad (1.14)$$

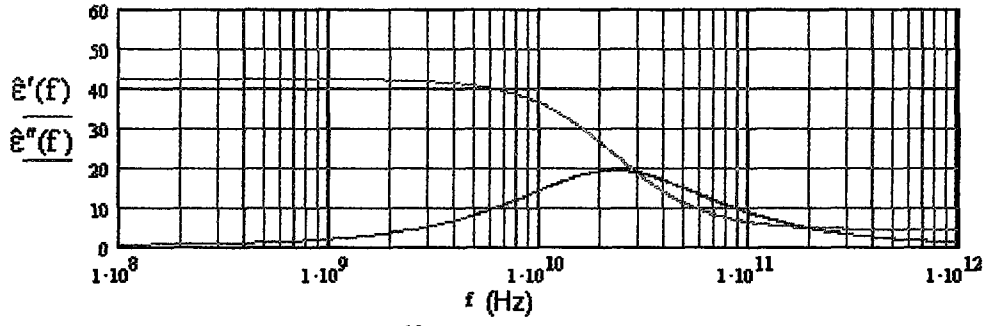
Polar formda ise, (1.10a-c) eşitliklerinden hareketle

$$|\hat{\epsilon}(\omega)| = \sqrt{\epsilon_\infty^2 + \frac{\epsilon_s^2 - \epsilon_\infty^2}{1 + \omega^2 t_0^2}} \quad (1.15)$$

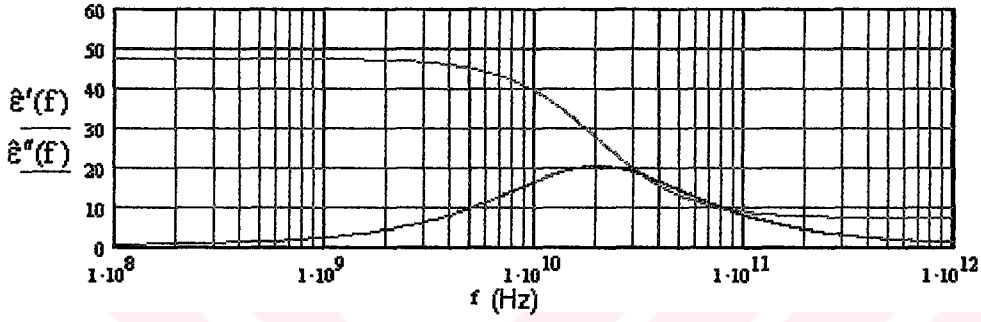
ve

$$\varphi(\omega) = a \tan \left[\frac{\omega t_0 (\epsilon_s - \epsilon_\infty)}{\omega^2 t_0^2 \epsilon_\infty + \epsilon_s} \right] \quad (1.16)$$

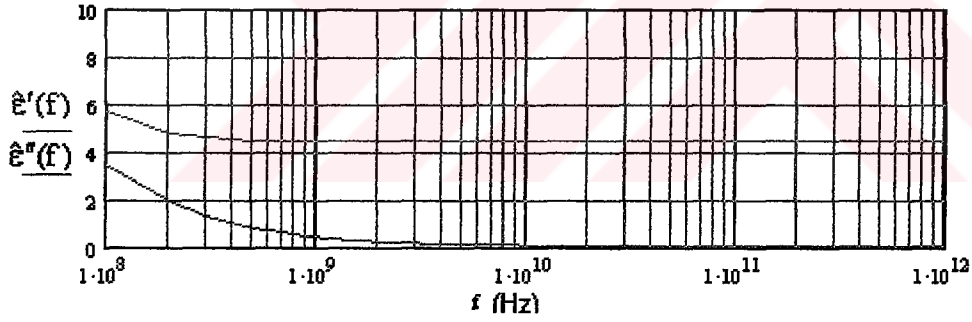
yazılabilir. Bazı malzemelere ilişkin kompleks bağıl permitivite değerlerinin frekansa göre değişimleri aşağıda verilmiştir (bkz. Ek-1).



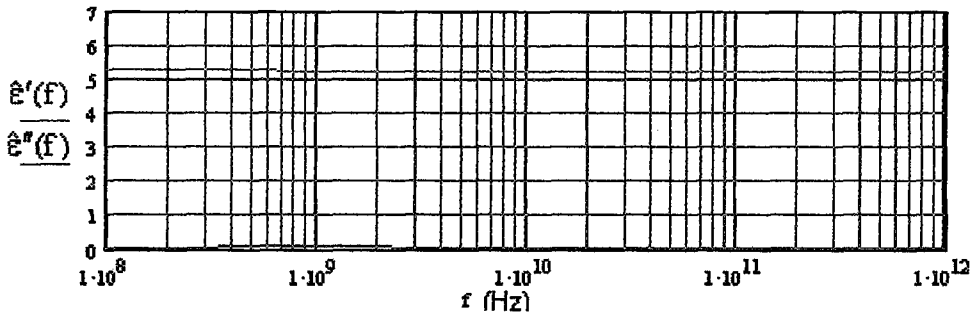
Şekil 1.1 $\epsilon_s=42$, $\epsilon_\infty=4$, $t_0=6.9 \times 10^{-12}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



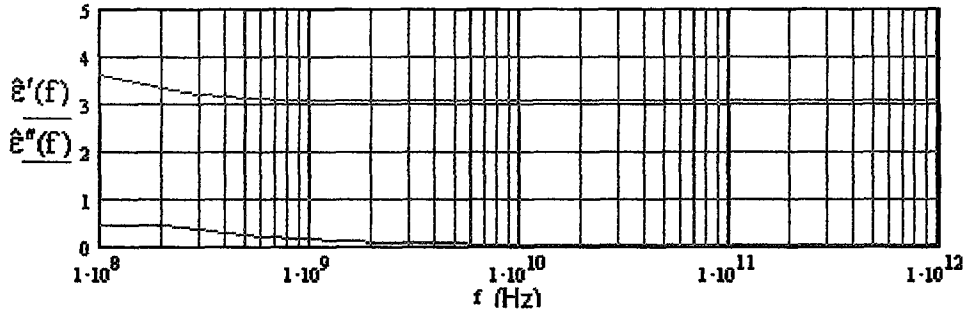
Şekil 1.2 $\epsilon_s=47$, $\epsilon_\infty=7$, $t_0=8 \times 10^{-12}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



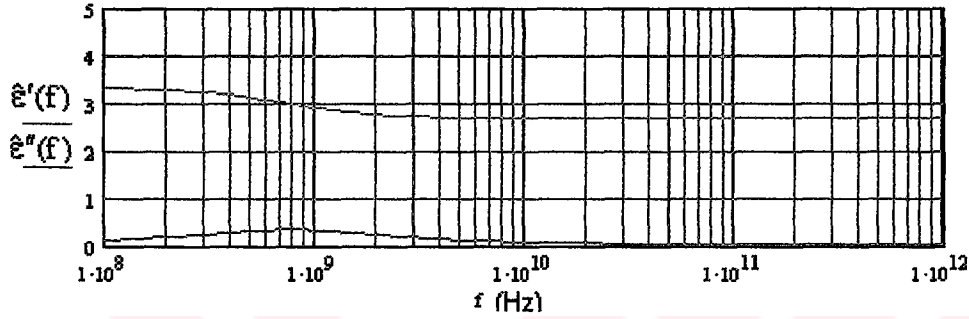
Şekil 1.3 $\epsilon_s=15$, $\epsilon_\infty=4.398$, $t_0=4.326 \times 10^{-12}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



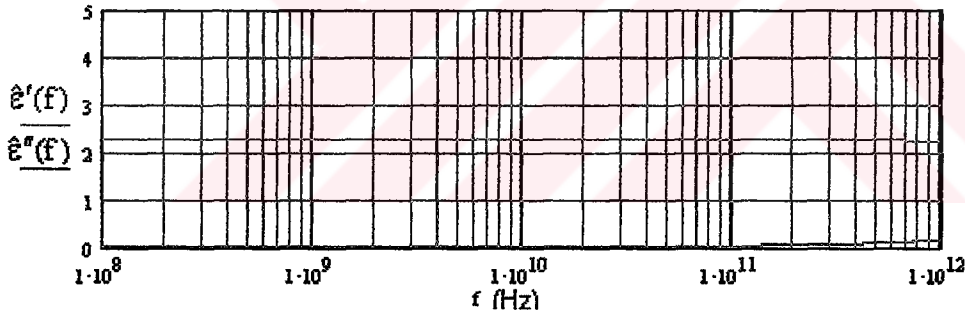
Şekil 1.4 $\epsilon_s=5.25$, $\epsilon_\infty=5.163$, $t_0=1.768 \times 10^{-10}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



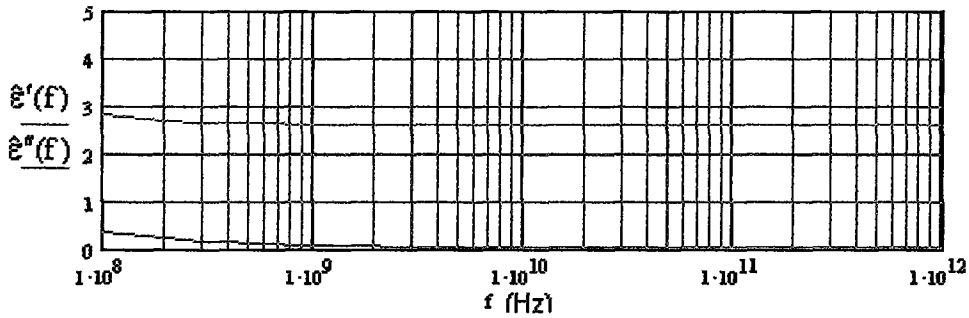
Şekil 1.5 $\epsilon_s=3.9$, $\epsilon_\infty=3.028$, $t_0=1.183 \times 10^{-9}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



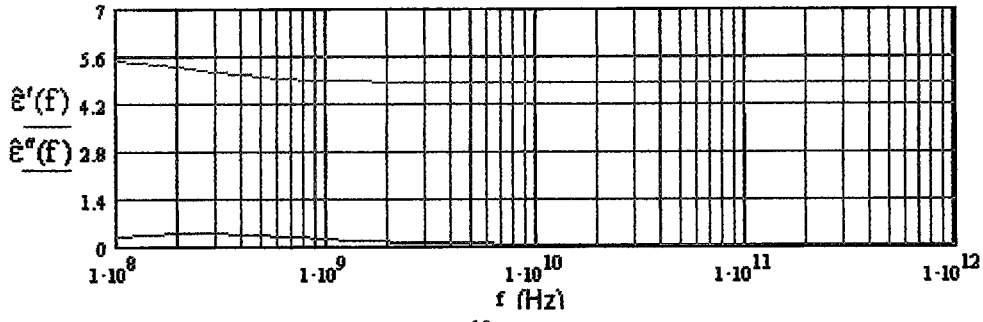
Şekil 1.6 $\epsilon_s=3.3$, $\epsilon_\infty=2.66$, $t_0=2.122 \times 10^{-10}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



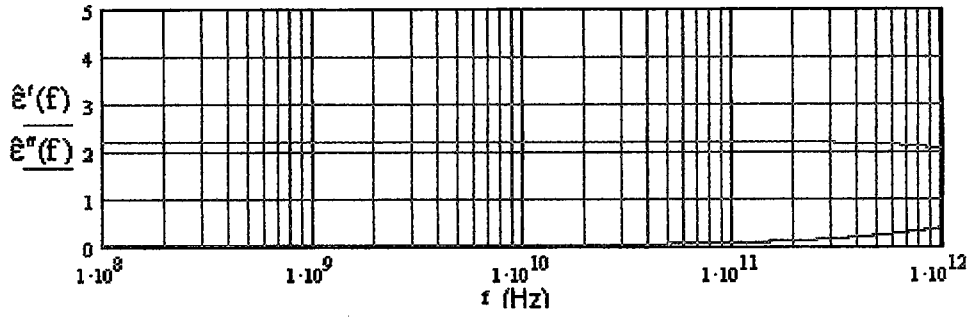
Şekil 1.7 $\epsilon_s=2.25$, $\epsilon_\infty=1.78$, $t_0=5.082 \times 10^{-14}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



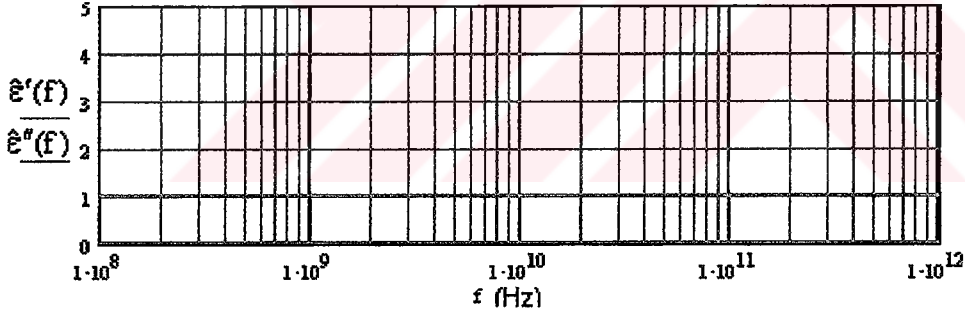
Şekil 1.8 $\epsilon_s=3.4$, $\epsilon_\infty=2.6$, $t_0=2.829 \times 10^{-9}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



Şekil 1.9 $\epsilon_s=5.5$, $\epsilon_\infty=4.795$, $t_0=6.189 \times 10^{-10}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi



Şekil 1.10 $\epsilon_s=2.16$, $\epsilon_\infty=1$, $t_0=5.714 \times 10^{-14}$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi

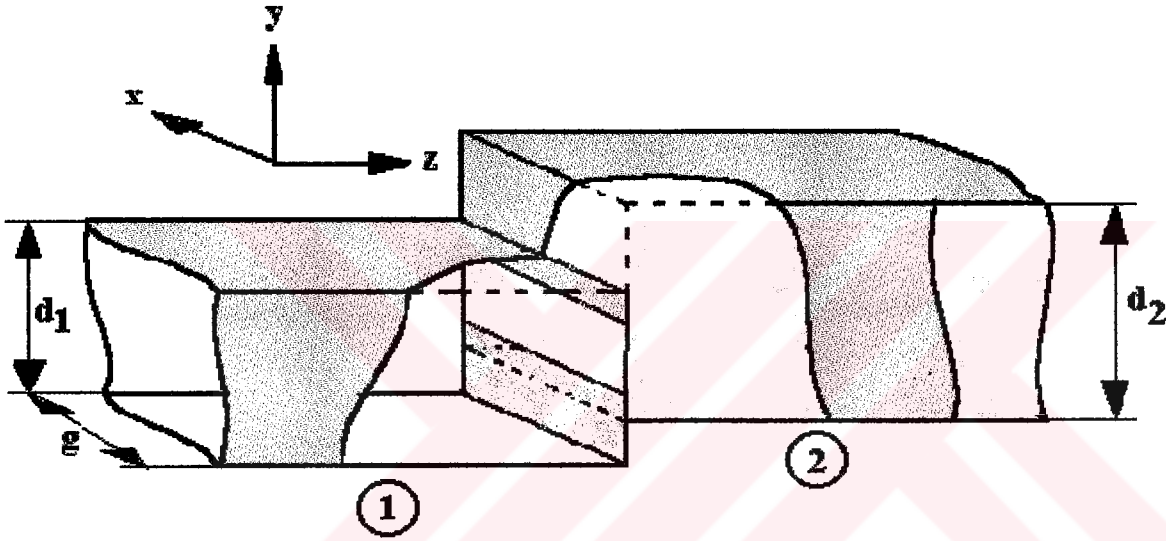


Şekil 1.11 $\epsilon_s=1$, $\epsilon_\infty=1$, $t_0=0$ sn parametrelerine sahip dispersif malzeme için kompleks bağıl permitivitenin frekansa göre değişimi

2. DISPERSİF MALZEME İLE DOLU DİKDÖRTGEN DALGA KILAVUZUNDA KESİT SÜREKSİZLİĞİ

2.1 Problemin Tanımlanması

Dalga kılavuzlarının kullanıldığı birçok uygulamada yeterince uzun tek bir dalga kılavuzu, uygulama açısından pek pratik olmamaktadır. Çoğu zaman sistemin konumu, yapısı v.b. gereği belirli sayıda dalga kılavuzunun birbirine eklenmesiyle sistem oluşturulmak zorundadır. Tezde, aynı g genişliğine ve farklı d_1 , d_2 yüksekliğine sahip iki dikdörtgen dalga kılavuzunun birbirine eklenmesi durumunda her bir bölgede oluşacak alanlar hesaplanacaktır.



Şekil 2.1. Dalga kılavuzu kesit süreksizliği

Şekil 2.1’de verilen dalga kılavuzu süreksizliğinde sırasıyla (1) ve (2) bölgelerinin aşağıda tanımlanan şekilde iki farklı bağıl permitiviteye sahip, frekansa bağımlı dielektrik malzeme ile dolu olduğu varsayılmıştır:

$$\hat{\epsilon}_1(\omega) = \epsilon_{\infty 1} + \frac{\epsilon_{s1} - \epsilon_{\infty 1}}{1 + i \omega t_{01}} \quad (2.1)$$

$$\hat{\epsilon}_2(\omega) = \epsilon_{\infty 2} + \frac{\epsilon_{s2} - \epsilon_{\infty 2}}{1 + i \omega t_{02}} \quad (2.2)$$

Belirli bir frekans için, herbir dikdörtgen dalga kılavuzu içerisindeki elektrik ve magnetik alanların Maxwell denklemlerini sağlaması gerekir. (1) numaralı dikdörtgen dalga kılavuzu içinde, (+z) doğrultusunda yayılan elektrik ve magnetik alan ifadelerinin aşağıdaki şekilde olduğu varsayılın:

$$\vec{E}_1(x, y, z : f) = \{ \vec{E}_{1t}(x, y : f) + E_{1z}(x, y : f) \vec{e}_z \} e^{-\gamma_1(f)z} \quad (2.3)$$

$$\vec{H}_1(x, y, z : f) = \{ \vec{H}_{1t}(x, y : f) + H_{1z}(x, y : f) \vec{e}_z \} e^{-\gamma_1(f)z} \quad (2.4)$$

Burada ve tezin bundan sonraki bölümlerinde “:f” gösterilimi, f’in bir parametre olduğunu ve $k(f)$, $\gamma(f)$, v.b. de k , γ , v.b. ‘nin f parametresine bağlı olduğunu ifade etmek için kullanılmıştır. Yukarıda (2.3-4) ile verilen $\vec{E}_{1t}(x, y : f)$ ve $\vec{H}_{1t}(x, y : f)$ ise sırasıyla transvers elektrik ve magnetik alan bileşenlerini ifade etmektedir:

$$\vec{E}_{1t}(x, y : f) = E_{1x}(x, y : f) \vec{e}_x + E_{1y}(x, y : f) \vec{e}_y \quad (2.5)$$

$$\vec{H}_{1t}(x, y : f) = H_{1x}(x, y : f) \vec{e}_x + H_{1y}(x, y : f) \vec{e}_y \quad (2.6)$$

Burada yapılan çalışmada, dalga kılavuzunun TE modu propagasyonunu desteklediği varsayılmıştır. TE modu için $E_{1z}(x, y : f) = 0$ olacağından yeni durumda dikdörtgen dalga kılavuzu içinde mevcut elektrik ve magnetik alan ifadeleri;

$$\vec{E}_1(x, y, z : f) = \vec{E}_{1t}(x, y : f) e^{-\gamma_1(f)z} \quad (2.7)$$

$$\vec{H}_1(x, y, z : f) = \{ \vec{H}_{1t}(x, y : f) + H_{1z}(x, y : f) \vec{e}_z \} e^{-\gamma_1(f)z} \quad (2.8)$$

olacaktır. Belirtilen bu $\vec{E}_1(x, y, z : f)$ ve $\vec{H}_1(x, y, z : f)$, Maxwell denklemlerinde yerine konulup gerekli düzenlemeler yapılırsa, dikdörtgen dalga kılavuzu içindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri şu şekilde ifade edilebilir:

$$E_{1x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_1^2(f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{1z}(x, y : f) \quad (2.9)$$

$$E_{1y}(x, y : f) = + \frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_1^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{1z}(x, y : f) \quad (2.10)$$

$$H_{1x}(x, y : f) = - \frac{\gamma_1(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_1^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{1z}(x, y : f) \quad (2.11)$$

$$H_{1y}(x, y : f) = - \frac{\gamma_1(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_1^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{1z}(x, y : f) \quad (2.12)$$

Burada $\bar{\epsilon}_1(\omega) = \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1(\omega)$ olup, $H_{1z}(x, y : f)$ 'nin bilinmesi halinde diğer alan bileşenleri hesaplanabilmektedir.

Dikdörtgen dalga kılavuzu içindeki elektrik ve magnetik alanların Helmholtz denklemini sağlaması gerektiğinden hareketle,

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} + k_1^2(:f) \right\} \begin{Bmatrix} \bar{E}_1(x, y, z : f) \\ \bar{H}_1(x, y, z : f) \end{Bmatrix} = 0 \quad (2.13)$$

yazılabilir. TE modu için, $H_{1z}(x, y, z : f)$, Helmholtz denkleminde, dikdörtgen dalga kılavuzuna ilişkin sınır koşullarını sağlayacak şekilde çözülerek, (2.9-12) ile verilen diğer alan bileşenleri hesaplanabilir. Bu durumda dalga denklemi,

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} + k_1^2(:f) \right\} H_{1z}(x, y, z : f) = 0 \quad (2.14)$$

halini alır. $H_{1z}(x, y, z : f)$ 'in z 'e bağımlılığı,

$$H_{1z}(x, y, z : f) = H_{1z}(x, y : f) e^{-\gamma_1(:f)z} \quad (2.15)$$

(2.14) ifadesinde yerine konulursa,

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} [H_{1z}(x, y : f) e^{-\gamma_1(:f)z}] = \gamma_1^2(:f) H_{1z}(x, y : f) e^{-\gamma_1(:f)z} \quad (2.16)$$

olacağından, Helmholtz denklemi yeni durumda,

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f) \right\} H_{1z}(x, y : f) e^{-\gamma_1(:f)z} = 0 \quad (2.17)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitliğin sağlanması için,

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f) \right\} H_{1z}(x, y : f) = 0 \quad (2.18)$$

olmalıdır. Buradan hareketle,

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}(H_{1z}(x, y : f)) + \frac{\partial^2}{\partial y^2}(H_{1z}(x, y : f)) + (\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)) (H_{1z}(x, y : f)) = 0 \quad (2.19)$$

yazılabilir. Denklemi sağlayan $H_{1z}(x, y : f)$ alanının,

$$H_{1z}(x, y : f) = p_1(x : f) q_1(y : f) \quad (2.20)$$

şeklinde x ve y 'ye bağlı fonksiyonların çarpımı şeklinde yazılabildiğini gözönüne alalım.

(2.20) ile verilen $H_{1z}(x, y : f)$ ifadesi, (2.19) denkleminde yerine konursa,

$$q_1(y : f) \frac{\partial^2}{\partial x^2} p_1(x : f) + p_1(x : f) \frac{\partial^2}{\partial y^2} q_1(y : f) + (\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)) p_1(x : f) q_1(y : f) = 0 \quad (2.21)$$

elde edilir. Bu adi diferansiyel denklem sadece x ve sadece y 'nin fonksiyonu olan ifadeleri içerecek şekilde yazılabilir:

$$\frac{1}{p_1(x : f)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} p_1(x : f) + \frac{1}{q_1(y : f)} \frac{\partial^2}{\partial y^2} q_1(y : f) + (\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)) = 0 \quad (2.22)$$

Bu denklemin sağlanması için, $(-k_{1x}^2)$ ve $(-k_{1y}^2)$ seperasyon sabitleri olmak üzere,

$$\frac{1}{p_1(x:f)} \frac{d^2}{dx^2} p_1(x:f) = (-k_{1x}^2) \quad (2.23)$$

$$\frac{1}{q_1(y:f)} \frac{d^2}{dy^2} q_1(y:f) = (-k_{1y}^2) \quad (2.24)$$

olmalıdır. Bu durumda (2.22) denkleminde hareketle propagasyon sabiti $\gamma_1(:f)$ şu şekilde ifade edilebilir,

$$\gamma_1^2(:f) = k_{1x}^2 + k_{1y}^2 - k_1^2(:f) \quad (2.25)$$

Yukarıda (2.23) ve (2.24) ile verilen diferansiyel denklemlerin genel çözümünden hareketle $H_{1z}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{1z}(x, y : f) = [A_1(:f) \cos(k_{1x} x) + B_1(:f) \sin(k_{1x} x)] [C_1(:f) \cos(k_{1y} y) + D_1(:f) \sin(k_{1y} y)] \quad (2.26)$$

olarak yazılabilir. Bulunan $H_{1z}(x, y : f)$ ifadesi, (2.9-12) ifadelerinde yerine konulursa diğer alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$E_{1x}(x, y : f) = \frac{+i\omega\mu_0 k_{1y}}{\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)} [A_1(:f) \cos(k_{1x} x) + B_1(:f) \sin(k_{1x} x)] [C_1(:f) \sin(k_{1y} y) - D_1(:f) \cos(k_{1y} y)] \quad (2.27)$$

$$E_{1y}(x, y : f) = \frac{-i\omega\mu_0 k_{1x}}{\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)} [A_1(:f) \sin(k_{1x} x) - B_1(:f) \cos(k_{1x} x)] [C_1(:f) \cos(k_{1y} y) + D_1(:f) \sin(k_{1y} y)] \quad (2.28)$$

$$H_{1x}(x, y : f) = \frac{+\gamma_1(:f) k_{1x}}{\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)} [A_1(:f) \sin(k_{1x} x) - B_1(:f) \cos(k_{1x} x)] [C_1(:f) \cos(k_{1y} y) + D_1(:f) \sin(k_{1y} y)] \quad (2.29)$$

$$H_{1y}(x, y : f) = \frac{+\gamma_1(:f)k_{1y}}{\gamma_1^2(:f) + k_1^2(:f)} [A_1(:f) \cos(k_{1x} x) + B_1(:f) \sin(k_{1x} x)] [C_1(:f) \sin(k_{1y} y) - D_1(:f) \cos(k_{1y} y)] \quad (2.30)$$

Yukarıdaki ifadelerde bilinmeyen katsayılar, sınır koşullarına bağlı olarak belirlenecektir.

(2.22) denklemi, (2.23-24) ifadelerinden hareketle,

$$\gamma_1^2(:f) = (k_{1x})^2 + (k_{1y})^2 - k_1^2(:f) \quad (2.31)$$

olarak ifade edilebilir. Burada dalga sayısı $k_1(:f)$,

$$k_1^2(:f) = \omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) \quad (2.32)$$

olmak üzere $\gamma_1(:f)$ propagasyon sabiti reel ve imajiner bileşenler cinsinden şu şekilde ifade edilebilir,

$$\gamma_1(:f) = \alpha_1(:f) + i\beta_1(:f) \quad (2.33)$$

Burada $\alpha_1(:f)$, $\beta_1(:f)$ ortam parametrelerine bağlı olarak,

$$\alpha_1(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) + (k_{1x})^2 + (k_{1y})^2 + \sqrt{\Delta_1(:f)}} \quad (2.34a)$$

$$\beta_1(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) - (k_{1x})^2 - (k_{1y})^2 + \sqrt{\Delta_1(:f)}} \quad (2.34b)$$

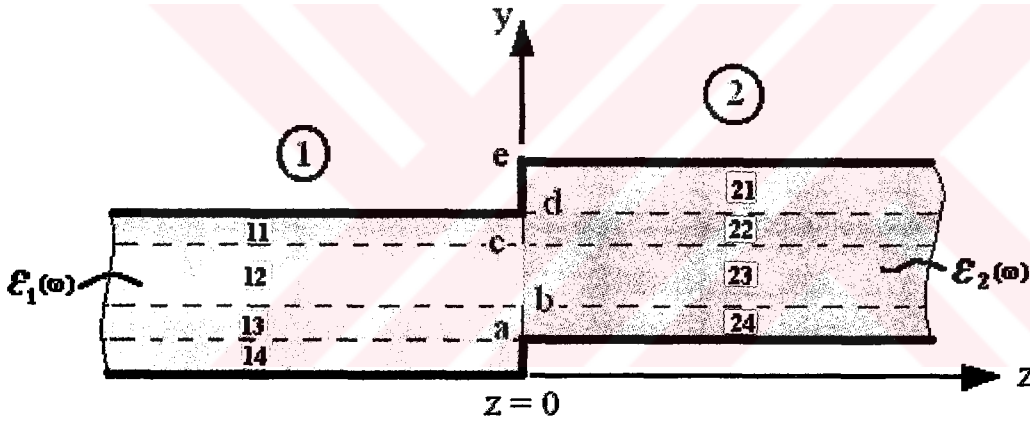
$$\Delta_1(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_1'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_1''(\omega))^2 \right] - 2\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) \left[(k_{1x})^2 + (k_{1y})^2 \right] + \left[(k_{1x})^2 + (k_{1y})^2 \right]^2 \quad (2.34c)$$

ile ifade edilebilir. $\hat{\epsilon}_1'(\omega)$ ve $\hat{\epsilon}_1''(\omega)$ sırasıyla (1) ortamına ilişkin dielektrik sabitinin reel ve imajiner kısmını temsil etmektedir. Burada ve tezin bundan sonraki bölümlerinde “ $\sqrt{}$ ” sembolü ile karekök altındaki ifadenin pozitif olduğu haller kastedilmektedir.

Benzer şekilde (2) numaralı dikdörtgen dalga kılavuzu için de elektrik ve magnetik alan bileşenleri tanımlanabilir.

2.2 Dispersif Malzeme İle Dolu Dikdörtgen Dalga Kılavuzunda Kesit Süreksizliği

Süreksizlik etkisi ile herbir bölgede oluşan alanları hesaplamak için yapı Şekil 2.2 'de belirtilen alt bölgelere ayrılmıştır. Süreksizlik nedeniyle (1) bölgesinde herbir alt bölgede oluşacak elektrik ve magnetik alanlar sırasıyla $\vec{E}_{11}, \vec{H}_{11}, \vec{E}_{12}, \vec{H}_{12}, \vec{E}_{13}, \vec{H}_{13}, \vec{E}_{14}, \vec{H}_{14}$, ve (2) bölgesinde herbir alt bölgede oluşacak elektrik ve magnetik alanlar ise $\vec{E}_{21}, \vec{H}_{21}, \vec{E}_{22}, \vec{H}_{22}, \vec{E}_{23}, \vec{H}_{23}, \vec{E}_{24}, \vec{H}_{24}$, olarak tanımlanmıştır. Geometrik büyüklükler Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Dalga kılavuzu süreksizlik kesiti

Şekil 2.2 ile verilen dalga kılavuzu kesit süreksizliği probleminde, herbir bölgedeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri sınır koşulları sağlatılarak hesaplanır.

2.3 Sınır Koşulları

Şekil 2.1 'de verilen dalga kılavuzu süreksizlik probleminde, dalga kılavuzu içerisindeki elektrik ve magnetik alanların sınır koşullarını sağlaması gerekir. Şekil 2.2 ile alt bölgelere ayrılan dalga kılavuzu süreksizlik problemi için sınır koşulları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

(11) bölgesi için,

$$E_{11y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (c, d) \quad (2.35)$$

$$E_{11y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (c, d) \quad (2.36)$$

$$E_{11x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.37)$$

$$E_{11y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.38)$$

$$E_{11x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=d} = 0 \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.39)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (11) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{11x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{11}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{11z}(x, y : f) \quad (2.40a)$$

$$E_{11y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{11}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{11z}(x, y : f) \quad (2.40b)$$

$$H_{11x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{11}(: f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{11}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{11z}(x, y : f) \quad (2.40c)$$

$$H_{11y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{11}(: f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{11}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{11z}(x, y : f) \quad (2.40d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (c, d)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{11y}(x, y, z=0, t : f) - H_{dy}(x, y, 0, t : f) = J_{sx} \quad (2.41a)$$

$$H_{11x}(x, y, z=0, t : f) - H_{dx}(x, y, 0, t : f) = -J_{sy} \quad (2.41b)$$

$z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (c, d)$ 'de $E_{11x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.40a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{11z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.40d) ile tanımlanan

$H_{11y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{11y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.42)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (c, d)$ 'de $E_{11y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.40b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{11z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.40c) ile

tanımlanan $H_{11x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{11x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.43)$$

(12) bölgesi için,

$$E_{12y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (b, c) \quad (2.44)$$

$$E_{12y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (b, c) \quad (2.45)$$

(13) bölgesi için,

$$E_{13y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (a, b) \quad (2.46)$$

$$E_{13y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (a, b) \quad (2.47)$$

$$E_{13x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.48)$$

$$E_{13y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.49)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (13) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{13x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{13}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{13z}(x, y : f) \quad (2.50a)$$

$$E_{13y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{13}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{13z}(x, y : f) \quad (2.50b)$$

$$H_{13x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{13}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{13}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{13z}(x, y : f) \quad (2.50c)$$

$$H_{13y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{13}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{13}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{13z}(x, y : f) \quad (2.50d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (a, b)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{13y}(x, y, z - 0, t : f) - H_{by}(x, y, 0, t : f) = J_{sx} \quad (2.51a)$$

$$H_{13x}(x, y, z - 0, t : f) - H_{bx}(x, y, 0, t : f) = -J_{sy} \quad (2.51b)$$

$z = 0$ 'da ve $x \in (0, g)$, $y \in (a, b)$ 'de $E_{13x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.50a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{13z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.50d) ile tanımlanan

$H_{13y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{13y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.51c)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (a, b)$ 'de $E_{13y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.50b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{13z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.50c) ile tanımlanan $H_{13x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{13x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.51d)$$

(14) bölgesi için,

$$E_{14y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (0, a) \quad (2.52)$$

$$E_{14y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (-\infty, 0), y \in (0, a) \quad (2.53)$$

$$E_{14x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (0, a) \quad (2.54)$$

$$E_{14y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (0, a) \quad (2.55)$$

$$E_{14x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=0} = 0 \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.56)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (14) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{14x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{14}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{14z}(x, y : f) \quad (2.57a)$$

$$E_{14y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{14}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{14z}(x, y : f) \quad (2.57b)$$

$$H_{14x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{14}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{14}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{14z}(x, y : f) \quad (2.57c)$$

$$H_{14y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{14}(: f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_1(\omega) + \gamma_{14}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{14z}(x, y : f) \quad (2.57d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (0, a)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{14y}(x, y, z = 0, t : f) - H_{by}(x, y, 0, t : f) = J_{sx} \quad (2.58a)$$

$$H_{14x}(x, y, z = 0, t : f) - H_{bx}(x, y, 0, t : f) = -J_{sy} \quad (2.58b)$$

$z = 0$ 'da ve $x \in (0, g)$, $y \in (0, a)$ 'da $E_{14x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.57a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{14z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.57d) ile tanımlanan

$H_{14y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{14y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (0, a) \quad (2.59)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g)$, $y \in (0, a)$ 'da $E_{14y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.57b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{14z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.57c) ile

tanımlanan $H_{14x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{14x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (0, a) \quad (2.60)$$

(21) bölgesi için,

$$E_{21y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (d, e) \quad (2.61)$$

$$E_{21y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (d, e) \quad (2.62)$$

$$E_{21x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (d, e) \quad (2.63)$$

$$E_{21y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (d, e) \quad (2.64)$$

$$E_{21x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=e} = 0 \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.65)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (21) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{21x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{21}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{21z}(x, y : f) \quad (2.66a)$$

$$E_{21y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{21}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{21z}(x, y : f) \quad (2.66b)$$

$$H_{21x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{21}(: f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{21}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{21z}(x, y : f) \quad (2.66c)$$

$$H_{21y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{21}(: f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{21}^2(: f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{21z}(x, y : f) \quad (2.66d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (d, e)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{21y}(x, y, z + 0, t : f) - H_{dy}(x, y, 0, t : f) = -J_{sx} \quad (2.67a)$$

$$H_{21x}(x, y, z + 0, t : f) - H_{dx}(x, y, 0, t : f) = J_{sy} \quad (2.67b)$$

$z = 0$ 'da ve $x \in (0, g)$, $y \in (d, e)$ 'de $E_{21x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.66a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{21z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.66d) ile tanımlanan

$H_{21y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{21y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (d, e) \quad (2.68)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (d, e)$ 'de $E_{21y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.66b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{21z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.66c) ile tanımlanan $H_{21x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{21x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (d, e) \quad (2.69)$$

(22) bölgesi için,

$$E_{22y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (c, d) \quad (2.70)$$

$$E_{22y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (c, d) \quad (2.71)$$

$$E_{22x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.72)$$

$$E_{22y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.73)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (22) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{22x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{22}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{22z}(x, y : f) \quad (2.74a)$$

$$E_{22y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{22}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{22z}(x, y : f) \quad (2.74b)$$

$$H_{22x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{22}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{22}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{22z}(x, y : f) \quad (2.74c)$$

$$H_{22y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{22}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{22}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{22z}(x, y : f) \quad (2.74d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (c, d)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{22y}(x, y, z + 0, t : f) - H_{dy}(x, y, 0, t : f) = -J_{sx} \quad (2.75a)$$

$$H_{22x}(x, y, z + 0, t : f) - H_{dx}(x, y, 0, t : f) = J_{sy} \quad (2.75b)$$

$z = 0$ ' da ve $x \in (0, g), y \in (c, d)$ 'de $E_{22x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.74a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{22z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.74d) ile tanımlanan

$H_{22y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{22y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.75c)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (c, d)$ 'de $E_{22y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.74b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{22z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.74c) ile

tanımlanan $H_{22x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{22x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (c, d) \quad (2.75d)$$

(23) bölgesi için,

$$E_{23y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} \quad z \in (0, \infty), y \in (b, c) \quad (2.76)$$

$$E_{23y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} \quad z \in (0, \infty), y \in (b, c) \quad (2.77)$$

(24) bölgesi için,

$$E_{24y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=0} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (a, b) \quad (2.78)$$

$$E_{24y}(x, y, z, t : f) \Big|_{x=g} = 0 \quad z \in (0, \infty), y \in (a, b) \quad (2.79)$$

$$E_{24x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.80)$$

$$E_{24y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.81)$$

$$E_{24x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=a} = 0 \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.82)$$

(2.9-12) bağıntılarından yararlanarak (24) bölgesindeki elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$E_{24x}(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{24}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{24z}(x, y : f) \quad (2.83a)$$

$$E_{24y}(x, y : f) = +\frac{i \omega \mu_0}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{24}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{24z}(x, y : f) \quad (2.83b)$$

$$H_{24x}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{24}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{24}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial x} H_{24z}(x, y : f) \quad (2.83c)$$

$$H_{24y}(x, y : f) = -\frac{\gamma_{24}(:f)}{\omega^2 \mu_0 \bar{\epsilon}_2(\omega) + \gamma_{24}^2(:f)} \frac{\partial}{\partial y} H_{24z}(x, y : f) \quad (2.83d)$$

J_{sx} ve J_{sy} , $y \in (a, b)$, $z = 0$ yüzeyi üzerindeki yüzey akımları olmak üzere,

$$H_{24y}(x, y, z+0, t : f) - H_{by}(x, y, 0, t : f) = -J_{sx} \quad (2.84a)$$

$$\therefore H_{24x}(x, y, z+0, t : f) - H_{bx}(x, y, 0, t : f) = J_{sy} \quad (2.84b)$$

$z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (a, b)$ 'de $E_{24x}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.83a) ifadesinde

$\frac{\partial}{\partial y} H_{24z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.83d) ile tanımlanan

$H_{24y}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{24y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.85)$$

Benzer şekilde $z = 0$ 'da ve $x \in (0, g), y \in (a, b)$ 'de $E_{24y}(x, y, z, t : f) = 0$ olması, (2.83b)

ifadesinde $\frac{\partial}{\partial x} H_{24z}(x, y : f) = 0$ olması ile mümkündür. Buradan hareketle (2.83c) ile

tanımlanan $H_{24x}(x, y : f)$ ifadesi,

$$H_{24x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = 0 \quad x \in (0, g), y \in (a, b) \quad (2.86)$$

(12)-(23) arakesit bölgesi için,

$$E_{12x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = E_{23x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} \quad x \in (0, g), y \in (b, c) \quad (2.87)$$

$$E_{12y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = E_{23y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} \quad x \in (0, g), y \in (b, c) \quad (2.88)$$

$$H_{12x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = H_{23x}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} \quad x \in (0, g), y \in (b, c) \quad (2.89)$$

$$H_{12y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} = H_{23y}(x, y, z, t : f) \Big|_{z=0} \quad x \in (0, g), y \in (b, c) \quad (2.90)$$

Burada yapılan çalışmada her iki bölgede oluşan alanların TE modunda olduğu varsayılmıştır

($\bar{E}_{1z}(x, y, z : f) = 0$, $\bar{E}_{2z}(x, y, z : f) = 0$). Bu durumda, magnetik alanın z-bileşeni

$H_{1z}(x, y, z : f)$ ($H_{2z}(x, y, z : f)$)' den hareketle her bir bölgedeki elektrik ve magnetik alan

bileşenleri hesaplanacaktır.

(1) numaralı dalga kılavuzu için, x-yönünde kesitte değişim olmadığı durumda, $x = 0$ ve $x = g$ yüzeylerinde elektrik alanın y-bileşeninin “=0” olması gerektiğinden hareketle, (2.26) eşitliği ile tanımlanan $H_{1z}(x, y : f)$ ifadesinde, $B_1(:f)$ katsayısının $B_1(:f) = 0$ olması ve yine k_{1x} seperasyon sabitinin $k_{1x} = m \cdot \pi / g$; $m = 0, 1, 2, \dots$ olması gerekecektir. Benzer şekilde, (2) numaralı dalga kılavuzu için $H_{2z}(x, y : f)$ ifadesinde, $B_2(:f)$ katsayısının $B_2(:f) = 0$ olması ve yine k_{2x} seperasyon sabitinin $k_{2x} = m \cdot \pi / g$; $m = 0, 1, 2, \dots$ olması gerekecektir. Herbir dalga kılavuzu Şekil 2.2 ile belirtilen alt bölgelere ayrıldığı durumda, herbir bölgede oluşacak magnetik alan ifadeleri şu şekilde verilebilir:

$$H_{uvz}^{\mp}(x, y : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \left[P_{uv}^{\mp}(:f) \cos(k_{uvy} y) + Q_{uv}^{\mp}(:f) \sin(k_{uvy} y) \right] \quad (2.91)$$

burada $u = 1, 2$ ve $v = 1, 2, 3, 4$ olup, sırasıyla dalga kılavuzu ve alt bölge numaralarını ifade etmektedir. Herbir bölgedeki alan bileşenleri, bölüm 2.1 ‘de (2.27-30) ile verilen bağıntılardan yararlanarak $H_{uvz}(x, y : f)$ ’ e bağlı olarak hesaplanabilir.

(2.34a-c) ifadelerinden yararlanarak, herbir alt bölgeye ilişkin propagasyon sabiti şu şekilde tanımlansın:

$$\gamma_{uv}(:f) = \alpha_{uv}(:f) + i \beta_{uv}(:f) \quad u = 1, 2 ; v = 1, 2, 3, 4 \quad (2.92)$$

Buradan hareketle zayıflatma ve propagasyon sabitleri,

$$\alpha_{uv}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}'_u(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{uvy}^2 + \sqrt{\Delta_{uv}(:f)}} \quad (2.93)$$

$$\beta_{uv}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}'_u(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{uvy}^2 + \sqrt{\Delta_{uv}(:f)}} \quad (2.94)$$

$$\Delta_{uv}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \varepsilon_0^2 \left[(\hat{\varepsilon}'_u(\omega))^2 + (\hat{\varepsilon}''_u(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}'_u(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{uvy}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{uvy}^2 \right]^2 \quad (2.95)$$

ile ifade edilebilir. Herbir bölge için $H_z(x,y:f)$ ifadesi farklı olacağından, çok sayıda bilinmeyen $P_{uv}(:f)$, $Q_{uv}(:f)$ katsayısının belirlenmesi gerekecektir. Bu katsayıların bulunması ise herbir bölgedeki elektrik ve magnetik alan bileşenlerine sınır koşulları sağlatılarak yapılacaktır.

2.4 (1) Bölgesindeki Elektrik ve Magnetik Alan Bileşenleri

Belirli bir ω frekansında, (1) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede yeralan elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$x \in (0,g)$, $y \in (c,d)$, $z \leq 0$ ile tanımlanan (11) bölgesi için,

$$\gamma_{11}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2 - k_1^2(:f) \quad (2.96)$$

olmak üzere, reel ve imajiner bileşenlere bağlı olarak

$$\gamma_{11}(:f) = \alpha_{11}(:f) + i \beta_{11}(:f) \quad (2.97)$$

yazılabilir. Burada $\alpha_{11}(:f)$, (11) bölgesindeki zayıflatma sabiti olup,

$$\alpha_{11}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}'_1(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2 + \sqrt{\Delta_{11}(:f)}} \quad (2.98)$$

ile ifade edilebilir. $\beta_{11}(:f)$, propagasyon sabiti ise,

$$\beta_{11}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}'_1(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{11y}^2 + \sqrt{\Delta_{11}(:f)}} \quad (2.99)$$

$$\Delta_{11}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}'_1(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}''_1(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}'_1(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{11y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{11y}^2 \right]^2 \quad (2.100)$$

(+z) yönünde yayılan dalganın elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$E_{11x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{11y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.101)$$

$$E_{11y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.102)$$

$$H_{11x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{11}^+(:f) \frac{\gamma_{11}(:f)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.103)$$

$$H_{11y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^+(:f) \frac{\gamma_{11}(:f)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{11y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.104)$$

$$H_{11z}^+(x, y : f) = R_{11}^+(:f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{11y}(d-y)) \quad (2.105)$$

Burada $R_{11}^+(:f)$, katsayısı (11) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizliğe doğru (+z) yönünde yayılan dalganın katsayısıdır. (2.6-10) ile verilen ifadelerden hareketle elektrik ve magnetik alan bileşenleri zaman domeninde aşağıdaki şekilde verilebilir;

$$E_{11x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{11}^+(:f) \frac{\omega \mu_0}{\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{11y}^2} k_{11y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{11y}(d-y)) E_{11}(z, t) \cdot e^{-\alpha_{11}(f)z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.106)$$

$$E_{11y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^+(:f) \frac{\omega \mu_0 \left(\frac{m}{g}\right)}{\left(\frac{m}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \sin\left(\frac{m}{g}x\right) \cos(k_{11y}(d-y)) E_{11}(z, t : f) e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.107)$$

Burada $E_{11}(z, t : f)$,

$$E_{11}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{11}(:f) \cdot z) \quad (2.108)$$

$$H_{11x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{11}^+(:f) \frac{1}{\left(\frac{m}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \left(\frac{m}{g}\right) \sin\left(\frac{m}{g}x\right) \cos(k_{11y}(d-y)) H_{11}(z, t : f) \cdot e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.109)$$

$$H_{11y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^+(:f) \frac{k_{11y}}{\left(\frac{m}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \cos\left(\frac{m}{g}x\right) \sin(k_{11y}(d-y)) H_{11}(z, t : f) e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.110)$$

$$H_{11}(z, t : f) = \alpha_{11}(:f) \cos(\omega t - \beta_{11}(:f) \cdot z) - \beta_{11}(:f) \sin(\omega t - \beta_{11}(:f) \cdot z) \quad (2.111)$$

$$H_{11z}^+(x, y, z, t : f) = R_{11}^+(:f) \cos\left(\frac{m}{g}x\right) \cos(k_{11y}(d-y)) \cos(\omega t - \beta_{11}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z} \quad (2.112)$$

(-z) yönünde yayılan dalgalar için de benzer şekilde elektrik ve magnetik alan ifadeleri verilebilir;

$$E_{11x}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{11y} \cos\left(\frac{m}{g}x\right) \sin(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.113)$$

$$E_{11y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m}{g}\right) \sin\left(\frac{m}{g}x\right) \cos(k_{11y}(d-y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.114)$$

$$H_{11x}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{\gamma_{11}(:f)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \sin \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \cos(k_{11y}(d - y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.115)$$

$$H_{11y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{11}^-(z : f) \frac{\gamma_{11}(:f)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{11y} \cos \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \sin(k_{11y}(d - y)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.116)$$

$$H_{11z}^-(x, y, z : f) = R_{11}^-(z : f) \cos \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \cos(k_{11y}(d - y)) \quad (2.117)$$

Burada $R_{11}^-(z : f)$ katsayısı (11) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı $(-z)$ yönünde yayılan dalganın katsayısıdır.

(2.18-22) ile tanımlanan elektrik ve magnetik alan bileşenleri zaman domeninde aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$E_{11x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{\omega \mu_0 k_{11y}}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \sin(k_{11y}(d - y)) E_{11}(z, t : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.118)$$

$$E_{11y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{\omega \mu_0 \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \sin \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \cos(k_{11y}(d - y)) E_{11}(z, t : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.119)$$

$$E_{11}(z, t : f) = \sin(\omega t + \beta_{11}(:f) \cdot z) \quad (2.120)$$

$$H_{11x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{11}^-(z : f) \frac{\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right)}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \sin \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{x} \right) \cos(k_{11y}(d - y)) H_{11}(z, t : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.121)$$

$$H_{11y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{11}^-(z : f) \frac{k_{11y}}{\gamma_{11}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{11y}(d - y)) H_{11}(z, t : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.122)$$

$$H_{11}(z, t : f) = \alpha_{11}(:f) \cos(\omega t + \beta_{11}(:f) \cdot z) - \beta_{11}(:f) \sin(\omega t + \beta_{11}(:f) \cdot z) \quad (2.123)$$

$$H_{11z}^-(x, y, z, t : f) = R_{11}^-(z : f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{11y}(d - y)) \cos(\omega t + \beta_{11}(:f) \cdot z) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z} \quad (2.124)$$

Benzer şekilde diğer alt bölgeler için de elektrik ve magnetik alan bileşenleri ifade edilir.

$x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$, $z \leq 0$ ile tanımlanan (12) bölgesi için,

$$\gamma_{12}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 - k_1^2(:f) \quad (2.125)$$

$$\gamma_{12}(:f) = \alpha_{12}(:f) + i \beta_{12}(:f) \quad (2.126)$$

$$\alpha_{12}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 + \sqrt{\Delta_{12}(:f)}} \quad (2.127)$$

$$\beta_{12}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{12y}^2 + \sqrt{\Delta_{12}(:f)}} \quad (2.128)$$

$$\Delta_{12}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_1'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_1''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 \right]^2 \quad (2.129)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{12x}^+(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)); \quad z < 0 \quad (2.130)$$

$$E_{12y}^+(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f); \quad z < 0 \quad (2.131)$$

$$H_{12x}^+(x, y : f) = +\frac{\gamma_{12}(:f)}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f); \quad z < 0 \quad (2.132)$$

$$H_{12y}^+(x, y : f) = -\frac{\gamma_{12}(:f)}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)); \quad z < 0 \quad (2.133)$$

$$H_{12z}^+(x, y : f) = \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \left[P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} y) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} y) \right] \quad (2.134)$$

$$q_{12}(y : f) = \left[P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} y) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} y) \right] \quad (2.135)$$

zaman domeninde;

$$E_{12x}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)) E_{12}(z, t : f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.136)$$

$$E_{12y}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f) E_{12}(z, t : f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.137)$$

$$E_{12}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{12}(:f) \cdot z) \quad (2.138)$$

$$H_{12x}^+(x, y, z, t : f) = +\frac{1}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f) H_{12}(z, t : f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.139)$$

$$H_{12y}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{1}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)) H_{12}(z, t : f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.140)$$

$$H_{12}(z, t : f) = \alpha_{12}(:f) \cos(\omega t - \beta_{12}(:f) \cdot z) - \beta_{12}(:f) \sin(\omega t - \beta_{12}(:f) \cdot z) \quad (2.141)$$

$$H_{12z}^+(x, y, z, t : f) = \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f) \cos(\omega t - \beta_{12}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.142)$$

$$q_{12}(y : f) = \left[P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} y) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} y) \right] \quad (2.143)$$

(-z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{12x}^-(x, y : f) = \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)); \quad z < 0 \quad (2.144)$$

$$E_{12y}^-(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{12}(y : f); \quad z < 0 \quad (2.145)$$

$$H_{12x}^-(x, y : f) = -\frac{\gamma_{12}(:f)}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{12}(y : f); \quad z < 0 \quad (2.146)$$

$$H_{12y}^-(x, y : f) = +\frac{\gamma_{12}(:f)}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)); \quad z < 0 \quad (2.147)$$

$$H_{12z}^-(x, y : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{12}(y : f) \quad (2.148)$$

$$q_{12}(y : f) = \left[P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} y) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} y) \right] \quad (2.149)$$

Burada $P_{12}^-(:f)$, $Q_{12}^-(:f)$ katsayıları (12) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı (-z) yönünde yayılan dalganın katsayılarıdır.

zaman domeninde;

$$E_{12x}^-(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)) E_{12}(z, t : f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z}; \quad z < 0 \quad (2.150)$$

$$E_{12y}^-(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{12}(y : f) E_{12}(z, t : f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z}; \quad z < 0 \quad (2.151)$$

$$E_{12}(z, t : f) = \sin(\omega t + \beta_{12}(:f) \cdot z) \quad (2.152)$$

$$H_{12x}^-(x, y, z, t : f) = -\frac{1}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f) H_{12}(z, t : f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z}; \quad z < 0 \quad (2.153)$$

$$H_{12y}^-(x, y, z, t : f) = +\frac{1}{\gamma_{12}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{12}(y : f)) H_{12}(z, t : f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z}; \quad z < 0 \quad (2.154)$$

$$H_{12}(z, t : f) = \alpha_{12}(:f) \cos(\omega t + \beta_{12}(:f) \cdot z) - \beta_{12}(:f) \sin(\omega t + \beta_{12}(:f) \cdot z) \quad (2.155)$$

$$H_{12z}^-(x, y, z, t : f) = \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{12}(y : f) \cos(\omega t + \beta_{12}(:f) \cdot z) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z} \quad (2.156)$$

$$q_{12}(y : f) = \left[P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} y) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} y) \right] \quad (2.157)$$

$x \in (0, g)$, $y \in (a, b)$, $z \leq 0$ ile tanımlanan (13) bölgesi için,

$$\gamma_{13}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 - k_1^2(:f) \quad (2.158)$$

$$\gamma_{13}(:f) = \alpha_{13}(:f) + i \beta_{13}(:f) \quad (2.159)$$

$$\alpha_{13}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 + \sqrt{\Delta_{13}(:f)}} \quad (2.160)$$

$$\beta_{13}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 - k_{13y}^2 + \sqrt{\Delta_{13}(:f)}} \quad (2.161)$$

$$\Delta_{13}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_1'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_1''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right]^2 \quad (2.162)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{13x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy}(q_{13}(y : f)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.163)$$

$$E_{13y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y : f); & z < 0 \end{cases} \quad (2.164)$$

$$H_{13x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ +\frac{\gamma_{13}(:f)}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y : f); & z < 0 \end{cases} \quad (2.165)$$

$$H_{13y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\gamma_{13}(:f)}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy}(q_{13}(y : f)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.166)$$

$$H_{13z}^+(x, y : f) = \cos\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y : f) \quad (2.167)$$

$$q_{13}(y : f) = \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} y) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} y) \right] \quad (2.168)$$

zaman domeninde;

$$E_{13x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy}(q_{13}(y : f)) E_{13}(z, t : f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.169)$$

$$E_{13y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m}{g} \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y : f) E_{13}(z, t : f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.170)$$

$$E_{13}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{13}(:f) \cdot z) \quad (2.171)$$

$$H_{13x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ + \frac{1}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{13}(y : f) H_{13}(z, t : f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.172)$$

$$H_{13y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ - \frac{1}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{13}(y : f)) H_{13}(z, t : f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.173)$$

$$H_{13}(z, t : f) = \alpha_{13}(:f) \cos(\omega t - \beta_{13}(:f) \cdot z) - \beta_{13}(:f) \sin(\omega t - \beta_{13}(:f) \cdot z) \quad (2.174)$$

$$H_{13z}^+(x, y, z, t : f) = \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{13}(y : f) \cos(\omega t - \beta_{13}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} \quad (2.175)$$

$$q_{13}(y : f) = \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} y) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} y) \right] \quad (2.176)$$

(-z) yönünde yayılan dalgalar;

$$E_{13x}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ - \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{13}(y, z : f)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.177)$$

$$E_{13y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ - \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{13}(y, z : f); & z < 0 \end{cases} \quad (2.178)$$

$$H_{13x}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ - \frac{\gamma_{13}(:f)}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{13}(y, z : f); & z < 0 \end{cases} \quad (2.179)$$

$$H_{13y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ + \frac{\gamma_{13}(:f)}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{13}(y, z : f)); & z < 0 \end{cases} \quad (2.180)$$

$$H_{13z}^-(x, y, z : f) = \cos \left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{13}(y, z : f) \quad (2.181)$$

$$q_{13}(y, z : f) = \left[P_{13}^-(z : f) \cos(k_{13y} y) + Q_{13}^-(z : f) \sin(k_{13y} y) \right] \quad (2.182)$$

Burada $P_{13}^-(z : f)$ ve $Q_{13}^-(z : f)$ katsayıları, (13) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı $(-z)$ yönünde yayılan dalganın katsayılarıdır.

zaman domeninde;

$$E_{13x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{13}(y, z : f)) E_{13}(z, t : f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.183)$$

$$E_{13y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y, z : f) E_{13}(z, t : f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.184)$$

$$E_{13}(z, t : f) = \sin(\omega t + \beta_{13}(:f) \cdot z) \quad (2.185)$$

$$H_{13x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{1}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y, z : f) H_{13}(z, t : f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.186)$$

$$H_{13y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ +\frac{1}{\gamma_{13}^2(:f) + k_1^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{13}(y, z : f)) H_{13}(z, t : f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.187)$$

$$H_{13}(z, t : f) = \alpha_{13}(:f) \cos(\omega t + \beta_{13}(:f) \cdot z) - \beta_{13}(:f) \sin(\omega t + \beta_{13}(:f) \cdot z) \quad (2.188)$$

$$H_{13z}^-(x, y, z, t : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{13}(y, z : f) \cos(\omega t + \beta_{13}(:f) \cdot z) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \quad (2.189)$$

$$q_{13}(y, z : f) = \left[P_{13}^-(z : f) \cos(k_{13y} y) + Q_{13}^-(z : f) \sin(k_{13y} y) \right] \quad (2.190)$$

$x \in (0, g), y \in (0, a), z \leq 0$ ile tanımlanan (14) bölgesi için,

$$\gamma_{14}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2 - k_1^2(:f) \quad (2.191)$$

$$\gamma_{14}(:f) = \alpha_{14}(:f) + i \beta_{14}(:f) \quad (2.192)$$

$$\alpha_{14}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2 + \sqrt{\Delta_{14}(:f)}} \quad (2.193)$$

$$\beta_{14}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{14y}^2 + \sqrt{\Delta_{14}(:f)}} \quad (2.194)$$

$$\Delta_{14}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_1'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_1''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_1'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2 \right]^2 \quad (2.195)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{14x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.196)$$

$$E_{14y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.197)$$

$$H_{14x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(:f) \frac{\gamma_{14}(:f)}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.198)$$

$$H_{14y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(:f) \frac{\gamma_{14}(:f)}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.199)$$

$$H_{14z}^+(x, y, z, t : f) = R_{14}^+(: f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y) \quad (2.200)$$

zaman domeninde;

$$E_{14x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(: f) \frac{\omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(: f) + k_1^2(: f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y) E_{14}(z, t : f) e^{-\alpha_{14}(: f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.201)$$

$$E_{14y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^+(: f) \frac{\omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(: f) + k_1^2(: f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y) E_{14}(z, t : f) e^{-\alpha_{14}(: f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.202)$$

$$E_{14}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{14}(: f) \cdot z) \quad (2.203)$$

$$H_{14x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(: f) \frac{1}{\gamma_{14}^2(: f) + k_1^2(: f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y) H_{14}(z, t : f) e^{-\alpha_{14}(: f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.204)$$

$$H_{14y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^+(: f) \frac{1}{\gamma_{14}^2(: f) + k_1^2(: f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y) H_{14}(z, t : f) e^{-\alpha_{14}(: f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.205)$$

$$H_{14}(z, t : f) = \alpha_{14}(: f) \cos(\omega t - \beta_{14}(: f) \cdot z) - \beta_{14}(: f) \sin(\omega t - \beta_{14}(: f) \cdot z) \quad (2.206)$$

$$H_{14z}^+(x, y, z, t : f) = R_{14}^+(: f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y) \cos(\omega t - \beta_{14}(: f) \cdot z) e^{-\alpha_{14}(: f) \cdot z} \quad (2.207)$$

(-z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{14x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^-(: f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(: f) + k_1^2(: f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.208)$$

$$E_{14y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^-(z : f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.209)$$

$$H_{14x}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^-(z : f) \frac{\gamma_{14}(:f)}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.210)$$

$$H_{14y}^-(x, y, z : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^-(z : f) \frac{\gamma_{14}(:f)}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{14y} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \sin(k_{14y} y); & z < 0 \end{cases} \quad (2.211)$$

$$H_{14z}^-(x, y, z : f) = R_{14}^-(z : f) \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{14y} y) \quad (2.212)$$

Burada $R_{14}^-(z : f)$ katsayısı (14) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı $(-z)$ yönünde yayılan dalganın katsayısıdır.

zaman domeninde;

$$E_{14x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{14}^-(z : f) \frac{\omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{14y} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \sin(k_{14y} y) E_{14}(z, t : f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.213)$$

$$E_{14y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^-(z : f) \frac{\omega \mu_0}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{14y} y) E_{14}(z, t : f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.214)$$

$$E_{14}(z, t : f) = \sin(\omega t + \beta_{14}(:f) \cdot z) \quad (2.215)$$

$$H_{14x}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{14}^-(z : f) \frac{1}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{14y} y) H_{14}(z, t : f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.216)$$

$$H_{14y}^-(x, y, z, t : f) = \begin{cases} -R_{14}^-(z : f) \frac{1}{\gamma_{14}^2(:f) + k_1^2(:f)} k_{14y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{14y} y) H_{14}(z, t : f) e^{+\alpha_{14}(f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.217)$$

$$H_{14}(z, t : f) = \alpha_{14}(:f) \cos(\omega t + \beta_{14}(:f) \cdot z) - \beta_{14}(:f) \sin(\omega t + \beta_{14}(:f) \cdot z) \quad (2.218)$$

$$H_{14z}^-(x, y, z, t : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{14y} y) \cos(\omega t + \beta_{14}(:f) \cdot z) e^{+\alpha_{14}(f) \cdot z} \quad (2.219)$$

2.5 (2) Bölgesindeki Elektrik ve Magnetik Alan Bileşenleri

Belirli bir ω frekansında, (2) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede yer alan elektrik ve magnetik alan bileşenleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$x \in (0, g)$, $y \in (d, e)$, $z \geq 0$ ile tanımlanan (21) bölgesi için,

$$\gamma_{21}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2 - k_2^2(:f) \quad (2.220)$$

$$\gamma_{21}(:f) = \alpha_{21}(:f) + i \beta_{21}(:f) \quad (2.221)$$

$$\alpha_{21}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2 + \sqrt{\Delta_{21}(:f)}} \quad (2.222)$$

$$\beta_{21}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{21y}^2 + \sqrt{\Delta_{21}(:f)}} \quad (2.223)$$

$$\Delta_{21}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_2'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_2''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2 \right]^2 \quad (2.224)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{21x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} k_{21y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{21y}(e - y)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.225)$$

$$E_{21y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.226)$$

$$H_{21x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ +R_{21}^+(:f) \frac{\gamma_{21}(:f)}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.227)$$

$$H_{21y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{\gamma_{21}(:f)}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} k_{21y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{21y}(e - y)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.228)$$

$$H_{21z}^+(x, y : f) = R_{21}^+(:f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)) \quad (2.229)$$

Burada $R_{21}^+(:f)$ katsayısı (21) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı (+z) yönünde yayılan dalganın katsayısıdır.

zaman domeninde;

$$E_{21x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{\omega \mu_0}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} k_{21y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{21y}(e - y)) E_{21}(z, t : f) e^{+\alpha_{21}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.230)$$

$$E_{21y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{\omega \mu_0 \left(m \frac{\pi}{g}\right)}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)) E_{21}(z, t : f) e^{+\alpha_{21}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.231)$$

$$E_{21}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{21}(:f) \cdot z) \quad (2.232)$$

$$H_{21x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{21}^+(:f) \frac{\left(m \frac{\pi}{g}\right)}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)) H_{21}(z, t : f) e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.233)$$

$$H_{21y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{21}^+(:f) \frac{k_{21y}}{\gamma_{21}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{21y}(e - y)) H_{21}(z, t : f) e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.234)$$

$$H_{21}(z, t : f) = \alpha_{21}(:f) \cos(\omega t - \beta_{21}(:f) \cdot z) - \beta_{21}(:f) \sin(\omega t - \beta_{21}(:f) \cdot z) \quad (2.235)$$

$$H_{21z}^+(x, y, z, t : f) = R_{21}^+(:f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{21y}(e - y)) \cos(\omega t - \beta_{21}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z} \quad (2.236)$$

$x \in (0, g), y \in (c, d), z \geq 0$ ile tanımlanan (22) bölgesi için,

$$\gamma_{22}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2 - k_2^2(:f) \quad (2.237)$$

$$\gamma_{22}(:f) = \alpha_{22}(:f) + i \beta_{22}(:f) \quad (2.238)$$

$$\alpha_{22}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}_2'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2 + \sqrt{\Delta_{22}(:f)}} \quad (2.239)$$

$$\beta_{22}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}_2'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{22y}^2 + \sqrt{\Delta_{22}(:f)}} \quad (2.240)$$

$$\Delta_{22}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \varepsilon_0^2 \left[(\hat{\varepsilon}_2'(\omega))^2 + (\hat{\varepsilon}_2''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \hat{\varepsilon}_2'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2 \right]^2 \quad (2.241)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{22x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{22}(y : f)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.242)$$

$$E_{22y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x\right) q_{22}(y : f); & z < 0 \end{cases} \quad (2.243)$$

$$H_{22x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ \frac{\gamma_{22}(:f)}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x\right) q_{22}(y : f); & z > 0 \end{cases} \quad (2.244)$$

$$H_{22y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\gamma_{22}(:f)}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{22}(y : f)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.245)$$

$$H_{22z}^+(x, y : f) = \cos\left(\frac{m \pi}{g} x\right) q_{22}(y : f) \quad (2.246)$$

$$q_{22}(y : f) = \left[P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} y) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} y) \right] \quad (2.247)$$

Burada $P_{22}^+(:f)$, $Q_{22}^+(:f)$ katsayıları (22) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı (+z) yönünde yayılan dalganın katsayılarıdır.

zaman domeninde;

$$E_{22x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{22}(y : f)) E_{22}(z, t : f) e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.248)$$

$$E_{22y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{22}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g}\right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x\right) q_{22}(y : f) E_{22}(z, t : f) e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z}; & z < 0 \end{cases} \quad (2.249)$$

$$E_{22}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{22}(: f) \cdot z) \quad (2.250)$$

$$H_{22x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ \frac{1}{\gamma_{22}^2(: f) + k_2^2(: f)} \left(m \frac{\pi}{g} \right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{22}(y : f) H_{22}(z, t : f) e^{-\alpha_{22}(: f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.251)$$

$$H_{22y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -\frac{1}{\gamma_{22}^2(: f) + k_2^2(: f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x \right) \frac{d}{dy} (q_{22}(y : f)) H_{22}(z, t : f) e^{-\alpha_{22}(: f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.252)$$

$$H_{22}(z, t : f) = \alpha_{22}(: f) \cos(\omega t - \beta_{22}(: f) \cdot z) - \beta_{22}(: f) \sin(\omega t - \beta_{22}(: f) \cdot z) \quad (2.253)$$

$$H_{22z}^+(x, y, z, t : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x \right) q_{22}(y : f) \cos(\omega t - \beta_{22}(: f) \cdot z) e^{-\alpha_{22}(: f) \cdot z} \quad (2.254)$$

$$q_{22}(y : f) = \left[P_{22}^+(: f) \cos(k_{22y} y) + Q_{22}^+(: f) \sin(k_{22y} y) \right] \quad (2.255)$$

$x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$, $z \geq 0$ ile tanımlanan (23) bölgesi için,

$$\gamma_{23}^2(: f) = \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{23y}^2 - k_2^2(: f) \quad (2.256)$$

$$\gamma_{23}(: f) = \alpha_{23}(: f) + i \beta_{23}(: f) \quad (2.257)$$

$$\alpha_{23}(: f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{23y}^2 + \sqrt{\Delta_{23}(: f)}} \quad (2.258)$$

$$\beta_{23}(: f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 - k_{23y}^2 + \sqrt{\Delta_{23}(: f)}} \quad (2.259)$$

$$\Delta_{23}(: f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_2'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_2''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{23y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{23y}^2 \right]^2 \quad (2.260)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{23x}^+(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{23}(y : f)); \quad z > 0 \quad (2.261)$$

$$E_{23y}^+(x, y : f) = -\frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f); \quad z > 0 \quad (2.262)$$

$$H_{23x}^+(x, y : f) = \frac{\gamma_{23}(:f)}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f); \quad z > 0 \quad (2.263)$$

$$H_{23y}^+(x, y : f) = -\frac{\gamma_{23}(:f)}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{23}(y : f)); \quad z > 0 \quad (2.264)$$

$$H_{23z}^+(x, y : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f) \quad (2.265)$$

$$q_{23}(y : f) = \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} y) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} y) \right] \quad (2.266)$$

Burada $P_{23}^+(:f)$, $Q_{23}^+(:f)$ katsayıları (23) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı (+z) yönünde yayılan dalganın katsayılarıdır.

zaman domeninde;

$$E_{23x}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{23}(y : f)) E_{23}(z, t : f) e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z} \quad (2.267)$$

$$E_{23y}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{\omega \mu_0}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f) E_{23}(z, t : f) e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z} \quad (2.268)$$

$$E_{23}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{23}(:f) \cdot z) \quad (2.269)$$

$$H_{23x}^+(x, y, z, t : f) = +\frac{1}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(m \frac{\pi}{g}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f) H_{23}(z, t : f) e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z} \quad (2.270)$$

$$H_{23y}^+(x, y, z, t : f) = -\frac{1}{\gamma_{23}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \frac{d}{dy} (q_{23}(y : f)) H_{23}(z, t : f) e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z} \quad (2.271)$$

$$H_{23}(z, t : f) = \alpha_{23}(:f) \cos(\omega t - \beta_{23}(:f) \cdot z) - \beta_{23}(:f) \sin(\omega t - \beta_{23}(:f) \cdot z) \quad (2.272)$$

$$H_{23z}^+(x, y : f) = \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) q_{23}(y : f) \cos(\omega t - \beta_{23}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z} \quad (2.273)$$

$$q_{23}(y : f) = \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} y) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} y) \right] \quad (2.274)$$

$x \in (0, g), y \in (a, b), z \geq 0$ ile tanımlanan (24) bölgesi için,

$$\gamma_{24}^2(:f) = \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2 - k_2^2(:f) \quad (2.275)$$

$$\gamma_{24}(:f) = \alpha_{24}(f) + i \beta_{24}(:f) \quad (2.276)$$

$$\alpha_{24}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) + \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2 + \sqrt{\Delta_{24}(:f)}} \quad (2.277)$$

$$\beta_{24}(:f) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) - \left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 - k_{24y}^2 + \sqrt{\Delta_{24}(:f)}} \quad (2.278)$$

$$\Delta_{24}(:f) = \omega^4 \mu_0^2 \epsilon_0^2 \left[(\hat{\epsilon}_2'(\omega))^2 + (\hat{\epsilon}_2''(\omega))^2 \right] - 2 \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \hat{\epsilon}_2'(\omega) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2 \right] + \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2 \right]^2 \quad (2.279)$$

(+z) yönünde ilerleyen dalgalar;

$$E_{24x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} k_{24y} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{24y} (y - a)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.280)$$

$$E_{24y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{24}^+(:f) \frac{i \omega \mu_0}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{24y}(y - a)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.281)$$

$$H_{24x}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{\gamma_{24}(:f)}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \left(\frac{m \pi}{g} \right) \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{24y}(y - a)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.282)$$

$$H_{24y}^+(x, y : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{\gamma_{24}(:f)}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} k_{24y} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \sin(k_{24y}(y - a)); & z > 0 \end{cases} \quad (2.283)$$

$$H_{24z}^+(x, y : f) = R_{24}^+(:f) \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{24y}(y - a)) \quad (2.284)$$

Burada $R_{24}^+(:f)$, katsayısı (24) bölgesinde $z = 0$ 'daki süreksizlikten dolayı (+z) yönünde yayılan dalganın katsayısıdır.

zaman domeninde;

$$E_{24x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{\omega \mu_0 k_{24y}}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \sin(k_{24y}(y - a)) E_{24}(z, t : f) e^{-\alpha_{24}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.285)$$

$$E_{24y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ -R_{24}^+(:f) \frac{\omega \mu_0 \left(\frac{m \pi}{g} \right)}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{24y}(y - a)) E_{24}(z, t : f) e^{-\alpha_{24}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.286)$$

$$E_{24}(z, t : f) = \sin(\omega t - \beta_{24}(:f) \cdot z) \quad (2.287)$$

$$H_{24x}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{\left(\frac{m \pi}{g} \right)}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \sin\left(\frac{m \pi}{g} x \right) \cos(k_{24y}(y - a)) H_{24}(z, t : f) e^{-\alpha_{24}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.288)$$

$$H_{24y}^+(x, y, z, t : f) = \begin{cases} 0; & z = 0 \\ R_{24}^+(:f) \frac{k_{24y}}{\gamma_{24}^2(:f) + k_2^2(:f)} \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \sin(k_{24y}(y - a)) H_{24}(z, t : f) e^{-\alpha_{24}(:f) \cdot z}; & z > 0 \end{cases} \quad (2.289)$$

$$H_{24}(z, t : f) = \alpha_{24}(:f) \cos(\omega t - \beta_{24}(:f) \cdot z) - \beta_{24}(:f) \sin(\omega t - \beta_{24}(:f) \cdot z) \quad (2.290)$$

$$H_{24z}^+(x, y, z, t : f) = R_{24}^+(:f) \cos\left(m \frac{\pi}{g} x\right) \cos(k_{24y}(y - a)) \cos(\omega t - \beta_{24}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{24}(:f) \cdot z} \quad (2.291)$$

2.6 Alternatif Sınır Koşulları

Kesim 2.3'te elde edilen denklemlerdeki bilinmeyen sayılar denklem sayısından fazladır. Bu gibi durumlarda, Şekil 2.2'de kesikli çizgilerle belirtilen ve gerçekteki fiziksel süreksizliklerin geometrik olarak devam ettirilmesi ile oluşturulan alternatif sınır koşulları (Şengör, 1998) çözümü olanaklı kılmaktadır.

(11)-(12) arakesit bölgesi için,

$$E_{11x}(x, y, z, t : f) = E_{12x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.292)$$

$$H_{11x}(x, y, z, t : f) = H_{12x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.293)$$

$$H_{11z}(x, y, z, t : f) = H_{12z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.294)$$

(12)-(13) arakesit bölgesi için,

$$E_{12x}(x, y, z, t : f) = E_{13x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.295)$$

$$H_{12x}(x, y, z, t : f) = H_{13x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.296)$$

$$H_{12z}(x, y, z, t : f) = H_{13z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.297)$$

(13)-(14) arakesit bölgesi için,

$$E_{13x}(x, y, z, t : f) = E_{14x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=a} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.298)$$

$$H_{13x}(x, y, z, t : f) = H_{14x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=a} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.299)$$

$$H_{13z}(x, y, z, t : f) = H_{14z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=a} \quad x \in (0, g), z < 0 \quad (2.300)$$

(21)-(22) arakesit bölgesi için,

$$E_{21x}(x, y, z, t : f) = E_{22x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=d} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.301)$$

$$H_{21x}(x, y, z, t : f) = H_{22x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=d} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.302)$$

$$H_{21z}(x, y, z, t : f) = H_{22z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=d} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.303)$$

(22)-(23) arakesit bölgesi için,

$$E_{22x}(x, y, z, t : f) = E_{23x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.304)$$

$$H_{22x}(x, y, z, t : f) = H_{23x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.305)$$

$$H_{22z}(x, y, z, t : f) = H_{23z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.306)$$

(23)-(24) arakesit bölgesi için,

$$E_{23x}(x, y, z, t : f) = E_{24x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.307)$$

$$H_{23x}(x, y, z, t : f) = H_{24x}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.308)$$

$$H_{23z}(x, y, z, t : f) = H_{24z}(x, y, z, t : f) \Big|_{y=b} \quad x \in (0, g), z > 0 \quad (2.309)$$

2.7 Katsayıların Hesaplanması

(2.292-309) ile verilen alternatif sınır koşullarından yararlanarak herbir alt bölgede tanımlanan dalgalara ilişkin bilinmeyen katsayılar hesaplanmıştır.

(2.292) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = c$ için,

$$E_{11x}^+(x, y, z, t : f) + E_{11x}^-(x, y, z, t : f) = E_{12x}^+(x, y, z, t : f) + E_{12x}^-(x, y, z, t : f) \Big|_{y=c} \quad (2.310)$$

yazılır. Bu eşitlikte alan ifadeleri yerine konulursa,

$$\begin{aligned} & \frac{k_{11y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \sin(k_{11y} (d - c)) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z) \left\{ R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z} + R_{11}^-(z : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z} \right\} = \\ & \frac{k_{12y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left\{ -\sin(k_{12y} c) \left[P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} + P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \left. + \cos(k_{12y} c) \left[Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z} \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.311)$$

$$\begin{aligned} & \frac{k_{11y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \sin(k_{11y} (d - c)) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) \left\{ -R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(:f) \cdot z} + R_{11}^-(z : f) e^{+\alpha_{11}(:f) \cdot z} \right\} = \\ & \frac{k_{12y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left\{ \sin(k_{12y} c) \left[P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} - P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \left. + \cos(k_{12y} c) \left[-Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(:f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(:f) \cdot z} \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.312)$$

ifadeleri elde edilir. Benzer şekilde diğer sınır koşulları sağlatılarak herbir bölgedeki elektrik ve magnetik alan bileşenlerine ilişkin bilinmeyen katsayıları içeren denklemler elde edilir.

(2.293) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = c$ için:

$$\begin{aligned} & \frac{\cos(k_{11y}(d-c))}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \left\{ R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(f) \cdot z} [\alpha_{11}(:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) - \beta_{11}(:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z)] + \right. \\ & \quad \left. + R_{11}^-(z:f) e^{+\alpha_{11}(f) \cdot z} [\alpha_{11}(:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) + \beta_{11}(:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z)] \right\} = \\ & \frac{1}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} [P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} c) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} c)] [\alpha_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \right. \\ & \quad \left. - \beta_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z)] + e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} [P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} c) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} c)] \cdot \right. \\ & \quad \left. \cdot [\alpha_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \beta_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z)] \right\} \end{aligned} \quad (2.313)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\cos(k_{11y}(d-c))}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2} \left\{ R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(f) \cdot z} [\alpha_{11}(:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z) + \beta_{11}(:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z)] + \right. \\ & \quad \left. - R_{11}^-(z:f) e^{+\alpha_{11}(f) \cdot z} [\alpha_{11}(:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z) - \beta_{11}(:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z)] \right\} = \\ & \frac{1}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} [P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} c) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} c)] [\alpha_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \right. \\ & \quad \left. + \beta_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z)] - e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} [P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} c) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} c)] \cdot \right. \\ & \quad \left. \cdot [\alpha_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) - \beta_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z)] \right\} \end{aligned} \quad (2.314)$$

(2.294) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = c$ için:

$$\begin{aligned} \cos(k_{11y} (d - c)) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) \{R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(f) \cdot z} - R_{11}^-(z : f) e^{+\alpha_{11}(f) \cdot z}\} = \\ \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \{ \cos(k_{12y} c) [P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} - P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] + \\ + \sin(k_{12y} c) [Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} - Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] \} \end{aligned} \quad (2.315)$$

$$\begin{aligned} \cos(k_{11y} (d - c)) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z) \{R_{11}^+(:f) e^{-\alpha_{11}(f) \cdot z} + R_{11}^-(z : f) e^{+\alpha_{11}(f) \cdot z}\} = \\ \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \{ \cos(k_{12y} c) [P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] + \\ + \sin(k_{12y} c) [Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] \} \end{aligned} \quad (2.316)$$

(2.295) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned} \frac{k_{12y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \{ -\sin(k_{12y} b) [P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] + \\ + \cos(k_{12y} b) [Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z}] \} = \end{aligned} \quad (2.317)$$

$$\begin{aligned} \frac{k_{13y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \{ -\sin(k_{13y} b) [P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + P_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z}] + \\ + \cos(k_{13y} b) [Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + Q_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z}] \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{k_{12y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left\{ \sin(k_{12y} b) \left[P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} - P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \quad \left. + \cos(k_{12y} b) \left[-Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] \right\} = \end{aligned} \quad (2.318)$$

$$\begin{aligned} & \frac{k_{13y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \sin(k_{13y} b) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} - P_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \quad \left. + \cos(k_{13y} b) \left[-Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + Q_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] \right\} \end{aligned}$$

(2.296) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} \left[P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} b) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} b) \right] \left[\alpha_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \beta_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \right] + e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \left[P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} b) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} b) \right] \cdot \right. \\ & \quad \left. \cdot \left[\alpha_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \beta_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \right] \right\} = \\ & \frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} b) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} b) \right] \left[\alpha_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \beta_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] + e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^-(:f) \cos(k_{13y} b) + Q_{13}^-(:f) \sin(k_{13y} b) \right] \cdot \right. \\ & \quad \left. \cdot \left[\alpha_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \beta_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.319)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} \left[P_{12}^+(:f) \cos(k_{12y} b) + Q_{12}^+(:f) \sin(k_{12y} b) \right] \left[\alpha_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \beta_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \right] - e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \left[P_{12}^-(:f) \cos(k_{12y} b) + Q_{12}^-(:f) \sin(k_{12y} b) \right] \right. \\
& \quad \left. \cdot \left[\alpha_{12}(:f) \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) - \beta_{12}(:f) \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \right] \right\} = \\
& \frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} b) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} b) \right] \left[\alpha_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \beta_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] - e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^-(:f) \cos(k_{13y} b) + Q_{13}^-(:f) \sin(k_{13y} b) \right] \right. \\
& \quad \left. \cdot \left[\alpha_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) - \beta_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] \right\} \\
& \hspace{25em} (2.320)
\end{aligned}$$

(2.297) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned}
& \sin(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{12y} b) \left[P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} - P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{12y} b) \left[Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} - Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] \right\} = \\
& \hspace{25em} (2.321)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{13y} b) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} - P_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{13y} b) \left[Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} - Q_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{12y} b) \cdot \left[P_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + P_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{12y} b) \left[Q_{12}^+(:f) e^{-\alpha_{12}(f) \cdot z} + Q_{12}^-(:f) e^{+\alpha_{12}(f) \cdot z} \right] \right\} = \\
& \hspace{25em} (2.322)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{13y} b) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + P_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{13y} b) \left[Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + Q_{13}^-(:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] \right\}
\end{aligned}$$

(2.298) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = a$ için:

$$\begin{aligned} & \frac{k_{13y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ -\sin(k_{13y} a) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z} + P_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(:f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \quad \left. + \cos(k_{13y} a) \left[Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z} + Q_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(:f) \cdot z} \right] \right\} = \end{aligned} \quad (2.323)$$

$$- \frac{k_{14y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2} \sin(k_{14y} a) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(:f) \cdot z} + R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z} \right\}$$

$$\begin{aligned} & \frac{k_{13y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \sin(k_{13y} a) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z} - P_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(:f) \cdot z} \right] + \right. \\ & \quad \left. + \cos(k_{13y} a) \left[-Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z} + Q_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(:f) \cdot z} \right] \right\} = \end{aligned} \quad (2.324)$$

$$- \frac{k_{14y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2} \sin(k_{14y} a) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(:f) \cdot z} - R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z} \right\}$$

(2.299) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = a$ için:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z} \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} a) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} a) \right] \left[\alpha_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \beta_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] + e^{+\alpha_{13}(:f) \cdot z} \left[P_{13}^-(:f) \cos(k_{13y} a) + Q_{13}^-(:f) \sin(k_{13y} a) \right] \cdot \right. \\ & \quad \left. \cdot \left[\alpha_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \beta_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] \right\} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\cos(k_{14y} a)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2} \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(:f) \cdot z} \left[\alpha_{14}(:f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) - \beta_{14}(:f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) \right] + \right. \\ & \quad \left. + R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(:f) \cdot z} \left[\alpha_{14}(:f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) + \beta_{14}(:f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.325)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{\left(\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{13y}^2} \left\{ e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^+(:f) \cos(k_{13y} a) + Q_{13}^+(:f) \sin(k_{13y} a) \right] \left[\alpha_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) + \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \beta_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] - e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \left[P_{13}^-(:f) \cos(k_{13y} a) + Q_{13}^-(:f) \sin(k_{13y} a) \right] \right. \\
& \quad \left. \cdot \left[\alpha_{13}(:f) \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) - \beta_{13}(:f) \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \right] \right\} = \\
& \frac{\cos(k_{14y} a)}{\left(\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{14y}^2} \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(f) \cdot z} \left[\alpha_{14}(:f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) + \beta_{14}(:f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) \right] + \right. \\
& \quad \left. - R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(f) \cdot z} \left[\alpha_{14}(:f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) - \beta_{14}(:f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) \right] \right\} \\
& \hspace{25em} (2.326)
\end{aligned}$$

(2.300) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z < 0$ ve $y = a$ için:

$$\begin{aligned}
& \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{13y} a) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} - P_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{13y} a) \left[Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} - Q_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] \right\} = \\
& \hspace{25em} (2.327)
\end{aligned}$$

$$\cos(k_{14y} a) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(f) \cdot z} - R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(f) \cdot z} \right\}$$

$$\begin{aligned}
& \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left\{ \cos(k_{13y} a) \left[P_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + P_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] + \right. \\
& \quad \left. + \sin(k_{13y} a) \left[Q_{13}^+(:f) e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z} + Q_{13}^-(z:f) e^{+\alpha_{13}(f) \cdot z} \right] \right\} = \\
& \hspace{25em} (2.328)
\end{aligned}$$

$$\cos(k_{14y} a) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) \left\{ R_{14}^+(:f) e^{-\alpha_{14}(f) \cdot z} + R_{14}^-(z:f) e^{+\alpha_{14}(f) \cdot z} \right\}$$

(2.301) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = d$ için:

$$R_{21}^+(:f) \frac{k_{21y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2} \cos(\beta_{21}(:f) \cdot z) \sin(k_{21y} (e-d)) e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z} =$$

$$\frac{k_{22y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) \left[-P_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) \right] e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z} \quad (2.329)$$

$$R_{21}^+(:f) \frac{k_{21y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2} \sin(\beta_{21}(:f) \cdot z) \sin(k_{21y} (e-d)) e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z} =$$

$$\frac{k_{22y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) \left[-P_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) \right] e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z} \quad (2.330)$$

(2.302) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = d$ için:

$$R_{21}^+(:f) \frac{\cos(k_{21y} (e-d))}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2} \left[\alpha_{21}(:f) \sin(\beta_{21}(:f) \cdot z) - \beta_{21}(:f) \cos(\beta_{21}(:f) \cdot z) \right] e^{-\alpha_{21}(:f) \cdot z} =$$

$$\frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \left[P_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) \right] \cdot$$

$$\left[\alpha_{22}(:f) \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) - \beta_{22}(:f) \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) \right] e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z} \quad (2.331)$$

$$R_{21}^+(:f) \frac{\cos(k_{21y}(e-d))}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{21y}^2} [\alpha_{21}(:f) \cos(\beta_{21}(:f) \cdot z) + \beta_{21}(:f) \sin(\beta_{21}(:f) \cdot z)] e^{-\alpha_{21}(f) \cdot z} =$$

$$\frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} [P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d)] \cdot$$

$$\cdot [\alpha_{22}(:f) \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) + \beta_{22}(:f) \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z)] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} \quad (2.332)$$

(2.303) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = d$ için:

$$R_{21}^+(:f) \cos(k_{21y}(e-d)) \sin(\beta_{21}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{21}(f) \cdot z} =$$

$$\sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) [P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d)] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} \quad (2.333)$$

$$R_{21}^+(:f) \cos(k_{21y}(e-d)) \cos(\beta_{21}(:f) \cdot z) e^{-\alpha_{21}(f) \cdot z} =$$

$$\cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) [P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} d) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} d)] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} \quad (2.334)$$

(2.304) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = c$ için:

$$\frac{k_{22y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) [-P_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c)] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} =$$

$$\frac{k_{23y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) [-P_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c)] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} \quad (2.335)$$

$$\frac{k_{22y}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) \left[-P_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c) \right] e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z} =$$

$$\frac{k_{23y}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[-P_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c) \right] e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z}$$
(2.336)

(2.305) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = c$ için:

$$\frac{e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \left[P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) \right] \left[\alpha_{22}(:f) \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) + \right.$$

$$\left. -\beta_{22}(:f) \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) \right] =$$

$$\frac{e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) \right] \left[\alpha_{23}(:f) \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) + \right.$$

$$\left. -\beta_{23}(:f) \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) \right]$$
(2.337)

$$\frac{e^{-\alpha_{22}(:f) \cdot z}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{22y}^2} \left[P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) \right] \left[\alpha_{22}(:f) \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) + \right.$$

$$\left. +\beta_{22}(:f) \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) \right] =$$

$$\frac{e^{-\alpha_{23}(:f) \cdot z}}{\left(m\frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) \right] \left[\alpha_{23}(:f) \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) + \right.$$

$$\left. +\beta_{23}(:f) \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \right]$$
(2.338)

(2.306) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = c$ için:

$$\begin{aligned} \sin(\beta_{22}(:f) \cdot z) \left[P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) \right] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} = \\ \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.339)$$

$$\begin{aligned} \cos(\beta_{22}(:f) \cdot z) \left[P_{22}^+(:f) \cos(k_{22y} c) + Q_{22}^+(:f) \sin(k_{22y} c) \right] e^{-\alpha_{22}(f) \cdot z} = \\ \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} c) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} c) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.340)$$

(2.307) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned} \frac{k_{23y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[-P_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} = \\ -R_{24}^+(:f) \frac{k_{24y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2} \cos(\beta_{24}(:f) \cdot z) \sin(k_{24y} (b-a)) e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.341)$$

$$\begin{aligned} \frac{k_{23y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[-P_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} = \\ -R_{24}^+(:f) \frac{k_{24y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2} \sin(\beta_{24}(:f) \cdot z) \sin(k_{24y} (b-a)) e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.342)$$

(2.308) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned} & \frac{e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) \right] \left[\alpha_{23}(:f) \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) + \right. \\ & \qquad \qquad \qquad \left. - \beta_{23}(:f) \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) \right] = \\ & R_{24}^+(:f) \frac{e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2} \cos(k_{24y} (b-a)) \left[\alpha_{24}(:f) \sin(\beta_{24}(:f) \cdot z) - \beta_{24}(:f) \cos(\beta_{24}(:f) \cdot z) \right] \end{aligned} \quad (2.343)$$

$$\begin{aligned} & \frac{e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) \right] \left[\alpha_{23}(:f) \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) + \right. \\ & \qquad \qquad \qquad \left. + \beta_{23}(:f) \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \right] = \\ & R_{24}^+(:f) \frac{e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{24y}^2} \cos(k_{24y} (b-a)) \left[\alpha_{24}(:f) \cos(\beta_{24}(:f) \cdot z) + \beta_{24}(:f) \cdot \sin(\beta_{24}(:f) \cdot z) \right] \end{aligned} \quad (2.344)$$

(2.309) ile verilen alternatif sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $z > 0$ ve $y = b$ için:

$$\begin{aligned} & \sin(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} = \\ & R_{24}^+(:f) \sin(\beta_{24}(:f) \cdot z) \cos(k_{24y} (b-a)) e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.345)$$

$$\begin{aligned} & \cos(\beta_{23}(:f) \cdot z) \left[P_{23}^+(:f) \cos(k_{23y} b) + Q_{23}^+(:f) \sin(k_{23y} b) \right] e^{-\alpha_{23}(f) \cdot z} = \\ & R_{24}^+(:f) \cos(\beta_{24}(:f) \cdot z) \cos(k_{24y} (b-a)) e^{-\alpha_{24}(f) \cdot z} \end{aligned} \quad (2.346)$$

(2.87) ile verilen sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$ ve $z = 0$ için:

$$\frac{k_{12y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ -\sin(k_{12y} y) [P_{12}^+(:f) + P_{12}^-(:f)] + \cos(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) + Q_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{k_{23y}}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left\{ -\sin(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) + \cos(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.347)$$

(2.88) ile verilen sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$ ve $z = 0$ için:

$$\frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ \sin(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) + Q_{12}^-(:f)] + \cos(k_{12y} y) [P_{12}^+(:f) + P_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{1}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left\{ \sin(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) + \cos(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.348)$$

(2.89) ile verilen sınır koşullarından hareketle, $x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$ ve $z = 0$ için:

$$\frac{\beta_{12}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ \cos(k_{12y} y) [P_{12}^+(:f) - P_{12}^-(:f)] + \sin(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) - Q_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{\beta_{23}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left\{ \cos(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) + \sin(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.349)$$

$$\frac{\alpha_{12}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} \left\{ \sin(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) - Q_{12}^-(:f)] + \cos(k_{12y} y) [P_{12}^+(:f) - P_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{\alpha_{23}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} \left\{ \sin(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) + \cos(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.350)$$

(2.90) ile verilen sınır koşulundan hareketle, $x \in (0, g)$, $y \in (b, c)$ ve $z = 0$ için:

$$\frac{\beta_{12}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} k_{12y} \left\{ \sin(k_{12y} y) [-P_{12}^+(:f) + P_{12}^-(:f)] + \cos(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) - Q_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{\beta_{23}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} k_{23y} \left\{ -\sin(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) + \cos(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.351)$$

$$\frac{\alpha_{12}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2} k_{12y} \left\{ \cos(k_{12y} y) [Q_{12}^+(:f) - Q_{12}^-(:f)] + \sin(k_{12y} y) [-P_{12}^+(:f) + P_{12}^-(:f)] \right\} =$$

$$\frac{\alpha_{23}(:f)}{\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{23y}^2} k_{23y} \left\{ \cos(k_{23y} y) Q_{23}^+(:f) - \sin(k_{23y} y) P_{23}^+(:f) \right\} \quad (2.352)$$

(2.315) ve (2.316) ile verilen eşitlikler (2.313) ifadesinde yerine konulursa, elde edilen denklemin $\forall z$ için sağlanması gerektiğinden hareketle, $R_{11}^-(z:f)$ katsayısı $T_2(z:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) - T_3(z:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z) \neq 0$ olmak üzere aşağıdaki şekilde bulunur:

$$R_{11}^-(z:f) = R_{11}^+(:f) e^{-2\alpha_{11}(f) \cdot z} \frac{T_0(z:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) - T_1(z:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z)}{T_2(z:f) \sin(\beta_{11}(:f) \cdot z) - T_3(z:f) \cos(\beta_{11}(:f) \cdot z)} \quad (2.353)$$

$$T_0(z:f) = \alpha_{11}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 \right] + \beta_{12}(:f) \cot(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2 \right] \quad (2.354)$$

$$T_1(z:f) = \beta_{11}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 \right] + \alpha_{12}(:f) \tan(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2 \right] \quad (2.355)$$

$$T_2(z:f) = -\alpha_{11}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{12y}^2 \right] + \beta_{12}(:f) \cot(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g}\right)^2 + k_{11y}^2 \right] \quad (2.356)$$

$$T_3(z : f) = \beta_{11}(: f) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{12y}^2 \right] - \alpha_{12}(: f) \tan(\beta_{12}(: f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{11y}^2 \right] \quad (2.357)$$

(2.348) ve (2.349) ile verilen eşitliklerinin $\forall y$ için sağlanması gerektiğinden hareketle, yukarıdaki ifadeleri de gözönünde bulundurarak, (2.349) ifadesi (2.348)'de yerine konulursa katsayılar arasında aşağıdaki ilişki bulunur:

$$P_{12}^-(: f) = \frac{\beta_{12}(: f) - \beta_{23}(: f)}{\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f)} P_{12}^+(: f) \quad (2.358)$$

$$Q_{12}^-(: f) = \frac{\beta_{12}(: f) - \beta_{23}(: f)}{\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f)} Q_{12}^+(: f) \quad (2.359)$$

Yukarıda elde dilen $P_{12}^-(: f)$ ve $Q_{12}^-(: f)$ ifadeleri sırasıyla (2.317) ve (2.321) eşitliklerinde yerine konulup düzenlendiği durumda, elde edilen eşitliklerin 1. si $\sin(k_{13y} b)$ ve 2. si de $\cos(k_{13y} b)$ ile çarpılıp iki ifade taraf tarafa toplanarak $P_{13}^-(z : f)$ katsayısı $\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f) \neq 0$ olmak üzere aşağıdaki şekilde bulunur:

$$P_{13}^-(z : f) = e^{-2 \cdot \alpha_{13}(f) \cdot z} T_4(: f) + \frac{e^{-\alpha_{13}(f) \cdot z}}{\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f)} \left[P_{12}^+(: f) (T_5(z : f) + T_6(z : f)) + Q_{12}^+(: f) (T_7(z : f) + T_8(z : f)) \right] \quad (2.360)$$

$$T_4(: f) = P_{13}^+(: f) \cos(2 k_{13y} b) + Q_{13}^+(: f) \sin(2 k_{13y} b) \quad (2.361)$$

$$T_5(z : f) = \cos((k_{12y} + k_{13y})b) [T_{51}(z : f) - T_{52}(z : f)] \quad (2.362)$$

$$T_{51}(z : f) = \sinh(\alpha_{12}(: f) \cdot z) (\beta_{23}(: f) M(z : f) + \beta_{12}(: f) N(z : f)) \quad (2.363)$$

$$T_{52}(z : f) = \cosh(\alpha_{12}(: f) \cdot z) (\beta_{12}(: f) M(z : f) + \beta_{23}(: f) N(z : f)) \quad (2.364)$$

$$T_6(z : f) = \cos((k_{12y} - k_{13y})b) [T_{61}(z : f) + T_{62}(z : f)] \quad (2.365)$$

$$T_{61}(z : f) = \sinh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{12}(:f) N(z : f) - \beta_{23}(:f) M(z : f)) \quad (2.366)$$

$$T_{62}(z : f) = \cosh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{12}(:f) M(z : f) - \beta_{23}(:f) N(z : f)) \quad (2.367)$$

$$T_7(z : f) = \sin((k_{12y} + k_{13y})b) [T_{31}(z : f) - T_{32}(z : f)] \quad (2.368)$$

$$T_8(z : f) = \sin((k_{12y} - k_{13y})b) [T_{61}(z : f) + T_{62}(z : f)] \quad (2.369)$$

$$M(z : f) = \frac{k_{12y} \cos(\beta_{12}(:f) \cdot z) \left(\left(\frac{m}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right)}{k_{13y} \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left(\left(\frac{m}{g} \right)^2 + k_{12y}^2 \right)} \quad \cos(\beta_{13}(:f) \cdot z) \neq 0 \quad (2.370)$$

$$N(z : f) = \frac{\sin(\beta_{12}(:f) \cdot z)}{\sin(\beta_{13}(:f) \cdot z)} \quad \sin(\beta_{13}(:f) \cdot z) \neq 0 \quad (2.371)$$

Benzer şekilde, elde edilen eşitliklerin 1. si $\cos(k_{13y} b)$ ve 2. si de $\sin(k_{13y} b)$ ile çarpılıp iki ifade taraf tarafa toplanarak $Q_{13}^-(z : f)$ katsayısı, $\beta_{12}(:f) + \beta_{23}(:f) \neq 0$ olmak üzere aşağıdaki şekilde bulunur:

$$Q_{13}^-(z : f) = \frac{e^{-\alpha_{13}(:f) \cdot z}}{\beta_{12}(:f) + \beta_{23}(:f)} \left[P_{12}^+(:f) (T_9(z : f) + T_{10}(z : f)) + Q_{12}^+(:f) (T_{11}(z : f) - T_{12}(z : f)) \right] + e^{-2 \cdot \alpha_{13}(:f) \cdot z} T_{13}(:f) \quad (2.372)$$

$$T_9(z : f) = \sin((k_{12y} - k_{13y})b) [T_{91}(z : f) - T_{92}(z : f)] \quad (2.373)$$

$$T_{91}(z : f) = \cosh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{12}(:f) M(z : f) - \beta_{23}(:f) N(z : f)) \quad (2.374)$$

$$T_{92}(z : f) = \sinh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{23}(:f) M(z : f) - \beta_{12}(:f) N(z : f)) \quad (2.375)$$

$$T_{10}(z : f) = \sin((k_{13y} + k_{12y})b) [T_{101}(z : f) - T_{102}(z : f)] \quad (2.376)$$

$$T_{101}(z : f) = \sinh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{23}(:f) M(z : f) + \beta_{12}(:f) N(z : f)) \quad (2.377)$$

$$T_{102}(z : f) = \cosh(\alpha_{12}(:f) \cdot z) (\beta_{12}(:f) M(z : f) + \beta_{23}(:f) N(z : f)) \quad (2.378)$$

$$T_{11}(z : f) = \cos((k_{13y} - k_{12y})b) [T_{91}(z : f) - T_{92}(z : f)] \quad (2.379)$$

$$T_{12}(z : f) = \cos((k_{13y} + k_{12y})b) [T_{101}(z : f) - T_{102}(z : f)] \quad (2.380)$$

$$T_{13}(:f) = P_{13}^+(:f) \sin(2 k_{13y} b) - Q_{13}^+(:f) \cos(2 k_{13y} b) \quad (2.381)$$

(2.327) ve (2.328) ile verilen eşitlikler (2.325) ifadesinde yerine konulursa, elde edilen denklemin $\forall z$ için sağlanması gerektiğinden hareketle, $R_{14}^-(z : f)$ katsayısı $T_{16}(z : f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) - T_{17}(z : f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z) \neq 0$ olmak üzere aşağıdaki şekilde bulunur:

$$R_{14}^-(z : f) = R_{14}^+(:f) e^{-2 \cdot \alpha_{14}(:f) \cdot z} \frac{T_{14}(z : f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) - T_{15}(z : f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z)}{T_{16}(z : f) \sin(\beta_{14}(:f) \cdot z) - T_{17}(z : f) \cos(\beta_{14}(:f) \cdot z)} \quad (2.382)$$

$$T_{14}(z : f) = \alpha_{14}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right] + \beta_{13}(:f) \cot(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{14y}^2 \right] \quad (2.383)$$

$$T_{15}(z : f) = \beta_{14}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right] + \alpha_{13}(:f) \tan(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{14y}^2 \right] \quad (2.384)$$

$$T_{16}(z : f) = -\alpha_{14}(:f) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right] + \beta_{13}(:f) \cot(\beta_{13}(:f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{14y}^2 \right] \quad (2.385)$$

$$T_{17}(z : f) = \beta_{14}(: f) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{13y}^2 \right] - \alpha_{13}(: f) \tan(\beta_{13}(: f) \cdot z) \left[\left(m \frac{\pi}{g} \right)^2 + k_{14y}^2 \right] \quad (2.386)$$

(2.331), (2.332), (2.333) ve (2.334) eşitliklerinin $\forall z$ için sağlanması ancak ve ancak $\alpha_{21}(: f) = \alpha_{22}(: f)$ veya $\beta_{21}(: f) = \beta_{22}(: f)$ ile mümkündür. Bu ise $k_{21y} = k_{22y}$ olmasını gerektirir. Bu koşul altında, denklemlerden hareketle katsayılar arasında aşağıdaki ilişki bulunur:

$$R_{21}^+(: f) = \frac{P_{22}^+}{\cos(k_{21y} e)} = \frac{Q_{22}^+}{\sin(k_{21y} e)} \quad (2.387)$$

(2.337), (2.338), (2.339) ve (2.340) eşitliklerinin $\forall z$ için sağlanması ancak ve ancak $\alpha_{22}(: f) = \alpha_{23}(: f)$ veya $\beta_{22}(: f) = \beta_{23}(: f)$ ile mümkündür. Bu ise $k_{22y} = k_{23y}$ olmasını gerektirir. Bu koşul altında, denklemlerden hareketle katsayılar arasında aşağıdaki ilişki bulunur:

$$P_{22}^+(: f) = P_{23}^+(: f) \quad (2.388)$$

$$Q_{22}^+(: f) = Q_{23}^+(: f) \quad (2.389)$$

(2.347) ve (2.348) eşitliklerinin $\forall y$ için sağlanması ise ancak ve ancak $k_{23y} = k_{12y}$ olması ile mümkündür. Her iki eşitlik taraf tarafa toplanır ve yukarıda bulunan $P_{12}^-(: f)$ ve $Q_{12}^-(: f)$ ifadeleri yerine konulursa, $\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f) \neq 0$ olmak üzere $P_{23}^+(: f)$, $Q_{23}^+(: f)$ katsayıları aşağıdaki şekilde bulunur:

$$P_{23}^+(: f) = \frac{2\beta_{12}(: f)}{\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f)} P_{12}^+(: f) \quad (2.390)$$

$$Q_{23}^+(: f) = \frac{2\beta_{12}(: f)}{\beta_{12}(: f) + \beta_{23}(: f)} Q_{12}^+(: f) \quad (2.391)$$

(2.343), (2.344), (2.345) ve (2.346) eşitliklerinin $\forall z$ için sağlanması da ancak ve ancak $\alpha_{23}(:f) = \alpha_{24}(:f)$ veya $\beta_{23}(:f) = \beta_{24}(:f)$ ile mümkündür. Bu ise $k_{23y} = k_{24y}$ olmasını gerektirir. Bu koşul altında, denklemlerden hareketle katsayılar arasında aşağıdaki ilişki bulunur:

$$R_{24}^+(:f) = \frac{P_{23}^+}{\cos(k_{23y} a)} = \frac{Q_{23}^+}{\sin(k_{23y} a)} \quad (2.392)$$

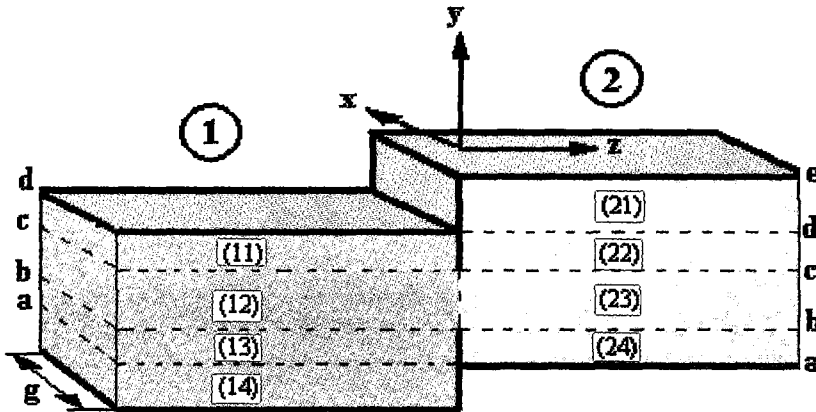
Yukarıda tanımlanan ifadelerde $R_{11}^+(:f)$, $P_{12}^+(:f)$, $Q_{12}^+(:f)$, $P_{13}^+(:f)$, $Q_{13}^+(:f)$, $R_{14}^+(:f)$ katsayıları ve k_{11y} , k_{12y} , k_{13y} , k_{14y} seperasyon sabitleri, $z = -\infty$ 'dan $z = 0$ süreksizliğine gelen dalgaya ilişkin parametrelerdir. Bu parametreler, süreksizliğe gelen dalga'nın bilinmesi halinde tanımlanmış olmakta ve diğer bilinmeyen katsayılar hesaplanabilmektedir.

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

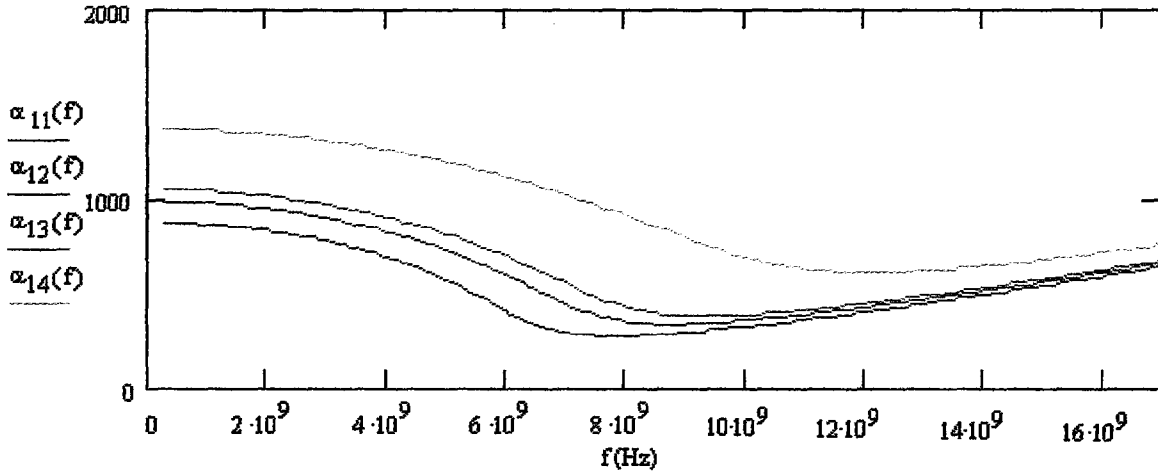
Şekil 3.1 ile tanımlanan dikdörtgen dalga kılavuzu basamak süreksizliğinde her iki dalga kılavuzunun genişliği aynı olarak alınmış, süreksizliğin y doğrultusunda olduğu varsayılmıştır. Yine sırasıyla (1) numaralı dalga kılavuzunun içinin $\epsilon_s=42$, $\epsilon_\infty=4$, $t_0=6.9 \times 10^{-12}$ sn parametrelerine sahip frekansa bağlı dielektrik malzeme ile dolu olduğu, (2) numaralı dalga kılavuzunun ise $\epsilon_s=47$, $\epsilon_\infty=7$, $t_0=8 \times 10^{-12}$ sn parametrelerine sahip frekansa bağlı dielektrik malzeme ile dolu olduğu varsayılmıştır.

Şekil 3.1 ile alt bölgelere ayrılan süreksizlik problemi için örnek olarak (1) numaralı dalga kılavuzundan $z = 0$ süreksizliğine gelen TE modu propagasyonunu destekleyen dalganın katsayılarının $R_{11}^+(\cdot f)=1$, $P_{12}^+(\cdot f)=1$, $Q_{12}^+(\cdot f)=1$, $P_{13}^+(\cdot f)=1$, $Q_{13}^+(\cdot f)=1$, $R_{14}^+(\cdot f)=1$ olduğu kabul edilmiş, k_x seperasyon sabiti de $k_x = \pi/g$ ($m = 1$ hali) olarak dikkate alınmıştır. Herbir alt bölgeye ilişkin k_{uyv} seperasyon sabitleri de sınır koşullarını sağlayacak şekilde seçilmiştir.

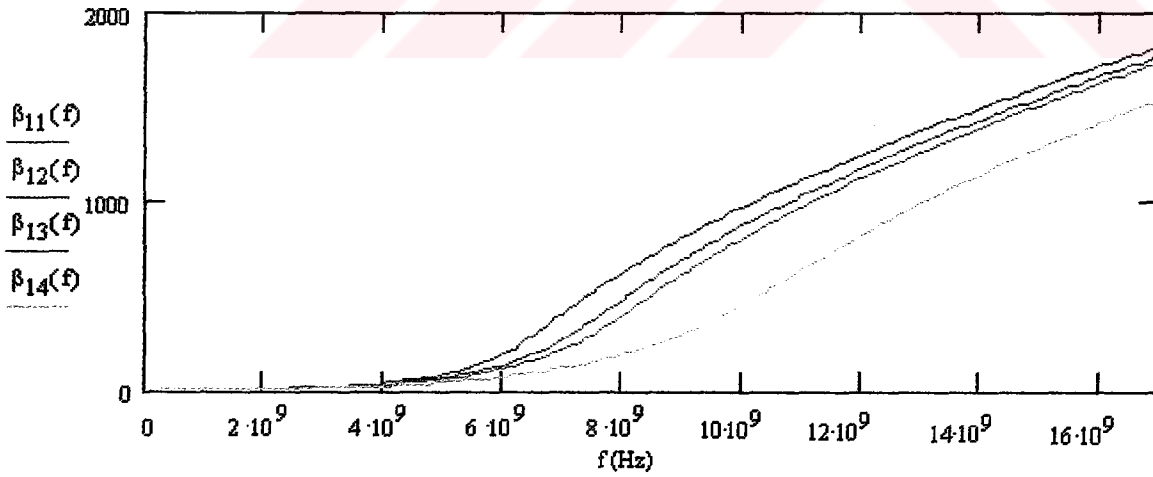
İlk olarak dikdörtgen dalga kılavuzu basamak süreksizliğine ait geometrik büyüklükler $a = 0.4$ cm, $b = 0.7$ cm, $c = 1.2$ cm, $d = 1.5$ cm, $e = 2$ cm ve $g = 2$ cm olarak alınmış, k_{uyv} seperasyon sabitlerinin $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$ değerleri için $k_{21y} = k_{22y} = k_{23y} = k_{24y} = k_{12y}$ olduğu dikkate alınarak herbir alt bölgedeki zayıflatma ve propagasyon sabitleri hesaplanmıştır. Şekil 3.2-5.



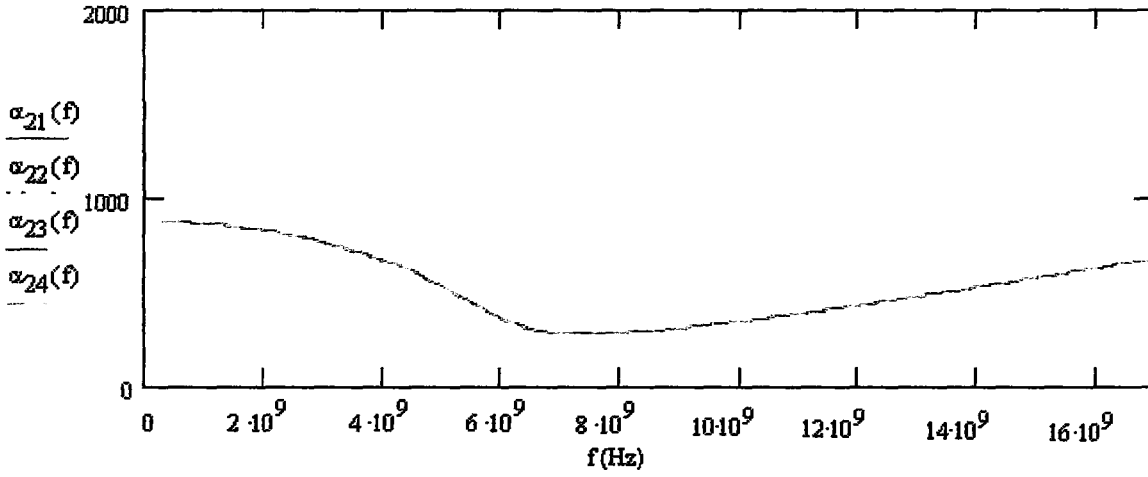
Şekil 3.1 Dikdörtgen dalga kılavuzu basamak süreksizliğinde alt bölgeler



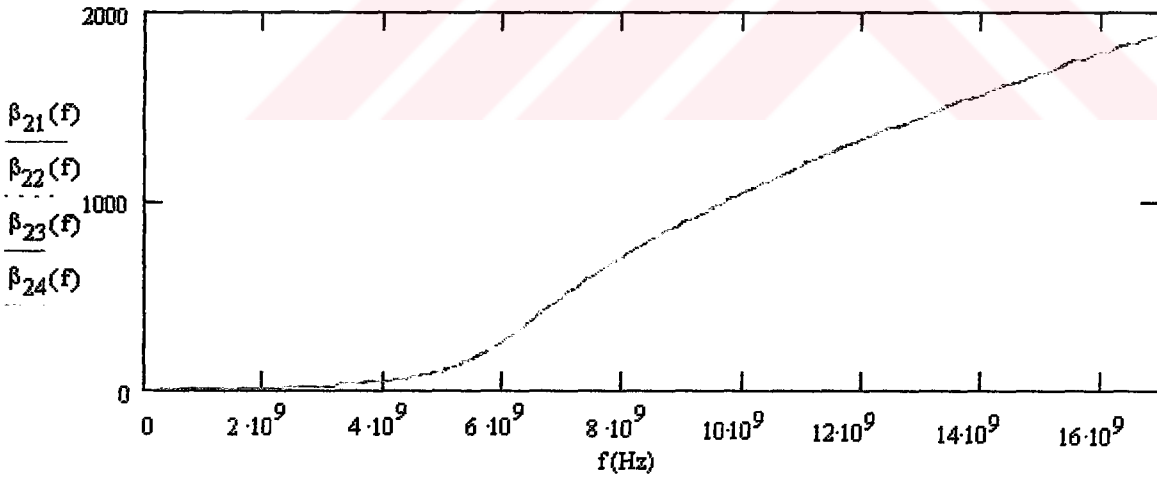
Şekil 3.2 (1) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\alpha(:f)$ zayıflatma sabitinin frekansa göre değişimi ($\epsilon_{s1}=42$, $\epsilon_{\infty 1}=4$, $t_{01}=6.9 \times 10^{-12}$ sn)
($g=2$ cm, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



Şekil 3.3 (1) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\beta(:f)$ propagasyon sabitinin frekansa göre değişimi ($\epsilon_{s1}=42$, $\epsilon_{\infty 1}=4$, $t_{01}=6.9 \times 10^{-12}$ sn)
($g=2$ cm, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



Şekil 3.4 (2) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\alpha(f)$ zayıflatma sabitinin frekansa göre değişimi ($\epsilon_{s2}=47$, $\epsilon_{\infty 2}=7$, $t_{02}=8.0 \times 10^{-12}$ sn)
 ($g=2$ cm, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$) ($k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)



Şekil 3.5 (2) numaralı dalga kılavuzunda herbir alt bölgede $\beta(f)$ propagasyon sabitinin frekansa göre değişimi ($\epsilon_{s2}=47$, $\epsilon_{\infty 2}=7$, $t_{02}=8.0 \times 10^{-12}$ sn)
 ($g=2$ cm, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$) ($k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)

Hesaplanan bu zayıflatma ve propagasyon değerleri kısım-2’de verilen 2.7.44-83 ifadelerinde yerine konarak, her iki dalga kılavuzunda sırasıyla $z = - 0.1$ cm ve $z = + 0.1$ cm pozisyonlarında, $t = 0$ için, $f = 3, 5, 7$ GHz ‘de, alt bölgelerdeki elektrik ve magnetik alan şiddetleri hesaplanmıştır.

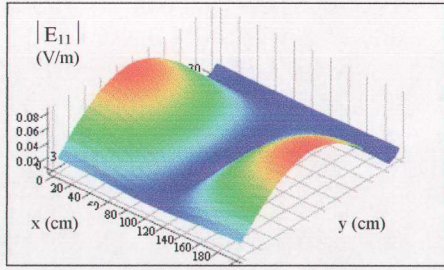
Çizelge 3.1. (1) numaralı dalga kılavuzunda (-z) yönünde yayılan dalgaların katsayıları ($a = 0.4$ cm, $b = 0.7$ cm, $c = 1.2$ cm, $d = 1.5$ cm, $e = 2$ cm, $g = 2$ cm, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$) ($k_{21y} = k_{22y} = k_{23y} = k_{24y} = k_{12y}$) ($z = - 0.1$ cm)

	f = 3 GHz	f = 5 GHz	f = 7 GHz
$R_{11}^-(z : f)$	2.239×10^{-10}	3.474×10^{-10}	2.713×10^{-10}
$P_{12}^-(z : f)$	0.106	0.132	0.106
$Q_{12}^-(z : f)$	0.106	0.132	0.106
$P_{13}^-(z : f)$	0.022	0.069	0.179
$Q_{13}^-(z : f)$	0.173	0.270	0.515
$R_{14}^-(z : f)$	1.163×10^{-9}	2.065×10^{-10}	5.443×10^{-11}

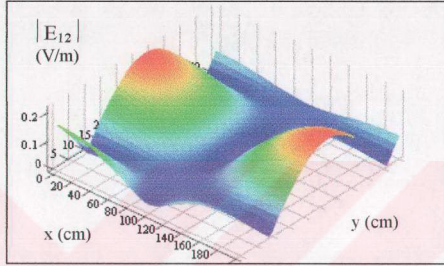
Çizelge 3.2. (2) numaralı dalga kılavuzunda (+z) yönünde yayılan dalgaların katsayıları ($a = 0.4$ cm, $b = 0.7$ cm, $c = 1.2$ cm, $d = 1.5$ cm, $e = 2$ cm, $g = 2$ cm, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$) ($k_{21y} = k_{22y} = k_{23y} = k_{24y} = k_{12y}$) ($z = + 0.1$ cm)

	f = 3 GHz	f = 5 GHz	f = 7 GHz
$R_{21}^+(z : f)$	5.037	4.905	5.069
$P_{22}^+(z : f)$	0.896	0.872	0.901
$Q_{22}^+(z : f)$	0.896	0.872	0.901
$P_{23}^+(z : f)$	0.896	0.872	0.901
$Q_{23}^+(z : f)$	0.896	0.872	0.901
$R_{24}^+(z : f)$	0.932	0.907	0.937

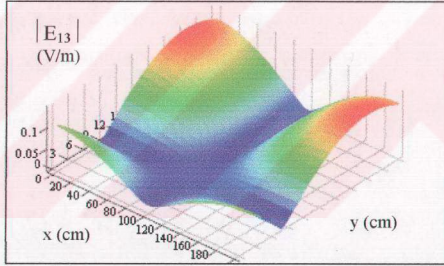
Çizelge 3.1-2 ‘de verilen katsayılardan hareketle her bir alt bölgede oluşan elektrik ve magnetik alan şiddetinin x-y düzleminde değişimi Şekil 3.6-23’de verilmiştir. Yine aynı k_{uvy} değerleri için, diğer büyüklükler aynı kalmak koşuluyla sadece $c=1$ cm ve sadece $g=3$ cm alınması durumunda her bir bölgede oluşacak elektrik ve magnetik alan şiddetlerinin x-y düzlemindeki değişimleri sırasıyla Şekil 3.24-31’de ve Şekil 3.32-35’de verilmiştir. Son olarak ta k_{uvy} seperasyon sabitlerinin $k_{11y} = 443.115$, $k_{12y} = 474.841$, $k_{13y} = 474.841$, $k_{14y} = 443.115$ değerleri için her bir alt bölgede oluşacak elektrik ve magnetik alan şiddetlerinin x-y düzlemindeki değişimleri Şekil 3.36-37’de gösterilmiştir.



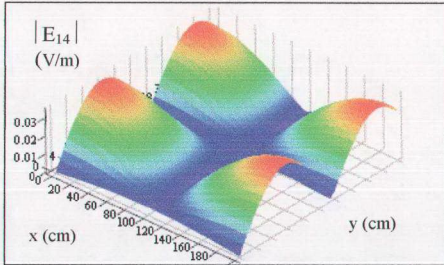
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

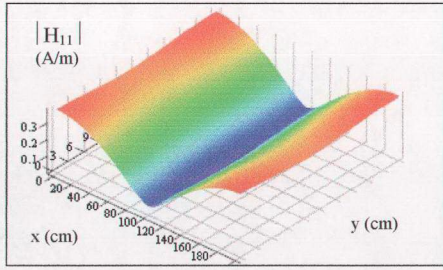


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

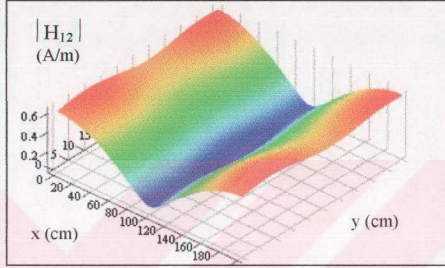


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

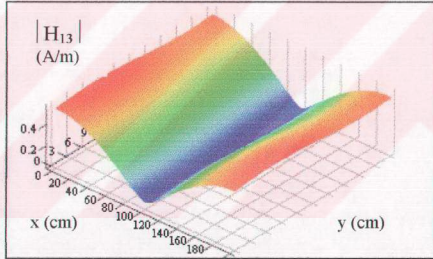
Şekil 3.6 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



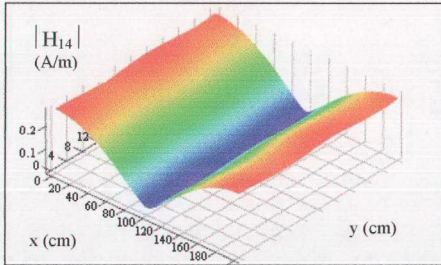
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

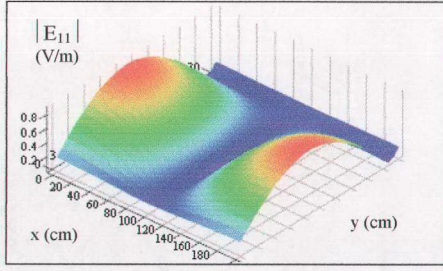


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

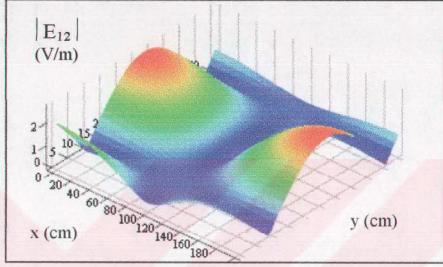


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

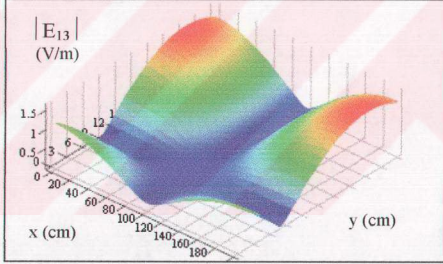
Şekil 3.7 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 $(f = 3 \text{ GHz}, z = -0.1 \text{ cm}, t = 0, m = 1, k_{11y} = 1033, k_{12y} = 855, k_{13y} = 967, k_{14y} = 1351)$



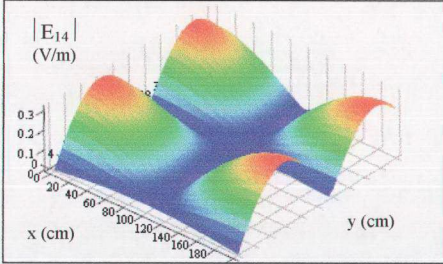
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

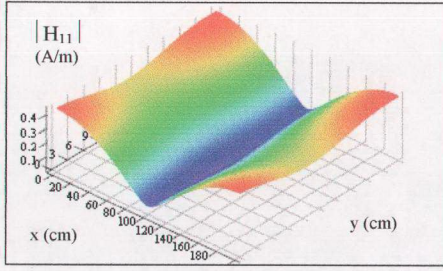


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

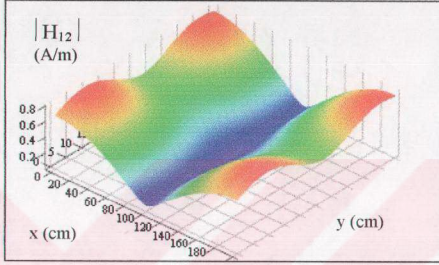


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

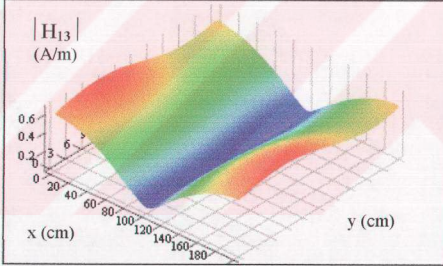
Şekil 3.8 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 5 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



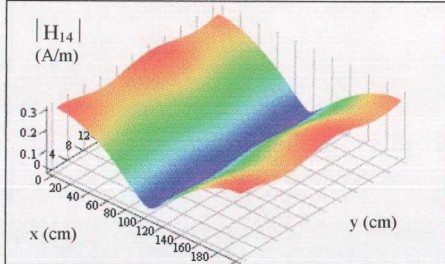
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

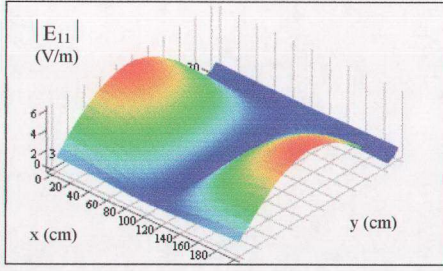


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

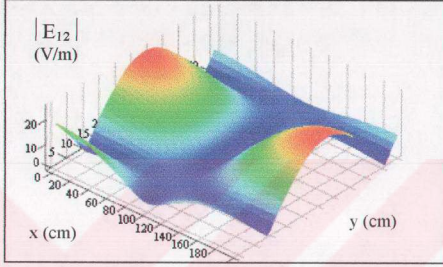


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

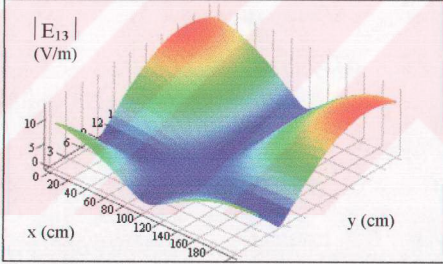
Şekil 3.9 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 5 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



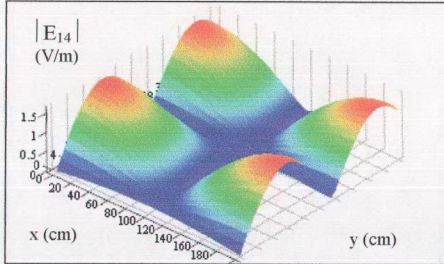
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

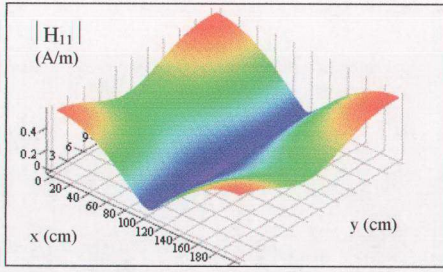


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

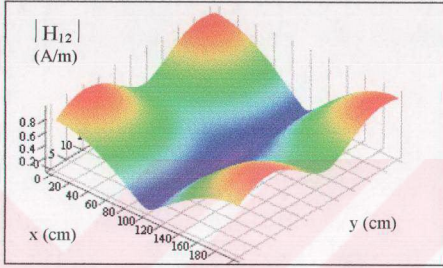


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

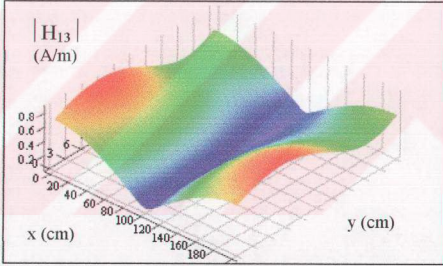
Şekil 3.10 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



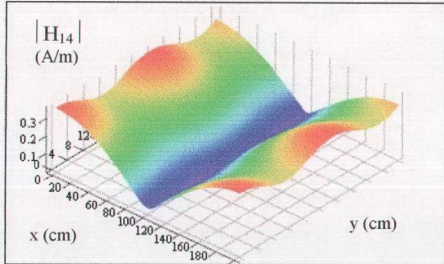
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

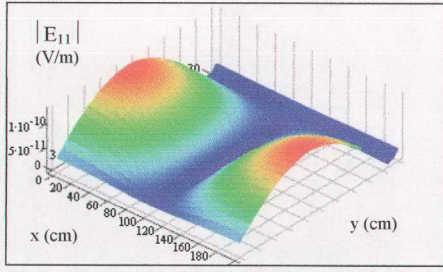


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

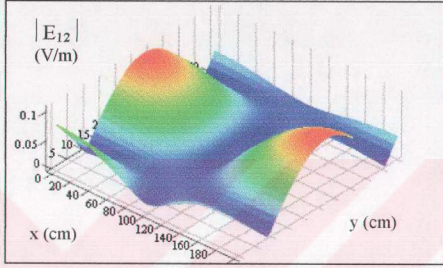


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

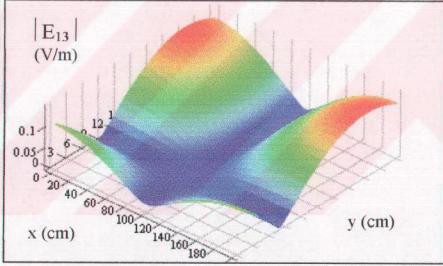
Şekil 3.11 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



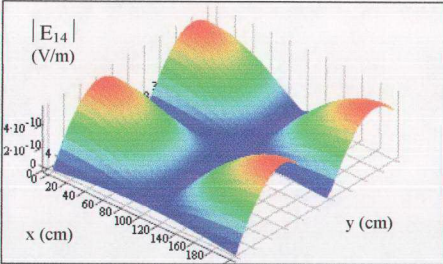
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

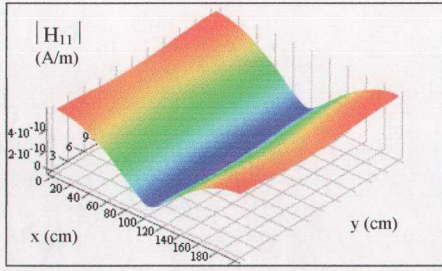


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

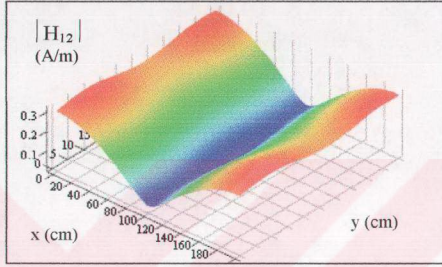


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

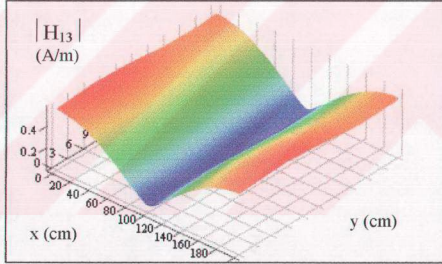
Şekil 3.12 (-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



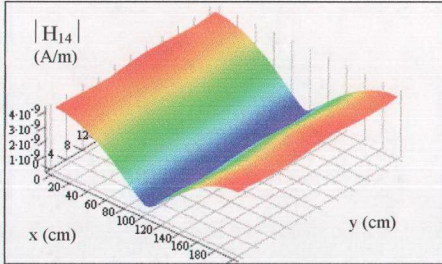
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

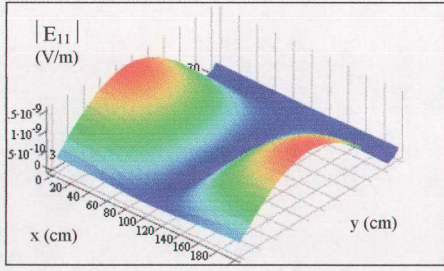


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

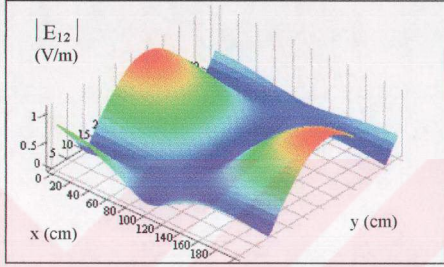


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

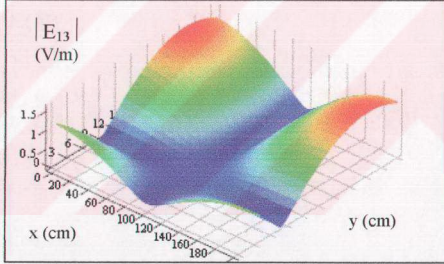
Şekil 3.13 (-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



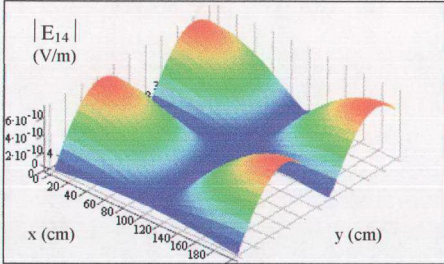
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

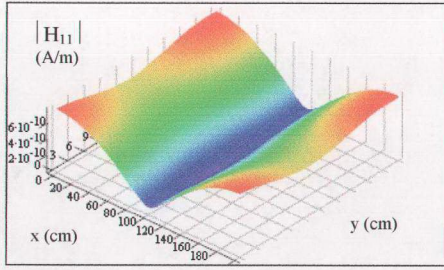


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

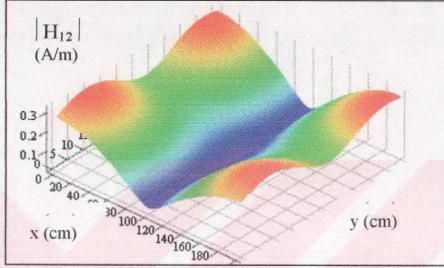


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

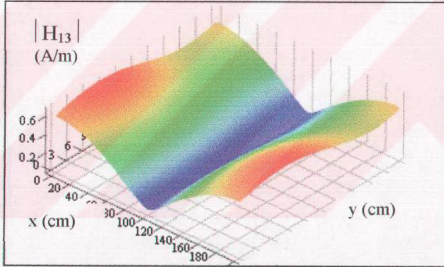
Şekil 3.14 (-z) yönünde $z = 0$ süresizliğinden yansıyan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 5 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$)



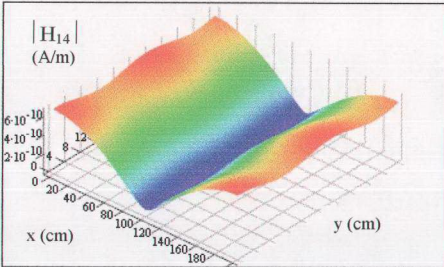
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

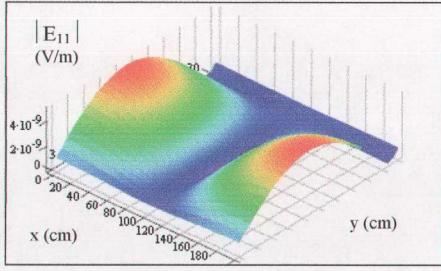


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

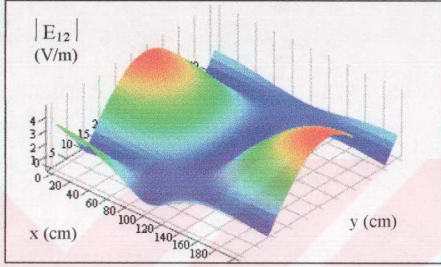


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

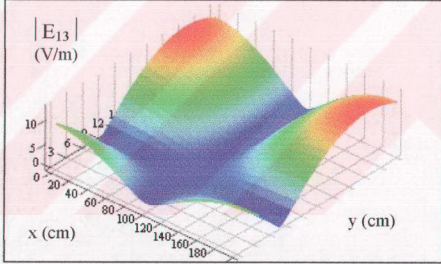
Şekil 3.15 (-z) yönünde $z=0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f=5 \text{ GHz}, z=-0.1 \text{ cm}, t=0, m=1, k_{11y}=1033, k_{12y}=855, k_{13y}=967, k_{14y}=1351$)



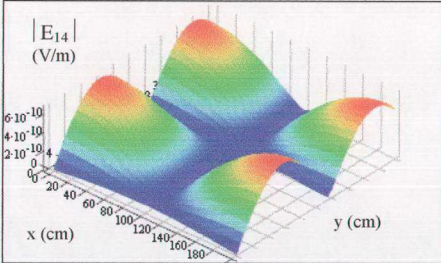
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

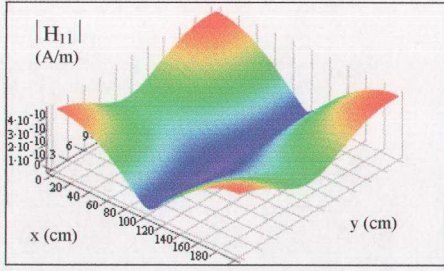


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

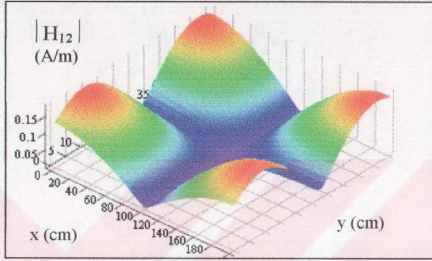


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

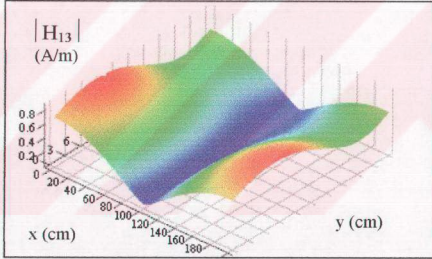
Şekil 3.16 (-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



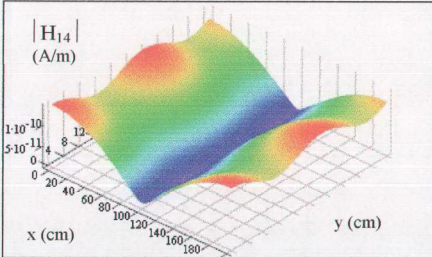
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

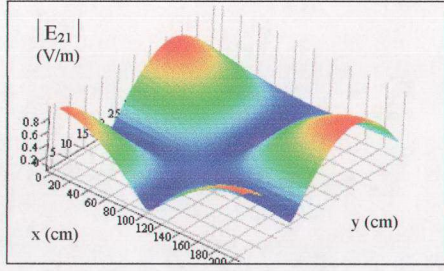
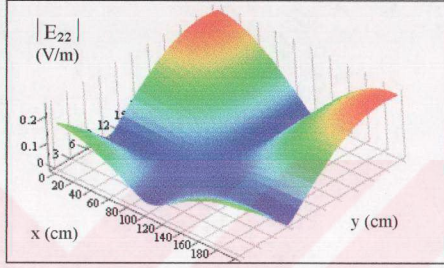
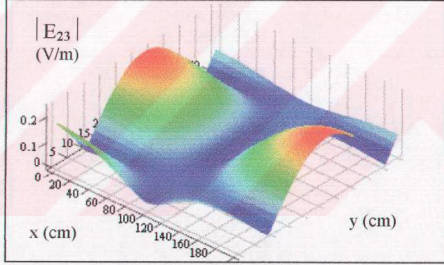
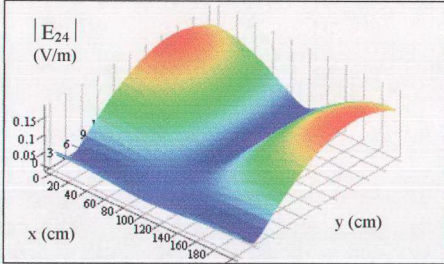


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

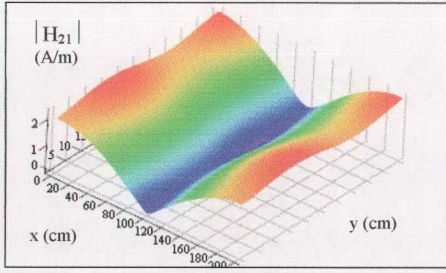
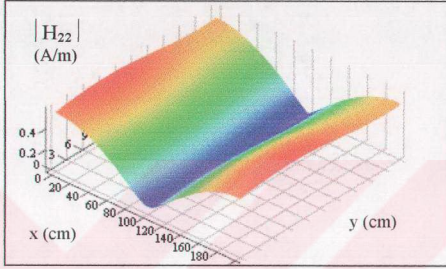
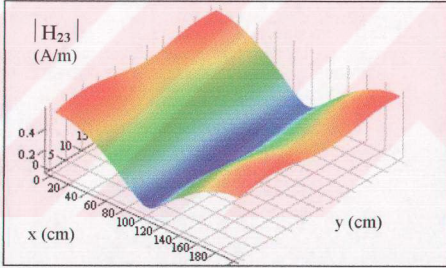
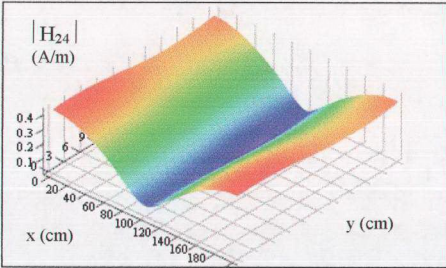


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

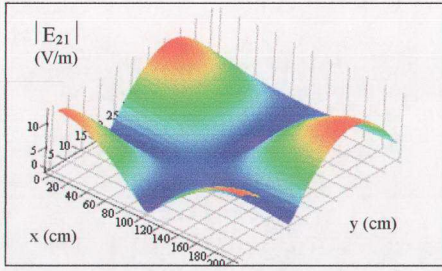
Şekil 3.17 (-z) yönünde $z = 0$ süreksizliğinden yansıyan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

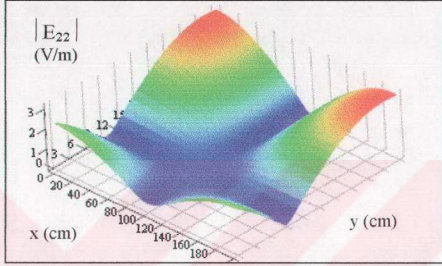
Şekil 3.18 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f=3 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (d = 1.5 \text{ cm}, e = 2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (c = 1.2 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.2 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

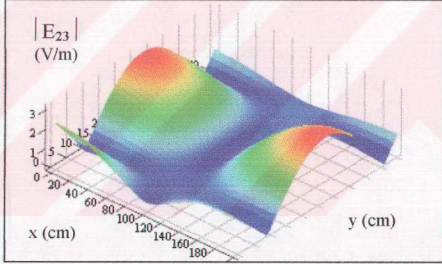
Şekil 3.19 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f=3 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)



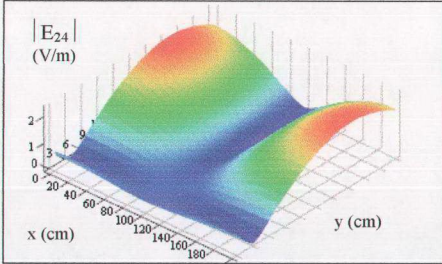
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$

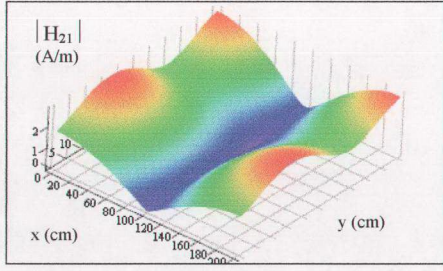
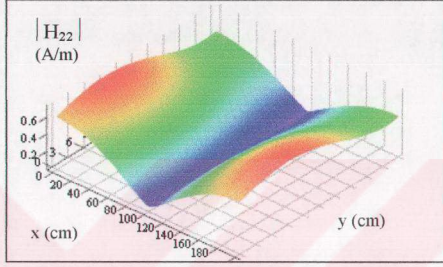
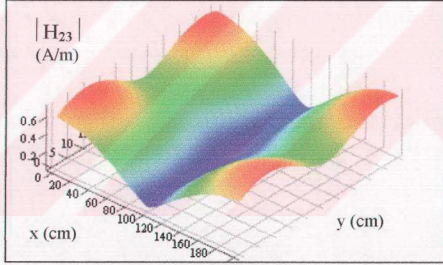
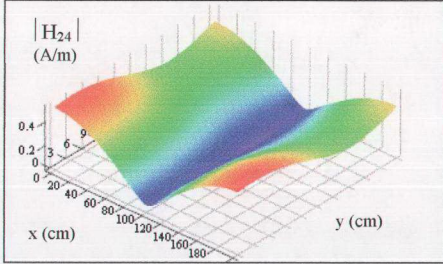


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

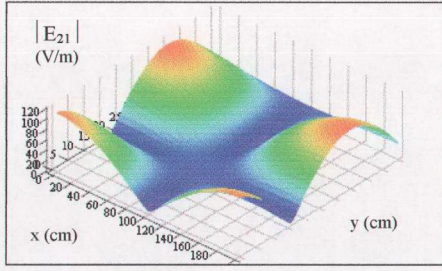
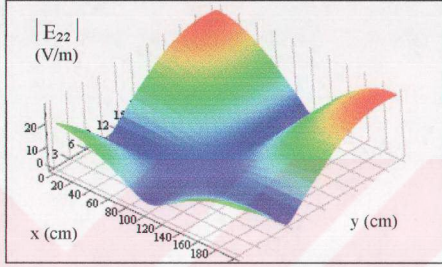
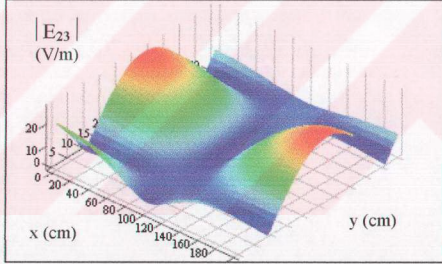
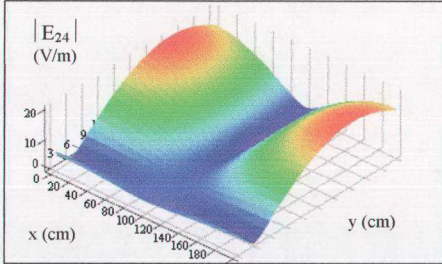


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

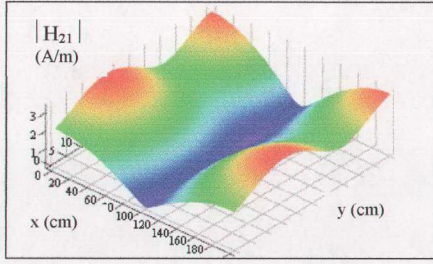
Şekil 3.20 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f=5 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

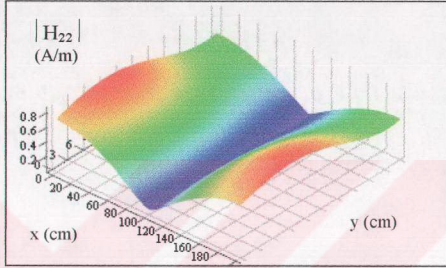
Şekil 3.21 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanın x - y düzleminde dağılımı
 ($f=5 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

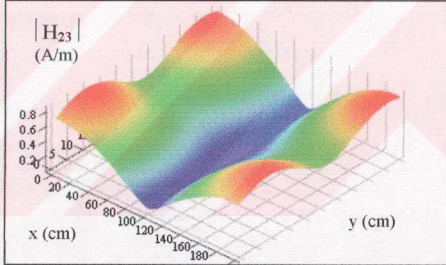
Şekil 3.22 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f=7 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}=k_{12y}$)



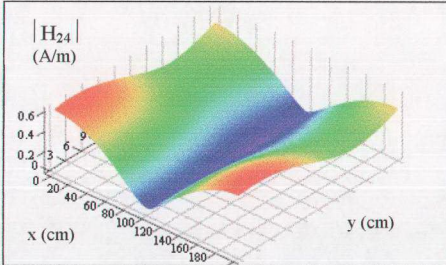
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (d = 1.5 \text{ cm}, e = 2 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (c = 1.2 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$

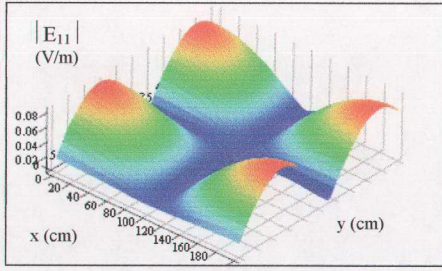


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.2 \text{ cm})$

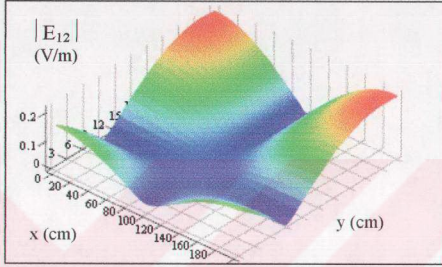


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

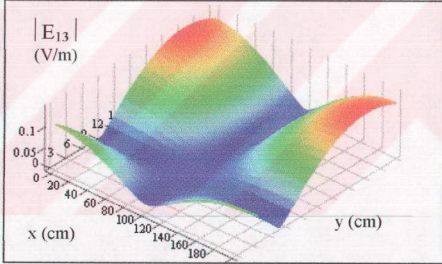
Şekil 3.23 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 7 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$, $k_{21y} = k_{22y} = k_{23y} = k_{24y} = k_{12y}$)



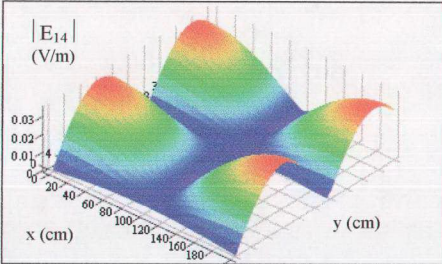
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$

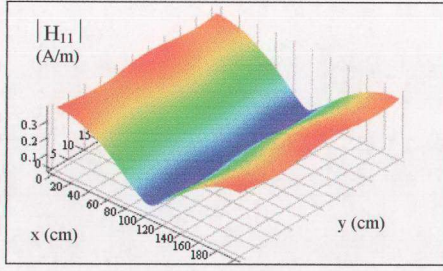


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

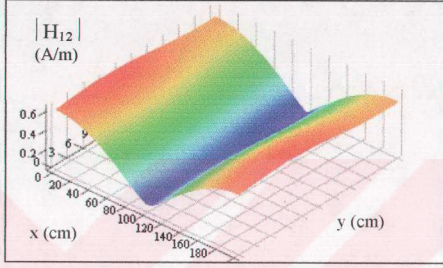


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

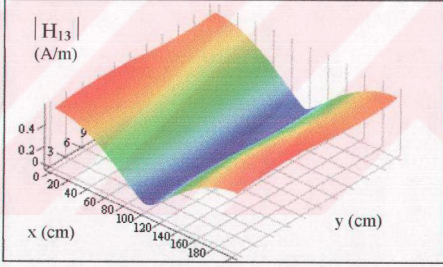
Şekil 3.24 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



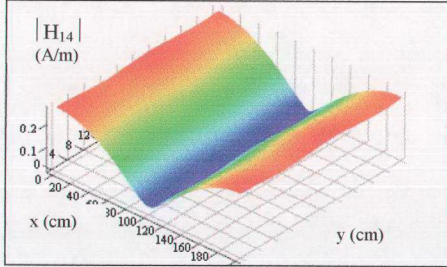
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$

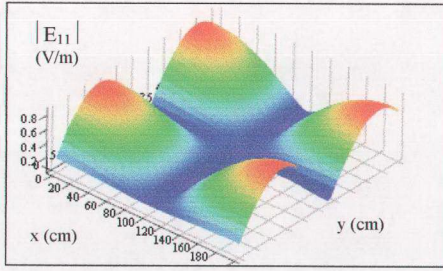


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

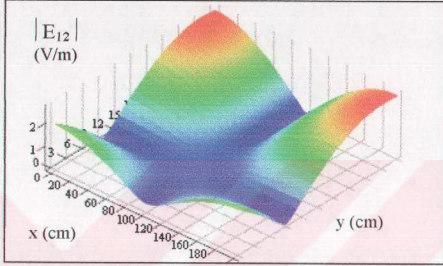


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

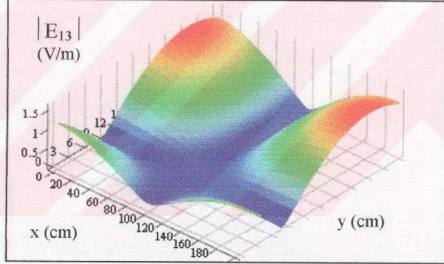
Şekil 3.25 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



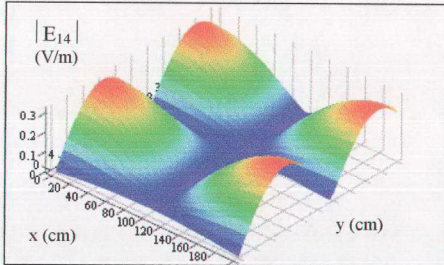
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$

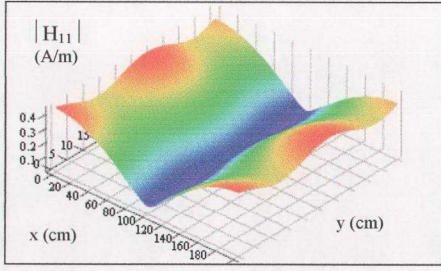
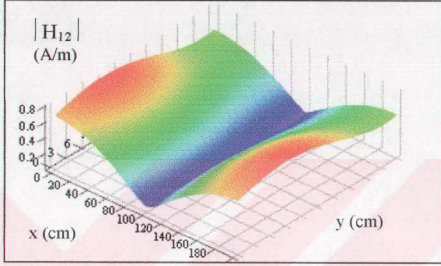
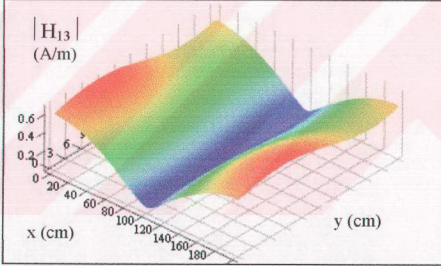
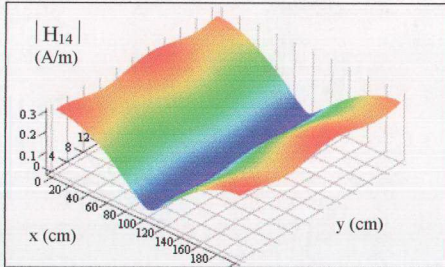


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

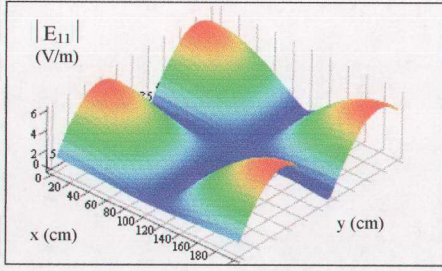


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

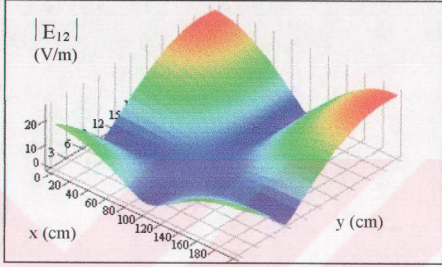
Şekil 3.26 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 5 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)

(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

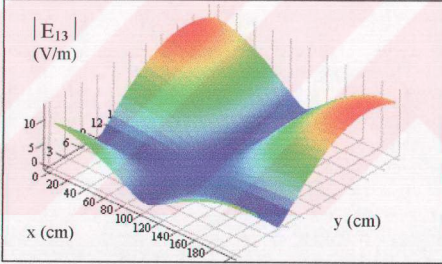
Şekil 3.27 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 5 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



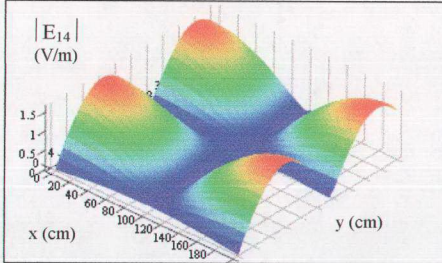
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$

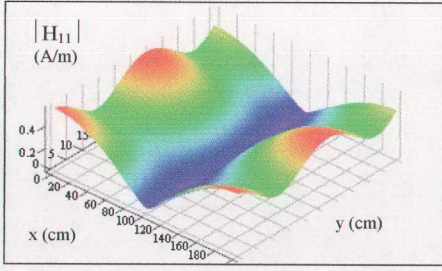


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

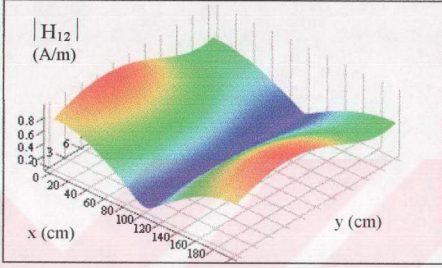


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm}), y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

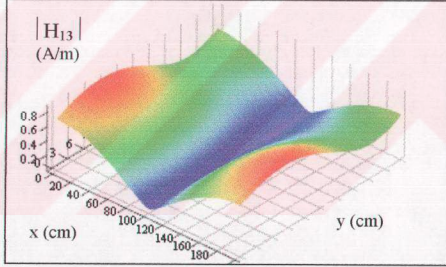
Şekil 3.28 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



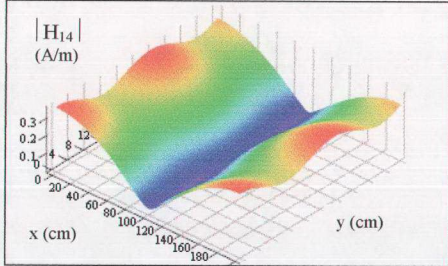
(a) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (c = 1.0 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.0 \text{ cm})$

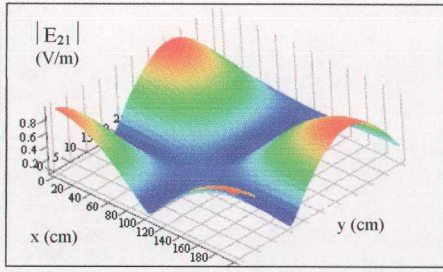


(c) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

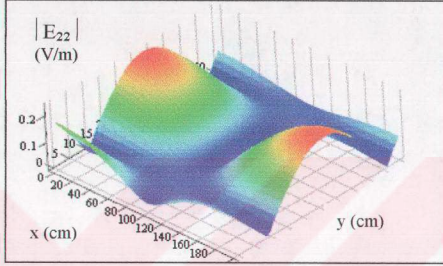


(d) $x \in (0, g = 2 \text{ cm})$, $y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

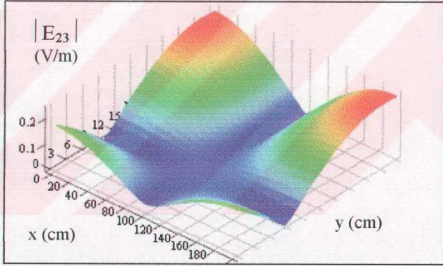
Şekil 3.29 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 7 \text{ GHz}$, $z = -0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)



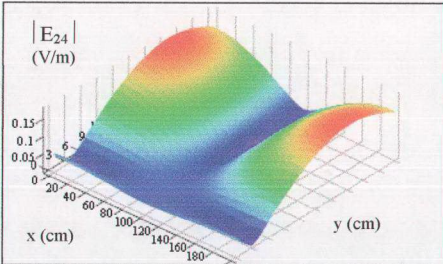
(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.0 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$

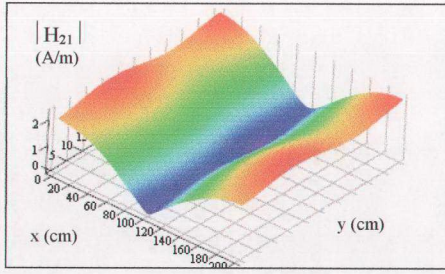
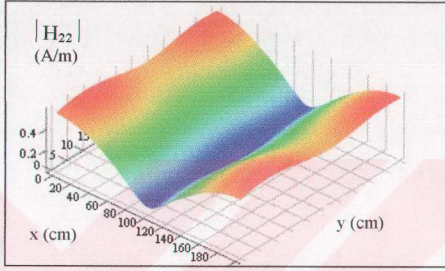
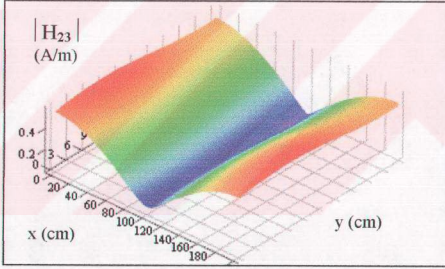
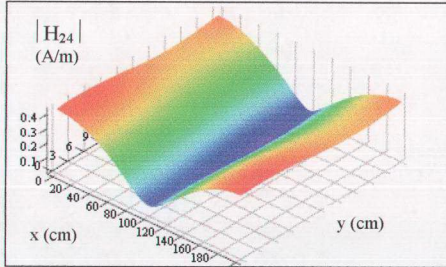


(c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.0 \text{ cm})$

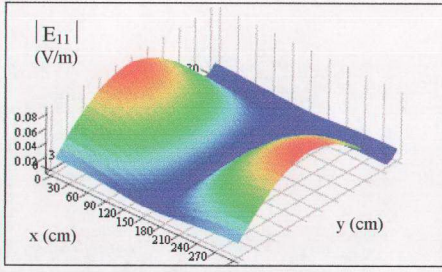


(d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

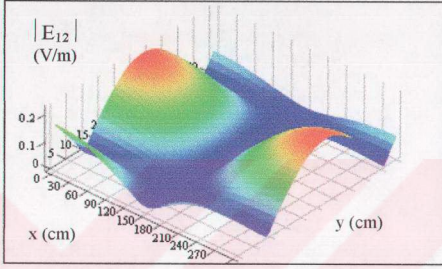
Şekil 3.30 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f=3 \text{ GHz}$, $z=+0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $c=1 \text{ cm}$, $m=1$, $k_{11y}=1033$, $k_{12y}=855$, $k_{13y}=967$, $k_{14y}=1351$, $k_{23y}=k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (c=1.0 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.0 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

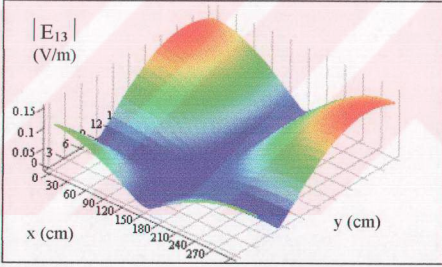
Şekil 3.31 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 3 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $c = 1 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$, $k_{23y} = k_{12y}$)



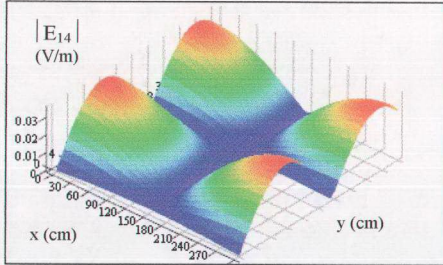
(a) $x \in (0, g = 3 \text{ cm})$, $y \in (c = 1.2 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g = 3 \text{ cm})$, $y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.2 \text{ cm})$

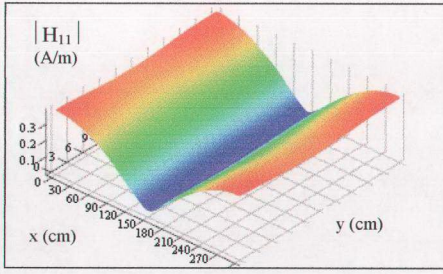
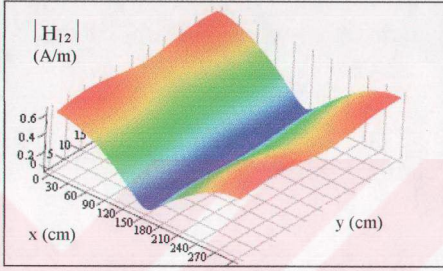
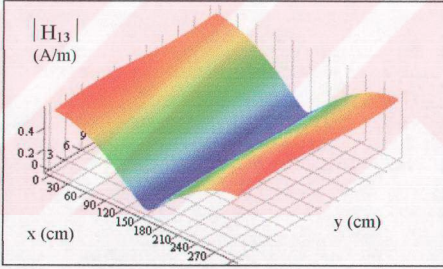
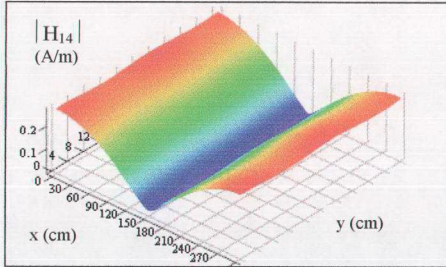


(c) $x \in (0, g = 3 \text{ cm})$, $y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$

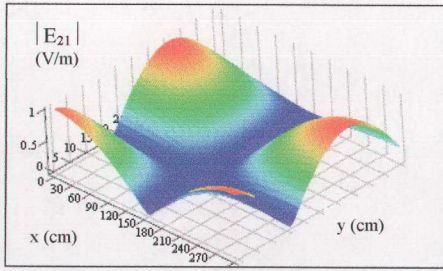
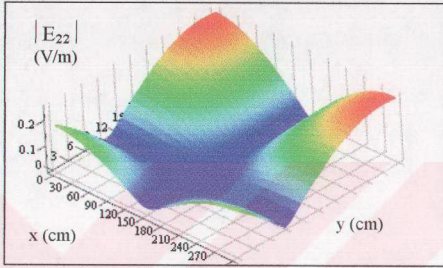
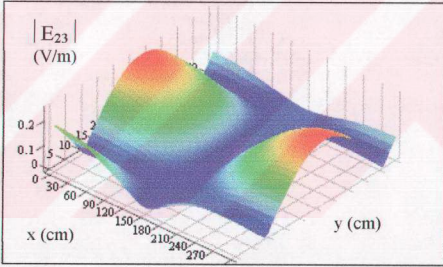
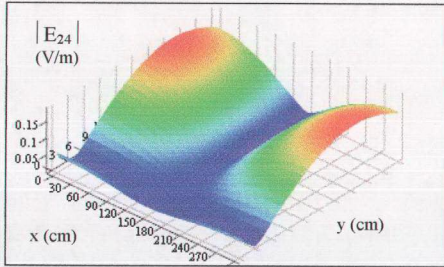


(d) $x \in (0, g = 3 \text{ cm})$, $y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

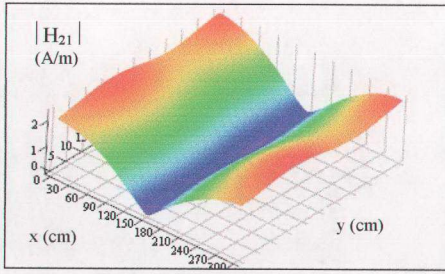
Şekil 3.32 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
($f = 3 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $g = 3 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)

(a) $x \in (0, g = 3 \text{ cm}), y \in (c = 1.2 \text{ cm}, d = 1.5 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g = 3 \text{ cm}), y \in (b = 0.7 \text{ cm}, c = 1.2 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g = 3 \text{ cm}), y \in (a = 0.4 \text{ cm}, b = 0.7 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g = 3 \text{ cm}), y \in (0, a = 0.4 \text{ cm})$

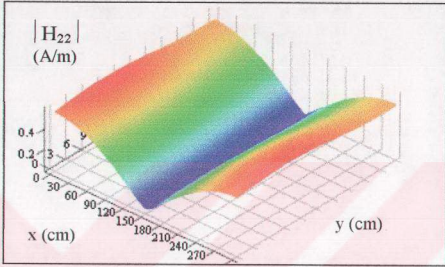
Şekil 3.33 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 3 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $g = 3 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$)

(a) $x \in (0, g=3 \text{ cm}), y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=3 \text{ cm}), y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=3 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=3 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

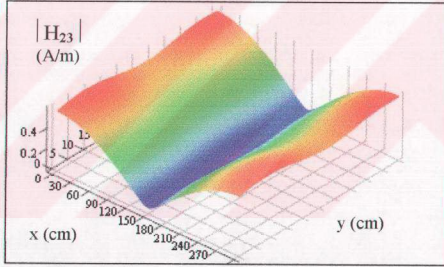
Şekil 3.34 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 3 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $g = 3 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$, $k_{23y} = k_{12y}$)



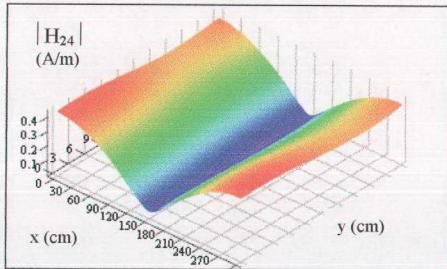
(a) $x \in (0, g=3 \text{ cm})$, $y \in (d=1.5 \text{ cm}, e=2 \text{ cm})$



(b) $x \in (0, g=3 \text{ cm})$, $y \in (c=1.2 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$

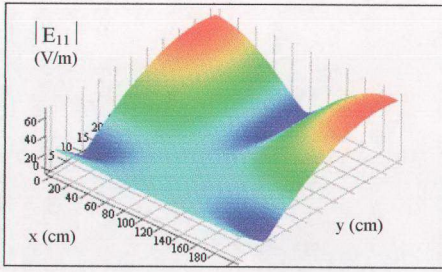
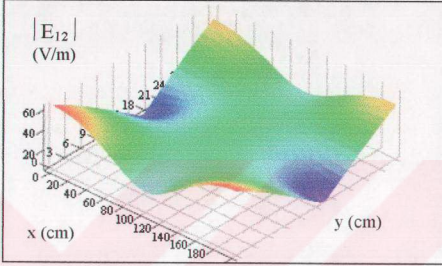
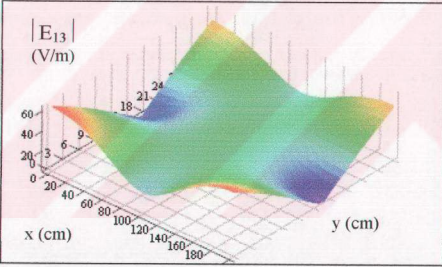
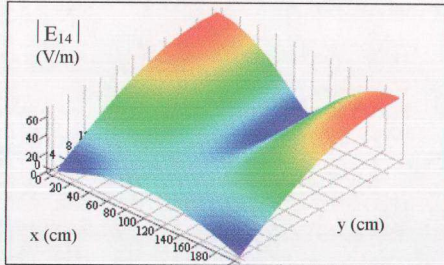


(c) $x \in (0, g=3 \text{ cm})$, $y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.2 \text{ cm})$

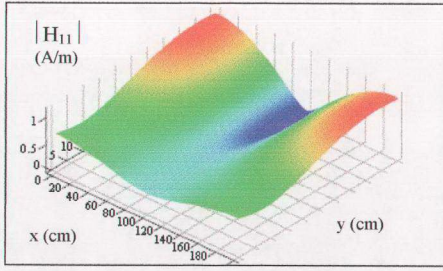
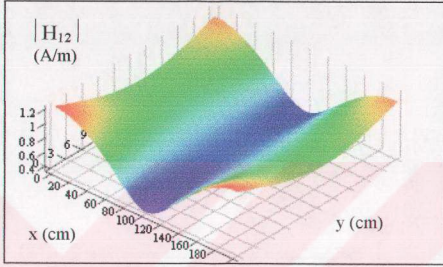
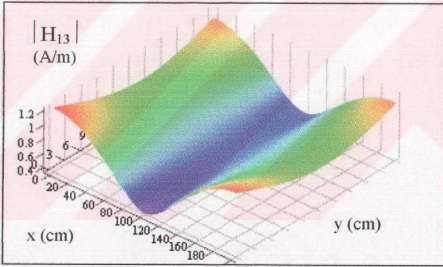
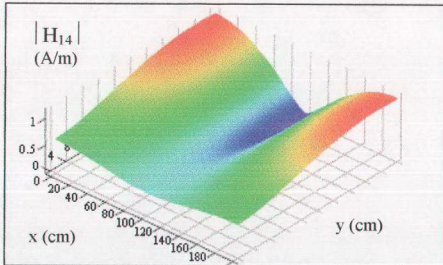


(d) $x \in (0, g=3 \text{ cm})$, $y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$

Şekil 3.35 (+z) yönünde $z > 0$ bölgesinde yayılan magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f = 3 \text{ GHz}$, $z = +0.1 \text{ cm}$, $t = 0$, $g = 3 \text{ cm}$, $m = 1$, $k_{11y} = 1033$, $k_{12y} = 855$, $k_{13y} = 967$, $k_{14y} = 1351$, $k_{23y} = k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.0 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.0 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

Şekil 3.36 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen elektrik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f=7 \text{ GHz}$, $z=-0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $c=1 \text{ cm}$, $m=1$, $k_{11y}=443.12$, $k_{12y}=474.84$, $k_{13y}=474.84$, $k_{14y}=443.12$, $k_{23y}=k_{12y}$)

(a) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (c=1.0 \text{ cm}, d=1.5 \text{ cm})$ (b) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (b=0.7 \text{ cm}, c=1.0 \text{ cm})$ (c) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (a=0.4 \text{ cm}, b=0.7 \text{ cm})$ (d) $x \in (0, g=2 \text{ cm}), y \in (0, a=0.4 \text{ cm})$

Şekil 3.37 (+z) yönünde $z = 0$ süreksizliğine gelen magnetik alanın x-y düzleminde dağılımı
 ($f=7 \text{ GHz}$, $z=-0.1 \text{ cm}$, $t=0$, $c=1 \text{ cm}$, $m=1$, $k_{11y}=443.12$, $k_{12y}=474.84$, $k_{13y}=474.84$, $k_{14y}=443.12$, $k_{23y}=k_{12y}$)

Analitik hesaplamalar sonucunda, ele alınan durum için (2) numaralı dalga kılavuzunun her bölgesinde k_{2vy} seperasyon sabitinin eşit olduğu belirlenmiş ($k_{21y}=k_{22y}=k_{23y}=k_{24y}$) ve bu seperasyon sabitinin (2) ile (1) numaralı dalga kılavuzunun birbiriyle birleştiği arakesit yüzeyinde, (1) numaralı dalga kılavuzunun ilgili alt bölgesinin seperasyon sabitine (k_{12y}) özdeş olduğu bulunmuştur. Buradan hareketle bir kez (1) numaralı dalga kılavuzunun ilgili alt bölgesine ait k_{12y} seperasyon sabiti bilindiği zaman, (2) numaralı dalga kılavuzunda yayılacak olan dalganın k_{23y} seperasyon sabiti de belirlenmiş olmaktadır. Her iki dalga kılavuzunda propagasyon olabilmesi için gerek koşul, herbir ortamın ortam parametrelerinin ilgili çalışma frekansındaki propagasyonu desteklemesidir. Çalışma frekansı bunun dışında süreksizlikten geriye doğru yansıyan ve (2) numaralı dalga kılavuzunda ilerleyen dalganın x-y düzleminde dağılımını de belirlemektedir. Sonuç itibarıyla, dalga kılavuzu içerisinde yayılan dalganın miktarı, yapının boyutu ve konfigürasyonu yanında içerdiği dispersif dielektrik malzeme ile kontrol edilebilmektedir.

Literatürde yapılan çalışmaların birçoğunda içi boş veya kısmen dielektrik malzeme ile dolu dikdörtgen dalga kılavuzlarının incelendiği ve genellikle ortamın sabit dielektrik permitiviteye sahip dielektrik malzeme ile dolu düşünüldüğü dikkate alındığında, örneğin frekansa bağlı bir yapıya sahip insanlar üzerindeki incelemeler önem taşımaktadır. Örneğin MR uygulamaları gözönüne alınsın; MR kabini bir dalga kılavuzudur ve bu kabin içerisine konan insan bir dispersif ortam tanımlar. Bu aşamada, kısmen dispersif dielektrik malzeme ile dolu dikdörtgen dalga kılavuzu yapılarını incelemek probleme katkı sağlayacaktır (Ramiz ve Şengör, 2000).

Mikrodalga devreleri açısından pratikte önem taşıyan bir durum ise 3-kapılı dalga kılavuzu güç bölücü elemanlarının tasarımıdır. Belirli bir frekansta, özel bir yapı için tanımlanan güç bölücü devrelerinin yanında jonksiyon bölgesi dispersif dielektrik malzeme ile dolu dalga kılavuzu T-jonksiyonu, dispersif malzemenin özelliğinden dolayı uygulama açısından büyük yararlar sağlayabilir (Ramiz ve Şengör, 2000).

Kaynaklar

C.G.Montgomery, R.H.Dicke and E.M.Purcell, (Eds.) (1948), Principles of Microwave Circuits, New York:McGraw-Hill, 1948.

N.Marcuvitz (1951), Waveguide Handbook, New York:McGraw-Hill, 1951, pp.179-216.

L.Lewin (1951), Advanced Theory of Waveguides, London, Iliffe, 1951.

A.Erdelyi,Ed.(1954), Tables of Integral Transforms, vol.I, New York: McGraw-Hill, 1954.

R.E.Collin (1960), Field Theory of Guided Waves, New York:McGraw-Hill, 1960.

R.F. Harrington (1961), Time-Harmonic Electromagnetic Fields, McGraw-Hill Book Co., 1961, Chapt. 8.

H.Jasik,ed. (1963), Antennas Engineering Handbook, New York: McGraw-Hill, 1961.

R.Mittra (1963), "Relative convergence of the solution of a doubly infinite set of equations", J.Res. Nat. Bur. Stand. ,vol.67D, pp.245-254, 1963.

P.D.Potter (1963), "A new horn antenna with suppressed sidelobes and equal beamwidth", Microwave J., vol.6, pp.71-78, June 1963.

M.Abramowitz and I.A.Stegun (1965), Handbook of Mathematical Functions, New York:Dover, 1965.

P.M.Russo, R.C.Rudduck and L.J.Peters (1965), "A method for computing E-plane patterns of horn antennas", IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol.AP-13, pp.219-224, March 1965.

J.S.Yu, R.C.Rudduck and L.J.Peters (1966), "Comprehensive analysis for E-plane of horn antennas by edge diffraction theory", IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol.AP-14, pp.138-149, March 1966.

A.Wexler (1967), "Solution of waveguide discontinuities by modal analysis", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-15, pp.508-517, 1967.

W.F.Croswell, R.C.Rudduck and D.M.Hatcher (1967), "The admittance of a rectangular waveguide radiating into a dielectric slab", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-15, pp.627-633, September, 1967.

R.F.Harrington (1968), Field Computation by Moment Methods, New York:McMillan, 1968.

J.Schwinger and D.S.Saxson (1968), Discontinuities in Waveguides, New York: Gordon and Breach, 1968.

H.Y.Yee and L.B.Felson (1969), "Ray-optical analysis of electromagnetic scattering in waveguide", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-17, pp.671-683, September, 1969.

G.H.Bryant (1969), "Propagation in corrugated waveguides", Proc.Inst.Elec. Eng., vol.16, pp.203-213, Feb.1969.

R.Mittra and S.W.Lee (1971), *Analytical Techniques in the Theory of Guided Waves*, New York:MacMillan,1971.

P.H.Masterman and P.J.B.Clarricoats (1971), "Computer field-matching solution of waveguide transverse discontinuities", *Proc. Inst. Elec. Eng.*, vol.118, pp.51-63, 1971.

S.W.Lee, W.R.Jones and J.J.Campbell (1971), "Convergence of numerical solutions of iris-type discontinuity problems", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.MTT-19, pp.528-536, 1971.

P.J.B.Clarricoats and P.K.Saha (1971), "Propagation and radiation behaviour of corrugated feeds", *Proc. Inst. Elec.Eng.*, vol.18, no.9, pp.167-186, Sept.1971.

R.Mittra, T.Itoh and T.S.Li (1972), "Analytical and numerical studies of the relative convergence phenomenon arising in the solution of an integral equation by the moment method", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*,vol.MTT-20, pp.96-104, 1972.

S.-C.Wu and Y.L.Chow (1972), "An application of the moment method to waveguide scattering problems", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.MTT-20, pp.744-749, November, 1972.

J.P.Montgomery and L.Lewin (1972), "Note on an E-plane waveguide step with simultaneous change of media", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.MTT-20, pp.763-764, 1972.

J.Meixner (1972), "The behaviour of electromagnetic fields at edges", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*,vol.AP-20, pp.442-446, 1972.

Y.L.Chow and S.-C.Wu (1973), "A moment method with mixed basis functions for scattering by waveguide junctions", *IEEE Microwave Theory Tech.*, vol.MTT-21, pp.333-340, May, 1973.

C.C.Han and A.N.Wickert (1974), "A new rectangular horn antenna generating a circularly polarized elliptical beam", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.AP-22, pp.746-751, Nov.1974.

L.Lewin (1975), *Theory of Waveguides*, London:Newness-Butterworths, 1975.

R.Baldwin and P.McInnes (1975), "A rectangular corrugated feed horn", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.AP-23, pp.814-817, Nov.1975.

R.F.Harrington and J.R.Mautz (1975), "A generalized network formulation for aperture problems", Syracuse, NY.Sci.Rep.8, Contract F19628-73-C-0047, A.F.Cambridge Res. Lab. And Syracuse Univ., Nov. 1975.

R.F.Harrington and J.R.Mautz (1976), "A generalized network formulation for the aperture problems", *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol.AP-24, pp.870-873, November 1976.

J.R.Mautz and R.F.Harrington (1976), "Transmission from a rectangular waveguide into half-space through a rectangular aperture", Department of Electrical and Computer Engineering, Syracuse University, Tech. Rep.TR-76-5, May 1976.

J.R.Mautz and R.F.Harrington (1976), "Electromagnetic transmission through a rectangular aperture in a perfectly conducting plane", A.F.Cambridge Res. Lab. And Syracuse, NY.Sci.Rep.10, Contract, F19628-73-C-0047, Feb.1976.

A.W.Love (1976), "Electromagnetic Horn Antennas", IEEE Press Selected Reprint Series, IEEE Press 1976.

J.R.Mautz and R.F.Harrington (1976), "Electromagnetic transmission through a rectangular aperture in a perfectly conducting plane", A.F.Cambridge Res. Lab. And Syracuse, NY.Sci.Rep.10, Contract, F19628-73-C-0047, Feb.1976.

S.S.Saad, J.B.Davies and O.J.Davies (1977), "Computer analysis of gradually tapered waveguide with arbitrary cross-sections", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-25, pp.437-440, May 1977.

S.S.Saad, J.B.Davies and O.J.Davies (1977),"Electromagnetic transmission through an aperture in a conducting plane", AEU, vol.31, pp.81-87, Feb.1977.

A.R.Jamieson and T.E.Rozzi (1977), "Rigorous analysis of cross-polarization in flange-mounted rectangular waveguide radiators", Electron. Lett., vol.13, pp.742-744, Nov.1977.

J.R.Mautz and R.F.Harrington (1978), "Transmission from a rectangular waveguide into half space through rectangular aperture", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-26, pp.44-45, Jan.1978.

K.R.Goudey and A.F.Sciambi (1978), "High power X-band monopulse tracking feed for the Lincoln laboratory long-range imaging radar", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-26, pp.326-332, May 1978.

T.Ruehle and L.Lewin (1979), "The E-plane step-diaphragm junction discontinuity", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-27, pp.158-160, 1979.

F.Sporleder and H.-G.Unger (1979), Waveguide Tapers Transitions and Couplers, London:Peregrinus Ltd.,1979.

D.Fasold and H.Pecher (1979), "Gain of rectangular corrugated horns", Microwave J., vol.22, p.124-128, March 1979.

R.H.McPhie and A.I.Zaghloul (1980), "Radiation from a rectangular waveguide with infinite flange-Exact solution by the correlations matrix method", IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol.AP-28, pp.497-503, July 1980.

M.S.Navarro, T.E.Rozzi and Y.T.Lo (1980), "Propagation in a rectangular waveguide periodically loaded with resonant irises", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-28, pp.857-867, Aug.1980.

G.L.James (1981), "Analysis and Design of TE_{11} to HE_{11} corrugated cylindrical waveguide mode converters", IEEE Trans.Microwave Theory Tech., Vol.MTT-29, pp.1059-1066, October 1981.

R.Safavi-Naini and R.H.MacPhie (1981), "On solving waveguide junction scattering problems by the conservation of complex power technique", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-29, pp.337-343, April, 1981.

R.S.Elliott (1981), Antennas Theory and Design, Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1981.

G.L.James (1981), "Analysis and design of TE_{11} to HE_{11} corrugated cylindrical waveguide mode converters", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-29, pp.1059-1066, Oct.1981.

R.F.Harrington (1982), Field Computation by Moment Methods, New York: McMillan, 1968, Reprinted by Kreiger Publishing Co., Melburne, FL, 1982.

V.P.Lyapin, V.S.Mikhalevsky and G.P.Sinyavsky (1982), "Taking into account the edge condition in the problem of diffraction waves on step discontinuities in plate waveguides", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.1107-109, 1982.

E.M.Sich and R.H.Macphie (1982), "The conservation of complex power technique and E-plane step-diaphragm junction discontinuities", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.198-201, 1982.

C.A.Balanis (1982), Antenna Theory :Analysis and Design, New York: Wiley, 1982

A.W.Rudge, K.Milne, A.D.Olver and P.Knight (1982), The Handbook of Antenna Design, London, U.K.: Peregrinus, 1982, vol.1, ch.4.6.

R.C.Menedez and S.W.Lee (1982), "Analysis of rectangular horn antennas via uniform asymptotic theory", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-30, pp.241-250, March, 1982.

H.Patzelt and F.Arndt (1982), "Double-plane steps in rectangular waveguides and their application for transformers,irises and filters", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.771-776, May, 1982.

W.L.Ko, V.Jamnejad, R.Mittra and S.-W.Lee (1982), "Radiation from an open-ended waveguide with beam equalizer-A spectral domain analysis", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-30, pp.44-53, Jan.1982.

A.J.Fenn, G.A.Thiele and B.A.Munk (1982), "Moment method analysis of finite rectangular waveguide phased arrays", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-30, pp.554-563, July 1982.

A.J.Fenn, G.A.Thiele and B.A.Munk (1983), " On the problem of applying mode-matching techniques in analysing conical waveguide discontinuities", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.MTT-31, pp.718-723, September 1983.

H.Auda and R.F.Harrington (1983), "A Moment Solution for waveguide junction problems", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.MTT-31, July 1983.

R.F.Harrington (1983), "Field computation by moment methods", MacMillan, New York , 1968 (reprinted by Kreiger, Malabar, Florida, 1983).

- E.Kühn and V.Hombach (1983), "Computer-aided analysis of corrugated horns with axial or ring-loaded radial slots", Proc. ICAP'83, part 1, pp.127-131, 1983.
- P.J.B.Clarricoats and A.D.Olver (1983), *Corrugated Horns for Microwave Antennas*, London, U.K.: Peregrinus, 1983, ch.3.7.
- H.Auda and R.F.Harrington (1983), "A moment solution for waveguide junction problems", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-31, pp.515-519, July 1983
- H.M.Pickett, J.C.Hardy and J.Farhoomand (1984), "Characterisation of a dual-mode horn for submillimeter waveguides", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-32, pp.936-937, Aug.1984.
- E.Kühn and B.K.Watson (1984), "Rectangular corrugated horns-Analysis, design and evaluation", in Proc.14th European Microwave Conference, Sept. 1984, pp.221-227.
- F.Arndt, U. Tucholke and T.Wreidt (1984), "Computer-optimized multisection transformers between rectangular waveguides of adjacent frequency bands", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-32, pp.1479-1484, November, 1984.
- L.Botha and D.A.Mcnamara (1985), "Examination of antenna patterns of profiled horns using the method of moments", IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Dig., vol.1, Vancouver, pp.293-296, June 1985.
- V.Teodoridis, T.Sphicopoulos and F.E.Gardioli (1985), "The reflection from an open-ended rectangular waveguide terminated by a layered dielectric medium", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-33, pp.359-366, May 1985.
- C.Draggone (1985), "A rectangular horn of four corrugated plates", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-33, pp.160-164, February, 1985.
- F.Arndt, B.Koch, J.Orlok and N.Schröder (1985), "Field theory design of rectangular waveguide broad-wall metal-insert slot couplers for millimeter-wave applications", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-33, pp.95-104, Feb.1985.
- H.Schmeidel and F.Arndt (1985), "Mode transducer utilizing asymmetric waveguide narrow-wall coupling", in proc. 15th European Microwave Conf., Paris, Sept. 1985, pp.737-742.
- J.A.Encinar and J.M.Rebollar (1985), "Accurate analysis of feed-horns by a hybrid modal-spectral method", in IEEE Antennas Propagat.Soc. Int. Symp. Dig., Vancouver, June 1985, pp.331-334.
- J.A.Encinar and J.M.Rebollar (1985), "Radiation from open ended waveguide by hybrid modal-spectral method", in Proc. MELECON'85, vol.3, 1985, pp.201-205.
- S.N.Sinha, D.K.Mehra and R.P.Agarwal (1986), "Radiation from a waveguide-backed aperture in an infinite ground plane in the presence of a thin conducting plate", IEEE Trans. Antennas Propagation, vol.AP-34, pp.539-545, April 1986.
- J.A.Encinar and J.M.Rebollar (1986), "Convergence of numerical solutions of open-ended waveguide by modal analysis and hybrid modal-spectral techniques", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-34, pp.809-814, July 1986.

E.Lier (1986), "Cross polarization from dual mode horn antennas", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-34, pp.106-110, Jan.1986.

E.Kühn and B.Watson (1986), "Computer-aided design and performance evaluation of fully corrugated rectangular horns", in IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Dig., Philadelphia, June 1986, pp.795-798.

J.A.Encinar and J.M.Rebollar (1986), "Hybrid technique for analyzing corrugated and noncorrugated rectangular horns", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-34, pp.961-968, Aug.1986.

Y.Nikawa, T.Katsumata, M.Kikuchi and S.Mori (1986), "An electric field converging applicator with heating pattern controller for microwave hyperthermia", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-34, pp.631-635, May 1986.

J.R.Wait (1986), "Analysis of the radiation leakage for a four-aperture phased-array applicator in hyperthermia therapy", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-34, pp.539-541, May 1986.

U.Tucholke, F.Arndt and T.Wriedt (1986), "Field theory design of square waveguide irises polarizers", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-34, pp.156-160, January 1986.

J.M.Jarem (1986), "The input impedance and antenna characteristics of a cavity-backed plasma covered ground plane antenna", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-34, pp.262-267, Feb.1986.

M.Leong, P.S.Kooi and P.Chandra (1987), "A new class of basis functions for the solutions of the E-plane waveguide discontinuity Problem", IEEE Trans. ,Vol.MTT-35, No.8, pp.705-709, August 1987.

H.Flügel and E.Kühn (1988), "Computer-aided analysis and design of circular waveguide tapers", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-36, pp.332-336, Feb.1988.

C.A.Balanis (1989), Advanced Engineering Electromagnetics, New York:Wiley, 1989.

G.H.Golub and C.F.Van Loan (1989), Matrix Computations, Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 1989.

T.Wriedt, K.H.Wolff, F.Arndt and U.Tucholke (1989), "Rigorous hybrid field theoretic design of stepped rectangular waveguide mode converters including the horn transitions into half-space", IEEE Trans. Antennas Propagation, vol.AP-37, pp.780-790, June 1989.

W.A.Huting and K.J.Webb (1989), "Numerical solution of the continuous waveguide transition problem", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-37, pp.1802-1808, Nov.1989.

T.Wang, R.F.Harrington and J.R.Mautz (1990), "Electromagnetic scattering from and transmission through arbitrary apertures in conducting bodies", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.AP-38, pp.1805-1814, Nov.1990.

R.E.Collin (1991), "Field Theory of Guided Waves", 2nd edition, IEEE Press, 1991.

H.Moheb and L.Shafai (1991), "Applications of integral equations to numerical solution of radiation from horns" in program and abstract of north american radio science meeting, London, Ontario, Canada, p.285, June 1991.

D.S.Katz, M.J.Piket-May, A.Taflove and K.R.Umashankar (1991), "FDTD analysis of electromagnetic wave radiation from systems containing horn antennas", IEEE Trans. Antennas Propagation, vol.AP-39, pp.1203-1212, August 1991.

F.X.Canning (1991), "Direct solution of the EFIE with half the computation", IEEE Trans. Antennas Propagation, vol.AP-39, pp.18-119, Jan.1991.

P.A.Trikas and C.A.Balanis (1992), "Finite-difference time domain method for antenna radiation", IEEE Trans. Antennas Propagation, vol.AP-40, pp.334-340, March 1992.

L.Kefeng, C.A.Balanis, C.R.Birtcher and G.C.Barber (1993), "Analysis of pyramidal horn antennas using moment methods", IEEE Trans. On Antennas Propagat., vol.AP-41, pp.1379-1389, 1993.

Arun K.Bhattacharyya (1994), "Multimode moment method formulation for waveguide discontinuities", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-42, pp.1567-1571, 1994.

Şengör, T., (1998), "The Exact Approach Technique by Integral Representations," The XXVIII Moscow International Conference on Antenna Theory and Technology, Moscow (RUSSIA), September 22-24, 1998.

Ramiz, R., Şengör, T., (1999), "A Solution to the Discontinuity Problem in Waveguides Filled with Dispersive Materials", XXVIth General Assembly of the International Union of Radio Science, URSI'99, p.44, Toronto, CANADA, 13th – 21st August 1999.

Ramiz, R., Şengör, T., (2000), "A Three-Port Power Divider with Frequency Selective Waveguide", Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS'2000, Cambridge, MA. USA, 5th – 14th July 2000, **(INVITED PAPER)**.

Ramiz, R., Şengör, T., (2000), "A Rectangular Waveguide Partially Filled with Frequency Dependent Dielectric Materials", Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS'2000, Cambridge, MA. USA, 5th – 14th July 2000, **(INVITED PAPER)**.

Şengör, T., (2000), "First Order Multiple Inversions of Randomly Distributed Particles in a Dispersive Slab", Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS'2000, Cambridge, MA. USA, 5th – 14th July 2000, **(INVITED PAPER)**.

Ek-1. Kompleks Bağlı Permittivite Değerleri

No	Malzeme	ϵ_s	ϵ_∞	t_0 (sn)
1	Tissue	42	4	6.9×10^{-12}
2	Tissue	47	7	8×10^{-12}
3	Fiberglas	15	4.398	4.326×10^{-9}
4	Glass	5.25	5.163	1.768×10^{-10}
5	Nylon	3.9	3.028	1.183×10^{-9}
6	Kauçuk	3.3	2.66	2.122×10^{-10}
7	Parafin	2.25	1.78	5.082×10^{-14}
8	Pleksi glas	3.4	2.6	2.829×10^{-9}
9	Porselen	5.5	4.795	6.189×10^{-10}
10	Vazelin	2.16	1	5.714×10^{-14}
11	Serbest uzay	1	1	0

Kompleks permitivitenin reel ve imajiner bileşenlerine bağlı olarak $\hat{\epsilon}(f) = \hat{\epsilon}'(f) - i \cdot \hat{\epsilon}''(f)$ ile ifade edildiğinden hareketle, bazı malzemelerin kompleks permitivite değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Malzeme	Sıcaklık	Frekans (Hz)	$\hat{\epsilon}'(f)$	$\hat{\epsilon}''(f)$
Katı Kil	25°C	0,1 kHz	4,73	0,5700
		1 kHz	3,94	0,4700
		10 kHz	3,27	0,3900
		100 kHz	2,79	0,2800
		1 MHz	2,57	0,1700
		10 MHz	2,44	0,0980
		100 MHz	-	-
		300 MHz	2,38	0,0480
		3 GHz	2,27	0,0340
		10 GHz	2,16	0,0280
Fiberglas BK 174 (tabakalı)	24°C	0,1 kHz	14,20	3,6500
		1 kHz	9,80	2,5500
		10 kHz	7,20	1,1500
		100 kHz	5,90	0,5200
		1 MHz	5,30	0,2400
		10 MHz	5,00	0,1700
		100 MHz	4,80	0,1250
		300 MHz	4,54	0,1000
		3 GHz	4,40	0,1300
		10 GHz	4,37	0,1600
Cam, fosfat (%2 demir oksit)	25°C	0,1 kHz	5,25	0,0115
		1 kHz	5,25	0,0095
		10 kHz	5,25	0,0085
		100 kHz	5,25	0,0080
		1 MHz	5,25	0,0075
		10 MHz	5,25	0,0085

		100 MHz	5,24	0,0105
		300 MHz	5,23	0,0130
		3 GHz	5,17	0,0240
		10 GHz	5,00	0,0210
Kauçuk (gutta-percha)	25°C	0,1 kHz	2,61	0,0013
		1 kHz	2,60	0,0010
		10 kHz	2,58	0,0023
		100 kHz	2,55	0,0054
		1 MHz	2,53	0,0105
		10 MHz	2,50	0,0200
		100 MHz	2,47	0,0300
		300 MHz	2,45	0,0270
		3 GHz	2,40	0,0145
		10 GHz	2,38	0,0120
Naylon 66	25°C	0,1 kHz	3,88	0,0560
		1 kHz	3,75	0,0725
		10 kHz	3,60	0,0840
		100 kHz	3,45	0,0880
		1 MHz	3,33	0,0860
		10 MHz	3,24	0,0790
		100 MHz	3,16	0,0660
		300 MHz	-	-
		3 GHz	3,03	0,0390
		10 GHz	-	-
Kağıt (Royalgrey)	25°C	0,1 kHz	3,30	0,0190
		1 kHz	3,29	0,0250
		10 kHz	3,22	0,0380
		100 kHz	3,10	0,0620
		1 MHz	2,99	0,1150
		10 MHz	2,86	0,1600
		100 MHz	2,77	0,1800
		300 MHz	2,75	0,1800
		3 GHz	2,70	0,1500
		10 GHz	2,62	0,1050
Parafin (132° ASTM)	25°C	0,1 kHz	2,25	0,0005
		1 kHz	2,25	0,0005
		10 kHz	2,25	0,0005
		100 kHz	2,25	0,0005
		1 MHz	2,25	0,0005
		10 MHz	2,25	0,0005
		100 MHz	2,25	0,0005
		300 MHz	-	-
		3 GHz	2,25	0,00045
		10 GHz	2,24	0,0005
	81°C	0,1 kHz	2,02	0,0010
		1 kHz	2,02	0,00024
		10 kHz	2,02	0,0001
		100 kHz	2,02	0,0004
		1 MHz	2,02	0,0004
		10 MHz	2,02	0,0006

		100 MHz	-	-
		300 MHz	-	-
		3 GHz	2,00	0,00104
		10 GHz	-	-
Pleksiglas	27°C	0,1 kHz	3,40	0,2050
		1 kHz	3,12	0,1450
		10 kHz	2,95	0,0885
		100 kHz	2,84	0,0570
		1 MHz	2,76	0,0385
		10 MHz	2,71	0,0270
		100 MHz	-	-
		300 MHz	2,66	0,0165
		3 GHz	2,60	0,0150
		10 GHz	2,59	0,0175
Porselen (ıslak proses)	25°C	0,1 kHz	6,47	0,1800
		1 kHz	6,24	0,1100
		10 kHz	6,08	0,0800
		100 kHz	5,98	0,0630
		1 MHz	5,87	0,0530
		10 MHz	5,82	0,0670
		100 MHz	5,80	0,0780
		300 MHz	5,75	0,0805
		3 GHz	-	-
		10 GHz	5,51	0,0850
Kauçuk , pale crepe (Hevea)	25°C	0,1 kHz	2,40	0,0067
		1 kHz	2,40	0,0043
		10 kHz	2,40	0,0034
		100 kHz	2,40	0,0034
		1 MHz	2,40	0,0043
		10 MHz	2,40	0,0077
		100 MHz	2,40	0,0120
		300 MHz	-	-
		3 GHz	2,15	0,0065
		10 GHz	-	-
Teflon	22°C	0,1 kHz	2,10	0,0011
		1 kHz	2,10	0,0007
		10 kHz	2,10	0,0007
		100 kHz	2,10	0,0007
		1 MHz	2,10	0,0004
		10 MHz	2,10	0,0004
		100 MHz	2,10	0,0004
		300 MHz	2,10	0,0003
		3 GHz	2,10	0,0003
		10 GHz	2,08	0,0008
Vazelin	25°C	0,1 kHz	2,16	0,00065
		1 kHz	2,16	0,00043
		10 kHz	2,16	0,0004
		100 kHz	2,16	0,0002
		1 MHz	2,16	0,0002
		10 MHz	2,16	0,0007
		100 MHz	2,16	0,0009
		300 MHz	-	-
		3 GHz	2,16	0,0014
		10 GHz	2,16	0,0022

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.07.1971	
Doğum yeri	Lefkoşa, K.K.T.C.	
Lise	1986-1989	Lefkoşa Türk Lisesi
Lisans	1989-1993	Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1993-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı, Haberleşme Programı
Doktora	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı, Haberleşme Programı
Çalıştığı kurum(lar)	1995-	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Elektromagnetik Alanlar ve Mikrodalga Tekniği Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi