

OPTİK ŞAFT KODLAYICILARI

Aykut DALGIÇ
Elektronik Yük. Mühendisi
Elektrik ve Elektronik Müh. Böl.
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ANKARA

ÖZET

Bu yazının amacı, konum bilgisini sayısal gerilim şekline dönüştüren şaft kodlayıcılarından optik şaft kodlayıcılarının belirli bir ölçüde tanıtılmasıdır.

Yazıda takometre, artımsal ve mutlak optik şaft kodlayıcıları ele alınmakta, genel çalışma prensipleri incelenmekte ve bunların yapılarında mümkün olabilecek seçenekler üzerinde durulmaktadır.

SUMMARY

The purpose of this paper is to describe a class of shaft encoders, which convert the position information into digital voltage waveform: optical shaft encoders.

In the paper, tachometer, incremental and absolute optical shaft encoders, with general working principles, and possible alternatives in their structures, have been examined.

GİRİŞ

Gelişen elektronik ve bilgisayar teknolojisi, günümüzde birçok mekanik dizgenin otomatik kontrolüne olanak tanımaktadır.

Böyle dizgelerde, mekanik dizgenin çeşitli parçalarının konumlarının belirlenmesi ve bunların uygun gerilim seviyesine dönüştürülüp, elektronik dizgenin anlayacağı biçimde, kontrol dizgesine verilmesi gerekmektedir. Konum çevirgeçleri (position transducers) bu tür amaçlarla kullanılan ve konum bilgisini uygun gerilim seviyelerine çeviren aygıtlardır.

Konum çevirgeçleri, çıkışları itibarıyla, konum bilgisini örneksel (analog) ve sayısal (digital) gerilim şekline dönüştürenler diye ikiye ayrılırlar.

1-ŞAFT KODLAYICILARI

Konum çevirgeçlerinden biri olan şaft kodlayıcıları (shaft encoders), dönme şaftına tutturulan ve açışal şaft konumunu elektriksel voltaj dalga şekline dönüştüren elektromekanik çevirgeçlerdir.

Şaft kodlayıcıları üç gruba ayrılmaktadır:

- i) Fırça Şaft Kodlayıcıları
- ii) Manyetik Şaft Kodlayıcıları
- iii) Optik Şaft Kodlayıcıları

1.1. Fırça Şaft Kodlayıcıları

Fırça şaft kodlayıcıları (brush shaft encoders) başlıca iki kısımdan oluşur: kodlanmış disk ve fırçalar birimi. İletken bir maddeden yapılmış olan kodlanmış diskin üzerinde, Şekil 2c'deki sayısallaştırıcı disk üzerindeki siyah bölgelere benzer yalıtkan kısımlar bulunur. Diskin üzerinde dolaşırken bir iletken kısım, bir yalıtkan kısım olmak üzere iletken ve yalıtkan kısımlar birbirini takip eder. İletken (veya yalıtkan) kısımların sayısı kadar iletken fırça diskin üstünde düzgün aralıklarla yerleştirilmiştir. Bunlara ek olarak diğer bir fırça diskin öteki iletken yüzüne yerleştirilir. Disk dönerken iletken fırçalar iletken veya yalıtkan kısımlara değmekte ve diskin arka yüzündeki fırçayla elektriksel devreyi kapayıp açarak her fırçadan kare dalga şeklinde gerilim elde edilmesini sağlamaktadırlar.

Şaft hızının sınırlı olması ve fırçaların çabuk yıpranması gibi nedenlerden dolayı, fırça şaft kodlayıcıları günümüz endüstrisinde pek fazla kullanılmamaktadırlar.

1.2. Manyetik Şaft Kodlayıcıları

Manyetik şaft kodlayıcılarında (magnetic shaft encoders) diske gömülmüş mıknatıslanabilen maddeden

oluşmuş izler mevcuttur. Bu izlerin üzerine, izlerdeki maddenin manyetik doyum durumunu algılayan bir kafa yerleştirilir. Manyetik kafa üstündeki diğer sargılar, izlerdeki maddelerin durumunu değiştirmek için kullanılır.

Manyetik şaft kodlayıcıları, değişik sıcaklık ve mekanik koşullarda daha iyi çalışmaları için, genellikle, fırça şaft kodlayıcılarına tercih edilmektedirler.

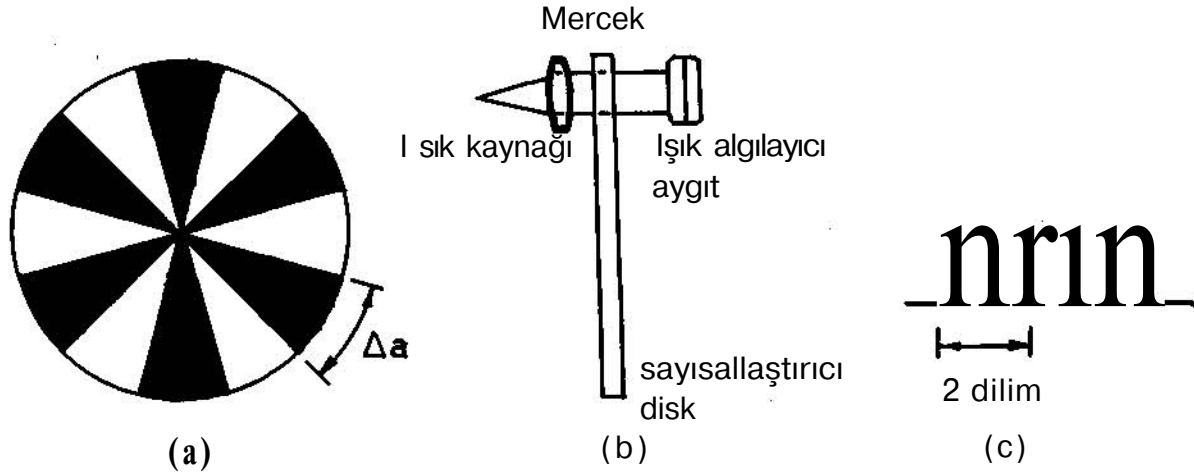
2-OPTİK ŞAFT KODLAYICILARI

Günümüzde en fazla kullanılan şaft kodlayıcıları olan optik şaft kodlayıcıları (optical shaft encoders) genel olarak üç ana kısımdan oluşmaktadırlar:

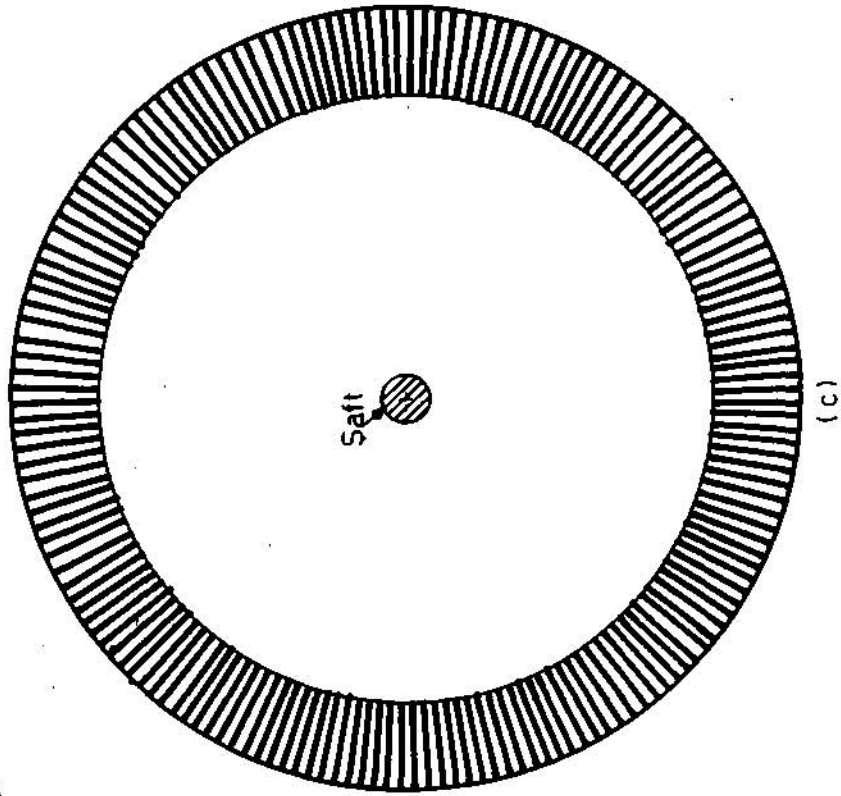
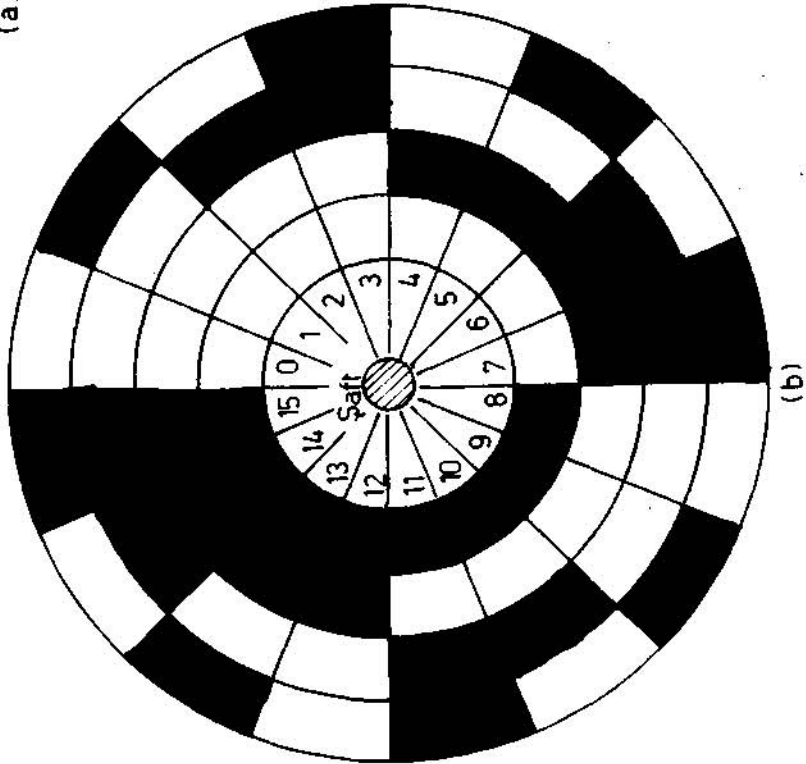
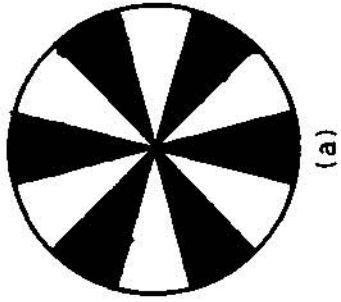
- Sayısallaştırıcı (digitizer) disk
- Işık kaynağı
- Işık algılayıcı eleman

Şekil 1a'da genel görünümü verilen sayısallaştırıcı disk, birbirini takip eden, ışığı geçiren saydam (transparent) ve ışığı geçirmeyen donut (opaque) dilimlerden oluşmuştur. Şekil 1i)'den görüldüğü gibi sayısallaştırıcı disk, ışık kaynağı ile ışığı algılayıcı eleman arasında yer almaktadır. Disk döndükçe saydam dilimlerden geçen ışık, aygıt tarafından algılanmakta, buna karşın donut dilimleri ışık kaynağının önünü keserek ışığın karşındaki eleman tarafından algılanmasına engel olmaktadır. Işığı algılayıcı eleman, belirli miktarda ışığı algıladığı zaman, çıkışında daha değişik bir gerilim seviyesi göstererek sayısallaştırıcı diskin dönüşünün saptanmasına olanak tanımaktadır. Sayısallaştırıcı diskin üzerindeki dilim sayısını arttırmak ayrışımın (resolution) artmasına neden olmaktadır.

Şekil 2a, 2.b ve 2.c'de üç değişik sayısallaştırıcı diskin genel görünümü verilmektedir. Bu diskler yapılarına göre ikiye ayrılmaktadırlar:



Şekil 1 a) Sayısallaştırıcı disk
b) Işık kaynağı, sayısallaştırıcı disk ve ışık algılayıcı elemanın birbirlerine göre konumları
c) Bu optik şaft kodlayıcısının çıkış gerilim şekli



Şekil 2 a,b,c çeşitli sayısallaştırıcı disk örnekleri

- Saydam maddeden yapılanlar: Bu tür diskler-saydam maddeden yapıldığı için, saydam dilimler değişiklik yapılmadan aynen kalmakta, sadece donut dilimler siyah bir tabakayla kaplanarak oluşturulmaktadır. Şekil 2a ve 2.b'deki diskler bu türe örneklerdir,

— Donut maddeden yapılanlar: Bu tür diskler donut maddeden yapıldığı için, donut dilimler değişiklik yapılmadan aynen kalmakta, sadece saydam dilimler diskin üzerinden o kısımlar kesilip alınarak oluşturulmaktadır. Böyle bir diskin genel yapısı da Şekil 2.c'de görülmektedir.

Işık yansımalarını en aza indirip, ışık algılayıcı elemanın yanılmasını önlemek için sayısallaştırıcı diskler genellikle mümkün olduğu kadar ince yapılırlar. Diskin böyle yapılması, tasarımı olan optik şaft kodlayıcısında, yüksek ayırışım elde edilebilmesi bakımından da önemlidir.

Günümüzde, optik şaft kodlayıcılarının yaygın kullanım alanı bulması sonucu, bunlarda kullanılan ışık kaynağı ve ışık algılayıcı eleman piyasada tek bir birim üstüne yerleştirilmiş şekilde bulunabilir hale gelmiştir. Bunlarda genellikle ışık kaynağı, ışık saçan diyot (LED), ışık algılayıcı eleman da foto transistordur.

Sayısallaştırıcı disk, ışık kaynağı ile ışık algılayıcı foto transistör arasındaki boşluktan geçecek şekilde yerleştirilir. Disk döndükçe diskin ışığı geçiren saydam ve geçirmeyen donut dilimleri, sırasıyla ışık kaynağının önünden geçmekte ve ışığı algılayıcı foto transistöre ışığın ulaşmasını sağlamakta veya engel olmaktadır. Böylece şaft döndükçe, foto transistöre ışık sırasıyla bir gelmekte bir gelmemektedir. Foto transistöre ışık gelirse transistör doyuma (saturation) ulaşmakta, ışık gelmezse kesim (off) durumunda kalmaktadır. Bir elektronik devreye bağlanmış bulunan foto transistörün kollektörü ve emiteri arasından kare dalga şeklinde (genellikle 0V ve 5V'lik) bir çıkış elde edilmektedir.

Optik şaft kodlayıcılarının dönme ataleti (rotational inertia) diğer şaft kodlayıcılarına göre daha küçüktür, dolayısıyla düşük dönme ataleti gerektiren işlerde de rahatlıkla kullanılabilirler.

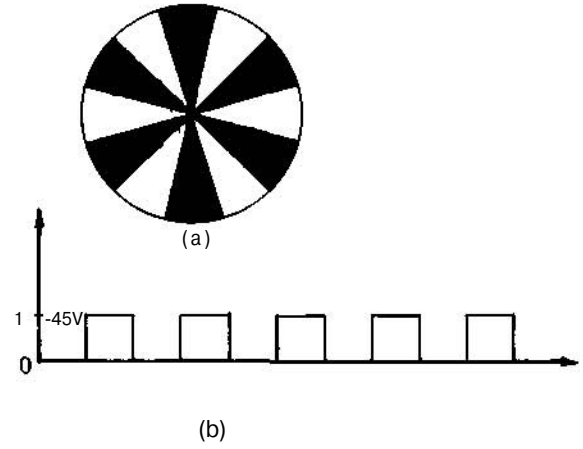
Optik şaft kodlayıcıları genel olarak üç gruba ayrılmaktadır:

- i) Takometre Optik Şaft Kodlayıcıları
- ii) Artımsal Optik Şaft Kodlayıcıları
- iii) Mutlak Optik Şaft Kodlayıcıları

2.1. Takometre Optik Şaft Kodlayıcıları

Takometre optik şaft kodlayıcıları (tachometer optical shaft encoders) hareket/dönme miktarını algırlar, fakat bu hareketin/dönüşün yönünü saptayamaz-

lar. Bir tek çıkışı olan bu tür şaft kodlayıcılarının genel yapısı ve çıkış gerilim dalga şekli Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3 a) Bir takometre şaft kodlayıcısının sayısallaştırıcı diskinin genel yapısı
b) Takometre şaft kodlayıcısının çıkışı

Eğer dönüş tek bir yönde ise, bu şaft kodlayıcısının çıkışını bir elektronik sayıcıya vererek bir referansa göre konum bilgisini elde etmek mümkündür. Fakat ters yönde olan bir dönüş bu aygıt tarafından algılanmamaktadır. Bu durum da aynı yönde bir dönüş gibi çıkış verilmektedir. Dolayısıyla iki yönde olan hareketler/dönüşler için bu tür şaft kodlayıcıları kullanılmazlar.

Tek yönlü dönüşlerde takometreler hız ölçümünde de kullanılır. Bunun için elektronik sayıcılar baştan sıfırlanır, sonra, sayıcının belirli bir süre ışığı algılayıcı elemanın çıkışından alınan 0V-5V'luk elektriksel darbeleri sayması beklenir ve bu belli süre sonunda sayıcının değerine göre hızın değeri saptanır.

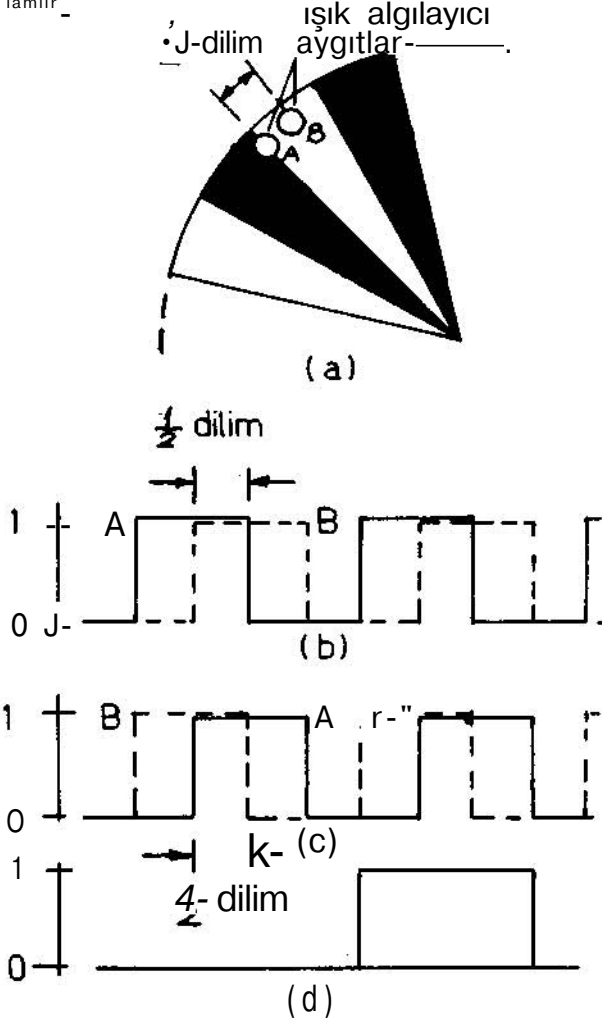
Takometre optik şaft kodlayıcıları, genellikle, tek yönlü olan hareketlerin/dönüşlerin hız ölçümünde ve kontrol uygulamalarında kullanılmaktadır

2.2. Artımsal Optik Şaft Kodlayıcıları

Artımsal optik şaft kodlayıcıları (incremental optical shaft encoders) hareketin/dönüşün miktarı yanı sıra yönünü de algırlar ve çıkış olarak verirler. Bu tür şaft kodlayıcılarının genel yapısı ve çıkış gerilim dalga şekillerinin bir kısmı Şekil 4'te görülmektedir. Şekildeki A ve B çıkışları, takometre şaft kodlayıcılarının çıkışı gibidirler ve hareket miktarını verirler. Bu iki çıkış, bir sayısal elektronik devreden geçirilerek hareketin yönü elde edilir. Bu tür kodlayıcılarda, ileri ve geri sayabilen bir elektronik ileri-geri sayıcısı (up-

down counter) kullanılarak bir referansa göre net hareket miktarı saptanabilir. Bu sayıcının girişine, hareketin miktarını 0V-5V'luk darbeler (pulses) halinde veren artımsal optik şaft kodlayıcısının çıkışı verilir. Sayıcının ileri veya geri sayması da şaft kodlayıcısının yön çıkışıyla sağlanır.

Artımsal optik şaft kodlayıcıların, eğer varsa, sıfır referans çıkışı bir referans noktası saptanmasında kullanılır.

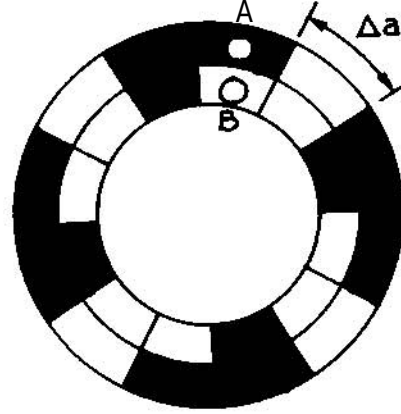


Şekil 4 a) Bir artımsal şaft kodlayıcısının sayısallaştırıcı diskinin genel yapısı

- b) Saat hareketinin ters yönündeki dönüşlerde A ve B çıkışı
- c) Saat hareketi yönündeki dönüşlerde A ve B çıkışı
- d) Sıfır referans çıkışı

Şekil 4'ten de görüldüğü gibi, dönüş yönü, sayısallaştırıcı disk üzerinde birbirinden yarım dilim uzaklıkta yerleştirilmiş olan iki ışık algılayıcı eleman yardımıyla saptanmaktadır. Sayısallaştırıcı disk saat hareketi yönünde dönüşü, önce A sonra da B ışık algılayıcı elemanını ışık kaynağına karşı kapamaktadır. Ters yönde dönüşte ise, disk önce B sonra da A ışık algılayıcı-

sını ışığa karşı kapamak durumundadır. Şekil 4.b ve 4.c'den de görüldüğü gibi, A ile B ışık algılayıcılarının çıkışları arasında sürekli olarak 90°'lik bir faz farkı vardır. Disk saat hareketi yönünde dönüyorsa, B ışık algılayıcısı çıkışı A algılayıcısı çıkışından 90° geri kalmakta, disk saat hareketinin ters yönünde dönüyorsa 90° ileri gitmektedir. Yön bilgisinin saptanması, A ve B ışık algılayıcılarının çıkışlarını kullanan bir sayısal elektronik devreyle gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5 Başka bir artımsal şaft kodlayıcısının sayısallaştırıcı diskinin genel yapısı

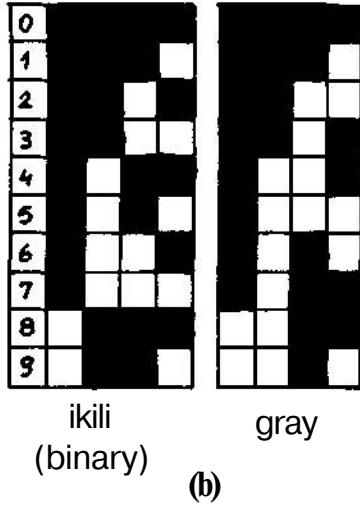
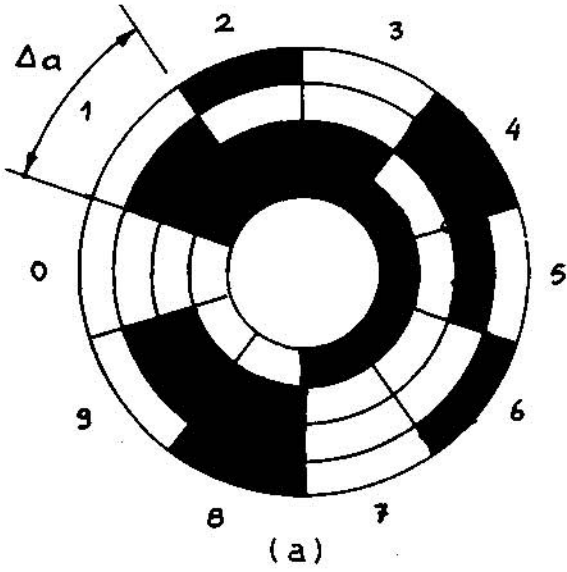
Şekil 5'te daha değişik bir artımsal optik şaft kodlayıcısının genel yapısı verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, bu artımsal optik şaft kodlayıcısı, değişik bir sayısallaştırıcı disk kullanır. Bu disk özel olarak kodlanmış ve ışık algılayıcıları, şekilde gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Tablo 1'den de görüldüğü gibi, disk sağa veya sola dönüşü, A ve B ışık algılayıcılarını farklı durumlara getirmektedir. Dolayısıyla, bir sayısal elektronik devreyle, A ve B ışık algılayıcıları çıkışlarından yön bilgisini elde etmek mümkün olmaktadır.

Artımsal optik şaft kodlayıcıları kontrol uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. Elektronik dizgelerde, gerçek konum bilgisi bu tür şaft kodlayıcıların çıkışlarına göre sayan ileri-geri sayıcılarla saptanmaktadır. Bilgisayar kontrollü dizgelerde ise, artımsal optik şaft kodlayıcısı çıkışları sürekli okunmakta ve yazımsal olarak gerçek konum bilgisi elde edilebilmektedir.

2.3. Mutlak Optik Şaft Kodlayıcıları

Mutlak optik şaft kodlayıcılarında (absolute optical shaft encoders) sayısallaştırıcı disk öyle kodlanmıştır ki, mevcut ışık algılayıcı eleman çıkışlarından o anki konum bilgisi, doğrudan, ikili (binary) olarak okunabilmektedir.

Şekil ö.a'da, 0 ile 9 arasında değer verebilecek şekilde ikili olarak kodlanmış bir sayısallaştırıcı disk görülmektedir. Şekilden de gözüktüğü gibi Aa elde edilebilecek ayrışımı göstermektedir.



Şekil 6 a) 0 ile 9 arasında ikili olarak kodlanmış bir sayısallaştırıcı disk
b) 0 ile 9 arasındaki sayıların ikili ve gray kod karşılıkları

İkili olarak kodlanmış diskin dönmesi sırasında, sayısallaştırıcı diskteki kodlamaların duyarlı olmamasından, ışık algılayıcılarının düzgün yerleştilmemesinden ya da diskin dönüş sonrasında iki ayrı kodlanmış bölgenin tam ortasında durması gibi nedenlerden, âz kadar bir dönüş sırasında, çıkışta istenmeyen sonuçlar görülebilir, örneğin; ikili kodlanmış bir diskin çıkışı 0011 iken 0100 olması yönünde diske bir dönüş hareketi verildiğinde (kısa bir süre için de olsa) çıkışta 0111 okunabilir. (Bu, soldan ikinci haneye karşılık gelen ışık algılayıcısının yeni durumunu diğer üç algılayıcıdan daha önce algılaması durumunda olur). Bu, oldukça büyük bir hatayı gösterir. Olabilecek böyle hataları önlemek amacıyla gray koduyla kodlanmış sayısallaştırıcı diskler kullanılabilir. Tablo 2'de

ikili sayılara karşılık gelen gray kodlar gösterilmektedir. Bu tablodan, Şekil 7.b'deki gray kodla kodlanmış sayısallaştırıcı diskten ve Şekil 6.b'den görüldüğü gibi, gray kodlamada ardışık iki değer arasında sadece tek bir hanede fark vardır. Dolayısıyla örnekteki gibi hatalar önlenmiş olmaktadır.

Tablo 1 a) Saat Hareketi Yönündeki Dönüşte A ve B Işık Algılayıcılarının Durumu

AB		AB		
1	1	1	1	
0	1	0	0	
0	0	0	1	0: Işık Algılanmıyor
1	1	1	1	1: Işık Algılanıyor

(a) (b)

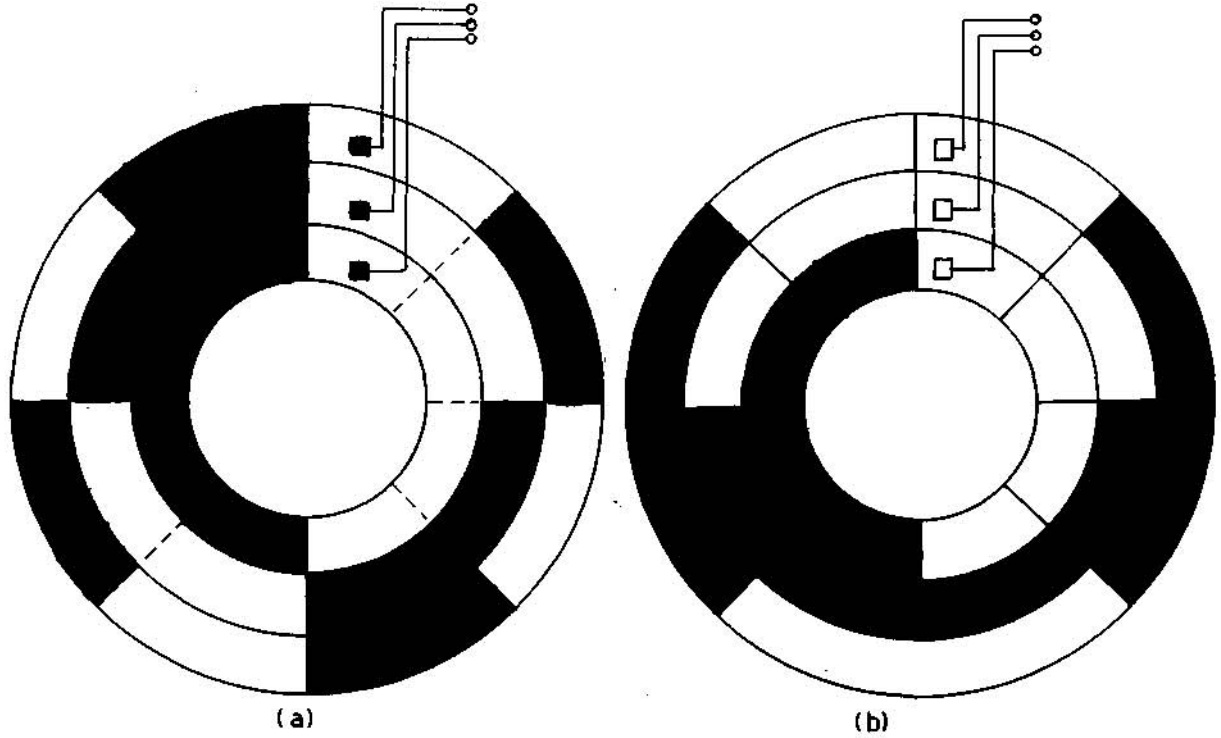
Tablo 2 Bazı Ondalık Sayıların İkili Sayı ve Gray Kod Karşılıkları

Ondalık Sayı	İkili (Binary) Sayı	Gray Kod
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111

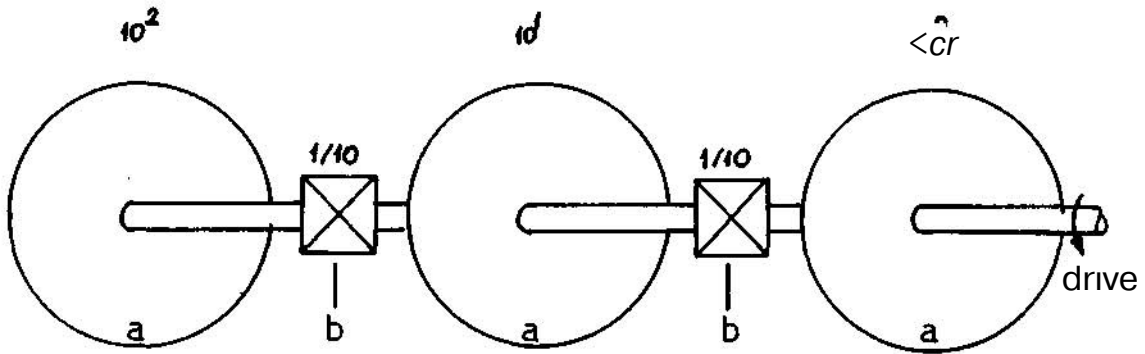
Mutlak optik şaft kodlayıcılarının kapasitesini, mevcut dilim ve ışık algılayıcı eleman sayısını çoğaltarak arttırmak mümkündür. Kodlayıcılarla, ilgili mekanik dizgenin bağlantısı duyarlı dişlilerle ayarlanmaktadır.

Kapasiteyi arttırmanın diğer bir yolu da, kapasitesi 0 ile 9 arasında olan mutlak şaft kodlayıcılarının 1/10' luk duyarlı dişlilerle, Şekil 8'de gösterildiği gibi, birbirine bağlanmasıdır. Elde edilebilecek duyarlılık, mekanik kısımda ulaşılabilecek duyarlılığa büyük ölçüde bağlı olacaktır.

Mutlak şaft kodlayıcıları, herhangi ek bir devreye gerek kalmadan (elektronik sayıcı da kullanmadan) doğrudan o anki konum bilgisini vermektedirler.



Şekil 7 a) 0 ile 7 arasında ikili olarak kodlanmış bir sayısallaştırıcı disk
b) 0 ile 7 arasında Gray kodla kodlanmış bir sayısallaştırıcı disk



a) Şekil 6a'daki sayısallaştırıcı disk
b) 1/10'lük dişli

Şekil 8 1/10'lük dişlilerle ard arda bağlanan 0 ile 9 arasında kodlanmış, sayısallaştırıcı disklerin oluşturduğu bir mutlak şaft kodlayıcısı.

KAYNAKLAR

1. Hudson Charles, "A Guide to Optical Shaft Encoders", Instruments and Control Systems, May 1978.
2. Işık Talat, "Design and Construction of a Prototype NC Milling-Drilling Machine", M. Sc. Thesis, Department of Mechanical Engineering METU, 1981.
3. Norton Harry N., "Handbook of Transducers for Electronic Measuring Systems", Prentice-Hall, New Jersey, 1969.
4. Özdamar S. Ferhat, "A Two-Dimensional Digital Position Control System", M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering METU, 1976.
5. Sanvar Javed, "A High Voltage Spark Gap Voltmeter with Remote Control and Measurement", M. Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering METU, 1983.