

Homojen Olmayan Empedans Silindirin Bi-Statik Saçılma Genişliği Paterninin Sentezi

Necmi Serkan Tezel
necmi@ehb.itu.edu.tr

Selçuk Pakcer
spaker@ehb.itu.edu.tr

İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü 80626, Maslak, İstanbul,

Özet: Bu çalışmada, silindir eksenini doğrultusunda polarize olan düzlemsel bir dalga ile aydınlatılmış sonsuz uzun homojen olmayan empedans silindirinden saçılan elektromagnetik dalganın istenilen saçılma paternini silindirin yüzey empedans değişimine göre sentezlenmeye çalışılmıştır..

1. Giriş

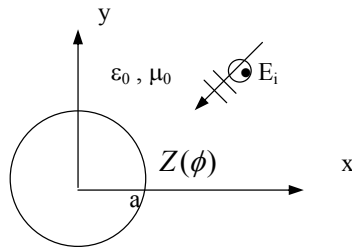
Saçılma problemleri elektromagnetik teoremin temel incelem konularından biridir. Bu tür problemlerde saçıcı yüzey üzerinde alan büyüklüklerinin sağlanması gereken sınır koşulları önemli bir rol oynar. Bu sınır koşullarından biri empedans sınır koşuludur. Bu koşul metal yüzeyi üzerine kaplanmış kayıplı dielektrik malzemeleri modellemek için kullanılır. Eğer yüzeyin elektromagnetik parametreleri noktadan noktaya değişiyorsa empedans yüzeyin bir fonksiyonudur. Cisim iletken olduğun içerisine elektromagnetik dalga giremez ve cisim yüzeyi geçirgen olmayan sınır koşulu oluşturur. Bu sınır koşulları iletken cismin kaplandığı malzemenin elektromagnetik parametrelerine göre rezistif veya konduktif olabilir.

Saçılan elektromagnetik alanının saçılma paternini yüzeyin empedans değişimine bağlı olacağı açıktır. İstenilen saçılma paternini elde etmek radar kesit alanı kontrolü ve yansıtıcı anten tasarımı gibi konularda önemlidir. Günümüzde kullanılan askeri birçok platformun düşman radarları tarafından görülmemesi için en çok başvurulan yöntem platformun çok saçıcı olan iletken metal yüzeyinin değişik malzemelerle kaplanmasıdır. Bu durumda elektromagnetik dalgayı platform yüzeyi üzerinde empedans sınır koşulunu sağlayacak şekilde modelleyebiliriz. Bu tür yüzeylerden saçılma problemleri literatürde çok sık incelenmiştir [1,2,3,4,5]. Fakat bir sentez problemi bu güne kadar incelenmemiştir. Bazı radar sistemleri bistatik olduğundan aydınlatma doğrultusu dışındaki radar kesit alanları da ayrıca önem taşımaktadır.

Bu çalışmada homojen olmayan empedans silindirin arzulanan saçılma genişliği yüzey empedansına göre sentezlenmiştir. Zaman faktörü $e^{-i\omega t}$ olarak seçilmiştir ve hiç bir ifadeye gözükmeyecektir.

2. Problemin Tanımı ve Çözümü

Sonsuz uzun ve yarıçapı a ve homojen olmayan kompleks yüzey empedansı $Z(\phi)$ olan bir silindir boşluktadır. Bu silindir, silindir eksenini (z eksenini) boyunca polarize olmuş bir düzlemsel dalga ile uyarılmıştır. Gelen dalga x ekseniniyle ϕ_1 açısı yapmaktadır. (Şekil 1)



Şekil 1.) Problemin Geometrisi

Gelen dalganın z yönündeki elektrik alan bileşeni

$$E_z^i(\vec{r}) = e^{-ik_0\rho\cos(\phi-\phi_1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(k_0\rho) e^{in(\phi-\phi_1-\pi/2)} \quad (1)$$

şeklinde bir açılıma sahiptir [5]. Sınır koşulunun z eksenı boyunca homojen olması sebebiyle saçılan alan da z yönünde polarizedir. Dolayısıyla problem skaler bir problem dönüşür. Saçılan dalga,

$$\Delta E_z^s + k_0^2 E_z^s = 0 \quad (2)$$

şeklindeki dalga denklemini sağlayacaktır. (2) denklemi radyasyon koşulu göz önüne alınarak silindirik koordinatlarda değişkenlere ayrılırsa,

$$E_z^s(\vec{r}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n H_n^{(1)}(k_0 \rho) e^{in\phi} \quad (3)$$

yazılır. Buradan A_n bilinmeyen katsayıları $H_n^{(1)}(\cdot)$ ise n'inci mertebeden birinci çeşit Hankel fonksiyonunu göstermektedir. Saçılan alanın uzak alan ifadesini bulmak için Hankel fonksiyonunun

$$H_n^{(1)}(k_0 \rho) = \sqrt{\frac{2}{k_0 \pi \rho}} e^{i(k_0 \rho - n\pi/2 - \pi/4)}, \quad (k_0 \rho \rightarrow \infty) \quad (4)$$

şeklindeki asimptotik ifadesi kullanılırsa, saçılan alanın uzak alan ifadesi,

$$E_z^s(\vec{r}) = \sqrt{\frac{2}{k_0 \pi \rho}} e^{ik_0 \rho - i\pi/4} \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n e^{in(\phi - \pi/2)} \quad (5)$$

şeklinde bulunur. Silindirik dalgalar için saçılma genişliği

$$SW(\phi) = \lim_{\rho \rightarrow \infty} 2\pi\rho \frac{|E_z^s|^2}{|E_z^i|^2} \quad (6)$$

şeklinde ifade edilir. (5) ifadesi (6)'da yerine konursa,

$$SW(\phi) = \frac{4}{k_0} \left| \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n e^{in(\phi - \pi/2)} \right|^2 \quad (7)$$

İstenen saçılma genişliği patterni $SW(\phi)$ bize verildiğine göre, (7) denklemini,

$$\frac{\sqrt{k_0 SW(\phi_i)}}{2} e^{i\phi_r} = \sum_{n=-N}^N A_n e^{in(\phi_i - \pi/2)} \quad i = 1, 2, \dots, 2N + 1 \quad (8)$$

şeklinde yazabiliriz, burada ϕ_r keyfi fazdır ve $\phi_r = 0$ alınabilir. (8) denklemi

$$RA = B \quad (9)$$

matrix denklemi şeklinde yazılabilir ve bilinmeyen A katsayıları çözülür.

Elektrik alan silindir yüzeyinde,

$$E_z(\vec{r}) - i \frac{Z(\phi)}{k_0 \eta} \frac{\partial E_z(\vec{r})}{\partial \rho} = 0 \quad (10)$$

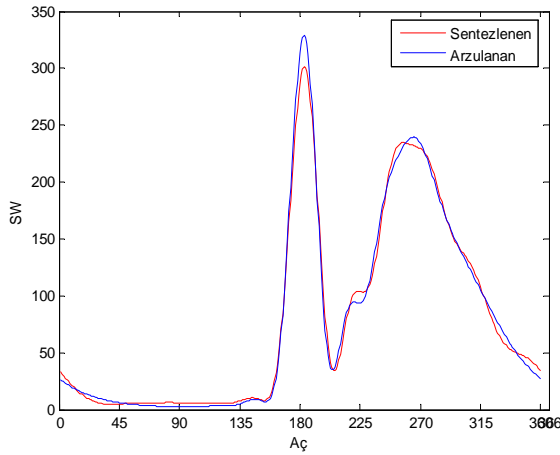
empedans sınır koşulu sağlar. Buradan yüzey empedansı,

$$Z(\phi) = \frac{-ik_0 \eta E(a, \phi)}{\left. \frac{\partial E(\rho, \phi)}{\partial \rho} \right|_{\rho=a}} = \frac{ik_0 \eta (e^{-ik_0 a \cos(\phi - \phi_i)} + \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n H_n^{(1)}(k_0 a) e^{in\phi})}{ik_0 \cos(\phi - \phi_i) e^{-ik_0 a \cos(\phi - \phi_i)} - \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n \left. \frac{\partial H_n^{(1)}(k_0 \rho)}{\partial \rho} \right|_{\rho=a}} e^{in\phi} \quad (11)$$

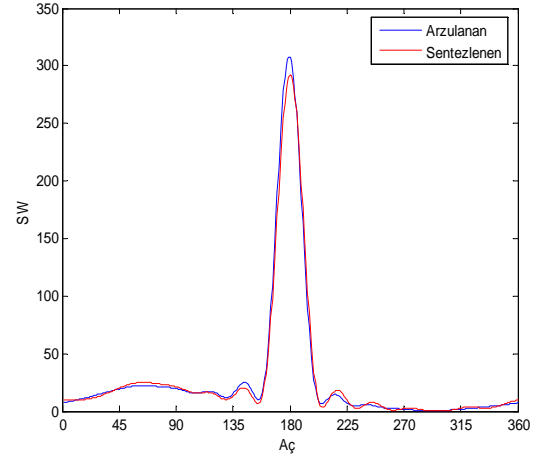
şeklinde bulunur.

3. Sayısal Uygulama ve Sonuçlar

Yarıçapı $a=\lambda$ olan sonsuz uzun silindirden $f=33$ MHz frekansında arzulanan saçılma genişliği patterni ve bu patterni oluşturan yüzey empedans değişimi önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.



Şekil 2.) İstenen ve Sentezlenen Saçılma Genişliği



Şekil 3.) İstenen ve Sentezlenen Saçılma Genişliği

Kaynaklar

- [1] K.K. Mei, J.G. Van Bladel, "Scattering by perfectly conducting rectangular cylinders", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, AP-11 1963, 185-192.
- [2] W.D. Burnside, C.L. Yu, R.J. Marhefka, "A technique to combine the geometrical theory of diffraction and the moment method", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, AP 23 1975, 551-558.
- [3] E. Topsakal, A. Büyükaksoy, M. İdemem. "Scattering of electromagnetic waves by a rectangular impedance cylinder", *Wave Motion*, 2000, 273-296
- [4] L. Tsang, J.A. Kong, K.H. Ding, "Scattering of Electromagnetic Waves", *John Wiley & Sons Inc.*, pp. 32-41, 2000.
- [5] A. Yapar, "Homojen Olmayan Empedans Yüzeylerine İlişkin Düz ve Ters Saçılma Problemleri", *PhD Thesis*, Istanbul Technical University, 2001.