

Eğri Parçalı Moment Yöntemi ile Parabolik Sarmal Anten Çözümlemesi

Ahmet Selçuk, Birsen Saka
Hacettepe Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe, Ankara
ahmet@ee.hacettepe.edu.tr, birsen@hacettepe.edu.tr,

Özet: Bu çalışmanın amacı parabolik sarmal tel antenlerin ışıma örüntülerini ve giriş empedansını incelemektir. Eğri Parçalı Moment Yöntemi (MoM) kullanılarak anten üzerindeki akım dağılımı hesaplanmış ve sonucunda sayısal olarak ışıma örüntüsü ve giriş empedansı hesaplanmıştır. Parabolik sarmal antenin parametrelerinin kontrol edilmesiyle istenen ışıma örüntüsünün elde edildiği gözlenmiştir.

1. Giriş

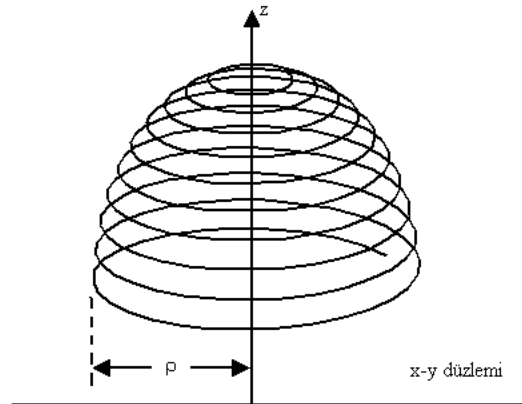
Sarmal antenlerin avantajları olarak şunlar söylenebilir : Dairesel kutuplanma, kolay üretim, geniş bant genişliğinde çalışma, sarmal anteni oluşturan parametrelerin kontrolüyle basitçe antenin ışıma özelliklerinin ayarlanması.

Sarmal antenlerin bir çok özelliği ve anten dizaynı için pratik formüller geniş çapta incelenmiştir.[1-4]. Sarmal antenlerin özellikleri bu antenin düz tel yaklaşımıyla incelenmesiyle elde edilebilir. Daha pratik bir yaklaşım ise antenin geometrik yapısının bölünmesi ve parçaların eğri bölgeler olarak aynen korunmasıdır. Bu yöntem için geçerli olan integral denklemi kolaylıkla bulunmaktadır ve MoM'un uygulanmasıyla daha verimli ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. [5].

Sarmal antenlerin değişik çeşitleri antenin eksene uzaklığının yükseklikle beraber değişimiyle elde edilebilir. Örneğin antenin eksene uzaklığı doğrusal olarak değişebilir[6]. Çalışmamızda incelenen antenin eksene olan uzaklığı kuadratik olarak artmaktadır. Parabolik anteni ifade eden parametre azimut açısı olduğu için eğri parçalı moment yöntemindeki ifadeler azimut açısıyla hesaplanacak şekilde değiştirilmiştir. Bu yöntem sayesinde anten üzerindeki akım dağılımı hesaplanmış ve sonucunda ışıma örüntüsü ve giriş empedansı bulunmuştur

2. Problem Formülasyonu ve Çözümü

Basit bir parabolik sarmal antenin geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Parabolik sarmal antenin yapısı

Bu antenin herhangi bir noktası için eksene olan uzaklık (yarıçap olarak adlandırılacaktır), azimut açısı cinsinden aşağıda verilmiştir,

$$\rho = \rho_0 (1 - k_1 \phi + k_2 \phi^2) \quad (1)$$

z yüksekliği ise telin yükselme açısı sabit bir değer olacak şekilde belirlenmiştir. Böylece antenin üzerindeki herhangi bir noktanın konumu şu şekilde verilebilir,

$$\vec{r} = \rho \cos \phi \hat{x} + \rho \sin \phi \hat{y} + \rho_0 \tan(\alpha) \phi \left(1 - k_1 \frac{\phi}{2} + k_2 \frac{\phi^2}{3} \right) \hat{z} \quad (2)$$

burada α yükselme açısını belirtmektedir. Genellikle eğri tel antenlerin ifadesinde parametre olarak yay uzunluğu alınmaktadır. Antene gelen elektrik alan ile anten üzerindeki akım arasındaki bağıntı yay uzunluğuna bağlı bir integral denklemiyle gösterilebilir [5]

$$\hat{l} \cdot \frac{j}{\omega \epsilon_0} \int_{l'} \left[\hat{l}' k^2 I(l') G(R) + \left(\frac{\partial}{\partial l'} I(l') \right) \nabla G(R) \right] dl' = \hat{l} \cdot \vec{E}_{inc} \quad (3)$$

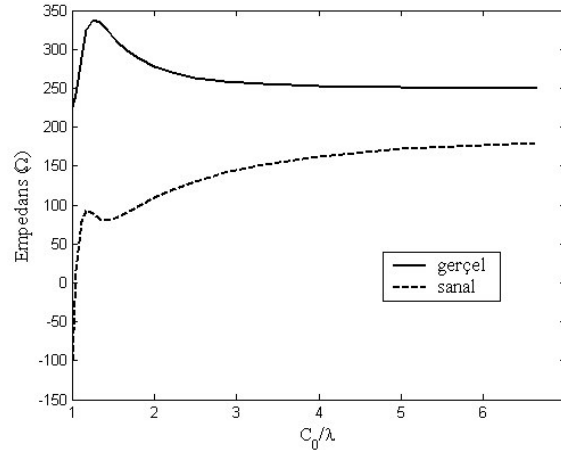
burada $\hat{l}$ ve $\hat{l}'$ sırasıyla gözlem noktasında ve kaynak noktasındaki birim teğet vektörü belirtmektedir. R kaynak ve gözlem noktası arasındaki uzaklık ve G boş uzay Green fonksiyonudur. Fakat parabolik sarmal antenin yay uzunluğu ile ifade edilmesi matematiksel zorluklar çıkarmaktadır [7]. Bu yüzden eğri parçalı moment yönteminde kullanılan integral denklemleri azimut açısıyla ifade edilecek şekilde değiştirilmiştir. Eğer akım temel fonksiyonlar cinsinden ifade edilecek olursa $I(\phi') = \sum_n I_n u_n(\phi')$, ve ağırlık fonksiyonları w_m ile gösterilecek olursa elde edilen integral denkleminin ayrıksallaştırılmış hali aşağıdaki gibidir,

$$\frac{j}{\omega \epsilon_0} \sum_n I_n \left[k^2 \int_{\phi_m} w_m(\phi) \int_{\phi_n} \left(\frac{d\vec{r}}{d\phi} \cdot \frac{d\vec{r}'}{d\phi'} \right) u_n(\phi') G(R) d\phi d\phi' + \left(\int_{\phi_n} G(R) \frac{d}{d\phi'} u_n(\phi') \right) \right]_{\phi_m}^{\phi_m^+} = \int_{\phi_m} w_m(\phi) \frac{d\vec{r}}{d\phi} \cdot \vec{E}_i d\phi \quad (4)$$

(4)'deki integral denklemi ϕ ile ϕ' ve onlara karşılık gelen türev ifadelerine bağlıdır. Çalışmamızda temel ve ağırlık fonksiyonları sırasıyla üçgen ve vuru olarak alınmıştır (yukarıdaki integral denklemi vuru tipi ağırlık fonksiyonları için geçerlidir). Kaynak için delta boşluk modeli kullanılmıştır. İntegrasyonlar sayısal olarak hesaplandıktan sonra empedans matrisi elde edilmiştir, ki bu matris boşlukta bulunan elektrik alan ve akımı lineer bir denklem olarak ilişkilendirmektedir, $[Z] [I] = [V]$. Bu denklem kolayca çözülebilir, $[I] = [Z]^{-1} [V]$ ve sonuçta antenin giriş empedansına ulaşılır, $[V]_{gap} / [I]_{gap}$. Anten üzerindeki akım dağılımı hesaplandığından dolayı ışıınım örüntüsü, kutuplanma eksene oran ve kazanç gibi bir çok özellik bulunabilir.

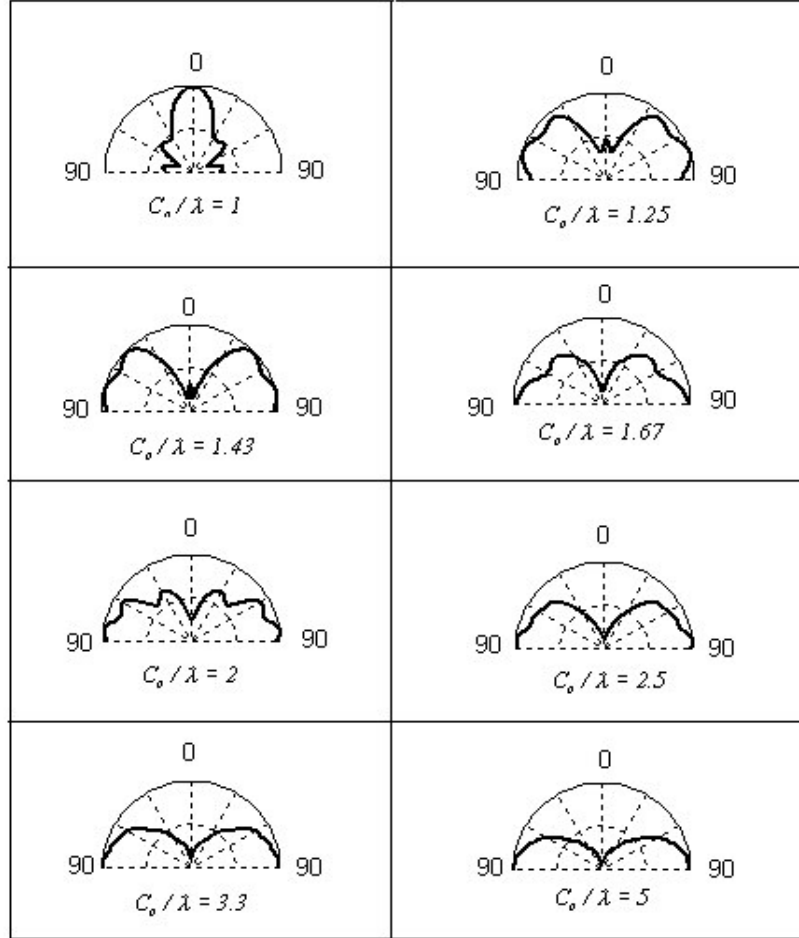
3. Sonuçlar ve Çıkarımlar

Parabolik anten için sarım sayısı 10, başlangıç yarıçapı $1/2\pi$ m., 5. sarım yarıçapı $1/4\pi$ m., bitim noktası yarıçapı $1/10\pi$ m. alınmıştır. Yükselme açısı silindirik sarmal antenlerin tipik değeri olan 13° olarak alınmıştır. Antenin x-y düzleminde bulunan sonsuz uzamlı mükemmel bir iletken plaka üzerinde olduğu kabul edilmiştir. Başlangıç çemberi çevresinin dalgaboyuna oranına göre giriş empedansının değişimi Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Giriş empedansının değişimi (C_0 , başlangıç çemberi çevresini belirtmektedir.)

Başlangıç çemberi çevresinin dalgaboyuna oranına göre x-z düzleminde E_θ değişimi Şekil 3.'de gösterilmiştir . Değerlerden görüleceği üzere C_0/λ değeri 2-2.5 olduğu zaman belirli bir frekans bandı başlamaktadır. Bu değer sarım sayının yarısına erişildiğinde bulunan çemberin çevresi dalgaboyuna yakın olduğu zaman elde edilmektedir. Bu sonuç [6]'da incelenen konik antenler (yarıçapın doğrusal değiştiği antenler) için de geçerlidir. Fakat çalışmamızda incelenen anten yarıçapı parabolik değiştiği için elimizde fazladan bir değişken daha bulunmaktadır. Bu sebeple parabolik sarmal antenin özellikleri daha çeşitlidir denilebilir.



Şekil 3. Başlangıç çevresinin dalgaboyuna oranına göre ışınlam örüntüsünün değişimi

Kaynaklar

- [1] Kraus John D., *Antennas*, John Wiley and Sons, 1988
- [2] Kraus J. D., Claude J. Williamson, "Characteristics of Helical Antennas Radiating in the Axial Mode", *Journal of Applied Physics*, cilt. 19, Ocak. 1948.
- [3] Howard E. King, Jimmy L. Wong, "Characteristics of 1 to 8 Wavelength Uniform Helical Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, cilt. AP-28, Mart 1980.
- [4] Nakano, Hisamatsu *Helical and Spiral Antennas*, Research Studies Press, 1987
- [5] Caswell Eric, "Analysis of a Helix Antenna Using a Moment Method Approach With Curved Basis and Testing Functions", Master Tezi, Virginia Polytechnic Institute, 1998.
- [6] Chatterjee J. S., "Radiation field of a conical helix", *J. Appl. Phys.*, Cilt 24, No. 5, Sayfa 550-559, 1953
- [7] Selçuk Ahmet, "Eğri Parçalı Moment Yöntemi ile Sarmal Anten Çözümlemesi", Master Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003