

FRAUNHOFER KIRINIM DESENİNİN BİLGİSAYAR SİMULASYONU

Sedat Özsoy

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fak. Elektronik Böl., Kayseri

ÖZET

Bu çalışmada çeşitli delik ve yarık düzenlemelerinin, düzlem dalgalar için Fraunhofer bölgesindeki kırınım desenleri, fazör diyagramları kullanılarak bilgisayarla simule edilmiştir. Kırınım desenlerinin yarık ve delik parametrelerine göre davranışı incelenmiştir.

COMPUTER SIMULATION OF FRAUNHOFER DIFFRACTION PATTERN

ABSTRACT

In this study, diffraction patterns in Fraunhofer's region of several apertures is simulated by computer using their phasor diagrams. Behavior of diffraction patterns with respect to the parameters of the apertures is examined.

1.GİRİŞ

Girişim terimi, aynı kaynaktan ayrı ayrı türetilmiş iki veya daha çok ışık demeti, saçaklar oluşturacak şekilde biraraya getirildiği zaman kullanılır. Kırınım terimi ise, bir dalga cephesinin sürekli bir kısmından türetilen ışığın girişimi sonucu saçaklar elde edildiği zaman kullanılır. Tabiatta kırınım etkilerini, tipik olarak, bir gölgenin kenarında ışık saçakları olarak; girişimi ise, sabun köpüğünde veya ince bir yağ tabakasında renklenme olarak gözleyebiliriz. Hem kırınım hem de girişim, ışığın dalga yapısından kaynaklandığından, aralarındaki fark kesin olarak açık değildir.

Huygens ilkesinden biliyoruz ki, bir dalga cephesinin bir sonraki konumu, dalga cephesinin her noktasını ikincil dalgaların kaynağı

S.ÖZSOY/FRAUNHOFER KIRINIM

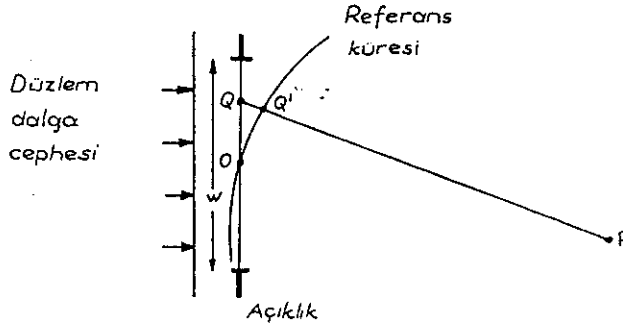
olarak kabul etmek suretiyle, dalga cephesinin bir önceki konumundan elde edilebilir. Dalga cephesinin ilerlemesi, çoğu kez, ışın optiği ile tanımlanabilir. Dalga cephesinin yanal genişlikleri, dalga boyuna oranla çok büyük kabul edilir.

Kırınım etkileri, dalga cephesi bir engelle çarptığı veya bir engel üzerinde bulunan bir açıklığa rastladığı zaman meydana gelir. Kırınım etkilerinin önemi, engel veya açıklığın dalgaboyuna göre büyüklüğüne bağlıdır. Uygulamada hemen hemen bütün dalga cephesleri bir açıklık (bir teleskop merceğinin büyüklüğü gibi) tarafından, sınırlanır. Burada bazı açıklıklar tarafından oluşturulan kırınım durumlarını inceleyeceğiz.

2.FRAUNHOFER KIRINIMI

Fraunhofer kırınım desenini elde etme yöntemi, başlangıç olarak, açıklıktan geçen dalga cephesini bir dalga boyuna oranla küçük eşit elemanlara bölmektir. O zaman böyle her eleman ikincil bir Huygens dalgasının kaynağı olarak alınır. Açıklığın arkasındaki herhangi bir noktadaki genliği tayin etmek için, bu dalgaların genliği bir fazör diyagramı şeklinde toplanabilir. Bir dalgacığın fazı onu yayan orijinal dalga cephesi parçasının fazından, uzaklık ve dalga boyu ile belirlenen bir miktar kadar geridedir. Huygens dalgacıklarının, fazlar dikkate alınarak toplanması, Huygens-Fresnel kırınım teorisine uygundur [1]. Böyle bir işlem ilk önce, her bir katkının bir faz referansına göre (ki bu referans çoğu kez açıklığın merkezidir) fazını hesaplamayı gerektirir. Sonra bunu, fazör diyagramı kullanılarak bütün bu katkıların toplanması izler.

Şekil-1 'deki gibi merkezi P de olan bir küre çizelim. Bu küre, açıklıktaki faz referans noktası O dan geçsin. Böyle bir küre referans küresi olarak adlandırılır.



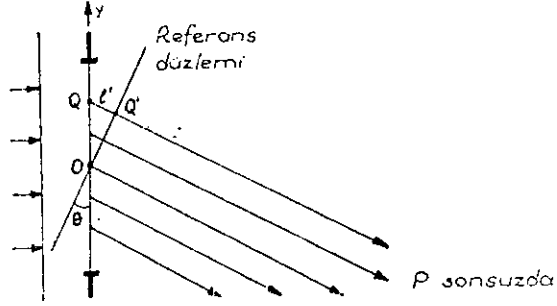
Şekil - 1 : Bir açıklıktan kırınımın geometrisi ve referans küresi

Şekil-2'de olduğu gibi, referans küresinin yüzeyi, dalga boyunun küçük bir kesri kadarlık boyutlar içinde düzlem kabul edilebilecek şekilde, P noktası açıklıktan yeterince uzaksa özellikle basit bir durum ortaya çıkar.

Bu durumda, $r_0 \approx z_1 \sin \theta$ olduğundan, r_0 mesafesi ve bu yüzden bir elemandan gelen katkının fazı, ikincil kaynağın açıklık boyunca konumunun liner bir fonksiyonu olur. Bu şartlar altında kırınım, Fraunhofer kırınımı olarak adlandırılır. Fraunhofer bölgesini belirlemek için kullanılan bir kıstas,

$$\frac{r_0^2}{z_1} < \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

dır [2]. Burada λ dalga boyu, r_0 açıklık düzlemindeki ikincil kaynağın açıklık orjinine göre konumu ve z_1 kırınımın gözleneceği ekranın açıklığın orjinine uzaklığıdır. Fraunhofer bölgesine ulaşmak için gerekli mesafe çok büyüktür. Örnek olarak, bir kenarı 6 mm olan bir kare delik ve 0.6×10^{-3} mm dalga boylu bir ışık kullanılırsa, bu mesafe 60 m olur. Bununla beraber, yakınsak bir mercekle kullanılarak, yakın alan bölgesi içinde $z_1 = f$ (odak uzaklığı) konumunda Fraunhofer uzak alan deseni gözlenebilir [2].



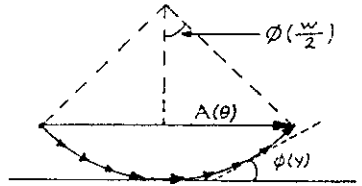
Şekil - 2 : Tek yarıқта Fraunhofer kırınımının geometrisi

2.1 TEK YARIKTA KIRINIM

Şimdi, w genişlikli tek bir yarık içinde tek düze (uniform) genlikli bir düzlem dalga cephesi durumunu gözönüne alalım. Bu yarık kağıt düzlemine dik olsun (Şekil-2). Burada dalga boyuna göre küçük olan dy genişlikli bir şeridi temel eleman olarak alabiliriz. O zaman böyle her bir şerit, P'deki toplama eşit genlikle katkıda bulunur; ancak her katkının ϕ fazı y 'ye,

$$\phi(y) = (2\pi y \sin\theta)/\lambda \quad (2)$$

ile lineer olarak bağlıdır [1]. Bu katkılar, fazları dikkate alınarak vektörel olarak toplanırsa Şekil-3'deki fazör diyagramı elde edilir.



Şekil - 3 : Tek yarıқта kırınımın fazör diyagramı

0 daki merkezi şerit faz referansı olarak alınmış ve fazör diyagramda yatay bir vektör olarak çizilmiştir. Onun yukarısında bulunan şeritlerden gelen katkılar bu referansa göre ileri fazdadır ve bunlar fazör diyagramının sağ tarafına çizilmişlerdir. Merkezi şeridin aşağısında bulunan şeritlerden gelen katkılar, bu referansa göre geri fazdadır ve fazör diyagramının sol tarafına çizilmişlerdir. Böylece diyagram bir daire yayı haline gelmiştir. θ yönündeki bileşke dalganın $A(\theta)$ genliğini, bu fazör diyagramdan elde edilen bileşke vektör temsil eder; bu bileşke de daire yayının kirişi olur. $\theta=0$ için en büyük genlik $A(0)$ olmak üzere, kırınım deseni;

$$A(\theta)/A(0) = \text{Sin } \psi / \psi \quad (3)$$

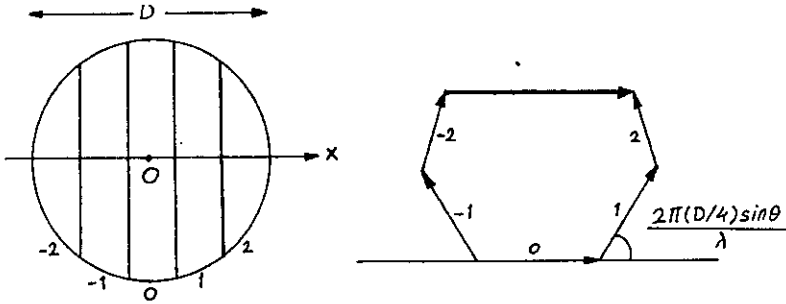
ile verilir. Burada;

$$\psi = (\pi w \sin \theta) / \lambda = \phi(w/2) \quad (4)$$

dir.

2.2 DAİRESEL DELİK KIRINIMI

Tek yarık durumundaki gibi, dairesel deliğin y eksenine paralel her bir şeridi, gözönüne alınan elemanter şeridin x koordinatıyla doğru orantılı bir fazla fazör diyagramına katkıda bulunur. Bu durum Şekil-4'de gösterilmiştir. Bu durumda fazörlerin büyüklükleri aynı değildir ve $2\sqrt{a^2-x^2}$ şeklinde şerit uzunluğu ile değişir.



Dairesel delik ($D=2a$)

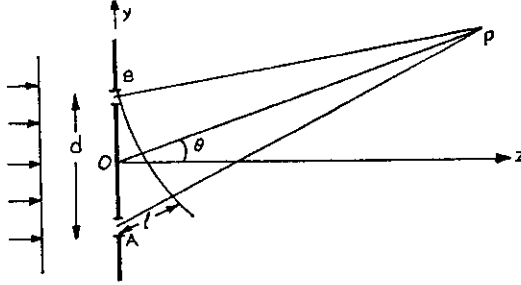
Fazör diyagramı

Şekil - 4 : Dairesel delik ve fazör diyagramı

Dairesel delik kırınımının tek yarık kırınım deseninden en önemli farkı, dairesel simetriye sahip olması ve sıfırlarının eşit aralıklı olmamasıdır. Ayrıca ilk yan maksimum tek yarıkdakine oranla daha düşüktür [1,2].

2.3 ÇİFT YARIKTA KIRINIM

Şekil-5'i gözönüne alalım. Düzlem tek renkli bir dalga cephesi, üzerindeki A ve B yarıkları haricinde tamamen geçirimsiz olan bir engelle karşılaşmaktadır. Her bir yarığın genişliği dalgaboyuna oranla küçüktür ve aralarındaki mesafe birkaç dalgaboyu kadardır.



Şekil - 5 : Çift yarıқта kırınımın geometrisi

Bu durumda eğer P noktasının uzaklığı $l = d \sin \theta$ eşitliği sağlanacak şekilde ise, Fraunhofer kırınımı elde edilir. Eğer yarıkların her biri birkaç dalga boyu genişlikte iseler, her bir yarık kendi Fraunhofer desenine uygun olarak katkıda bulunur. Böylece, tek bir yarığın kırınım deseninin zarfı içinde Young saçakları gözlenir.

Buradan, benzer kırınım cisimleri veya açıklıkları dizisinin Fraunhofer kırınım deseninin, dizideki her bir elemanın tek tek kırınım desenlerinin, benzer şekilde düzenlenmiş izotropik kaynaklar dizisinin girişim deseni ile çarpımı olduğu ilkesine ulaşılmaktadır.

3. BİLGİSAYAR SİMÜLYONU VE SONUÇLARI

Kırınım desenlerinin bilgisayar simülasyonu için fazör diyagramları

kullanılmıştır. Program BASIC dilinde yazılmış ve BEST bilgisayarında icra edilmiştir. Programda, Fraunhofer ve Fresnel kırınım desenlerinin eldesi birleştirildiğinden, önce kırınım tipinin, ardından da açıklık tipinin belirlenmesi istenmektedir. Daha sonra istenen açıklık tipine ait parametreler girilmektedir. Bu parametrelerden açıklık genişliği, şerit (vektör) sayısı ile; fazörlerin genliği, vektörlerin uzunluğu ile; fazları da vektörlerin yatayla yaptıkları açılarla temsil edilmiştir. Bu çalışmada simetrik açıklık düzenleri incelendiğinden, fazör diyagramları şerit sayısının tek sayı alınmasını gerektirmektedir.

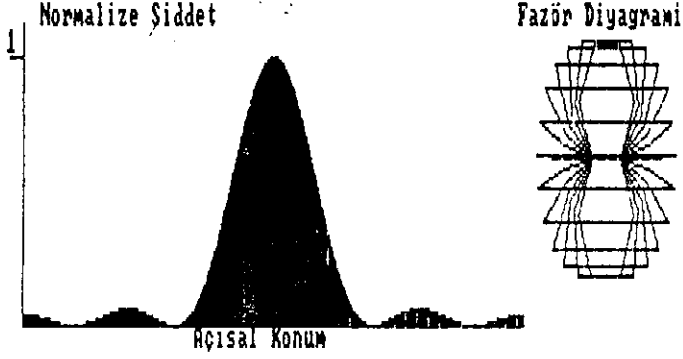
Ekranında önce normalize fazör diyagramlarından bazıları, sonra bu diyagramların yanına normalize kırınım desenleri çizdirilmiştir. Çeşitli açıklık tipleri ve parametreleri için elde edilen fazör diyagramları ve kırınım desenleri Şekil-6 ve onu izleyen şekillerde verilmiştir.

Şekil-6 ve 7'nin eldesinde, sırasıyla Şekil-3 ve 4'deki fazör diyagramları kullanılmıştır. Şekil-8a ve b'deki çift yarık kırınım desenlerinin eldesinde, Şekil-3'deki fazör diyagramı kullanılmıştır; ancak fazör diyagramın ortasından simetrik olarak, yarıklar arası mesafeyi temsilen belirlenen sayıda fazörün büyüklüğü sıfır alınmıştır.

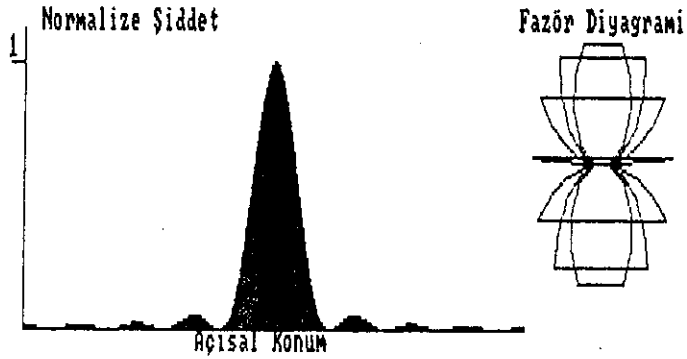
4. KAYNAKLAR

- [1] Iuzuka, K., Engineering Optics, Second Edition, Springer-Verlag 1987.
- [2]. Smith, F.G., Thomson, J.H., Optics, John Wiley and Sons, 1975.

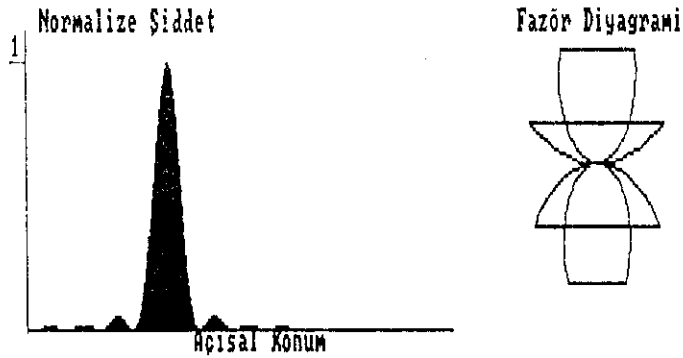
TEK YARIK FRAUNHOFER KIRINIMI
(Yarık Genişliği= 5 Birim)



(Yarık Genişliği= 9 Birim)

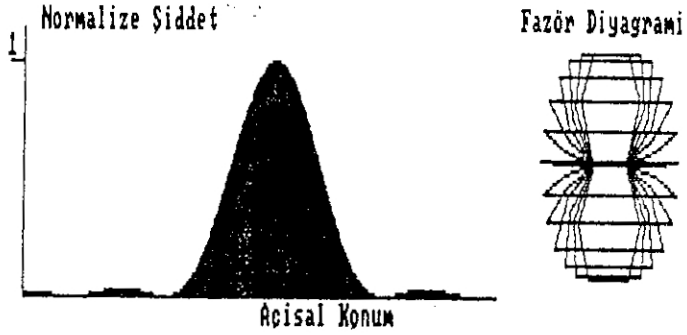


(Yarık Genişliği= 15 Birim)

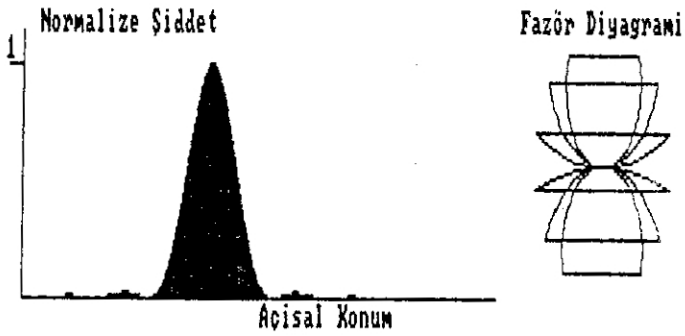


Şekil-6: Tek yarık Fraunhofer kırınım desenleri

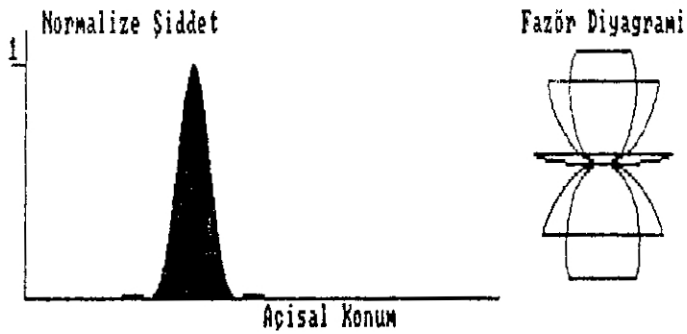
DAİRESEL DELİK FRAUNHOFER KIRINIMI(2R= 6 Birim)



DAİRESEL DELİK FRAUNHOFER KIRINIMI(2R= 10 Birim)

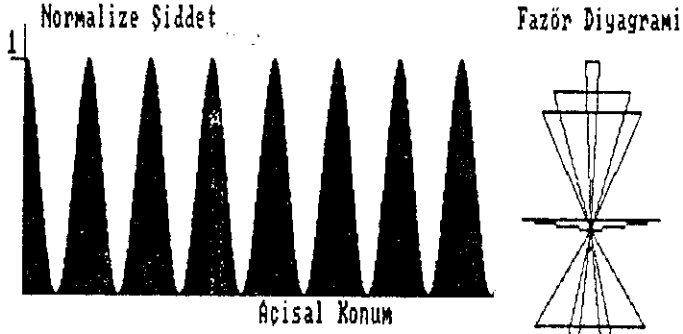


DAİRESEL DELİK FRAUNHOFER KIRINIMI(2R= 14 Birim)

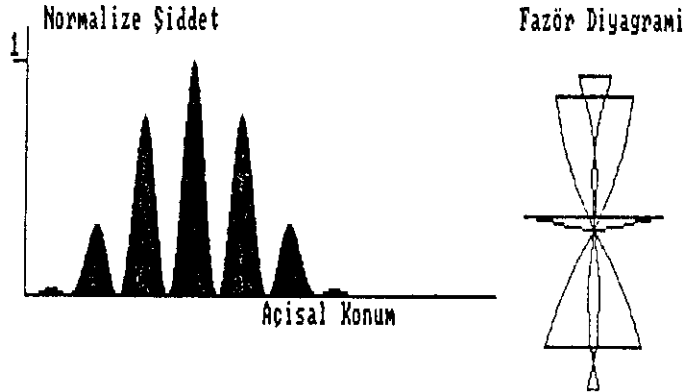


Şekil - 7 : Dairesel delik Fraunhofer kırınım desenleri

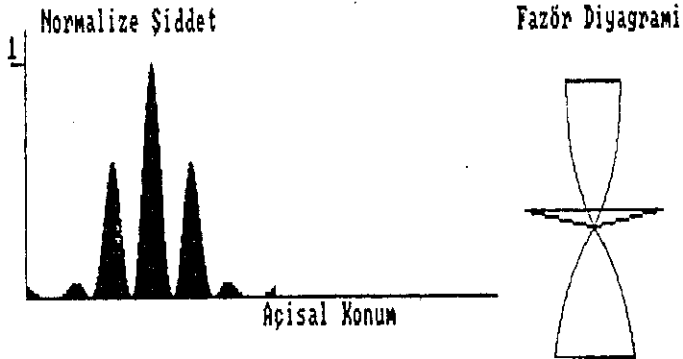
CİFT YARIK FRAUNHOFER KIRINIMI
(Yarıklar Arası= 7 Birim, Yarıklar Genişliği= 1 Birim)



(Yarıklar Arası= 7 Birim, Yarıklar Genişliği= 3 Birim)

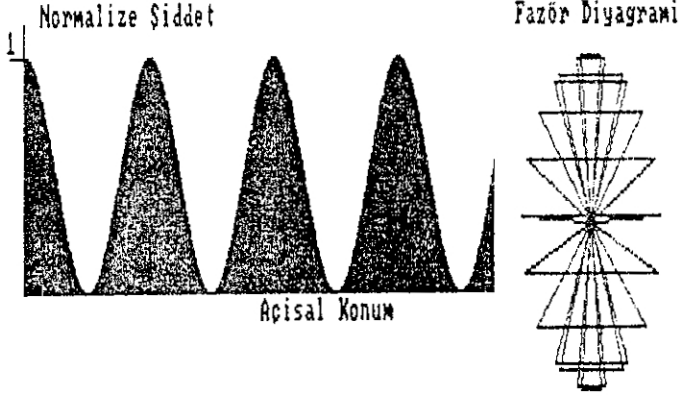


(Yarıklar Arası= 7 Birim, Yarıklar Genişliği= 5 Birim)

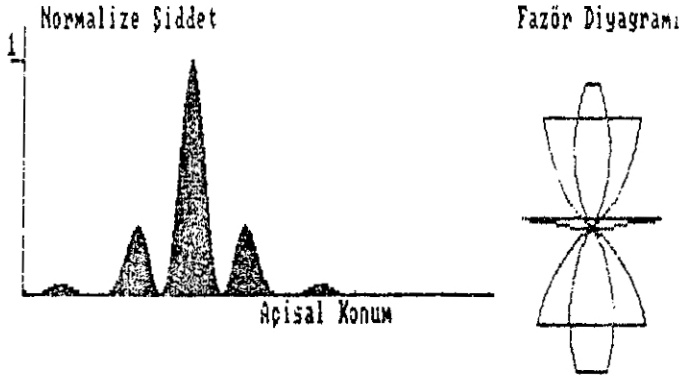


Şekil - 8a : Çift yarıklar Fraunhofer kırınım deseninin yarıkların genişliği ile değişimi

ÇİFT YARIK FRAUNHOFER KIRINIMI
(Yarıklar Arası= 3 Birim, Yarıklar Genişliği= 1 Birim)



ÇİFT YARIK FRAUNHOFER KIRINIMI
(Yarıklar Arası= 3 Birim, Yarıklar Genişliği= 5 Birim)



Şekil-8b: Çift yarıklar Fraunhofer kırınım deseninin yarıklar arası uzaklıkla değişimi