

## İki izorefraktif ortam arasına yerleştirilmiş empedans sınır koşuluna sahip yarım düzlemden düzlemsel dalgaların saçılması

Hüsnü Deniz BAŞDEMİR, Yusuf Ziya UMUL  
Çankaya Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Ankara  
[basdemir@cankaya.edu.tr](mailto:basdemir@cankaya.edu.tr), [z.umul@cankaya.edu.tr](mailto:z.umul@cankaya.edu.tr),

**Özet:** İki izorefraktif ortamın sınırına yerleştirilmiş empedans sınır koşuluna sahip bir yarım düzlemden düzlemsel dalgaların saçılması incelenir. Elde edilen alan ifadeleri sayısal olarak analiz edilir.

**Abstract:** Scattering of plane waves by an impedance half-plane residing at the interface between two isorefractive media are investigated. The obtained field expressions are analysed numerically.

### 1. Giriş

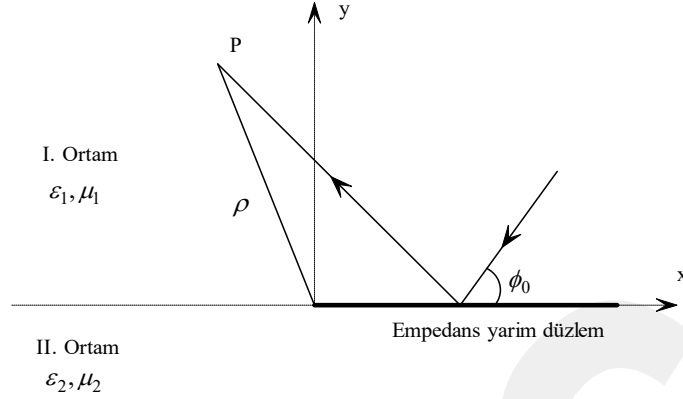
İki farklı ortamın sınırına çarpan dalgaların yayılımı, dalğanın enerjisi ile ilgilidir. Gelen alana ait enerjinin bir bölümü ortamların sınırından yansırken kalan kısmı diğer ortama iletilir. Gelen alana ait enerjideki bu bölünme yansıma ve geçiş katsayıları ile ilişkilidir [1]. Dielektrik ortamların özel bir formu olan izorefraktif ortamlar, farklı dielektrik ve farklı manyetik geçirgenlik sabitlerine sahip olmalarına rağmen aynı dalga sayısına sahiptirler, yani  $\varepsilon_1\mu_1 = \varepsilon_2\mu_2$  eşitliği geçerlidir [2]. İzorefraktif ortamların sınırlarına yerleştirilmiş geometrilerden saçılan alanların incelenmesi ile ilgili çok az sayıda çalışma literatürde mevcuttur. Bunlardan ilki düzlemsel dalga ile aydınlatılmış iki izorefraktif ortam arasına yerleştirilmiş mükemmel iletken bir yarım düzlemden saçılan alanların incelendiği Uslenghi'nin çalışmasıdır [3]. Aynı problem farklı bir yaklaşımla Başdemir tarafından da incelenmiş, elde edilen sonuçlar Uslenghi'nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır [4]. Uslenghi başka bir çalışmasında da yine aynı problemi bu kez çizgisel kaynak aydınlatması kullanarak ele almıştır [5]. İki izorefraktif ortam arasına yerleştirilmiş iletken bir yarım düzlemden elektromanyetik dalgaların saçılması Umul tarafından incelenmiştir [6]. Bu çalışmada da kullanılacak olan metodun tanıtıldığı ve iki izorefraktif ortam arasındaki mükemmel iletken kama geometrisinden saçılan alanların incelendiği çalışma Başdemir tarafından yapılmıştır [7].

Bu çalışmanın amacı, düzlemsel dalga ile aydınlatılmış iki izorefraktif ortamın sınırına yerleştirilmiş empedans sınır koşuluna sahip bir yarım düzlemden saçılan alanların incelenmesidir. Bildiğimiz kadarıyla literatürde iki izorefraktif ortamın sınırına yerleştirilmiş empedans sınır koşuluna sahip yarım düzlemden saçılan alanlar ilk kez bu çalışmada incelenecektir. İlk olarak geometrik optik (GO) alanların iki ortamda da ayrı ayrı tanımlanması ile başlanacaktır. Daha sonra süresiz GO alanları ilgili saçılan alanlar ile değiştirilecek ve son olarak da gelen, yansıyan ve ya saçılan alanların her iki bölgeye de karşılıklı olarak eklenmesiyle sınır koşulları sağlanmış olacaktır. Kullanılan metod hakkında daha detaylı bilgi Ref. [7]' den elde edilebilir. Neticede elde edilen alan ifadeleri sayısal olarak incelenecektir.

Bu çalışmada zaman faktörü bütün makale boyunca  $\exp(j\omega t)$  olarak alınmıştır.

### 2. Teori

Problem geometrisi Şek. 1' de verilmiştir. Görüldüğü üzere yarım düzlem,  $[(x \in 0, \infty), (y = 0), (z \in -\infty, \infty)]$  koordinatlarına yerleştirilmiştir.



Şek. 1 Problem geometrisi

Yarım düzlemi aydınlatan gelen alan ifadesi

$$u_i = e^{jk\rho \cos(\phi - \phi_0)} \quad (1)$$

şeklinde birim genlik ve  $\phi_0$  geliş açısı ile verilmiştir. Yansıyan alana ait ifade

$$u_r = e^{jk\rho \cos(\phi + \phi_0)} \quad (2)$$

şeklinde dir. Burada GO alan ifadesi Şek. 1'den kolayca görülebileceği üzere

$$u_{GO} = [u_i U(-\xi_-) + \Gamma u_r U(-\xi_+) + R u_r U(\xi_+)] U(\pi - \phi) + T u_i U(-\xi_-) U(\phi - \pi) \quad (3)$$

olmakla birlikte  $R$  ve  $T$  izorefraktif ortama ait yansıma ve transmisyona katsayıları,  $U(x)$  birim basamak fonksiyonu ayrıca  $\Gamma$  yüzeyin yansıma katsayısıdır [7, 8].  $\xi_{\mp}$  parametreleri ise

$$\xi_{\mp} = -\sqrt{2k\rho} \cos \frac{\phi \mp \phi_0}{2} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanarak kaynaktan gözlem noktasına ve köşeden gözlem noktasına uzanan yolların farkını göstermektedirler. Empedans yarım düzlemden kesin kırılan alanın üniform ifadesi, rastgele bir empedans yüzeyi için tanımlanan Maliuzhinetz fonksiyonunu içeren saçılma integralinin köşe noktası tekniği kullanılarak hesap edilmesi ve kırınımın üniform teorisi kullanılması ile

$$u_d = -\frac{q(\phi_0, \phi)}{\sin \phi_0} e^{jk\rho \cos(\phi + \phi_0)} \sin \frac{\phi + \phi_0}{2} \text{sign}(\xi_+) F[\xi_+] + \frac{q(\phi_0, \phi)}{\sin \phi_0} e^{jk\rho \cos(\phi - \phi_0)} \sin \frac{\phi - \phi_0}{2} \text{sign}(\xi_-) F[\xi_-] \quad (5)$$

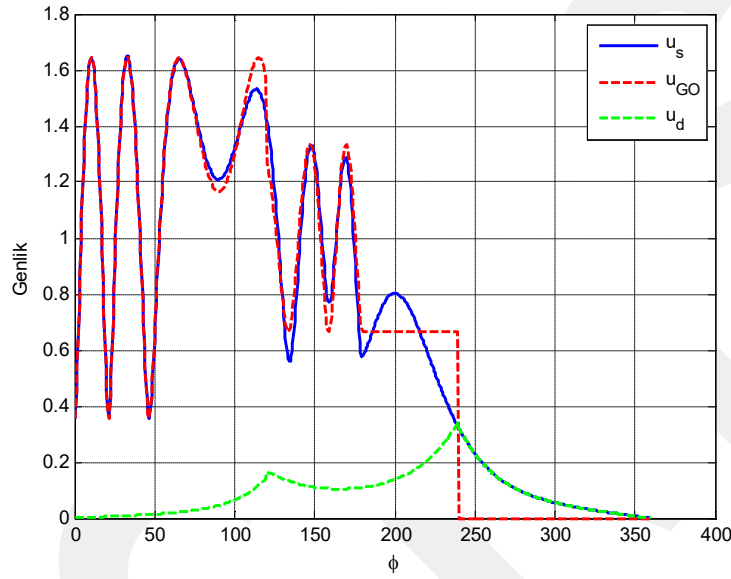
şeklinde bulunur [8]. Toplam alan ifadesi Ref. [7]'daki metoddan yararlanılarak

$$u_s = u_{GO} + u_d \quad (6)$$

olarak elde edilirler.

### 3. Sayısal Analiz

Şekil 2' de elde edilen saçılan, GO ve kırınan alan ifadelerinin gözlem açısına göre değişimi verilmiştir. Gözlem mesafesi  $\rho = 10/k$  olarak alınmıştır ve  $k$  dalga sayısını göstermektedir. Yüzeyin empedans değerini belirleyen  $\sin \theta$  değeri 4 olarak alınmıştır. Ortamın izorefraktivitesini belirleyen  $\eta$  değeri ise 2 olarak alınmıştır. Geliş açısı  $\phi_0$  ise  $\pi/3$  olarak alınmıştır. Şekil 2'den de görüleceği üzere kırınan alanlar GO alanların geçiş bölgelerindeki süreksizliklerini kompanze etmektedirler. Ayrıca yüzeyin empedans değerinden ötürü yansıyan alana ait kırınan alanın genliği gelen alana ait olan kırınan alanın genliğinden daha düşüktür. Saçılan alan incelendiğinde ise birinci ortam ile ikinci ortamın sınırını belirleyen  $180^\circ$  de alanların sürekli geçtiği görülmektedir.



Şek. 2 Toplam, GO ve kırınan alan ifadelerinin gözlem açısına göre değişimi

### Kaynaklar

- [1]. Balanis, C. A., Advanced Engineering Electromagnetics, 2<sup>nd</sup> edition, Wiley, New York, 2012.
- [2]. Uslenghi, P. L., "Exact geometrical optics scattering from a right-angle isorefractive wedge structure," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., 3, s. 127-128, 2004.
- [3]. Uslenghi, P. L., "Scattering by a half-plane at the interface between isorefractive media," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., 12, s. 1662-1664, 2013.
- [4]. Başdemir, H. D., "Scattering of plane waves by a half-plane at the interface of two isorefractive media," Uludağ. Univ. J. Faculty Eng., 20, s. 79-87, 2015.
- [5]. Uslenghi, P. L., "Radiation of a line source over a half-plane located at the interface between isorefractive media," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., 15, s. 356-357 (2016).
- [6]. Umul, Y. Z., "Scattering by a conductive half-screen between isorefractive media," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., App. Opt., 54, s. 10309-10313, 2015.
- [7]. Başdemir, H. D., "Scattering of waves by a perfectly conducting wedge residing at the interface between two isorefractive media," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., 15, s. 1361-1364 (2016).
- [8]. Başdemir, H. D., "Fringe waves in an impedance half-plane," Progress in Electromag. Research-PIER., 138, s. 571-584, 2013.