

ÇOKLU DİELEKTRİK ARAYÜZLER YARDIMI İLE DİELEKTRİK GEÇİRGENLİK ÖLÇÜMÜ

Serkan Aksoy^(1,2)

e-mail: saksoy@gyte.edu.tr

⁽¹⁾Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Bölümü
41400, Gebze, Kocaeli

⁽²⁾TUBITAK, MAM, Malzeme Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 41400, Gebze, Kocaeli

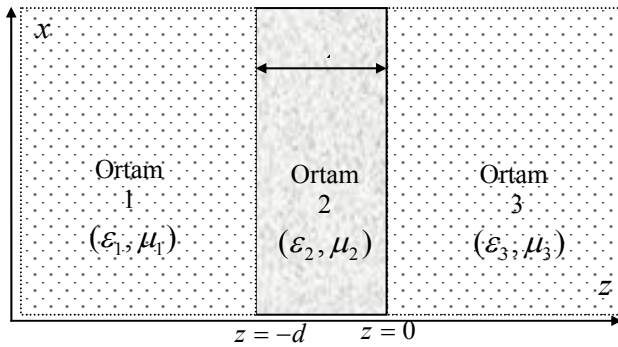
ÖZET

Elektromagnetik teorisinin birçok uygulaması elektromagnetik dalgaların çeşitli dielektrik arayüzlerden yansımaları ve iletimi ile ilgilidir. Farklı dielektrik arayüzlerin kullanımı ile ilgili en önemli pratik uygulamalardan biri çeşitli malzemelerin dielektrik sabitlerinin ölçümü ile ilgilidir. Bu çalışmada üç katlı bir dielektrik arayüz kullanılarak çeşitli malzemelerin dielektrik sabitleri 9 GHz frekansında ölçülmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dielektrik geçirgenlik ölçümü, iletim katsayısı

I. GİRİŞ

Elektromagnetik teorisinin bir çok uygulaması elektromagnetik dalgaların farklı özelliklere sahip dielektrik arayüzlerden yansımaları ve iletimi ile ilgilidir. Bu anlamda dielektrik arayüzler aracılığı ile farklı malzemelerin dielektrik geçirgenliklerinin ölçülmesi önemli bir pratik uygulamadır. Buradaki çalışmanın amacı özel olarak yüzey altı görüntüleme amaçlı kullanılacak olan dielektrik çubuk antenlerin optimizasyonunu sağlamak amacı ile dielektrik geçirgenliğin ölçülebilmesidir. Şekil 1 çoklu bir dielektrik arayüzün yapısını göstermektedir.



Şekil 1. Çoklu dielektrik arayüz yapısı

Şekil 1'deki her bir dielektrik ortam η_1 , η_2 , ve η_3 olmak üzere kendi karakteristik empedansları ile

modellenmişlerdir. İki numaralı ortam $z = -d$ ve $z = 0$ koordinatları boyunca sonsuz düzlemlerle ayrılmışlardır. Bu nedenle iki numaralı ortamın kalınlığı d olarak etkilidir. Ayrıca ϵ_i ve μ_i , $i = 1, 2, 3$ olmak üzere her bir ortamın dielektrik ve magnetik geçirgenliklerini göstermektedir.

II. ÇOKLU DİELEKTRİK ARAYÜZLERDE İLETİM KATSAYISININ HESAPLANMASI

Şekil 1'e göre 1 numaralı ortam boyunca 2 numaralı ortamın sınırına dik ve monokromatik bir düzlemsel dalga geldiği düşünülün. Bu durumda 1 ve 3 numaralı ortamlar arasındaki iletim katsayısı

$$T = \frac{4\eta_2\eta_3 e^{-j\beta_2 d}}{(\eta_2 + \eta_1)(\eta_3 + \eta_2) + (\eta_2 - \eta_1)(\eta_3 - \eta_2) e^{-j2\beta_2 d}} \quad (1)$$

şeklinde olacaktır [1]. Burada $\beta_2 = w\sqrt{\epsilon_2\mu_2}$ iki ortamının yayılım sabitini, $w = 2\pi f$ açılal frekansı göstermektedir. T ise $|T|$ genlik ϕ faz olmak üzere $T = |T|e^{-j\phi}$ olmak üzere iletim katsayısını gösterir.

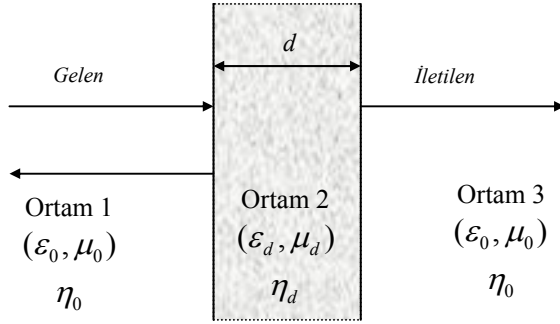
III. İLETİM KATSAYISININ TEK BİR DİELEKTRİK ORTAM İÇİN ANALİZİ

İncelenen malzemenin dielektrik geçirgenliğinin ölçülmesi için 1 ve 2 ortamları boş uzay 3 ortamı ise incelenecek malzeme olarak düşünülün. Bu durumda (1) denklemi yeniden düzenlenerek

$$T = \frac{4\eta_d\eta_o e^{-j\beta_d d}}{(\eta_o + \eta_d)(\eta_o + \eta_d) + (\eta_d - \eta_o)(\eta_o - \eta_d) e^{-j2\beta_d d}} \quad (2)$$

şeklinde bulunur. (2) denkleminde η_o boş uzayın karakteristik empedansı, η_d incelenen dielektrik

ortamın karakteristik empedansını, β_d ise dielektrik ortam içindeki yayılım sabitini göstermektedir. Şekil 2 tek bir düzlemsel dielektrik ortam için incelenecek yapıyı göstermektedir.



Şekil 2. Tek bir düzlemsel dielektrik ortam yapısı

IV. DIELEKTRİK GEÇİRGENLİK DEĞERİNİN SAPTANMASI

İncelenen malzemenin dielektrik sabitinin saptanabilmesi için şekil 2 gereği 1 ve 3 ortamları arasındaki iletim katsayısının ölçülmesi gerekmektedir. Ölçülen değer ve (2) denklemi ile hesaplanan değer eşit olması gerektiğinden (2) denklemi yeniden düzenlenerek (2) denkleminin bir kökü olarak dielektrik geçirgenlikler bulunabilir. $T_{hesaplanan} - T_{ölçülen} = 0$ olmak üzere (2) denklemi $\eta_d = \sqrt{\mu_d / \epsilon_d}$, $\eta_o = \sqrt{\mu_o / \epsilon_o}$, $\epsilon_{rd} = \epsilon_d / \epsilon_o$ ve $c = (\sqrt{\epsilon_o \mu_o})^{-1}$ bağıntıları yardımı ile aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

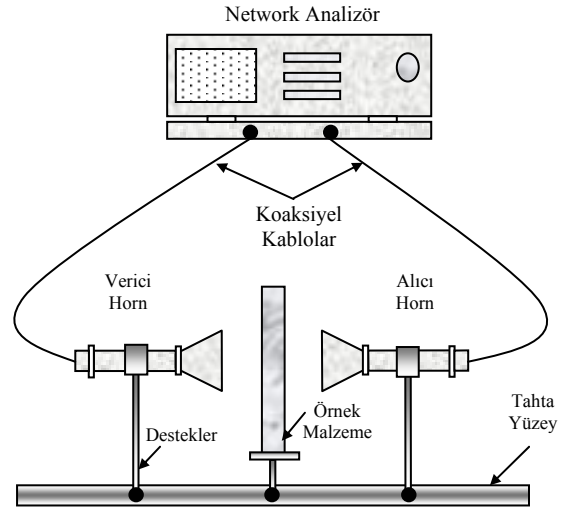
$$\sqrt{\epsilon_{rd}} \left[\left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon_{rd}}} + 1 \right)^2 - \left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon_{rd}}} - 1 \right)^2 e^{-j \frac{2wd}{c} \sqrt{\epsilon_{rd}}} \right] - T_{ölçülen} = 0 \quad (3)$$

Burada (3) denkleminin bir kökü olarak ϵ_{rd} büyüklüğü incelenen malzemenin dielektrik geçirgenliğini verir.

V. DENEY DÜZENEGİ

Dielektrik geçirgenlik ölçüm sistemi alıcı ve verici olarak kullanılan Horn antenler, dalga kılavuzları ve vektör network analizörden oluşmuştur. Network analizör alıcı ve vericinin birbirine direkt bağlanması ile öncelikle kalibre edilerek incelenen malzeme Horn antenler arasına yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. (2) denklemi gereğince teorik yaklaşım düzlemsel dalgalar üzerine kurulduğundan L incelenen cisim ve antenler arasındaki uzaklık, D maksimum boyutu, λ dalga boyu olmak üzere $L \gg 2D^2 / \lambda$ şartı gereği düzlemsel dalga

yaklaşımı pratik olarak sağlanmaya çalışılmıştır. Deney bakımından diğer bir önemli unsur incelenen malzemelerin teorik olarak x ekseninde boyunca sonsuz uzun olması gereksiniminin sağlanmasıdır. Bu gereklilik cisim boylarının D en az 5λ alınması ile sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca Horn antenlerin belirli açıklık boyunca ışın yapması söz konusu gereksinim bakımından yardımcı bir diğer etkidir. Kullanılan deney düzeneğini şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Dielektrik geçirgenlik ölçümü deney düzeneği

Yukarıdaki deney düzeneği kullanılarak, çeşitli standart malzemelerin dielektrik geçirgenlikleri test amaçlı ölçüldükten sonra beş farklı dielektrik malzeme için yapılan ölçüm sonuçları tablo 1'de verilmiştir.

Malzeme Kodu	Kalınlık (d), mm	Ölçülen Genlik (dB)	Ölçülen Faz (Degree)	$\approx \epsilon_r$
M1	18	-2	-89.4	9
M2	18	-2.28	-91.7	9
M3	18	-2.23	-27.4	17
M4	20	-3.9	-14.3	10
M5	17	-2.22	-162.2	9

Tablo 1. Ölçüm sonuçları

VI. SONUÇLAR

Dielektrik arayüzler yardımı ile malzemelerin dielektrik geçirgenliği ölçülmüştür. Bu metodun pratik açıdan en büyük dezavantajı incelenen malzemenin en azından iki yüzünün düzlem biçiminde hazırlanmış olması gerekliliğidir.

V. REFERANSLAR

[1] U.S. Inan, A.S. Inan, "Electromagnetic Waves", Prentice Hall, Inc., 2000, USA.