

İNCE TEL SAÇILMA PROBLEMLERİNDE JONKSİYON KOŞULLARININ İNCELENMESİ

Ramazan ÜLKER*, Burak POLAT**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Maslak-34469 İstanbul

**Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Görükle-16059 Bursa
rulker@be.itu.edu.tr ve burakpolat@uludag.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, boş uzayda haç şeklindeki bir mükemmel iletken tel yapıdan elektromanyetik saçılma problemi ele alınmıştır. Problem, elektrik alan integral denklemi üzerine kurulmuş ve darbe baz fonksiyonları kullanılarak Moment Yöntemi ile çözülmüştür. Geometri, üç adet uç noktası ve bir adet jonksiyon noktası içermektedir. Jonksiyon analizleri için yarım bölüt yaklaşımı kullanılmıştır. Cisim üzerinde elde edilen akım dağılımları, literatürde farklı tekniklerle elde edilen sonuçlarla tam uyum içersindedir.

1.Giriş

İnce tel ızgara yüzey modelleme tekniği [1] 1966 yılında Richmond tarafından ortaya konmuş ve 1968 yılından itibaren de Moment Yöntemi [2] ile bütünleşerek literatürde elektromanyetik modelleme teknikleri arasında kalıcı bir yer edinmiştir. Günümüze değin yapılan araştırmalarda ince tel ızgara modeli ile bağlantılı başlıca konuların arasında en uygun bölütleme algoritmalarının geliştirilmesini, jonksiyon koşullarını, matris doldurma ve matris tersi alma tekniklerini, bir bölüte (bkz. Şekil 1) ilişkin sayısal hesaba elverişli Green fonksiyonlarının geliştirilmesini sayabiliriz.

Bu çalışmada jonksiyon koşullarının üzerinde durulmaktadır. Boş uzayda haç şeklinde (Bkz. Şekil 2) bir geometri ele alınmış ve ilgili elektrik alan integral denklemi, darbe baz fonksiyonları kullanılarak Moment Yöntemi ile çözülmüştür. Literatürde kullanılan jonksiyon tekniklerinden üç tanesi (Üstüste Binen Bölütler, Yarım Bölüt, Hayalet Bölüt yaklaşımları) [3] denenmiş ve aralarında en uygun bulunan yarım bölüt yaklaşımı uyarlanmıştır.

2.Kuramsal Esaslar

Problemin kuramsal esaslarından ilki ince tel yaklaşıklığıdır. Bu yaklaşıklık, belirli bir yarıçapa ve uzunluğa sahip bir mükemmel iletken silindirik bölüt göz önüne alındığında, telin yarıçapının telin boyundan çok küçük ($r_0 \ll l_{boy}$), telin boyunun da kaynak dalga boyuna göre çok küçük ($l_{boy} \ll \lambda$) olmasını öngörür. (Bkz. Şekil 1)

Buna göre, akımın baskın olarak tel eksenini boyunca akacağı varsayılır. Bu basitleştirme altında elektrik alan integral denkleminin genel olarak ne şekilde kurulacağı ve Moment Yöntemi ile elde edilecek doğrusal denklem sisteminin integral yapıdaki elemanlarının açık ifadeleri birçok kaynakta hazır olarak bulunmaktadır (ör. bkz [4,5]). Mevcut problemde kaynak olarak monokromatik düzlemsel dalga alınmış, darbe baz fonksiyonları ve Dirac delta ağırlaştırma fonksiyonları tercih edilmiştir.

Tercih edilen Yarım Bölüt jonksiyon tekniğinde [3] bölütler yarım bölüt boyunda kaydırılarak jonksiyonu geçmeyecek şekilde sonlandırılmaktadır. Bu durumda empedans matrisine Kirchoff akımlar yasasından gelen ek koşullar eklenmektedir ve matrisin karesel yapısı bozulmaktadır:

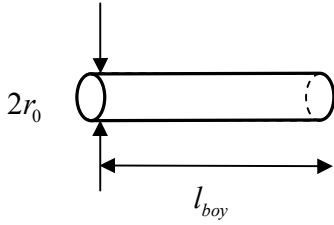
$$[Z]_{P \times N} [I]_{N \times 1} = [V]_{P \times 1} \quad (1)$$

O nedenle de tersi genelleştirilmiş anlamda alınmaktadır.:

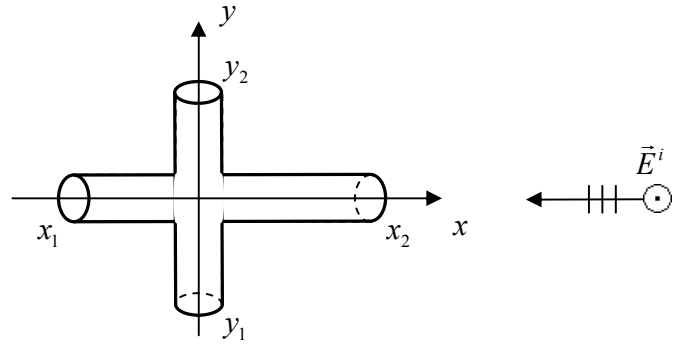
$$[I]_{N \times 1} = \left([Z]_{N \times P}^T \cdot [Z]_{P \times N} \right)^{-1} \cdot \left([Z]_{N \times P}^T \cdot [V]_{P \times 1} \right) \quad (2)$$

3.Sayısal Sonuçlar

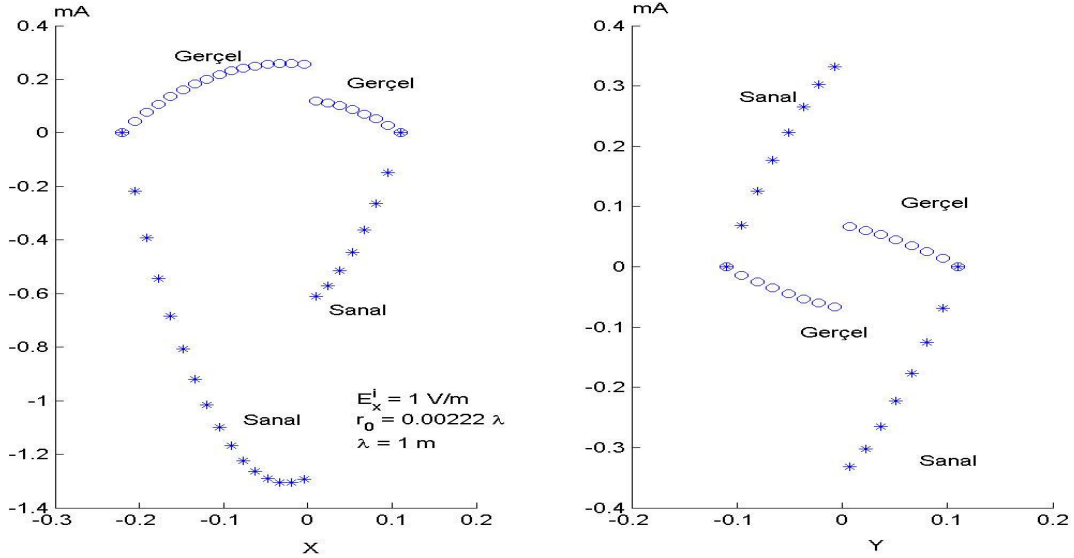
Elde edilen sayısal sonuçları literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırmak üzere Şekil 2.'deki konfigürasyon ele alınmıştır. Genel düzlemsel dalgaının genliği $1V/m$, boş uzay dalga boyu $\lambda = 1m$ ve ince tel bölümünün yarıçapı $r_0 = 0.00222\lambda$ kabul edilmiştir. $(x_1, x_2; y_1, y_2)$ noktaları Şekil 3-5'te sırasıyla $(-0.22\lambda, 0.11\lambda; -0.11\lambda, 0.11\lambda)$, $(-0.3\lambda, 0.2\lambda; -0.25\lambda, 0.15\lambda)$, $(-0.3\lambda, 0.3\lambda; -0.2\lambda, 0.2\lambda)$ alınmış ve fazör akımların gerçel ve sanal kısımlarının x ve y eksenleri boyunca değişimleri çizdirilmiştir. Elde edilen sonuçlar [6-8] kaynaklarında değişik tekniklerle hesaplanarak sunulan veriler ile mükemmel uyum içersindedir. İlgili kaynaklarda akımın sanal kısımlarında görülen işaret farkı, zaman bağıllığının zıt işaretli alınmasından kaynaklanmaktadır.



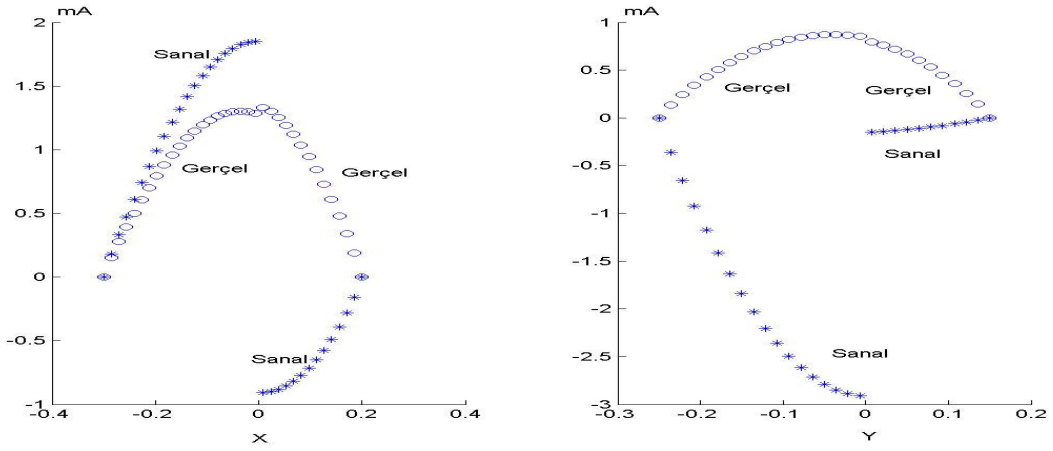
Şekil 1 Mükemmel iletken ince tel bölümü



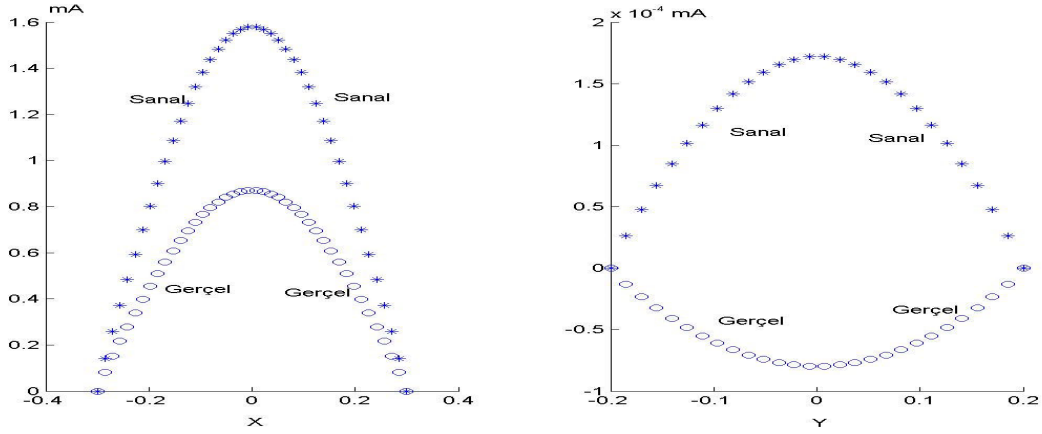
Şekil 2 Haç şeklindeki ince tel yapıdan saçılma problemi



Şekil 3 $(x_1, x_2; y_1, y_2) = (-0.22\lambda, 0.11\lambda; -0.11\lambda, 0.11\lambda)$ için fazör akımların gerçel ve sanal kısımlarının x ve y eksenleri boyunca değişimleri



Şekil 4 $(x_1, x_2; y_1, y_2) = (-0.3\lambda, 0.2\lambda; -0.25\lambda, 0.15\lambda)$ için fazör akımların gerçel ve sanal kısımlarının x ve y eksenleri boyunca değişimleri



Şekil 5 $(x_1, x_2; y_1, y_2) = (-0.3\lambda, 0.3\lambda; -0.2\lambda, 0.2\lambda)$ için fazör akımların gerçel ve sanal kısımlarının x ve y eksenleri boyunca değişimleri

KAYNAKLAR

- [1]. Richmond J.H., "Wire grid model for scattering by conducting bodies", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation* Vol.14, No.6, 782-786, 1966.
- [2]. Harrington R.F., *Field Computation by Moment Methods. Macmillian Series in Electrical Science*, N.Y., 1968.
- [3]. Bretones A.R., Extrema S.A. ve Martin R.F., "About the study in the time domain of junctions between thin wires", *Antennas and Propagation ICAP91*, Vol.2 ,596-599, 1991.
- [4]. Newman E.H., "Simple examples of the method of moments in electromagnetics", *IEEE Transaction on Education*, Vol.31, No.3, 193-199, 1988.
- [5]. Richmond J.H., *Radiation and Scattering by Thin-Wire Structures in the Complex Frequency Domain. OSU Research Foundation Report RF 2902-10*, 1990.
- [6]. Mittra R., Ko W.L., "A finite difference approach to the wire junction problem", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, Vol. 23, No.3, 435-438, 1975.
- [7]. Butler C.M., "Currents induced on a pair of skew crossed wires", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, Vol. 20, 731-736, 1972.
- [8]. Taylor C.D., Lin S.M. ve McAdams H.V., "Scattering from crossed wires", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, Vol.18 No.1, 133-136, 1970.