

## Floresan Tüpler Kullanarak Plazma Anten Dizisi Tasarımı

Mert ÇİFLİK, Atalay KOCAKUŞAK, Selçuk HELHEL  
Akdeniz Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Antalya

[mertciflik@akdeniz.edu.tr](mailto:mertciflik@akdeniz.edu.tr) , [atalaykocakusak@akdeniz.edu.tr](mailto:atalaykocakusak@akdeniz.edu.tr) , [selcukhelhel@akdeniz.edu.tr](mailto:selcukhelhel@akdeniz.edu.tr)

**Özet:** Antenler, kurulu oldukları sistemin radar kesit alanını (RKA) büyütür. Plazma tüpleri, aktif haldeyken iyi bir iletken çubuk gibi davranırken, pasif durumda neredeyse radar görünmez bir hâl alırlar. Bu özellikleri nedeniyle plazma tüpleri, RKA'nın düşürülmesi istenen uygulamalarda tek başına veya dizi elemanı olan iletken çubuk antenler yerine kullanılabilir. Bu çalışmada, piyasada kolaylıkla bulunabilecek aydınlatma amaçlı kullanılan plazma tüpleri (floresan) kullanılarak plazma anten dizisi tasarlanmıştır. Tasarlanan plazma anten dizisinde kullanılan elemanlar farklı kombinasyonlarla aktif edilerek anten huzme yönü kontrol edilebilir bir yapı elde edilmiştir. Dört elemanlı dizinin normalize kazancı en büyük 6.1dB ve ana huzme yarı-güç genişliği 45° olarak elde edilmiştir.

**Abstract:** Antennas increase the radar cross-sectional area (RCS) of the system in which they are installed. While plasma tubes behave like a good conductive-rod when they are active, they become almost invisible to radar in passive state. Due to these features, plasma-tubes can be used in applications where RCS is desired to be reduced. In this study, plasma antenna array was designed by using plasma-tubes (fluorescent). The elements of antenna array are activated in different combinations, resulting in a structure whose antenna beam direction can be controlled. The maximum normalized gain of the four-element array was 6.1dB, half-power beamwidth was 45°.

### 1. Giriş

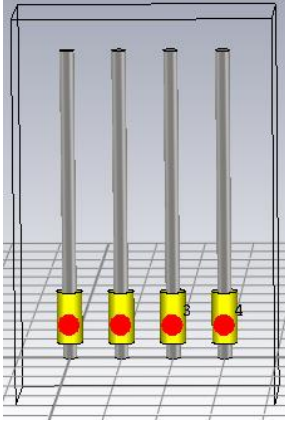
Elektrik alan nedeni ile uçlarında gerilim indüklenen veya uçlarına uygulanan gerilim nedeni ile içinde bulunduğu ortama elektromanyetik ışın yayın iletken cisimlere anten denir[1]. Antenler haberleşme ve radar sistemlerinin en temel elemanı olarak yüksek teknoloji pek çok ürünün bir biçimde parçası olarak kullanılmaktadır. Doğal olarak bu güne kadar olduğu gibi bu günden sonra da gelişen teknoloji ile beraber antenlerin kullanım alanları artarken hem fiziksel boyutlarının küçültülmesi hem de ağırlıklarının azaltılması gibi ihtiyaçlar gündeme gelmiştir. Bununla birlikte özellikle askeri amaçlar için kullanılan antenlerin toplam radar kesit alanına olan katkısı dikkate alındığında alternatif arayışlar ortaya çıkmıştır[2]. Ortaya çıkan son kritik ihtiyacı karşılamak için plazma içeren cam tüplerin kullanımı çözüm olarak düşünülmüş ve son yıllarda kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Geleneksel bir antenin metal öğeleri yerine plazmanın kullanıldığı bu tip antenler, plazma anten olarak adlandırılmıştır[3].Plazma frekansından daha düşük frekans bileşenleri için mükemmel iletken gibi davranacak olan yüksek enerji seviyesine sahip olan plazma, iletken çubuk yani anten olarak kullanılabilir hale gelir[4]. Tüp içerisindeki plazmanın aktif olduğu süreçlerde iletken bir çubuk gibi davranan, onun dışındaki süreçlerde neredeyse transparan bir yalıtkan malzemeye dönüşen plazma tüpleri, pasif durumda kuplaj etkisi oluşturmadığından anten huzme yönünün değiştirilmesinde de esneklik sunmaktadır. Plazma antenlerden oluşan anten dizisinde bulunan elemanlar farklı kombinasyonlar ile aktif hale getirilerek mekanik harekete gerek kalmadan anten huzme yönü kontrol edilebilir bir yapı elde edilebilir. Dizide bulunan tüm elemanların kapanması, anten dizisini radar görünmez hale getirmektedir[5-8]. Bu çalışmada, piyasada yaygın olarak kullanılan floresan tüpler aracılığı ile 4 elemanlı bir anten dizisi oluşturulmuş ve VHF/UHF bandındaki davranışı ele alınmıştır.

### 2. Yöntem

Piyasada erişilebilir floresan tüplerinin boyutları ilk adım olarak tespit edilmiştir.Plazma anten dizisinde standart T8 floresanlar kullanılmış olup boyları 60cm'dir. Bu boyutlar dikkate alınarak bu aşamada dört elemanlı bir anten dizisi tasarımı öngörülmüş ve benzetim programında performans analizleri yapılmıştır. Uzunluğu 60 cm olan bir yarım dalga dipol antenin Denklem 1 kullanılarak hesaplanan rezonans frekansı 250 MHz'dir.

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \quad (1)$$

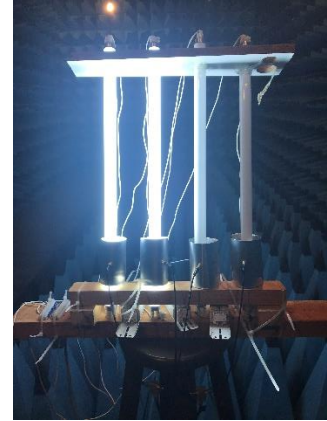
Benzetim aşamasında karşılaşılan sorunlar da dikkate alınarak gerçekleştirilecek dizi hakkında nihai karara varılmıştır. Bu kararda plazma elemanlarının yerleşimi, besleme gerili ve besleme biçimi gibi temel parametreler dikkate alınmıştır. Karar verilen dört elemanlı anten dizisinin anten parametreleri (örüntü ve  $S_{11}$ ) ölçülerek benzetim sonuçları kıyaslanmıştır. Dört elemanlı anten dizisinin benzetimi Şekil 1’de verilmektedir. Benzetim çalışmasında plazma yerine mükemmel iletken kullanılmıştır. Her bir dizi elemanı eş portlardan beslenerek anten örüntüsü elde edilmiştir. Gerçeklenen dizide tek bir güç kaynağından güç bölücüler ile eş fazlı bir besleme uygulanmıştır (Şekil 2). Tüm bağlantı elemanlarının bütün özellikleri aynı olacak şekilde seçilerek faz farkı oluşmaması amaçlanmıştır. Uygulamaya bağlı olarak oluşması muhtemel faz farklarının çok küçük olması beklendiğinden göz ardı edilmiştir.



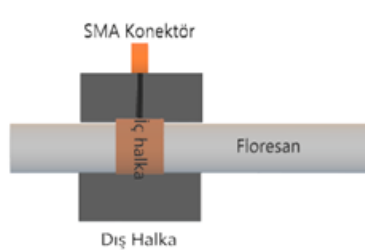
Şekil 1. Dört Elemanlı Plazma Anten Dizisi Benzetimi



Şekil 2. Dört Elemanlı Plazma Anten Dizisi



Benzetim programının parametrik tarama özellikleri kullanılarak hedeflenen örüntüyü elde edecek kombinasyon aranmıştır. Ardından, seçilen kombinasyonlara uygun gerçekleştirilen anten dizisinin örüntü ve  $S_{11}$  ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için Şekil 3’te gösterildiği üzere bir uyumlandırma devresi tasarlanmıştır. Böylece işaret üreticiden elde edilen RF işaretin sorunsuz bir şekilde plazma anten tüplerine aktarılması sağlanmıştır.



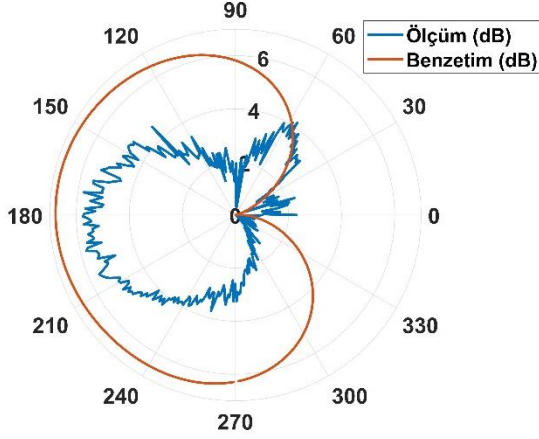
Şekil 3. Plazma Anten Uyumlandırma Devresi

Şekil 3’te gösterilen uyumlandırma devresinde bulunan dış halkanın çapı 5cm, uzunluğu ise 10cm’dir. İç halka floresana temas etmekte olup çapı 2.8cm, uzunluğu ise 2cm’dir. İç ve dış halka alüminyumdan yapılmış olup bu halkalar birbirine lehimlenmiş ve RF güç dış halkaya yerleştirilen SMA Port üzerinden aktarılmaktadır. Bu floresanlar platforma sabitlenmiştir ve faz kaymasına sebebiyet vermemek için RF güç bölücüler yardımıyla eş fazlı olarak beslenmiştir.

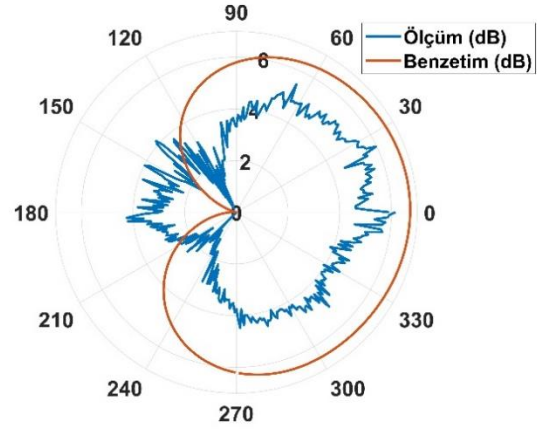
### 3. Sonuçlar

Yapılan ölçümlerde tasarlanan uyumlandırma devresinin konumu, uyumlandırma devresinde kullanılan iç ve dış halkaların yarıçapları ve bu halkaların üretildikleri malzemenin, plazma antenin ışına gücünü ve anten örüntüsünü değiştirdiği tespit edilmiştir. Halkaların birbirine çok yaklaşması ya da çok uzaklaşması anten dizisinin verimini olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Anten örüntüsü ölçümleri Akdeniz Üniversitesi EMUMAM bünyesindeki tam yansız odada yapılmış olup, 260MHz’de anten özelliği gösterdiği görülmüştür. Şekil 4.a, anten dizisinin ilk iki elemanının aktif olduğu kombinasyona aittir. Anten örüntüleri  $\phi$  düzlemine aittir. Beklendiği

üzere anten huzme yönü sadece aktif olan elemanlar yönünde oluşmuştur. Yapılan testler sonucunda anten dizisinde bulunan aktif eleman sayısının antenin huzme yönünü aynı zamanda yönlülüğünü de etkilediği gözlemlenmiştir. 1 ve 2 numaralı dizi elemanları aktif iken yapılan ve Şekil 4.a.'da belirtilen ölçüm ve benzetim sonuçlarında benzetim sonucunda  $180^\circ$  yönünde 6.8 dB normalize kazanç bulunurken, ölçüm sonucunda 4.9 dB olarak ölçülmüştür. 3 ve 4 numaralı dizi elemanları aktif iken yapılan ve Şekil 4.b.'de belirtilen ölçüm ve benzetim sonuçlarında benzetim sonucunda  $180^\circ$  yönünde 6.8 dB normalize kazanç bulunurken, ölçüm sonucunda 5.1 dB olarak ölçülmüştür



Şekil 4.a.



Şekil 4.b.

Şekil 4. Anten Örüntüsü Benzetim ve Ölçüm Sonuçları

Yapılan testler sonucunda anten dizisinde bulunan aktif eleman sayısının antenin huzme yönünü aynı zamanda yönlülüğünü de etkilediği gözlemlenmiştir. Rezonans frekansındaki 10 MHz'lik kaymanın tüpün verilen 60 cm'lik fiziki uzunluğu boyunca düzgün olarak dağılmış bir plazmanın oluşmamasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

#### 4. Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. (Proje No: 1919B011802598)

#### Kaynaklar

- [1]. Helhel,S. ,“Mikrodalga Teknikleri-1” ,Birsen Yayınevi, 2019.
- [2]. Anderson, T. "Plasma Antennas".2011
- [3]. Borg G. G., Harris J. H., Martin N. M., Thorncraft D., Milliken R., Miljak D. G., Kwan B., Kircher T. Ng, J., “Plasmas as Antennas: Theory, Experiment and Applications”, Phys. Plasmas, Cilt. 7, No. 5, s.2198-2202, Mayıs 2000
- [4]. Rayner J. P., Whichello A. P., “Physical Characteristics of Plasma Antennas”, IEEE Transactions on Plasma Science, Cilt.32, No.1, s.269-281, Şubat 2004
- [5]. Melazzi D., De Carlo P., Trezzolani F., Manente M., Capobianco AD., Boscolo S., “Beam-Forming Capabilities of a Plasma Circular Reflector Antenna”, IET Microw. Antennas Propag., Cilt. 12 No. 15, s. 2301-2306, 2018
- [6]. Barro O. A.,Himdi M., and Lafond O., “Reconfigurable Cylindrical Plasma Antenna”, Progress In Electromagnetics Research M, Cilt. 66, s.65–72, 2018
- [7]. Ja'afar H., Abdullah R., Redzwan F.N.M., Sadeghikia F., “Analysis of Cylindrical Monopole Plasma Antenna Design”, International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), s.851-852, Busan, Korea, 2018
- [8].Yin B., Zhang Z., “A Novel Reconfigurable Radiating Plasma Antenna Array Based on Yagi Antenna Technology”, Int. J. Electron. Commun. (AEÜ) Cilt.84, s.221–224, 2018