

# Faz Kaymalı Doğrusal Dizi Antenlerde Sıfır Noktalarının Kaydırılması Ve Örüntünün Şekillendirilmesi

Fehmi KARAAĞAÇ<sup>1</sup>,

Nursel AKÇAM<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara

<sup>2</sup>e-posta:ynursel@gazi.edu.tr

## Özetçe

Bu çalışmada, izotropik elemanlardan oluşan faz dizili antenin ışına örüntüsüne ait sıfır noktalarının, karıştırıcıların veya istenmeyen sinyallerin bulunduğu noktalara kaydırılarak bu sinyallerin bastırılması amaçlandı. İki karıştırıcının bulunduğu ortamda, antenin ışına örüntüsüne ait sıfır noktaları kaydırılarak karıştırıcıların bastırılması sağlandı. Ayrıca yerleri devamlı olarak değiştirilen iki adet karıştırıcının bastırılması için dizi anten örüntüsü üzerindeki değişim, hazırlanan program ile analiz edildi. Doğrusal faz dizili antenin ışına örüntü şekillerinin; antenin tarama açısına, elemanlar arası uzaklığa ve dizi eleman sayısına bağlı olarak değişimi incelendi.

## 1. Giriş

Faz kaymalı antenlerin kullanıldığı radar ve haberleşme sistemlerinin performansını düşüren gürültünün ve kasıtlı olarak yapılan karışırmaların etkisini azaltmak amacıyla, antenin ışına örüntüsüne ait sıfır noktalarının karıştırıcıların olduğu noktalara veya istenmeyen sinyallerin bulunduğu yönlere kaydırılarak bu sinyallerin bastırılması sağlanır.

Dizi elemanlarının pozisyonun değiştirilmesi ile sıfır noktalarının kaydırılması için kullanılan faz kaydırıcılar, sadece ana hüzmeyi kaydırmak için kullanılmakta ve elemanların yatay veya dikey yönlerde pozisyonları değiştirilerek sıfırların kaydırılması sağlanmaktadır. Karıştırıcı sayısının dizi eleman sayısına kıyasla az olduğu durumda mevcut örüntüde fazla değişimler olmadan karıştırıcı sinyali bastırılabilir [1].

Sisteme ilave bir donanım eklemeye gerek kalmaksızın adaptif dizilerin en temel elemanlarından birini oluşturan faz kaydırıcılar kullanılarak sıfır noktaları kaydırabilmekte ve ayrıca dizi elemanlarının faz değerlerinin ayarlanarak yan hüzmeler arasında en yüksek tepe değerine sahip olan hüzmelerin tepe değeri düşürülebilmektedir.

Dizi antenin ışına örüntüsüne ait sıfır noktaları, bağımsız olarak anten elemanların genlik besleme değerleri gerçel

değerlerden seçilerek kaydırılabilmektedir. Genlik değerlerinin gerçel değerlerden oluşmasını ise, örüntü üzerinde bulunan sıfır noktalarını karmaşık düzlem üzerinde eşlenik çiftler şeklinde seçilmesi ile sağlanmaktadır.

Kontrol işlemlerinin kolay ve maliyetin etkin olduğu bir çözüm olan kısmi eleman kontrolü üzerine yapılan çalışmalarla da örüntünün yan hüzmeye seviyelerinin düşürülmesi veya sıfır noktalarının kaydırılması sağlanmaktadır. Bazı durumlarda kısmi eleman kontrolü yerine alt dizi eleman kontrolü yapılabilmektedir.

Hem genlik hem de faz kontrollü sistemlerin idealde en iyi çözümü sunduğu herkes tarafından kabul edilmekle beraber maliyetin etkin olmamasına, sistem karmaşıklığının da eklenmesiyle gerçek zamanlı uygulamalar açısından pek tercih edilmemektedir [2].

Bu çalışmanın amacı, ana hüzmeyi hedefin bulunduğu noktaya kaydırabilen, örüntüde bulunan sıfır nokta sayısı kadar karıştırıcı tanımlayabilen, örüntünün sıfır noktalarını bu karıştırıcıların bulunduğu noktalara kaydırabilen ve dizi eleman sayısını isteğe bağlı olarak değiştirebilen bir program Schelkunov Tekniği baz alınarak hazırlamaktır.

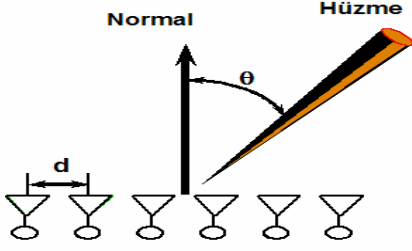
## 2. Faz Kaymalı Dizi Antenler

Dizi antenler, birçok anten elemanının bir araya gelmesinden oluşur. Şekil 1.'de genel bir doğrusal dizi konfigürasyonu görülmektedir. Burada  $\theta$ , antene gelen sinyalin açısını ve d, diziyi oluşturan elemanlar arası uzaklığı ifade eder.

Faz kaydırıcılar dizi antenlerin en temel elemanını oluşturur. Uzayda açısal tarama yapabilmek için faz kaydırıcılar tarafından dizi elemanları arasında bir faz farkı oluşturulur. Dizi elemanları arasında oluşan faz farkı;

$$\Phi = 2\pi \left( \frac{d}{\lambda} \right) \sin \theta \quad (1)$$

ile hesaplanır. Burada,  $\lambda$  gelen sinyalin dalga boyudur.



Şekil 1. N elemanlı doğrusal dizi konfigürasyonu.

Anteni oluşturan elemanların sayısı arttıkça dizinin yönlendiriciliği ve kazanç artar. Ancak kaybın olduğu ortamlarda kazanç belli bir sayıdan sonra en yüksek değere ulaşır ve sonrasında azalmaya başlar.

Dizinin ışınma örüntüsü; dizinin geometrik yapısına, diziyi oluşturan elemanların birbiri arasındaki uzaklığa, dizi elemanlarının besleme genliğine ve fazlarına ayrıca tercih edilen anten dizi elemanlarına bağlıdır[3].

Doğrusal, N eşit aralıklarla yerleştirilmiş izotropik elemanlı dizi için dizi faktörü;

$$AF(u) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jkdu} \quad (2)$$

eşitliği ile verilir. Eşitlik 2’de  $a_n$  anten elemanlarının besleme ağırlığını,  $k$  dalga sayısını ve  $u=\sin(\theta)$  yön parametresini ifade eder. Üstel terimler anteni oluşturan elemanların faz kaymasıyla ilişkilidir. Üstel terimler arasında oluşan farklılıklar dizi anten elemanlarının, gelen enerjiyi alışı arasındaki zaman farkından ileri gelir. Faz dizili antenlerde, dizi elemanlarının yerleştirilme aralıklarıyla ilintili olarak belli açı değerlerinde ( $\theta_0$ ) istenmeyen tepe değerleri  $2\pi$  aralıklarında oluşur. Bu durum, aşağıdaki eşitlikle açıklanabilir.

$$2\pi \frac{d}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_0) = 2\pi p \quad (3)$$

Burada,  $p$  değerleri tamsayıdır. Oluşması istenmeyen bu tepe değerlerine büyük hüzmeye denilir. Büyük hüzmeler, antenin algılamasında belirsizliğe yol açar. Bu nedenle büyük hüzmelerin oluşmasından sakınmak için anteni oluşturan dizi elemanlarının arasındaki uzaklık  $\lambda/2$ ’den küçük seçilir.

Antenin ışınma örüntüsü; eleman faktörü ile dizi faktörünün çarpımı ile elde edilir. Eleman faktörü, yalnızca bir elemanın oluşturduğu alandır. Faz ve genlik üzerinde yapılan değişiklikler sadece dizi faktörünü değiştirir. Eleman faktörünü etkilemez.

## 2.1 Faz Kaymalı Dizi Antenlerin Tarama Performansı

Faz kaymalı dizi antenlerin her bir elemanına uygun faz değerlerine sahip besleme verilerek antenin uzayda mekanik kısıtlamalara maruz kalmadan çok yüksek hızlarda tarama yapması sağlanır. Dizide bulunan bütün elemanların özdeş, elemanlar arası uzaklığın eşit ve dalga boyunun yarısı kadar ve her bir dizi elemanına ait besleme değerinin aynı olduğunu varsayalım. Bu şartlar altında dizinin bütün elemanlarına aynı değerde bir faz kayması verildiğinde, ardışık elemanlar arasında göreceli faz farkının sıfır olmasından dolayı antenin ana hüzmesi anten yüzeyine dik olacaktır. Eğer elemanlar arası göreceli bir faz farkı uygulanırsa bu durumda ana hüzmeye antenin normali ile bir açı yapar.

Antenin ana hüzmesi  $\theta_0$  kadar kaydırılmış ise faz farkı  $\Phi=2\pi(d/\lambda)\sin \theta_0$  olur. Bu durumda, her bir dizi elemanına ait faz değerleri,  $\Phi_c + m\Phi$  ile ifade edilebilir.

Burada  $m=0, 1, 2, \dots, (N-1)$  değerlerinden oluşur.  $\Phi_c$  bütün elemanlara uygulanan sabit bir faz değerini gösterir. Sonuçta elemanlar arası faz farkı  $\Phi_c$  değeri kullanılarak antenin ışınma örüntüsü aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$G(\theta) = \frac{\sin^2 \left[ N\pi \left( \frac{d}{\lambda} \right) (\sin \theta - \sin \theta_0) \right]}{N^2 \sin^2 \left[ \pi \left( \frac{d}{\lambda} \right) (\sin \theta - \sin \theta_0) \right]} \quad (4)$$

$\sin \theta = \sin \theta_0$  olduğu durumda örüntü maksimum seviyede kazançla sahip olur. Eşitlik 4’de görüldüğü gibi her bir dizi elemanına verilen uygun  $\phi$  faz değişim değerleriyle ana hüzmeye  $\theta_0$  değerine kaydırılabilir. Eşitlik 4’de;

$$\pi \frac{d}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_0) = \pm n\pi \quad \text{veya} \quad |\sin \theta - \sin \theta_0| = \pm n \frac{\lambda}{d}$$

olduğunda payda sıfır olacağından büyük hüzmeye oluşur. Faz dizili antenlerin yönlülüğü, hüzmeye genişliği, yan hüzmeye seviyesi ve band genişliği gibi önemli anten parametreleri, tarama açısıyla birlikte değişir. Bunun sonucu olarak faz dizili antenler, mekanik tarama yapan antenlere oranla daha fazla karmaşık işlemleri gerektirir.

Faz dizili antenlerde ana hüzmeye kaydırılırken ana hüzmeye genişliği  $1/\cos \theta$  ile orantılı olarak değişir. Ana hüzmeye ne kadar yönlü ise, antenin kazancı da o oranda yüksek olacağından en yüksek kazanç  $\theta=0$  derecede elde edilir. Kazanç tarama ile birlikte azalır.

Bunun nedeni tarama ile birlikte hüzmengin genişlemesidir. Yönlülük, tarama açısına bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$D = \frac{32400 \cos \theta_o}{\theta_{x3} \theta_{y3}} \quad (5)$$

Eşitlik 5'de  $\theta_{x3}$  ve  $\theta_{y3}$  sırasıyla x ve y eksenleri için 3db açılarıdır.

## 2.2 Faz ve Zaman Taraması

### Faz Taraması

Faz kaydırıcılar, faz kaydırma ve hüzmeye oluşturma amacıyla radyo frekansı (RF) ve ara frekansı (IF) bantlarında kullanılırlar. Değişik sayıda elemanın eşit aralıklar ile doğrusal olarak yerleştirilmesinden oluşan dizi değişken eleman besleme değerlerini ve faz kaydırmasını kullanır. Bu sayede dizi faktörü ve zaman gecikmesine uyumlu olan faz kayması hüzmengin istenilen yöne kaydırılmasını sağlar. M adet izotropik elemanlı ve eşit aralıklar ile yerleştirilmiş doğrusal dizinin, dizi faktörü,

$$AF(\phi) = \sum_{m=0}^{M-1} A_m e^{jm \left( \frac{2\pi d}{\lambda} \cos \phi + \alpha \right)} \quad (6)$$

eşitliği ile verilir. Burada,  $\alpha = -\frac{2\pi d}{\lambda_o} \cos \phi_o$  ile ifade

edilir,  $\lambda_o$ , istenen frekanstaki dalga boyunu,  $\phi_o$ , istenilen hüzmeye yönünü ifade eder.

### Zaman Taraması

Geniş bantlı uygulamalarda zaman gecikmeli sistemler tercih edilir. Çünkü ana hüzmengin yönü frekansa bağlı olarak değişmez. M sayıda izotropik elemanlı ve eşit aralıklar ile yerleştirilmiş doğrusal dizinin, dizi faktörü;

$$AF(\phi) = \sum_{m=0}^{M-1} A_m e^{jm \left( \frac{2\pi d}{\lambda} \cos \phi + \omega \Delta t \right)} \quad (7)$$

ile ifade edilir. Burada elemanlar arası zaman gecikmesi  $\Delta t = -\frac{d}{c} \cos \phi_o$  (c ışık hızı)'dir.

Anten ışınma örüntüsünü oluşturmanın birkaç farklı metodu vardır. Bunlardan bazıları; Dolph-Chebyshev, Fourier Dönüşüm ve Schelkunov metodlarıdır. Bu çalışma Schelkunov metodu baz alınarak yapılmıştır.

### Schelkunov Metodu

Schelkunov tarafından geliştirilen ve sıfırların pozisyonlarını değiştiren bir metottur. Schelkunov'un

sentezleme metodu, Eşitlik 2 ile verilen antenin dizi faktörü eşitliğinde  $e^{jkdu}$  terimlerine z(u) denilirse,

$$AF'(u) = AF(u) \frac{(z - z_i')}{(z - z_i)} \quad (8)$$

olarak  $AF'(u)$  sonuç dizi faktörü elde edilir.

Eşitlikte,  $z_i'$  istenilen sıfır pozisyonunu,  $z_i$  ise istenilen sıfır pozisyonuna en yakın sıfır noktasını ifade eder. Sıfır noktası yeni pozisyonuna döndürüldükten sonra, sonuç dizi faktörünün bileşenleri yeniden düzenlenir ve besleme sabitleri bulunur.

## 3. Sıfır Noktalarının Kaydırılması ve Örüntünün Şekillendirilmesi

Faz kaymalı antenlerde sıfır noktalarının kaydırılması amacıyla kullanılan teknikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Her Bir Elemanı Sadece Genlik Kontrollü Dizi Yapısı,
- Her Bir Elemanı Sadece Faz Kontrollü Dizi Yapısı,
- Her Bir Elemanı Faz ve Genlik Kontrollü Dizi Yapısı,
- Alt Dizi veya Kısmi Eleman Kontrollü Dizi Yapısı,
- Eleman Pozisyon Kontrollü Dizi Yapısı.

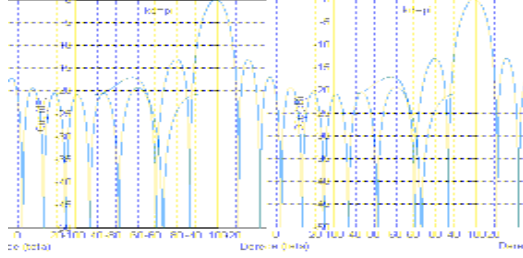
N tane özdeş elemanı bulunan bir doğrusal dizi için, ardışık faz kayması  $\beta$  ve besleme akım katsayılarının  $w_n$  ve  $\Psi = kdu + \beta = kd \sin(\theta) + \beta$  olduğunda Dizi Faktörü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} w_n e^{jn\Psi} \quad (9)$$

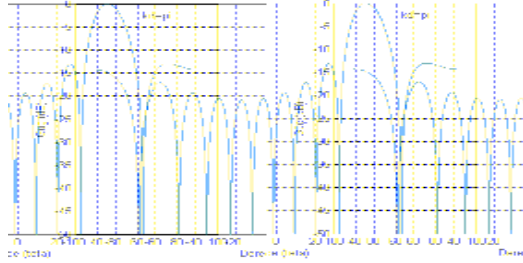
### 3.1 Ana Hüzmengin Kaydırılmasının Anten Işıma Örüntüsüne Etkisi

N=11 olan dizi antenin tarama performansını da gözlemlemek amacıyla Şekil 2 ve 3'de verilen anten ışınma örüntülerine ait ana hüzmengin -30 ve 45 derecelere kaydırıldığında, tarama ile birlikte ana hüzmeye açısı genişlemektedir. Faz kayması sıfır iken ana hüzmeye genişliği yaklaşık 21 derece iken, ana hüzmengin -30 dereceye kaydırıldığında bu değer yaklaşık 24.4 derece, 45 dereceye kaydırıldığında ise yaklaşık 31 derece olur. Ana hüzmeye kaydırılırken hüzmeye genişliği  $1 / \cos \theta$  ile orantılı olarak değişir. Ana hüzmeye ne kadar yönlü ise kazançta o oranda yüksek olacağından en yüksek kazanç  $\theta=0$  derecede elde edilir. Bu durumda kazanç taramayla birlikte azalır. Bunun

nedeni tarama ile birlikte hüzmelerin genişlemesidir. Geniş açılarda tarama yapılırken dizi kazancının yönlülüğe göre çok daha küçük olmasının nedenini, dizi elemanları arasında karşılıklı etkileşimin sebep olduğu uyumsuzluk problemleri oluşturur [3].



Şekil 2. N=11 İçin Ana Hüzmesi -30 Dereceye Kaydırılan Dizi Anten Işıma Örüntüsü

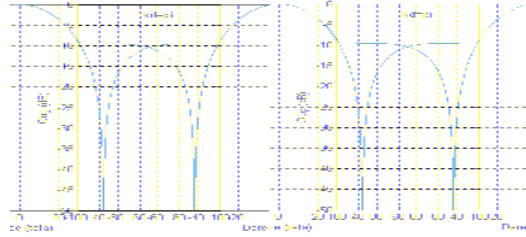


Şekil 3. N=11 İçin Ana Hüzmesi 45 Dereceye Kaydırılan Dizi Anten Işıma Örüntüsü

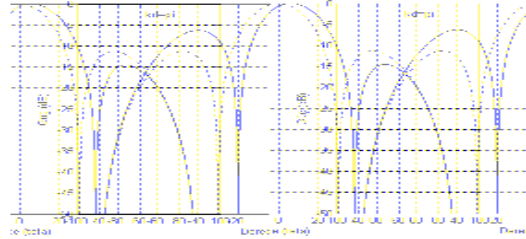
### 3.2 İki Adet Karıştırıcının Bulunduğu Ortamda Uygun Dizi Yapısının Belirlenmesi

-20 ve 38 derecelerde iki adet karıştırıcının tespit edildiği varsayılarak tespit edilen bu karıştırıcıların etkisini azaltmak veya sıfırlamak amacıyla optimum dizi yapısını bulmaya çalışıldı. Ortamda iki adet karıştırıcı bulunuyor olmasından dolayı idealde en az iki tane sıfır noktasına sahip anten olacağı değerlendirilir. Bu nedenle üç elemanlı bir dizi ile çalışmaya başlamak uygun olur. N=3 olan dizinin orijinal örüntüsü ile sıfırlarının -20 ve 38 derecelere kaydırılmış halleri sırasıyla Şekil 4 ve 5’de verilmiştir. Sıfırların karıştırıcıların yönünde kaydırılması ile örüntüde belirsizliğe yol açan istenmeyen büyük yan hüzmeye meydana gelmiştir. Oluşan belirsizliği çözmek için eleman sayılarının artırılması yoluna gidilir. Sıfırların karıştırıcıların yönünde kaydırılması ile örüntü yan hüzmelerinin birinde önemli derecede istenmeyen bir yükselme meydana gelmektedir. N=4’de mevcut karıştırıcıları bastırmak için uygun bir yapı değildir (Şekil 6). Bu durumda dizi eleman sayısını artırmaya devam edilir. N=6 için orijinal ve sıfırların kaydırılmasından sonra oluşan anten ışımaları Şekil 7’de verilmiştir. N=6 için sıfırların

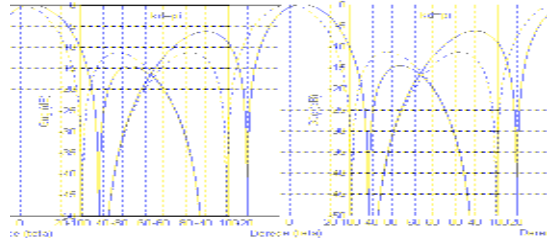
karıştırıcılar yönünde kaydırılması ile örüntü yan hüzmeye seviyelerinde önemli derecede bir değişimin ve ana hüzmeye genişliğinde önemli bir sapmanın olmadığı görülür. N=6 elemanlı dizi yapının -20 ve 38 derecelerde bulunan karıştırıcıları bastırmak için uygun bir yapı olarak görülse de karıştırıcıların yerleri değiştirilince örüntünün şeklinde de bozulmalar meydana gelir. -20 ve 38 derecelerdeki karıştırıcıları bastırmak açısından uygun olan 6 elemanlı dizi yapısı karıştırıcıların yerlerinin değişmesi durumunda yetersiz kalır.



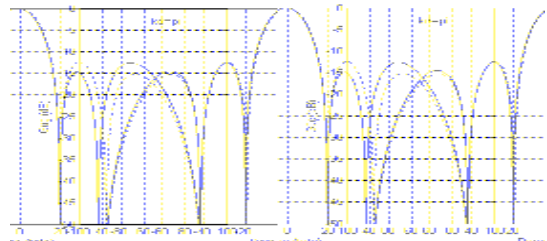
Şekil 4. N=3 için oluşan dizi örüntüsü



Şekil 5. N=3 için sıfırların -20 ve 38 derecelere kaydırılmasıyla oluşan örüntü



Şekil 6. N=4 için orijinal örüntü (---) ve sıfırların -20 ve 38 derecelere kaydırılmasıyla oluşan örüntü (—)



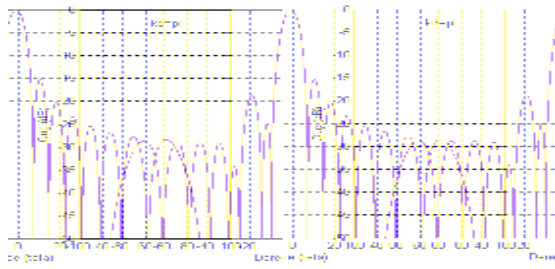
Şekil 7. N=6 için orijinal örüntü (---) ve sıfırların -20 ve 38 derecelere kaydırılmasıyla oluşan örüntü (—)

Karıştırıcıların sabit olmadığı yani devamlı olarak konumlarının dizi antene göre değiştiği durumlarda örüntüyü optimize etmek zorlaşır. Bu nedenle karıştırıcıların konumlarının dinamik olarak değiştiği

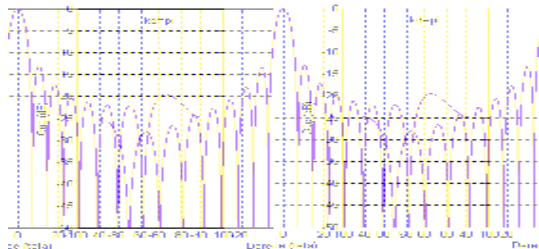
gerçek zamanlı uygulamalarda anten eleman sayısı, elastikiyeti sağlamak açısından karıştırıcı sayısına oranla daha büyük seçilir.

### 3.3 Konumları Değiştirilen İki Adet Karıştırıcının 16 Elemanlı Dizi Anten İle Bastırılması Sonucunda Oluşan Örüntünün Analizi

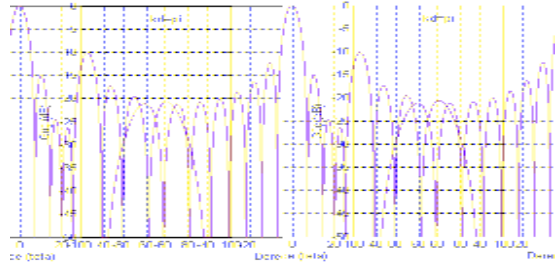
Karıştırıcıların -10 ile -25 derecede buldukları durumda oluşan ışınma örüntüsü Şekil 8'de verilmektedir. Ana hüzmeye en yakın sıfır noktasının -10 dereceye kaydırılmasından dolayı ana hüzmeye genişleme olmuştur. Bunun sonucu olarak yan hüzmeye seviyelerinde değişimler meydana gelmiştir. Karıştırıcıların -60 ile -75 derecede buldukları durumda oluşan örüntü Şekil 9 incelendiğinde örüntünün ana hüzmeye açısında değişme olmadığı ve karıştırıcılara yakın olan yan hüzmeye seviyelerinde önemli ölçüde bir düşüşün olduğu görülmektedir. Karıştırıcıların 20 ile 25 derecede buldukları durumda, oluşan ışınma örüntüsü Şekil 10 incelendiğinde örüntünün ana hüzmeye açısında değişme olmadığı ve karıştırıcılara yakın olan yan hüzmeye seviyelerinde önemli ölçüde bir düşüşün olduğu görülmüştür. Ana hüzmeye artış meydana gelmiştir. 16 elemanlı dizi üzerinde yapılan denemelerde değişik açılarda bulunan karıştırıcılar bastırılmıştır. Ancak ana hüzmeye yakın noktalarda bulunan karıştırıcılar bastırılırken ana hüzmeye açısında artış olmuştur. Sonuç olarak, dizi anten eleman sayısında sağlanan artış (N=16) sıfırları kaydırma açısından bize bir avantaj sağlamıştır.



Şekil 8. N=16 için sıfırların -10 ve -25 derecelerine kaydırılmasıyla oluşan örüntü.



Şekil 9. N=16 için sıfırların -60 ve -75 derecelerine kaydırılmasıyla oluşan örüntü.



Şekil 10. N=16 için sıfırların 20 ve 25 derecelerine kaydırılmasıyla oluşan örüntü

### 3.4. Dizi Elemanları Arasındaki Mesafenin Antenin Işıma Örüntüsüne Etkisi

Anten ışınma örüntüsüne önemli bir etkisi olan elemanlar arası uzaklık, yukarıdaki çalışmalarda dalgaboyunun yarısı ( $d = \lambda/2$ ) olarak alınmıştır.

Elemanlar arası uzaklığın anten örüntüsüne olan etkisini daha iyi görebilmemiz açısından  $d = \lambda/4$ ,  $d = 3\lambda/4$ ,  $d = \lambda$  ve  $d = 3\lambda/2$  alınarak  $kd$  değerleri için anten ışınma örüntüleri elde edilir ( $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ).

13 elemanlı dizinin, yeni  $d$  değerlerine göre oluşan örüntüleri, faz kaymasının sıfır olduğu ve karıştırıcıların olmadığı durumda Şekil 11. b, c, d ve e yukarıdaki sıraya göre  $d = \lambda/2$  olduğu durum (Şekil 11. a) ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

$d = \lambda/4 \Rightarrow kd = 0.5\pi$  olarak seçildiği durumda, örüntü üzerinde oluşan kök değerleri 12'den 6'ya düşmüştür. Dolayısıyla ana hüzmeye ve yan hüzmeye genişlikleri artmıştır.

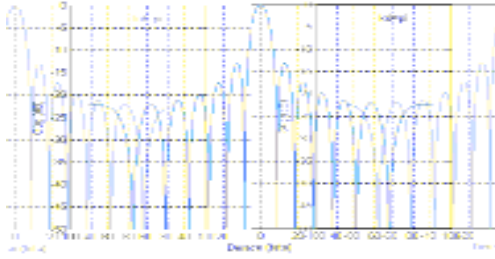
$d = 3\lambda/4 \Rightarrow kd = 1.5\pi$  olarak seçildiği durumda, ana hüzmeye ve yan hüzmeye genişlik değerleri azalmış, yan hüzmeye sayısı artmıştır. Ancak belirsizliğe neden olan istenmeyen büyük hüzmeye oluşmamıştır.

$d = \lambda \Rightarrow kd = 2\pi$  olarak seçildiği durumda, bir öncekinden olduğu gibi ana hüzmeye ve yan hüzmeye genişlik değerleri azalmış, yan hüzmeye sayısı artmıştır. Ayrıca örüntünün +90 ve -90 derecelerinde istenmeyen yeni büyük hüzmeler oluşmuştur.

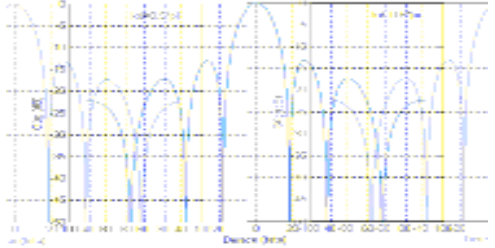
$d = 3\lambda/2 \Rightarrow kd = 3\pi$  olarak seçildiği durumda, belirsizlik artmış ve istenmeyen ilave iki tane büyük hüzmeye oluşmuştur.

Anten örüntüsünü, elemanlar arası uzaklık önemli ölçüde etkilemektedir. Büyük hüzmeler antenin algılamasında belirsizliğe yol açacağı için sakınmak gerekir.

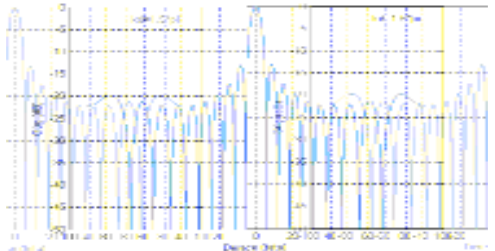




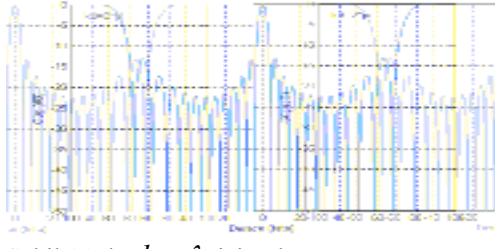
Şekil 11.a.  $d = \lambda/2$  için oluşan örüntü



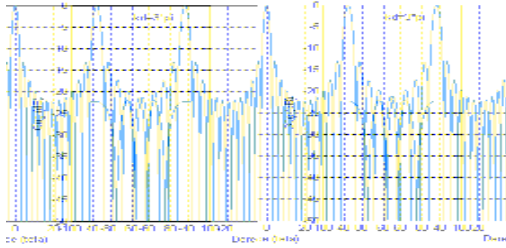
Şekil 11.b.  $d = \lambda/4$  için oluşan örüntü



Şekil 11.c.  $d = 3\lambda/4$  için oluşan örüntü



Şekil 11.d.  $d = \lambda$  için oluşan örüntü

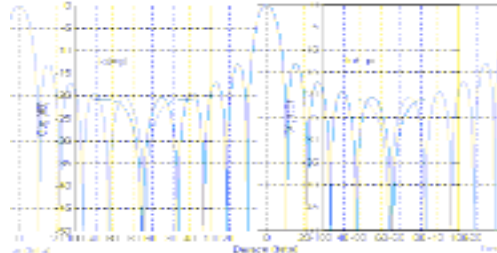


Şekil 11.e.  $d = 3\lambda/2$  için oluşan örüntü

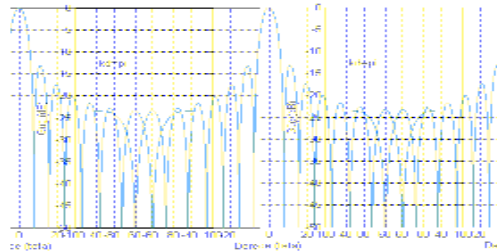
### 3.4 Eleman Sayısının Dizi Anten Örüntüsüne Etkisi

Eleman sayısının (N) dizi anten örüntüsüne etkisini tam olarak görebilmek için öncelikle karıştırıcının veya gürültü sinyalinin bulunmadığı durumda N=11 ve

N=15 için oluşacak anten ışınma örüntüsü incelenecektir. Şekil 12 ve 13'de sırasıyla verilen 11 ve 15 elemanlı dizi örüntülerine ait yönlülükler incelendiğinde, eleman sayılarının artması ile yönlülüğün arttığı görülür. Ana hüzmeyin sağında ve solunda bulunan birinci sıfır noktalarına ait açısal değerler ana hüzmeyin genişliği ile ilgilidir ve antenin yönlülüğünü belirler. 11 ve 15 elemanlı diziler için ana hüzmeyin genişlikleri (3 dB açıları) sırasıyla 6.78 ve 9.26 derece olarak bulunur.



Şekil 12. N=11 elemanlı için doğrusal dizi anten ışınma örüntüsü



Şekil 13. N=15 elemanlı için doğrusal dizi anten ışınma örüntüsü.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada, antenin ışınma örüntüsünü oluşturan sıfır noktaları istenmeyen sinyallerin alındığı açılara doğru döndürülerek sistem üzerindeki istenmeyen etkiler azaltılırken aynı zamanda ana hüzmeyin de istenen sinyallerin veya hedefin bulunduğu yöne doğru kaydırılması gerçekleştirildi.

## Kaynakça

1. Steyskal H., Shore R.A., ve Haupt R.L., "Methods for Null Control and Their Effects on the Radiation Pattern," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 34, no.3, s.404-409, 1986.
2. Stuckman B.E., ve Hill J.C., "Method of Null Steering in Phased Array Antennas Systems," Electronics Letters, Vol. 26, no.15, s.1216-1218, 1990.
3. Karaağaç F., "Faz Kaymalı Doğrusal Dizi Antenlerde Sıfır Noktalarının Kaydırılması ve Örüntünün Şekillendirilmesi" Y.Lisans Tezi, Gazi Ün. Fen Bil. Enst. Ankara, 2005.