

Dielektrik Levha üzerine Periyodik olarak Yerleştirilen Kare Helezonların Akım Dağılımının Bulunması

Kemal DELİHACIOĞLU, Savaş UÇKUN, Tuncay EGE
Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
27310, Gaziantep
kemal@gantep.edu.tr, savas@gantep.edu.tr, t_ege@gantep.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, sonsuz uzunluktaki dielektrik levhaya periyodik olarak yerleştirilen kare biçimindeki ince helezonların üzerindeki akım dağılımı TE yada TM düzlemsel dalgaları için incelenmiştir. Bilinmeyen akım katsayıları uygun temel fonksiyonlarla Moment Metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan akımın kare helezonun büküm noktalarında sürekli olduğu görülmüştür.

1. Giriş

Anten uygulamalarında, elektriksel iletkenlerden oluşan periyodik yapılar frekans seçici yüzey (Frequency Selective Surface, FSS) olarak kullanılmaktadır. Bu yüzeylerde yansıma ve iletim katsayıları frekansa bağlı olarak değişmekte olup bir mikrodalga frekansında yüzeyler tamamen yansıtıcı olabildiği gibi, başka bir frekansta tamamen geçirgen özellik gösterebilir. Frekans seçici yüzeyler; yansıtıcı antenlerin kullanımında, radom'ların tasarımlarında yansımaları azaltmak için, mikrodalga frekansında filtre vb olmak üzere değişik frekans bantlarında geniş kullanım alanlarına sahiptir [1].

2. Teori

Kare helezonlar dielektrik levha üzerine Şekil 1'de görüldüğü gibi periyodik olarak yerleştirilmiştir. TE (Transverse Electric) yada TM (Transverse Magnetic) düzlemsel dalgalarının dielektrik levhaya hava ortamından eğik açıyla geldiği düşünülmüştür. Gelen elektromanyetik dalga kare helezonlar üzerinde akım indükler. İndüklenen akım yayınım yapar ve dielektrik levhadan saçılmalar olur. Saçılan dalgaların bazıları yayınım yaparken bazıları da sönümlüdür. Saçılan dalgalar Floquet teoremi [2] kullanılarak hava ve dielektrik ortamlarında sonsuz düzlemsel dalgaların toplamı olarak ifade edilir [3]. Saçılan elektrik alanlarındaki her bir Floquet modu aşağıdaki sınır şartlarını sağlamalıdır.

1. Elektrik ve manyetik alanların teğetsel bileşenleri $z=d$ 'de süreklidir.
2. Elektrik alanın teğetsel bileşeni $z=0$ 'da süreklidir.
3. Manyetik alanın teğetsel bileşeni $z=0$ 'da sürekli olmayıp yüzeydeki akım yoğunluğuna eşittir.

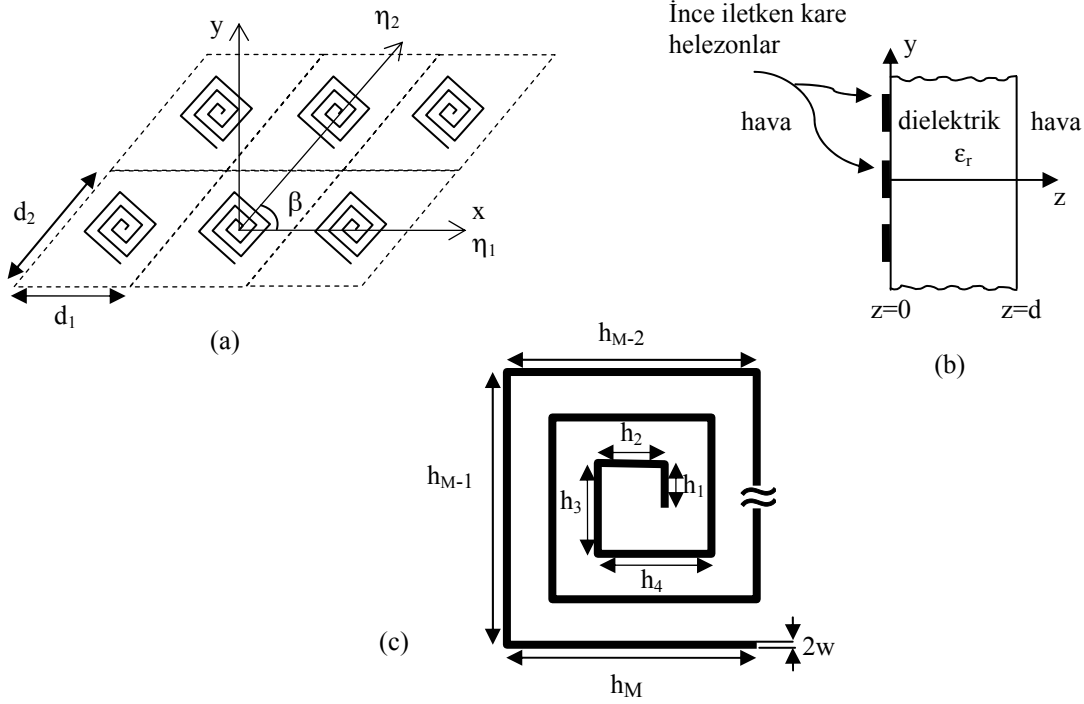
Tek bir birim hücre üzerinde sınır şartları ve Floquet modlarının dikgen özelliklerinin birleştirilmesiyle, gelen düzlemsel TE yada TM dalgalar iletken kare helezon üzerindeki bilinmeyen akım yoğunluğu cinsinden bir integral denklemi ile gösterilir. Yukarıdaki sınır şartlarına ek olarak; elektrik alanların toplamı yüzeydeki iletken kare helezon üzerinde sıfır olmalıdır.

$$\mathbf{E}_t^{scat}(x, y, 0) + \mathbf{E}_t^{inc}(x, y, 0) = 0 \quad (1)$$

Bu bir integral denklemi olup Moment Metodu [4] kullanılarak çözülebilir. Kare helezonlar üzerindeki akım yoğunluğu bilinmeyen akım katsayıları (c_n) ve temel fonksiyonlar $\mathbf{f}_n(x, y)$ cinsinden aşağıdaki gibi yazılır.

$$\mathbf{J}(x, y) = \sum_{n=1}^N c_n \mathbf{f}_n(x, y) \quad (2)$$

Manyetik vektör potansiyeli ve elektrik sıklalar potansiyeli kare helezonun büküm noktalarında sürekli olmalıdır [5], [6]. Bunun için temel fonksiyonlar ilk parçada (h_1) aşağıdaki gibi seçilmiştir.



Şekil 1.(a) Kare helezonların önden görünüşü (b) Yandan görünüşü (c) Birim hücre

$$\mathbf{f}_i(x, y) = \frac{\mathbf{e}_y}{\sqrt{1-(x/w)^2}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}(l_i + y)\right) \quad (3)$$

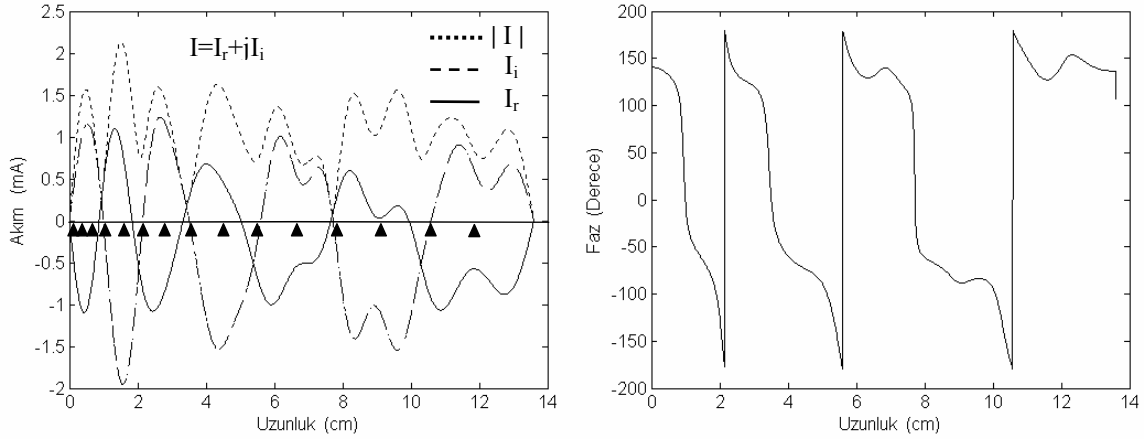
Bu denklemde, $L = h_1 + h_2 + \dots + h_M$ ($M=16$) ve $l_i = \sum_{m=1}^{i-1} h_m$ şeklinde tanımlanmıştır. Benzer şekilde diğer

parçalar için temel fonksiyonlar yazılmıştır. Kare helezonun eni ($2w$) dalga boyuna göre küçük olduğundan o yöndeki akım iptal edilmiştir. Kare köklü terim uçlarda ($\pm w$) akım tanımsız olduğu için eklenmiştir. Temel fonksiyonlar integral denklemde yerine yazıldığında, N bilinmeyenli lineer sistem denklemi elde edilir. Bu denklem aynı temel fonksiyonlarla test edildiğinde (Galerkin's Moment Method [4]) N bilinmeyenli $N \times N$ matris denklemine dönüşür. Matrisin tersinin alınmasıyla bilinmeyen akım katsayıları bulunur. Akım katsayıları bulunduktan sonra birim hücre kare helezon üzerindeki toplam akım dağılımı elde edilir.

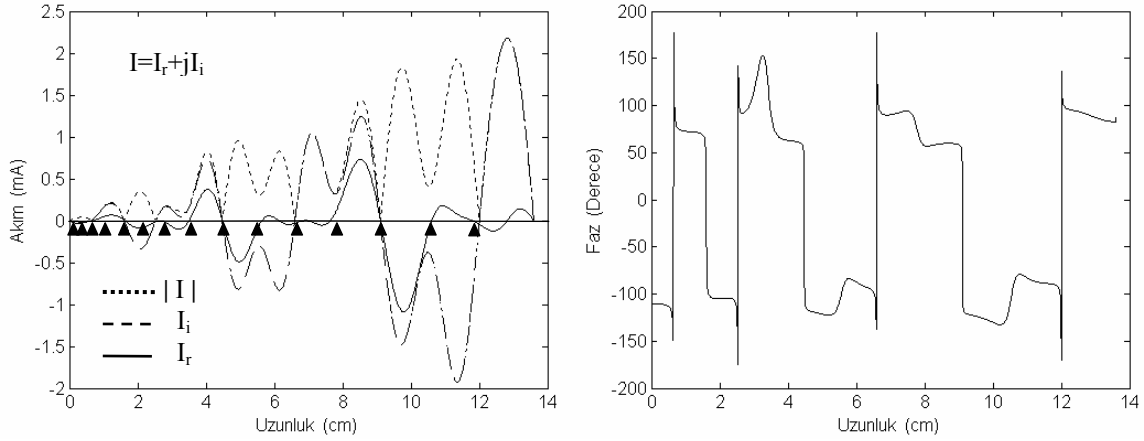
$$I_{total} = \int \mathbf{J}(x, y) \times \mathbf{n} \cdot d\mathbf{l} = w\pi \sum_{n=1}^N c_n \sin\left(\frac{n\pi}{L}s\right) \quad 0 \leq s \leq L \quad (4)$$

3. Sayısal Sonuçlar

Yukarıdaki metoda göre, TE (Şekil 2.) ve TM (Şekil 3.) düzlemsel dalgaları için elde edilen sonuçlardan, akımın hem büyüklüğünün hem de fazının, kare helezonun uzunluğuna göre grafikleri bir örnekle gösterilmiştir. Burada, $\beta = 90^\circ$ ($y = \eta_2$), küresel koordinatlarda dielektrik levhaya gelen dalga için $\theta = 30^\circ$ ve $\phi = 45^\circ$, $2w = 0.02$ cm ve $h_1 = 0.1$ cm'dir. Sonraki parçaların uzunlukları $h_i = i * h_1$ ($i = 2, 3, \dots, M$) olarak alınmıştır. Kare helezonun toplam uzunluğu $L = 13.6$ cm (2.72λ , $f = 6$ GHz)'dir. Dielektrik levha kalınlığı (d) ve dielektrik sabiti (ϵ_r) sırasıyla, 0.75 cm ve 4 olarak alınmıştır. Birim hücre uzunlukları $d_1 = 1.76$ cm ve $d_2 = 2.88$ cm'dir. Şekil 2 ve 3'te kullanılan temel fonksiyonların sayısı $N = 21$ olup, Floquet modları p ve q temel fonksiyonların sayısına eşittir. Bu durumda $(2N+1)^2$ kadar Floquet mod kullanılmıştır. Şekil 2 ve 3'teki siyah üçgenler kare helezonun



Şekil 2. TE düzlemsel dalga için akım ve fazın kare helezonun uzunluğuna göre değişimi



Şekil 3. TM düzlemsel dalga için akım ve fazın kare helezonun uzunluğuna göre değişimi

büküm noktalarını göstermekte olup, seçilen temel fonksiyonların kare helezonun büküm noktalarında sürekliliği sağladığı görülmektedir. Kare helezonun uç kısımlarından yansıyan akımın, dışarıya doğru yayılan akımla etkileşimi sonucu duran dalgalar oluşmaktadır. Şekil 2’deki akım değeri iç parçalarda daha büyükken, Şekil 3’te daha küçüktür. Şekil 2’de akımın fazı yavaş değişirken Şekil 3’te daha hızlıdır.

4. Sonuç

Kare helezon üzerinde indüklenen akım dağılımı hem TE hem de TM düzlemsel dalgaları için incelenmiştir. Seçilen temel fonksiyonların kare helezon için uygun olduğu ve büküm noktalarında akımın sürekliliğinin sağlandığı görülmüştür.

5. Kaynaklar

- [1] Mittra R., Chan C.H. ve Cwik T., “Techniques for Analyzing Frequency Selective Surfaces- A review,” *IEEE Proceedings*, 76(12), Aralık 1988.
- [2] Amitay N., Galindo V., Wu C.P., *Theory and Analysis of Phased Array Antennas*, Wiley-Interscience, New York 1972.
- [3] Montgomery J.P., “Scattering by an Infinite Periodic Array of Thin Conductors on a Dielectric Sheet,” *IEEE Trans. AP*, 23(1), s.70-75, Haziran 1975.
- [4] Harrington R.F., *Field Computation by Moment Methods*, MacMillan, New York, 1968.
- [5] Kominami M. ve Rokushima K., “On the Integral Equation of Piecewise Linear Antennas,” *IEEE Trans. AP*, 29(5), Eylül 1981.
- [6] Nakano H., *Helical and Spiral Antennas, -A Numerical Approach* 1987.