

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ**

## **BİYOMEDİKAL SİSTEMLERDE STEP VE SERVO MOTORLAR**

**522EE0152**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. STEP VE SERVO MOTORLAR.....	3
1.1. Step (Adım )Motorlar.....	3
1.1.1. Step Motor Çeşitleri.....	5
1.1.2. Adım Motorların Çalıştırılma Şekilleri ve Teknikleri .....	7
1.1.3. Adım Motorlarına Ait önemli Parametreler.....	8
1.1.4. Step Motorun Uçlarının Bulunması.....	11
1.1.5. Step Motor Katalog Bilgileri .....	11
1.1.6. Step Motor Bağlantı Aparatları .....	12
1.2. Servo Motorlar .....	13
1.2.1. Servo Motor Çeşitleri .....	14
1.2.2. Servo Motorun Çalışması .....	16
1.2.3. Servo Motor Katalog Bilgileri .....	18
UYGULAMA FAALİYETİ .....	19
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	21
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	23
2. STEP VE SERVO MOTOR SÜRÜCÜLERİ.....	23
2.1. Step Motor Sürücü Sistemleri.....	23
2.1.1. Step Motor Sürücü Çeşitleri .....	25
2.2. Servo Sistemler .....	27
2.2.1. Servo Motor Sürücü Sistemleri .....	27
2.3. Biyomedikal Cihaz Çeşitlerinde Step-Servo Motor Onarım ve Bakım Örneği .....	30
UYGULAMA FAALİYETİ .....	31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	35
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	37
CEVAP ANAHTARLARI.....	38
KAYNAKÇA .....	40

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0152</b>
<b>ALAN</b>	<b>Biyomedikal Cihaz Teknolojileri</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Biyomedikal Sistemlerde Step ve Servo Motorlar</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Biyomedikal cihaz sistemlerinde oluşan step ve servo motor arızalarını analiz etmek için gerekli bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Biyomedikal sistemlerde step ve servo motorları değiştirmek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Genel güvenlik kuralları dâhilinde sistemdeki step ve servo motor arızalarının analizini yaparak değişimlerini gerçekleştirebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Step ve servo motoru seçebileceksiniz. 2. Step ve servo motoru değiştirebileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sistem analizi atölyesi, dal atölyeleri <b>Donanım:</b> Step ve servo motor çeşitleri, step ve servo motor sürücü çeşitleri, ölçü aletleri, el aletleri, step ve servo motor içeren cihaz çeşitleri
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## **Sevgili Öğrenci,**

Bu modülde biyomedikal cihazlarda sık kullanılan motor çeşitlerinden step ve servo motor konusuna değinilecektir.

Çıktı ünitelerinden yazıcılarda, laboratuvar cihazlarının çoğunda, en yoğun karşılaşılan hasta yataklarında kullanılan motorlarla, çalışma hayatınızda fazlaca karşılaşacaksınız.

Bulduğunuz ortama göre öncelikle güvenlik tedbirlerini alarak arıza analizi yapmanız önemlidir. Arızanın basit ya da zor olmasından ziyade, arızaya yaklaşımda dikkatli davranılması daha sonraki sorunları çözmede önemli olacaktır.

Step ve Servo motorlarla ilgili bilgi ve becerileri kazandığınızda bunu pekiştirmek için farklı cihaz motorları üzerinde çalışmayı deneyiniz. Yapacağınız uygulama örnekleri içinde en çok robot uygulamaları içeren devreleri tercih ediniz, çünkü bu uygulamalarda kullanılan motor çeşitleri modül içeriğimizle uyumlu olacaktır.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Biyomedikal cihazlarda kullanılan step ve servo motoru seçebileceksiniz.

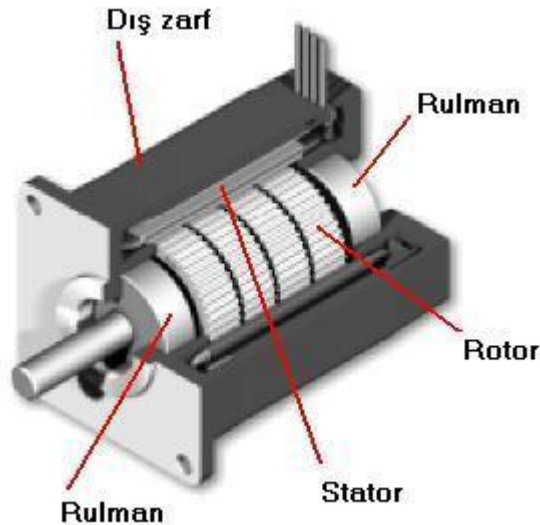
## ARAŞTIRMA

- Biyomedikal cihazlarda hangi motor çeşitleri kullanılmaktadır? Araştırınız.
- Step ve servo motorun farklı kullanım alanları neler olabilir? İnternet ortamını da kullanarak sıralayınız.
- Step ve servo motor çeşitlerini temin edip inceleyiniz.

## 1. STEP VE SERVO MOTORLAR

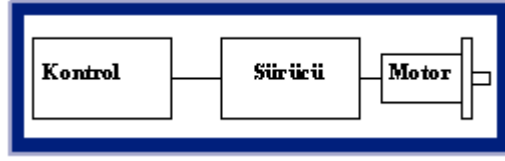
Biyomedikal cihazların önemli bir kısmını içeren hareketli aksamların kontrol ve işleyişinde motorların önemi büyüktür. Sistemlerde çok çeşitli motorlar kullanılmaktadır. Burada step ve servo motor çeşitlerini tanıyarak arıza analizinde dikkat edilmesi gereken noktaları öğreneceksiniz.

### 1.1. Step (Adım )Motorlar



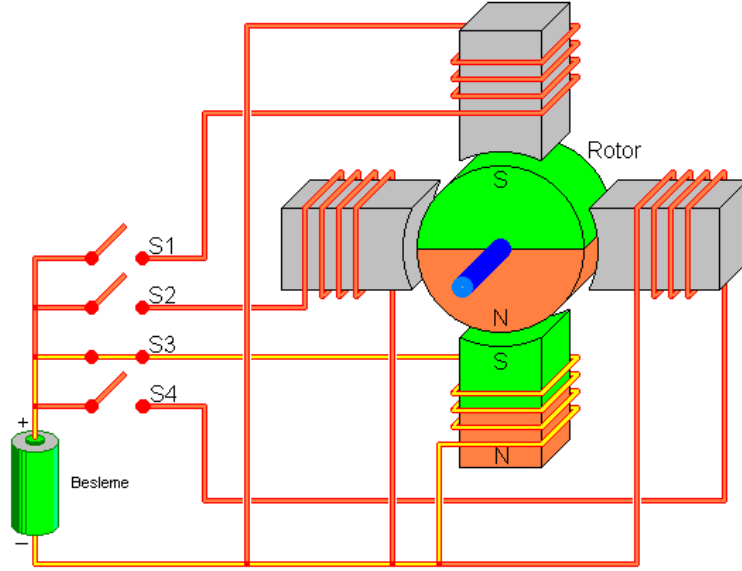
Resim 1.1: Step motor yapısı

Çok sayıdaki stator sargılarından hangisine elektrik enerjisi uygulanıyorsa sabit mıknatıslı rotorun o yöne dönüş yaptığı adımlamalı motorlara step motor adı verilir.



**Şekil 1.1: Basit bir step motor sistemi**

Step motorlar bir dizi kısa elektrik akımıyla hareket eder. Resim 1.1’de görülen stator (hareketsiz kısım) birbirine dik manyetik alan üreten iki ayrı bobinden oluşur. Bu bobinlere sırayla elektrik akımı verilerek statorun içerisinde döndürme etkisine sahip bir manyetik alan oluşması sağlanır. Bu Şekil 1.2’deki basit bir devre ile açıklanabilir. Anahtar kapandığı zaman sabit mıknatıs kendiliğinden 1. elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelir. 1 nu’lu anahtar açılıp 2 nu’lu anahtar kapatılırsa sabit mıknatıs 2. elektromanyetik alanın karşısına gelecektir. Bu olayların tekrarlanması ile rotor düzgün biçimde stator içinde dönecektir.



**Şekil 1.2: Step motor basit çalışma prensibi**

Statorun içindeki rotor (hareketli kısım) bobinler tarafından sırayla oluşturulan manyetik alanla polarize olarak döner. Her bir elektrik akım vurgusu (pulse) rotorun belli bir açı kadar (bir adım) dönmesine neden olur. Bu şekilde verilen elektrik akım vurgularının frekansı motorun dönme hızını belirler. Step motorları bir motor turundaki adım sayısı ile anılır. Örnek olarak 400 adımlık bir step motor bir tam dönüşünde (tur) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı  $360/400 = 0,9$  derecedir. Bazı step motorlarda mikrostep tekniği ile adım açılarının daha da azaltılması söz konusudur, ancak tork kayıpları nedeni ile bu kullanım şekli pek uygun değildir. Bu değer, step motorun hassasiyetinin bir göstergesidir.

Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe step motor hassasiyeti ve dolayısı ile maliyeti artar. Hızlı ivmelenme sonucunda step motorda kayma meydana gelebilir. Bunun önlenmesi için ivmelenme sırasında vurgu sıklığı ayarlanmalıdır.



Step motorlarda yüksek hassasiyetin gerektiği durumlarda geri beslemeli kontroller kullanılır. Step motorlar durma pozisyonu etrafında salınım yapabilir ve hafif yükler taşırken hassasiyeti kaybedebilir. Eğer güç sadece bir bobine verilirse manyetik alanın etkisiyle rotor sabitlenecektir, bu da motorun durdurulmasında kullanılır.

Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Sonuç olarak adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorları çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde çok kullanılır. Adım motorlarının kullanıldıkları yerlere örnek olarak, endüstriyel kontrol teknolojisi içerisinde bulunan bazı sistemler, robot sistemleri, takım tezgâhlarının ayarlama ve ölçmeleri verilebilir. Ayrıca, adım motorları konumlandırma sistemlerinde ve büro makineleri ile teknolojisi alanında da kullanma alanı bulmaktadır.

Adım motorlarının bu kadar çok kullanılma alanı bulmasının nedeni bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Geri beslemeye ihtiyaç göstermez. Açık döngülü olarak kontrol edilebilir.
- Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
- Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikro işlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilir.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmez.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilir.

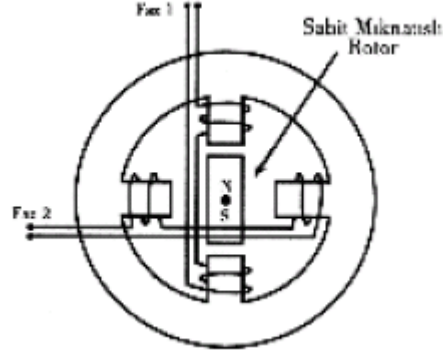
Adım motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil, darbelidir.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirir.
- Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.

### 1.1.1. Step Motor Çeşitleri

#### ➤ **Bipolar Step Motor (4 kablolu)**

En basit olarak sabit mıknatıslı adım motoru, oyuklu dört kutuplu stator içinde döneniki kutuplu sabit mıknatıslı rotordan meydana gelmiştir. Böyle bir adım motorun yapısı Şekil-1.3'te verilmiştir.



**Şekil 1.3: Sabit mıknatıslı adım motorun yapısı**

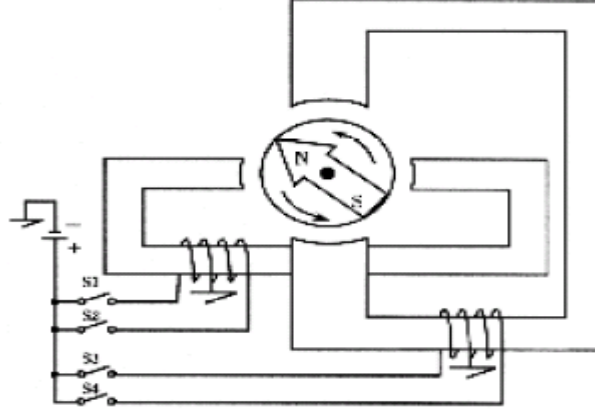
Bu motorun çalışması, temel çalışma esaslarında açıklandığı gibidir. Birinci sargıya (faz 1'e) gerilim uygulandığında rotor, bu sargıların karşısında duracak şekilde hareket eder.

Birinci sargı gerilimi kesilip ikinci sargıya (faz 2'e) gerilim uygulandığında rotor, bu kez ikinci sargıların karşısında olacak şekilde döner ve durur. Bu Şekilde 90°lik dönme tamamlanmıştır (birinci adım =  $360^\circ : 4 = 90^\circ$ ).

Dönmenin devamı için bu kez faz 1'e uygulanacak gerilim öncekinin tersi yönünde olmalıdır. Bu dönüşün aynı yönde olması için şarttır. Çünkü faz 1'e gerilim değiştirmeden uygulansa rotor ilk durumuna geri dönecekti. Bir ileri bir geri hareket ise dönme hareketi vermeyecektir.

#### ➤ **Unipolar Step Motor (5/6 Kablolu)**

Faz 1 ve faz 2'ye uygulanacak gerilimi değiştirmenin en kolay yolu orta uçlu (merkez uçlu) sargı kullanmaktır (Şekil 1.4). Çünkü orta uca göre yan uçlara uygulanacak aynı gerilim birbirinin zıttı manyetik alanlar oluşturur. Ayrıca iki fazlı orta uçlu bobinlere sahip adım motora, orta uç üzerinden ayrı ayrı gerilim uygulanırsa dört fazlı motor gibi çalışması sağlanabilir. Adım motorun sargılarına uygulanacak gerilim yönüne göre rotorun hareketi saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) gerçekleştirilebilir. PM motorun stator sargıları DC kare dalga ile sürülür. Kare dalga darbeler art arda uygulanacak olursa rotor, normal motorlarda olduğu gibi sabit hızda döner.



**Şekil 1.4: Unipolar (6 kablolu Step motor)**

### 1.1.2. Adım Motorların Çalıştırılma Şekilleri ve Teknikleri

Adım motorlar çalışmalarında olduğu gibi uyarımda da fazla esnekliğe sahiptirler. Bu esneklik, maksimum çıkış güç, maksimum etki, maksimum tepki ve minimum giriş gücünde olmaktadır.

#### ➤ **Başla-Dur Adımlama Oranı**

Motor sargılarının sadece birisinin uyarıldığı uyarım cinsine tek-faz (Single Coil) uyarım denir. Uyarım CW (saat yönü) için 1000,0100,0010,0001 şeklinde CCW (saat yönünün tersi) için 0001,0010,0100,1000 şeklinde olmalıdır.

#### ➤ **Düzgün Hız**

Motor sargılarının ikisinin sıra ile aynı anda uyarıldığı uyarım şekline denir. İki faz uyarımda rotorun geçici durum tepkisi tek-faz uyarıma göre daha hızlıdır, ancak burada güç kaynağından çekilen güç iki katına çıkmıştır.

#### ➤ **Rampalama**

Bu uyarım modunda tek faz ve iki faz ard arda uygulanır. Burada rotor her bir uyarım sinyali için yarım adımlık bir hareket yapmaktadır. Bu uyarım modu sayesinde, örneğin fabrika çıkışı 2 derece olan bir motorun adım açısını 1 dereceye düşürmüş oluruz.

Adım motorların uyarım metotları faz sayısına göre şöyle sıralanabilir:

- İki fazlı motorlarda:
  - İki faz uyarım modu
  - İki faz düzeltme modu

- Üç fazlı motorlarda:
  - Üç faz uyarım modu
  - Üç faz düzeltme modu
- Dört fazlı motorlarda ya da orta ucu (müşterek ucu) kullanılan iki fazlı motorlarda:
  - Dört faz uyarım modu
  - Dört faz düzeltme modu kullanılır.

### 1.1.3. Adım Motorlarına Ait önemli Parametreler

#### ➤ Çözünürlük

Bir devirdeki adım sayısı veya dönen motorlar için adım açısı SA (derece), lineer motorlar için ise adım uzunluğu (mm) olarak tanımlanır. Bu sabit değer, üretim sırasında tespit edilen bir büyüklüktür. Bir adım motorunun adım büyüklüğü, çeşitli kontrol düzenleri ile değiştirilebilir. Yarım adım çalışmada adım büyüklüğü normal değerinin (çözünürlüğünün) yarısına indirilir.

**Step Açısı (SA):**Bu derece cinsinden açısal bir dönme olup, sargı polaritesinin her bir değişiminde mil döner. Bu tek bir giriş darbesi ile sağlanır. Derece / step veya sadece derece olarak ifade edilir.

**Dönme Başına Step (SPR) :** Bu 360°'lik bir tam dönme için gerekli olan toplam step sayısını gösterir.  $SPR = 360^\circ / SA$

**Saniye Başına Step ( SPS ) :** Motorun gittiği 1 saniyedeki açısal step sayısı, A.C. ve DC motorların dakika başına dönme hızı ile karşılaştırılabilir.

#### ➤ Doğruluk

Bir adım motorunun adım konumu, tasarım ve üretim sırasında bir araya getirilen birçok parçanın boyutları ile belirlenir. Bu parçaların boyutlarındaki toleranslar ve dahili sürtünmeler adımların nominal denge konumlarında da toleranslara neden olurlar. Bu durum adım motorunun doğruluğu olarak isimlendirilir ve belli bir konumdaki maksimum açısal hatanın nominal tek adım değerinin yüzdesi olarak ifade edilmiş hâlidir. Klasik adım motorlarında bu hata %1 ile %5 arasında değişmektedir. Sürtünme momenti veya kuvveti nedeniyle oluşan konum hataları bu doğrulukla ilgisi olmayan, daha az veya çok olabilen rasgele hatalardır. Ancak her iki tip hata toplanarak sistemin toplam hatası elde edilir.

#### ➤ Tutma Momenti

Tutma momenti, bir adım motorunun en temel moment karakteristiğidir. Tutma momenti eğrisi, motorun ürettiği tutma momentinin rotor konumuna bağlı olarak değişimini veren eğridir. Eğrinin merkezi motorun bir fazının uyarılmış olduğu durumda rotorun kararlı adım konumuna karşılık düşer. Bu eğri, rotor adım pozisyonundan uzaklaştırılırsa, motorda indükleneyecek olan ve rotoru sıfır momentli adım pozisyonuna geri getirmeye çalışan momentin (tutma momenti) yönünü ve miktarını verir. Tutma momenti eğrisi, motorun tüm

rotor konumları ve statik uyarma koşullarındaki ani momentini tam olarak tanımlamak için gereklidir. Diğer moment karakteristikleri (statik ve dinamik) bu eğri baz alınarak elde edilebilir.

### ➤ **Tek Adım Tepkisi**

Motor fazlarından biri uyarılmış durumdaysa motor kararlı bir adım konumundadır. Bu fazın uyarımı kesilip yeni bir faz uyarılırsa motor bir adım atacaktır. Rotor konumunun zamana göre bu değişimi tek adım tepkisi olarak tanımlanır. Tek adım tepkisi, motorun adım hareketinin hızını, tepkinin aşım ve salınım miktarını, adım açısının hassaslığını veren önemli bir karakteristiktir. Adım motorlarından maksimum performans elde edebilmek için tek adım tepkisindeki aşım ve salınımların azaltılması ve yerleşme zamanının kısaltılması gerekmektedir. Bu nedenle tek adım tepkisinin iyileştirilmesi adım motorlarının kontrolünde çok büyük öneme sahiptir.

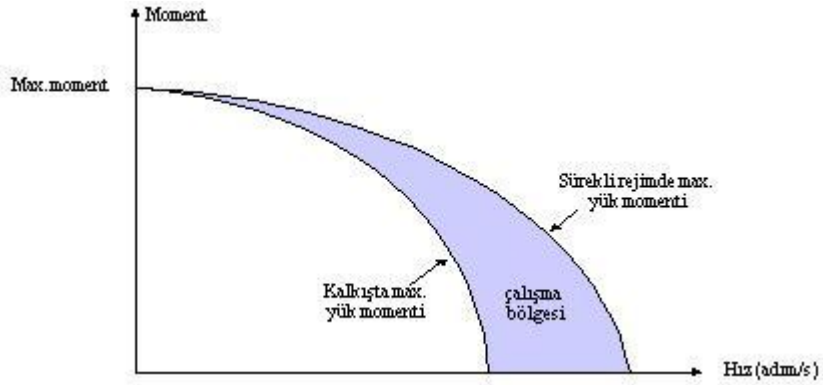
### ➤ **Sürekli Rejimde Maksimum Yük Momenti Eğrisi**

Sürekli rejimde maksimum yük momenti/ hız eğrisi herhangi bir sabit dönüş hızında, rotor hareketinin giriş darbe dizisiyle olan senkronizasyonunu bozmadan ve rotorun durmasına neden olmadan sürekli hâlde motor miline uygulanabilecek maksimum yük momentini verir. Bu moment aynı zamanda, söz konusu hızda motorda meydana gelecek maksimum moment anlamına da gelmektedir.

Klasik motorlarda bu eğriye karşılık gelebilecek bir karakteristik yoktur. Maksimum yük momenti eğrisi çalışma noktalarını göstermediği gibi bir transfer fonksiyonu eğrisi de değildir. Sadece, çalışma bölgesini sınırlar. Bu eğrinin sınırladığı bölge içinde herhangi bir noktada motor giriş darbe dizilerini kaybetmeden ve durma tehlikesi olmadan ilgili hız ve yük momenti ile çalışır. Sınırların dışına çıkıldığında bu durum değişebilir.

### ➤ **Kalkışta Maksimum Yük Momenti Eğrisi**

Özellikle açık döngülü sistemlerde, duran bir sistemi istenen pozisyona getirebilmek için motora uygulanan uyarım darbelerinin motor tarafından hiç kaçırılmadan takip edilmesini sağlamak çok önemlidir. Fakat uygulanan uyarım sinyallerin sıklığı, motorun miline bağlı yükü sıfır hızından itibaren kaldırıp hızlandırmasına izin vermeyebilir. Bu yüzden adım motorları için, kalkışta maksimum yük momenti eğrileri tanımlanır. Şekil 1,4' te sürekli rejimde maksimum yük momenti ve kalkışta maksimum yük momenti eğrileri gösterilmiştir.



**Şekil 1.5: Sürekli rejimde ve kalkışta mak. yük momenti/hız eğrileri**

Bu tanımlama ve step çeşitlerini gördükten sonra basit bir örnek problemle step motor parametrelerini belirleyelim.

**Örnek:**Dört step dizilik bir step motorda 180 rotor dişi vardır. 500Hz'lik bir pals dizisi ile beslendiğinde aşağıda istenenleri hesaplayınız.

1. Devir başına step
2. Step açısı
3. Dakika başına devirdeki rotor hızı
4. Saniye başına radyandaki rotor hızı

### Çözüm

Devir başına step ;

$$SPR = (SS) (Nr) = 4 (180) = 720$$

Step açısı;

$$SA = 360 / SPR = 360/720 = 0,5 / \text{step}$$

Dakika başına devirdeki rotor hızı;

$$r/\text{min} = 60 (SPS) / SPR = (60.500) / 720 = 41,67 \text{ r / min}$$

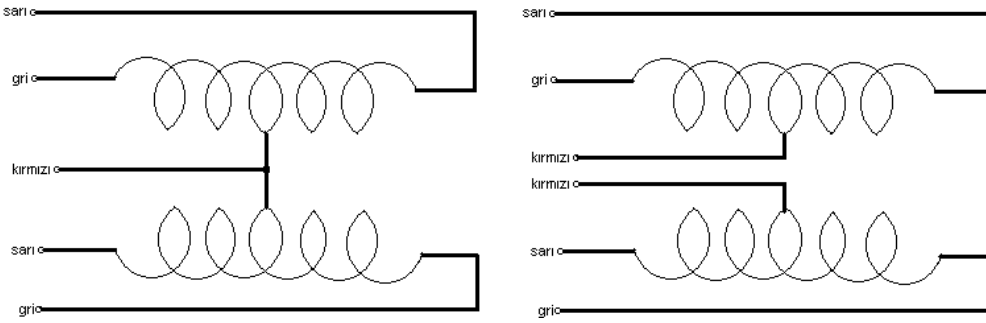
Saniye başına radyandaki rotor hızı

$$w=2\pi(SPS/SPR) = 2\pi(500/720)=4,36 \text{ rad/sn}$$

### 1.1.4. Step Motorun Uçlarının Bulunması

Step motorlar genellikle 5 veya 6 kablo (unipolar) olarak karşımıza çıkarlar. 5 kablolu step motorlarda bir, 6 kablolu step motorlarda ise iki kablo ortak uçtur. Bu uçlar kaynağın pozitif(+) kutbuna bağlanırlar. Kaynağın pozitif kutbuna bağlanacak ortak uçları ölçü aletinin ohm kademesini kullanarak bulabiliriz. Ohm kademesinde step motorun bobin uçlarına bağlı kablolar arasındaki direnç ölçülür. Step motor 5 veya 6 kablolu olsun tüm uçlar arası eşit dirence sahip olan ortak uçtur.

6 kabloluda kablolar üçerli olarak iki gruptur. Her gruptaki bir kablo ortak uçtur. Ölçmede her grup kendi arasında ölçülerek ortak uç bulunur. Direnç değerleri her step için farklı olabilir. Step motorlara ait bobin kabloları farklı renktedir. Bu renkler 6 kabloluda her grup için tekrar edilir.



Şekil 1.6: 5 kablolu step motor 6 kablolu step motor

Bir devre üzerinde step motoru düzgün çalıştırmak için kabloları doğru sıralamada bağlamak gerekir. Ortak uç dışında kullanılan diğer dört ucun kendi arasında bir sırası vardır. Kablo sıralaması bobin uçlarına enerji uygulanarak deneme yanılma şeklinde tespit edilebilir. Kablo bağlantısı hatalı ise motor titreme oluşturarak dönmez. Motora adım attırmak için ortak uca motorun cinsine göre (+) 5V ile 12V arası sabit gerilim uygulanır. Diğer dört uca ise belirli sırada şase(-) uygulanır. Eğer şase potansiyeli bobin uçlarına uygun sıralamada uygulanırsa motor döner.

### 1.1.5. Step Motor Katalog Bilgileri

Step motorların seçiminde motor özelliklerinin bilinmesi gerekir. İhtiyaca uygun motoru seçebilmek için firmaların kataloglarından yararlanılabilir. İnternet ortamından ya da katalog kitaplarından bu çalışmalar yapılabilir.

Aşağıdaki Tablo 1.1 bir firmanın katalog tablosundan düzenlenmiştir.

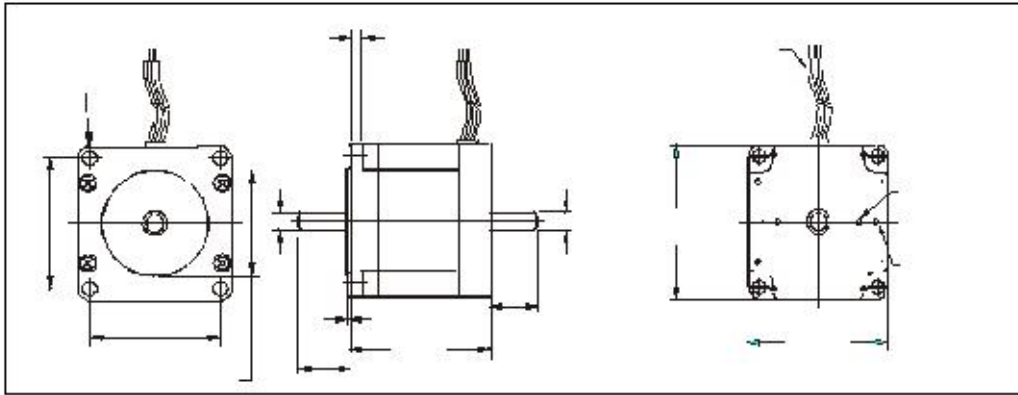
### Motor özellikleri:

- 2.2 ve 3.38 inc kare motor
- Yüksek torka sahip
- 1.8 derece step adımı(200 adımda tam bir dönüş)
- B sınıfı izolasyon

Model	Pin(uç) sayısı	Faz bağlantısı	2 faz uygulamada tork gücü Nm oz-in	Voltaj/Faz Vt Vdc	Akım/Faz Ip Amp DC	Faz Direnci Rt Ohm	İndük tans	Atalet	Ağırlık	Uzunluk
								g-cm <sup>2</sup> =0 z-in-s <sup>2</sup>	Kg-Ib	mm-in
23-76-1	6	Paralel	54 76	3.3	1.4	2.30	4.6	77- 0.00109	0.5 - 1.10	41 - 1.61
23-76-1	6	seri	54 76	6.50	0.7	9.20	18.4			
23-76-1	6	unipolar	38 54	4.6	1.0	4.60	4.6			

**Tablo 1.1: 23 Serisi step motor bilgileri**

Katalog bilgilerinden sonra genellikle malzemenin boyut ya da bağlantılarını gösteren çizimler vardır. Aşağıdaki çizimler Tablo 1.1’de verilen 23 serisinin boyutlarıdır.



**Şekil 1.7: Step motor boyutları**

### 1.1.6. Step Motor Bağlantı Aparatları

Step motorlar kolaylıkla arıza durumunda değiştirmeye uygundur. Bağlantıyı sağlayan konnektörler ve kablo yapı çeşitleri Resim 1.2 ve 1.3’te gösterilmiştir.





**Resim 1.2: Step motor kablo bağlantıları**

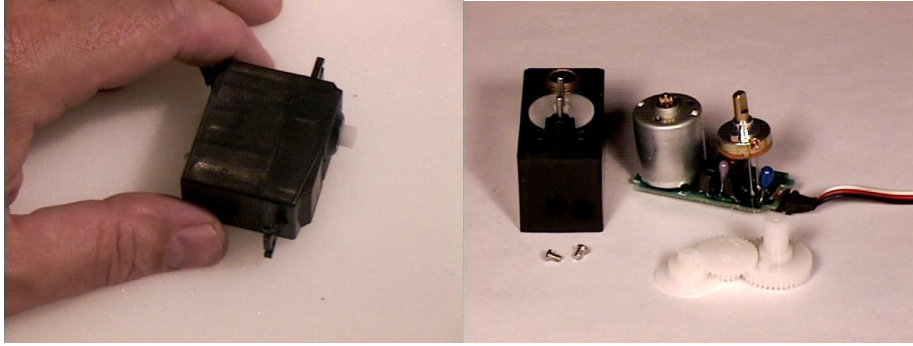


**Resim 1.3: Step motor kablo bağlantıları**

## 1.2. Servo Motorlar

Servo motor, aslında tek başına adlandırılmış bir motor değildir. Bir sistem olarak tanımlanabilir. İçinde motor kullanılmayan sistemler de servo sistem olarak adlandırılabilir. Bir motorun hız- konum bilgileri, geri besleme ile karar verme ünitesine gönderilerek sistem işleyişinin sağlanması servo kavramını biraz açıklar.

Servolar programlanabilir bir mile sahip olan küçük cihazlardır. Servoya belirli kodlar göndererek bu milin pozisyonunu istediğimiz açıda değiştirilebiliriz. Kodlar değiştikçe milin açısal pozisyonu da değişir. Örneğin servolar uzaktan kumandalı uçaklarda yön tayini için hareketli parçaların pozisyonlarını değiştirmekte, uçaklarda kanat flaplarını hareket ettirmekte veya hareketli oyuncaklar için kullanılır.



**Resim 1.4: Servo motor**

Servolar robotlar için vazgeçilmez parçalardır. Resim 1.4’te görebileceğiniz gibi servo motorlar küçüktür, gömülü kontrol devrelerine sahiptir ve küçüklüğüne rağmen güçlüdür. Bu, dahili dişli sistemine sahip olmalarından dolayıdır. Ayrıca mekanik gücü orantılı olarak harcar. Hafif yüklü bir servo fazla güç harcamayacaktır.

Servo motorlar belli açılarla dönme işlemini elektronik şaft yeri algılayıcısı ve bir kontrol devresi ile gerçekleştirir. Servo motorların üç çıkışı vardır. Bunlar; güç, toprak ve kontroldür. Genellikle 5 volt enerji uygulanarak çalıştırılırlar. Resim 1.4’te bir servo motorun parçaları gösterilmektedir (motoru, dişlileri, kasa ve motor kontrol devresi). Motorun iletişimini sağlayan üçlü kablunun birisi besleme için (+5 volt), birisi toprak, sonuncusu (beyaz kablo) da veri yani kontrol için kullanılan kablodur.

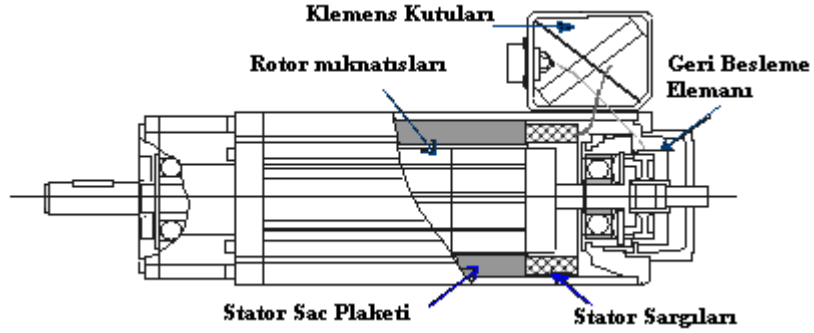
### **1.2.1. Servo Motor Çeşitleri**

Servo motorlar bir motor ve geri bildirim ünitesinden meydana gelir. Motor DC ya da AC olabilir. Geri bildirim ünitesi de tako jeneratörü ya da kodlayıcı olabilir.

#### **1.2.1.1. DC Servo Motorlar**

DC servo motorlar diğer DC motorlara göre daha küçük yapıdadır. DC servo motorun üstünlüğü düşük hızlarda yüksek tork üretmesidir. Kontrol karakteristikleri AC servo motorlardan daha iyidir. DC motorun dönme yönü ve hızı endüvi akımı ile belirlenir. Endüvi akımındaki artış, hızı da artırır. Endüvi akımının yönünü değiştirmek motorun dönüş yönünü de değiştirir.

DC servo motorlarda geri bildirim tako jeneratörü ile bazen de sensörlerle yapılabilir. Bu sensörlere enkoder ya da kodlayıcı denir. Kodlayıcılar pahalı ve yedeği zor bulunan elemanlardır. Bu yüzden motorun sökülmesi ve bakım aşamalarında dikkatli çalışılması gereklidir. Tako jeneratörünün de normal bir DC dinamodan hiçbir farkı yoktur. Motor miline akuple olabildiği gibi motor milinden farklı bir yere de takılabilir. Tako jeneratörü ürettiği gerilimi karşılaştırıcı adı verilen elektronik devreye gönderir. Eğer üretilen gerilim olması gerekenden az ise motor hızlandırılır, fazla ise motor yavaşlatılır. Böylece hız sürekli kontrol edilmiş ve sabitlenmiş olur.



**Şekil 1.8: Fırçasız servo motor yapısı**

DC servo motor çeşitlerinden fırçasız servo motorların yapıları ise bobinlerin motorun gövdesinde, sabit mıknatısların ise rotorda olmasıdır. Şekil 1.8’ de fırçasız DC servo motor görülmektedir. Fırçasız servo motorun özellikleri sıralanırsa:

- Rotorda sabit mıknatıslar bulunan, modern elektronik sürücüler ile kontrol edilen eşzamanlı motorlardır.
- DC servo motorlardaki gibi komitatör ve fırça elemanları olmadığından güvenilir, kararlı ve küçük boyutlarda imal edilirler.
- Üç faz sargılarında uygulanan sinüs şeklindeki akım ile hava aralığında bir döner alan oluştururlar.

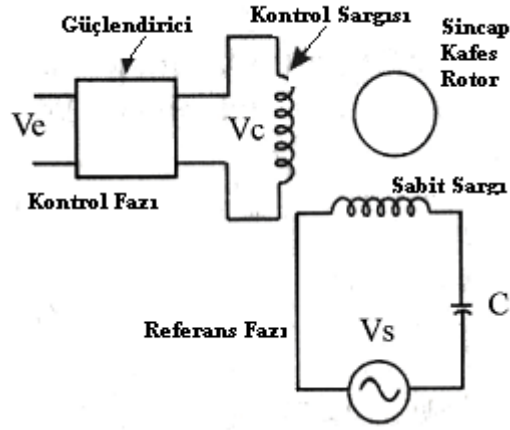
Fırçasız servo motorlarda rotorun nerede olduğunu sensörler ile tespit edebiliriz. Servo motorlarda şaftın nerede olduğunu; doğru sargıya doğru zamanda ve doğru yönde enerji uygulanması yönünden bilinmesi şarttır. Şaftın nerede olduğunu bilinmesi için genelde 2 tip sensör kullanılır.

- Alan etkili sensörler ( Hall effect sensors)
- Foto sensörler

### **1.2.1.2. AC Servo Motorlar**

Stator birbirinden 90 derece elektriksel açıyla dağıtılmış iki sargıdan oluşur. Sargının birisi referans fazı olarak adlandırılır ve genliği sabit bir AC gerilim kaynağına ( $V_s < 0$ ) bağlanır. Diğer sargı kontrol fazı olarak adlandırılır ve referans fazı ile aynı frekansa sahip genliği ayarlı bir AC gerilimle beslenir. Ancak kontrol fazı ile referans fazı arasında  $90^\circ$  faz farkı vardır. Kontrol fazının gerilimi genellikle bir servo yükselteçten sağlanır. Motorun dönüş yönü, kontrol fazı ile referans fazı arasındaki faz ilişkisinin ileri veya geri olmasına bağlıdır. Dengeli iki –faz geriliminin genlikleri eşit ( $V_s = V_e$ ) olduğunda motorun moment – hız karakteristiği üç faz asenkron motora benzerdir. Düşük rotor dirençlerinde bu karakteristik doğrusal değildir. Böyle bir moment- hız karakteristiği, kontrol sistemlerinde kabul edilemez.

- **AC servo motorun avantajları;**
  - Yüksek güvenilirliği,
  - Bakımının az olması,
  - Hareket hâlinde elektrik kontaklarının olmayışıdır.
- **AC servo motorun dezavantajları;**
  - Düşük verimlilik,
  - Yüksek ısı yayılımı - kafes ısısını düşük tutmak için bir fan motoru şarttır.
  - AC kare dalga güç kaynağı ihtiyacıdır.



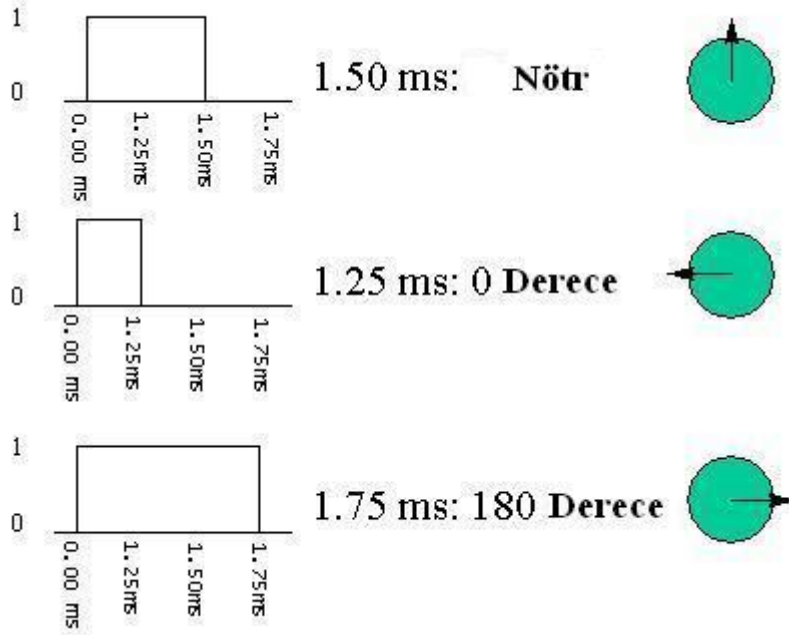
Şekil 1.9: AC servo motorun bağlantı şeması

### 1.2.2. Servo Motorun Çalışması

Servo motor çıkış miline bağlı bir potansiyometre ve bazı kontrol devrelerine sahiptir. Bu potansiyometre motorun o an hangi açıda bulunduğunu bize gösterir. Eğer mil doğru açıda ise motor çalışmayı durdurur. Eğer kontrol devresi motorun istenilen açıda olmadığını tespit ederse açı doğru olana kadar motoru hareket ettirir. Çıkış mili 180 derecelik bir açıda hareket edebilme kapasitesine sahiptir. Genellikle 210 dereceye kadar açı değiştirebilir fakat bu, üründen ürüne göre çeşitli farklılıklar arz eder. Normal bir servo 0 ile 180 derecelik açıları kontrol etmek için kullanılır. Normal bir servo motor, çıkış dişlisinin mili mekanik olarak kısıtlaması sebebiyle daha büyük bir açı ile hareket ettirilemez. Motora uygulanan güç hareket etme miktarı ile orantılıdır. Yani eğer mil büyük bir uzaklık kat ederse motor bütün gücüyle çalışacaktır. Eğer küçük bir açı için hareket edecekse motor daha yavaş dönecektir. Buna orantısal kontrol denir.

### 1.2.2.1. Belirli Bir Açıda Hareket

Bir veri kablosu ile servo motora sinyal iletilebilir. Açı, veri kablosuna verilecek sinyalin süresi ile orantılıdır. Bu “sinyal kodlu modülasyon” (Pulse Coded Modulation) olarak adlandırılır. Servo her sinyal verilişinde 20 milisaniyelik bir gecikme ile çalışır. Sinyalin uzunluğu servonun ne kadar uzun hareket edebileceğini belirler. Örneğin 1.5 milisaniyelik bir sinyal verilirse motor 90 derece dönecektir (Bu, nötr pozisyon olarak adlandırılır). Eğer 1,5 saniyeden daha uzun bir sinyal verilirse mil 180 dereceye daha yakın bir açıya dönecektir.



Şekil 1.10: Uygulanan sinyal süreleri

### 1.2.2.2. Servo Motorlarda Sürekli Dönme Hareketi

Servo motorlar bazı ayarlamalardan sonra sürekli dönme hareketi yapabilir ve hareketli robotlar için çok uygun hâle gelir, ancak bunun önünde iki engel vardır:

#### ➤ Geri besleme döngüsü

Motorun şaft dişlisi bir potansiyometreye bağlıdır ve bu potansiyometre şaftın pozisyon bilgisini sürekli gerideki kontrol devresine gönderir. Şaftın açılma yeri bu şekilde ayarlanır, fakat bu potansiyometre sınırlı bir dirence sahiptir ancak sürekli dönme hareketi direncini sürekli artırmasını gerekli kılar.

### ➤ **Mekanik durdurma**

Genellikle şaftın üzerinde şaftın 0 ve 180 dereceler arasında kalmasına neden olacak plastik engelleyiciler vardır.

Bu sorunların çözümü şu şekilde gerçekleştirilebilir. Motorun, şaftın her zaman 90 derecede olduğunu sanması sağlanabilir ve plastik tutucu kesilir. Eğer kontrol devresi şaftın sürekli 90 derecede olduğunu düşünürse 0 ve 180 derecelik dönme komutlarında hiçbir zaman o konuma ulaşamayacağı için sürekli dönecektir. Servo motorun şaftının her zaman 90 derecede olduğunu düşünmesini sağlamak için iki yol vardır:

- Potansiyometre 2 adet sabit dirençle değiştirilir. Bu dirençlerin değeri potansiyometrenin 90 derece direncine eşit olmalıdır.
- Potansiyometrenin şaft ile bağlantısı kesilir ve dönmesi engellenir.



Resim 1.5: Servo motor

### **1.2.3. Servo Motor Katalog Bilgileri**

Arızalı servo motor değişiminde, step motorlarda anlattığımız gibi motor özelliklerini iyi tespit etmeliyiz. Bu özellikler bilindiği takdirde doğru malzeme seçimi yapılmış olur. Tıbbi cihazların servo motor ya da sürücü arızaları için servis el kitaplarındaki açıklamalar doğrultusunda, firmaların kataloglarından yararlanılabilir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Uygulamanız için ihtiyaç duyduğunuz step motoru seçiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yapacağınız uygulamayı seçiniz.</li><li>➤ İhtiyacınız olan step motor çalışma gerilimini belirleyiniz.</li><li>➤ İhtiyacınız olan step motor için çözünürlük değerini belirleyiniz.</li><li>➤ İhtiyaç duyulan step motor bipolar veya unipolar mı, belirleyiniz.</li><li>➤ İhtiyaç duyulan step motorun maksimum tork değeri nedir? Belirleyiniz.</li><li>➤ İhtiyaç duyulan step motor tepki süresi ne kadardır? Belirleyiniz.</li><li>➤ İhtiyaç duyulan maksimum devir sayısı nedir? Belirleyiniz.</li><li>➤ Tüm verileri yazılı hâle getiriniz.</li><li>➤ Çeşitli step motorların etiket ve katalog bilgilerini inceleyerek uygun step motoru seçiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Araştırmalarınız konusunda internet üzerinden satış yapan web sitelerini ziyaret ederek katalogları inceleyiniz.</li><li>➤ Elinizdeki tüm verileri yazılı hâlde raporlaştırınız.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Yapacağınız uygulamayı seçtiniz mi?		
2. İhtiyacınız olan step motor çalışma gerilimini belirlediniz mi?		
3. İhtiyacınız olan step motor için çözünürlük değerini belirlediniz mi?		
4. İhtiyaç duyulan step motor bipolar veya unipolar mı? Belirlediniz mi?		
5. İhtiyaç duyulan step motorun maksimum tork değeri nedir? Belirlediniz mi?		
6. İhtiyaç duyulan step motor tepki süresi ne kadardır? Belirlediniz mi?		
7. İhtiyaç duyulan maksimum devir sayısı nedir? Belirlediniz mi?		
8. Tüm verileri yazılı hâle getirdiniz mi?		
9. Çeşitli step motorların etiket ve katalog bilgilerini inceleyerek uygun step motoru seçtiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Step motora uygulanan her bir elektrik akım vurgusu rotorun belli bir açı kadar dönmesine neden olur. Bu şekilde verilen elektrik akım vurgularının frekansı için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?  
A) Motorda dönme hızını belirler.  
B) Motor çeşidini belirtir.  
C) Bobin yapısını gösterir.  
D) Motor parametrelerinden sürtünmeyi gösterir.
2. Aşağıdaki step motor çeşitlerinden hangisinde motor mil hareketi dairesel değildir?  
A) Sabit mıknatıs step motorların (PM)  
B) Hibrid step motorların  
C) Lineer step motorun  
D) Hidrolik step motorun
3. Aşağıdakilerden hangisi adım motoru hareket ettirme yöntemlerinden değildir?  
A) Tam adım  
B) Yarım adım  
C) Mikro adım  
D) Tarama
4. Fırçasız servo motorlarda rotorun nerede olduğunu hangi malzemeler ile tespit edebiliriz?  
A) Direnç  
B) Transistör  
C) Led  
D) Sensör
5. AC servo motorun avantajları için hangisi söylenemez?  
A) Yüksek güvenilirliği vardır.  
B) Fazla bakım gerektirmez.  
C) Hareket hâlinde elektrik kontaklarının olmayışı avantajdır.  
D) Yüksek ısı yayılımı vardır.
6. Aşağıdakilerden hangisi step motor parametrelerinden değildir?  
A) Çözünürlük  
B) Step açısı  
C) Doğruluk  
D) Model

**Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**

7. ( ) Fırçasız servo motorlar, DA servo motorlardaki gibi komütatör ve fırça elemanları olmadığından güvenilir, kararlı ve küçük boyutlarda imal edilir.
8. ( ) Servo motorlar sürekli dönme hareketi yapabilir.
9. ( ) Faz bağlantısı, 2 faz uygulamada tork gücü, indüktans, ızalasyon gibi ifadeler motor katalog bilgilerinde bulunur.
10. ( ) Step motorlarda kablo bağlantı sırası önemli değildir.

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Biyomedikal cihazlarda kullanılan step ve servo motoru değiştirebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

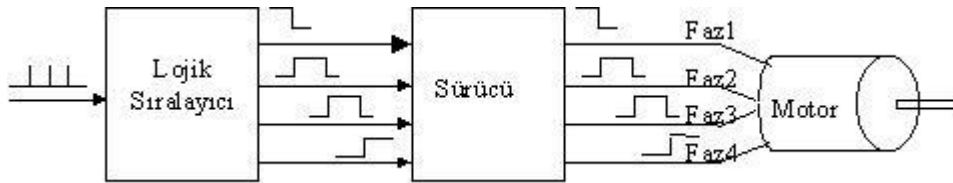
- Biyomedikal cihazlarda step ve servo sürücüleri ne amaçla kullanılmaktadır? Araştırınız.
- Servo sistemlerin uygulama örneklerini bulunuz.

## 2. STEP VE SERVO MOTOR SÜRÜCÜLERİ

Bir önceki öğrenme faaliyetinde step ve servo motor yapıları, çeşitleri, özellikleri gibi konular üzerinde duruldu. Bu faaliyette ise step ve servo motor sürücü devreleri anlatılacak. Cihazlarımızda hiçbir motor yapısı tek başına değildir. İstenen hareket, kontrol sistemlerini devreye sokar.

### 2.1. Step Motor Sürücü Sistemleri

Step motorlar uygulanan darbelere göre adım atar. Bu adımların sayısı motora eklenecek bir devre ile sağlanabilir. Bu devrelere sürücü devresi ya da kontrolör adı verilir. Basit yapıda olabilecekleri gibi mikroişlemci kontrollü de olabilir.

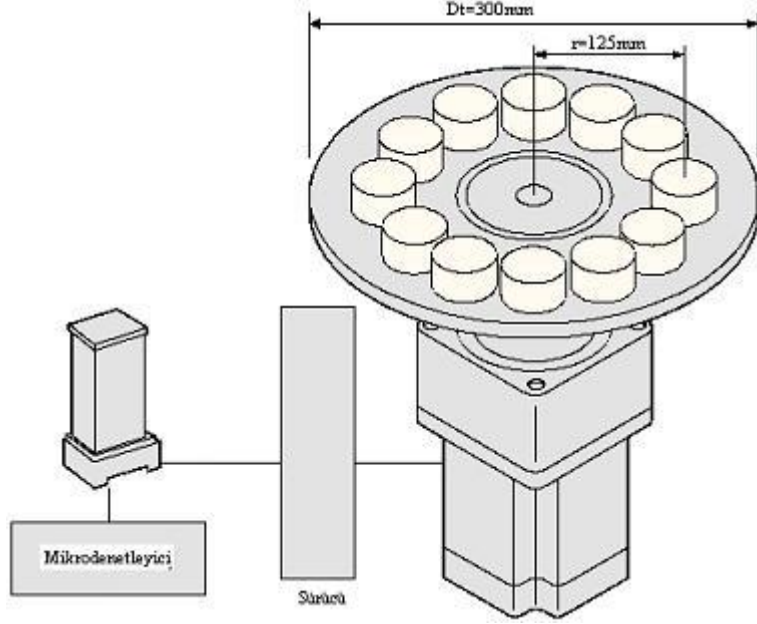


Şekil 2.1: Adım motoru sürücü sisteminin blok diyagramı

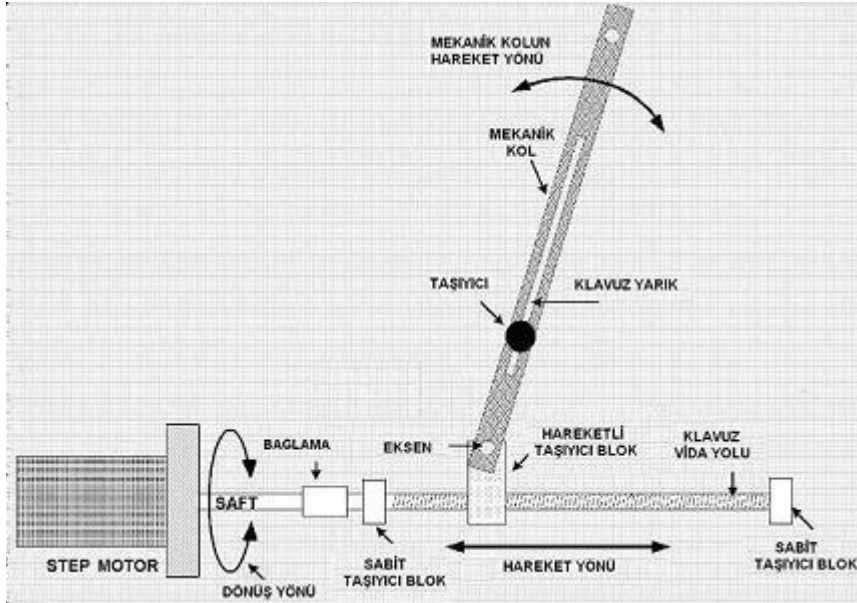
Mikroişlemciler robot eklemlerinin hareketinin hassas olması için kullanılır. Bu durumda işlemci, yönü, adım zamanını ve sayısını en uygun hareketi sağlayacak şekilde lojik seviyede işaretlerle karar bölümüne iletir. Bu işlem, adım sayısına uygun, ardışık anahtarlamaların olmasıyla istenen hareketin yapılmasını sağlar. Bu işlemleri açık-çevrim eklem kontrollü şeklinde düşünülüp, değerlendirme ona göre yapılmalıdır. Adım motorun servo motora üstünlüğü açık-çevrim kontrolünde kullanılabilirliğidir.

Şekil 2.2'de laboratuvar cihazlarında karşılaşılabilecek bir sistem görülmektedir. Dairesel kısmın hareketini step motor yapmakta, sürücü ise mikroişlemcili devre ile kontrol

edilmektedir. Bir başka örnekte Şekil 2.3'te mekanik bir kolun, eksen üzerinde hareketini sağlamak için step motor sistemini göstermektedir.



Şekil 2.2: Mikrodenetleyici ile step motor kontrolüne örnek mekanik sistem



Şekil 2.3: Mekanik kola step motorla hareket sağlanması

Sürücü devrelerin genel amacı, akımının düzenlenmesi ve sınırlanmasını sağlamaktır. Tepki zamanının kısaltılmak istenmesi büyük bir akım değeri getirir ki, bu da istenmeyen bir durumdur. Akımı sınırlama yolları şunlardır:

- **Kaynağa seri bir dış rezistans yerleştirmek:** Seri rezistans sınırlama metodunun önemli bir dezavantajı vardır. Örneğin, dış rezistans motor rezistansın 4 katı ise, gücün % 80'i motorun dışında harcanmaktadır. Bu ise düşük verimli bir sisteme sebep olur.
- **Chopper tekniği:** Burada yüksek gerilim, motorun aşırı uyarımı için tekrar kullanılır. Fakat akımın belli bir limitin üzerine çıkmaması için gerilim on ve off şeklinde periyodik olarak anahtarlanır. Anahtarlama motor sargısındaki ortalama akımı yükseltir ve sargı enerjisi bitene kadar devam eder. Buradaki avantaj yüksek verim elde edilmesidir, fakat sürücü devresi daha karmaşıktır.
- **Dual-voltaj (ikili gerilim) tekniği:** Başlangıçta motoru uyarmak için yüksek bir gerilim uygulanır. Akım belli bir değere ulaştığında yüksek gerilim anahtarlama, düşük gerilim anahtarlamaına dönüşür ve bu anda akım mevcut değerini muhafaza eder. Burada verim yüksek olmasına karşılık, sürücü devre karmaşıktır ve iki güç kaynak gerektirdiğinden maliyet yüksek olur.

### 2.1.1. Step Motor Sürücü Çeşitleri

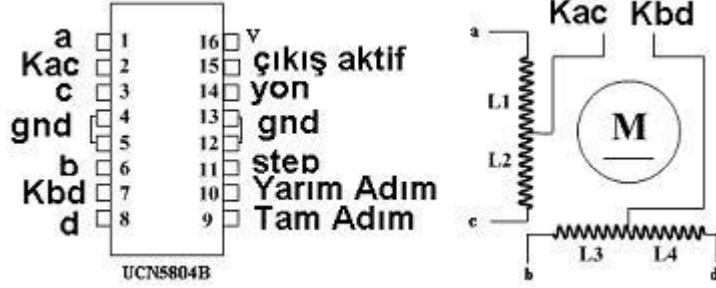


Resim 2.1:Step motor sürücüsü

Step motorları kontrol için çeşitli sürücü devreleri vardır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- **NPN transistörlü unipolar step motor sürücü devresi:** Bu tip devrelerde kullanılan transistörler anahtarlama elemanıdır. Transistörler motor için gerekli akıma bağlı olarak seçilir. 5 amper civarı akım değeri için TIP141,daha küçük akımlarda BC108 veya BC547B tipi olabilir.
- **ULN2003 entegreli unipolar step motor sürücü devresi:** ULN2003 entegresi ile 500mA kadar akım çeken motorlar çalıştırılabilir. +12V 'a kadar entegreye besleme verilebilir.
- **Mosfet transistörlü unipolar step motor sürücü devresi:** Mosfet güç transistörlerinde BJT transistörlerinde olduğu gibi ikinci kırılma noktası olmadığı için tercih edilir. Anahtarlama hızları da yüksektir. Mosfetlerin giriş dirençlerinin yüksekliği de kontrol devrelerine doğrudan bağlanmayı sağlar.

- **UCN5804B entegreli unipolar step motor sürücü devresi:** Bu entegre devresi küçük unipolar step motorları sürmek için üretilmiştir. Bu entegre ile +35V gerilime kadar çalışan ve 1.25A akım çeken step motorlar kontrol edilir. Entegre devresinin çıkışları step motora direkt olarak bağlanabilir. Entegrenin adım girişi, yarı adım girişi ve yön girişleri de bulunmaktadır. Motor hareketi için adım girişine pals verilmelidir. Yön girişi lojik 0 olunca motor bir yöne, lojik 1 olunca diğer yöne döner.



Şekil 2.4: UCN5804B entegresi

- **Transistörlü bipolar step motor sürücü devreleri:** Bipolar motorlarda ayrı bobinler olduğundan, bu bobinlere verilen gerilim yönünün değiştirilmesi gerekir. Bu motorları sürmek için H- köprüsü devreleri kullanılır.
- **L297, L298 entegreli bipolar step motor sürücü devreleri:** L297 step motor kontrol entegresidir. Entegre full-step, half-step ve wavw-drive modlarında çalışabilmektedir. L298 H-köprü sürücü entegresidir ve bipolar step motorlar için tasarlanmıştır. Max2A /pals akım verebilir. Girişe uygulanan faz sinyallerini çıkışa yükseltip vermektedir. Chopper tekniği ile çalıştığı için max hızda verim yüksektir. En önemli özellikleri:

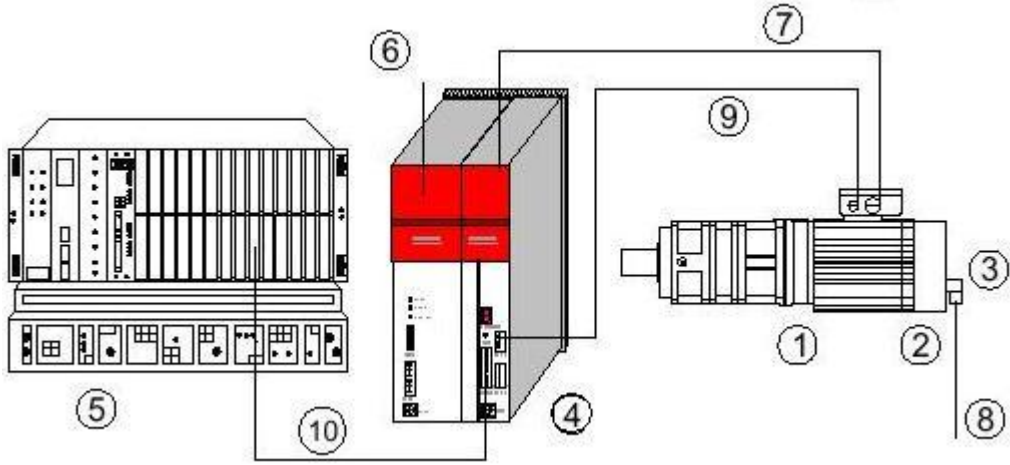
- Step ve yön sinyalleri ile çalışma
- Max 45V motor voltajı
- Max 2A faz akımı
- Ayarlanabilir faz akımı

PIC 16F877; Mikroişlemci ile step motor kontrol devresidir.

PIC 16F877 işlemcisi ve L297, L298 ile yapılan uygulamaları araştırabilirsiniz.

## 2.2. Servo Sistemler

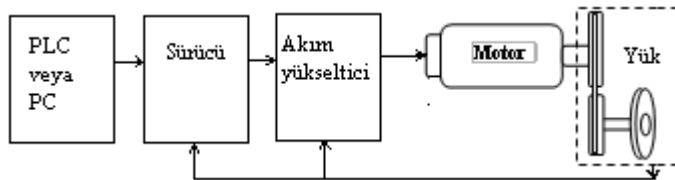
Servo sistem yapısından bahsedilmişti. Bu yapılarda servo motor olmasa bile sistemin tamamı servo sistem olarak isimlendirilmektedir. Böyle bir sistemin kısımları Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Servo sistem

- 1) Motor (redüktörlü/redüktörsüz)
- 2) Geri besleme elemanı
- 3) Fren sistemi (isteğe bağlı)
- 4) Servo sürücü/kontrolör
- 5) Kontrol sistemi PC/PLC
- 6) Güç kablosu (Besleme kablosu)
- 7) Motor kablosu
- 8) Frenleme kablosu
- 9) Resolver kablosu
- 10) Kontrol kabloları

### 2.2.1. Servo Motor Sürücü Sistemleri



Şekil 2.6: Servo motor kontrol blok diyagramı

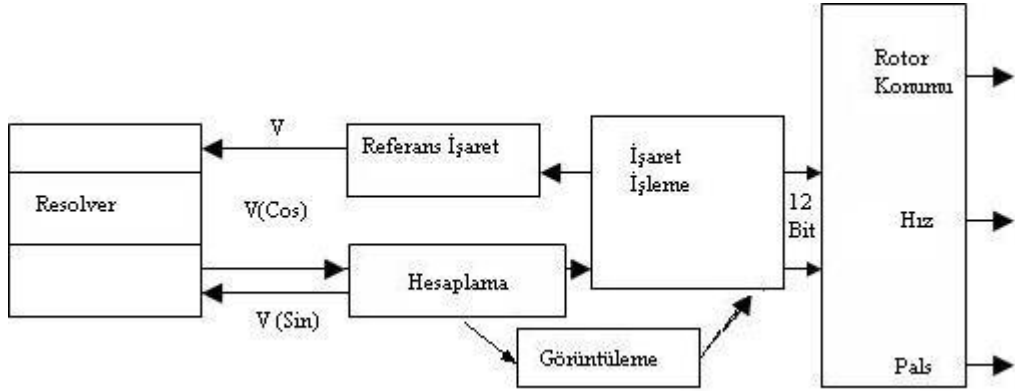
Bir servo sistemdeki motorun iki temel büyüklüğünün bilinmesi ve kontrolü gerekir. Bu büyüklüklerden biri motorun o andaki hızı, diğeri ise motor milinin konumudur. Motor hızı, birer takometre veya kodlayıcı(enkoder) ile ölçülür. Motor mili konumu ise

motor konum kodlayıcısı ile ölçülür. Kodlayıcı doğrudan motor miline bağlanmıştır. Motor miline binen tork kontrol edilmek istenirse motorun akım miktarı kullanılır.



**Resim 2.2:Enkoder çeşitleri**

Sistemde seçilecek motor gücü hareket ettireceği mekanik yük ile hesaplanır. 0.1-250kW ile 40,000 NM güçlerde servo motorlar mevcuttur.



**Şekil 2.7: Resolver işaret işleme blok diyagramı**



**Resim 2.3.:Resolver çeşitleri**

Resolverlar ise genellikle motorun soğutma fanı tarafındaki miline akuple olarak çalışırlar. Motorun bir dönüşü için o andaki konumunun tespiti için kullanılan bir geri besleme elemanıdır. Resolver motor mili ile eşzamanlı dönen bir transformatör gibidir.



Resolverin stator ve rotor sargıları ikişer adettir. Statora uygulanan gerilim motorun dönüş hızına göre rotordan tekrar alınır.

Resolverden elde edilen analog çıkış gerilimi motor milinin o andaki konumu ve hız bilgisini verir. Elde edilen bu işaret sayısallaştırılarak servo motor konum ve hız kontrolü için kullanılır. Resolver işaretinin işleme aşamaları Şekil 2-7 'de görülmektedir.

Servo sürücüler iki ana birimden oluşur:

- Güç kaynağı birimi
- Eksen birimi

Güç kaynağı birimi, sürücü için gerekli besleme gerilimlerini, eksen kontrolü için gerekli güçleri, servo motor frenleme gerilimini, sürücü ve sistemi koruyacak birçok koruma düzeneği ile standart bir haberleşme kabına (RS232 RS245 )sahiptir.

Eksen birimi ise servo motor hız ve torkunu kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir. Ayrı bir PLC'ye gerek kalmadan sistemin kontrolünü yapacak gerekli donanım ve yazılıma sahip servo sistemler mevcuttur.

Servo sistem olarak biyomedikal cihazlar içinde diş ünitelerinin masa sistemleri örnek verilebilir. Bu sistemde bir servo motor miline takılan redüktör, motor dönüşünü güç olarak mekanik bir sistem olan dişlilere aktarır. Böylece hasta masasında sırtlık hareket ettirilir. Redüktörler (dişli kutuları) genelde sabit devirli bir elektrik motorundan farklı devir ve moment (tork) elde etmek için kullanılırlar.

Motorun çalışması esnasında mil elle durdurulabilir. Ama redüktörlü bir sistemin çıkışındaki dişli mil ise durdurmaya güç yetmeyecek bir özelliğe dönüşmüştür. Dişçi koltuklarında motor harekete geçtikten sonra sırtlık kalkar, motor durduğunda ise sırtlık bulunduğu konumu korur, düşmez. Bu, dişli kısmın enerji kesildikten sonraki konumunun korunduğu içindir. Redüktörlerin bu özelliği birçok alanda kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Oto camlarının sileceklerinde kullanılan servo motorların çalışmasını inceleyiniz.



Resim 2.4: A.C servo motor ve sürücüleri

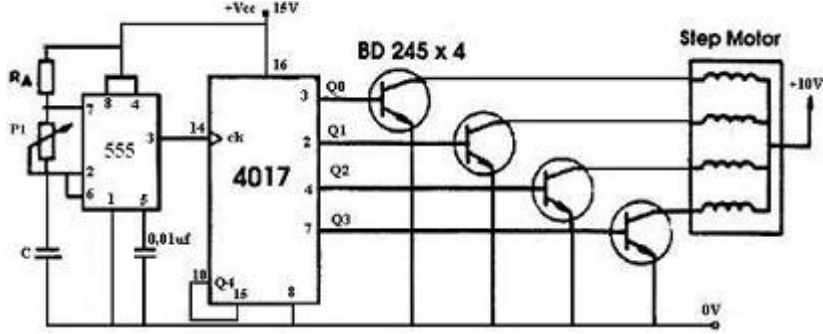
### 2.3.Biyomedikal Cihaz Çeşitlerinde Step-Servo Motor Onarım ve Bakım Örneği

- Hemodiyaliz makinelerinde kullanılan step motor onarımlarında yapılan işlemler şunlardır:

STEP motorlara bakılır. Bu motorlar öndeki mavi ve beyaz pipet vasıtasıyla solüsyon çekerler. Çekme esnasında herhangi bir sebepten dolayı tıkanır arıza yaparlar. Sökülür içine bakılır, temizlenip yerine takılır. Bozursa yenisi ile değişim yapıp çalıştırılır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

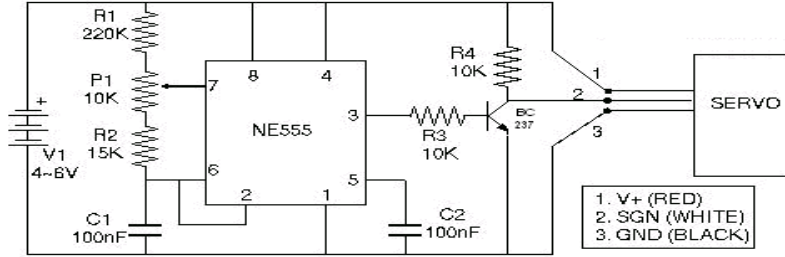
555 osilatör entegresi ve 4017 sayıcı entegresi ile yapılan sürücü devresini kurunuz.



İşlem Basamakları		Öneriler			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uygulama faaliyetimiz için step motor çeşidini belirleyiniz.</li> <li>➤ Motor üzerindeki etiketten değerleri kontrol ediniz.</li> <li>➤ Ortak uç ve diğer bobin uçlarını tespit ediniz.</li> <li>➤ Devredeki diğer malzemelerin katalog bilgilerini kontrol ediniz.</li> <li>➤ Malzemelerin fiziksel kontrollerini yapınız.</li> <li>➤ Devreyi kurunuz.</li> <li>➤ Enerji uygulayınız.</li> <li>➤ 555 in frekansını değiştirerek motor hızının değişimini gözlemleyiniz.</li> <li>➤ Aşağıdaki tabloda 4017 entegresinin dört çıkış için doğruluk tablosu verilmiştir.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kataloglardan motor özelliklerini okuyunuz.</li> <li>➤ Devreye enerji vermeden önce motor milinin konumunu işaretleyiniz.</li> <li>➤ 555 entegresinin ürettiği sinyallerin 4017'nin tetiklemesini sağladığını unutmayınız.</li> <li>➤ 555 entegresinin frekansı düşük ise motor yavaş, yüksek ise hızlı dönecektir.</li> <li>➤ 4017 entegresinin dört çıkış vermesi için 4 nolu çıkış (10 nu.lu bacak) resetlenir.</li> <li>➤ Adım motor saat sinyali geldiği müddetçe dönecektir.</li> </ul>			
Ck	Clock Enable	Q0	Q1	Q2	Q3
0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çıkışlara göre transistörlerin sırayla ilettime geçip geçmediğini ölçü aletiyle takip ediniz.</li> <li>➤ Motorun dönüş yönünü kontrol ediniz.</li> </ul>					

## UYGULAMA FAALİYETİ

Servo motor uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Şekilde görülen devreyi kurunuz.</li><li>➤ Pot'u hareket ettirerek motorun sağa ve sola dönmesini sağlayınız.</li><li>➤ Osiloskopu servo motorun beyaz ucuna bağlayarak sinyali izleyiniz</li><li>➤ Potansiyometre ile ayar yaparak sinyaldeki değişimleri gözlemleyiniz.</li><li>➤ Gözlemlerinizi defterinize çizerek raporlaştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Beslemeyi mümkün olduğunca +5V olarak yapınız.</li><li>➤ Osiloskop eksi ucunu kaynağın eksi ucuna bağlayınız.</li><li>➤ Adım motor saat sinyali geldiği müddetçe dönecektir.</li><li>➤ Pot ortada iken motor dönüş yönü nedir? Cevaplayınız.</li></ul>

## UYGULAMA FAALİYETİ

Step ya da servo motorlu bir cihazın, motor değişimini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Faaliyet için kullanılacak bir cihaz ya da motor ve sürücü devrelerini içeren devre kısmını temin ediniz.</li><li>➤ Değiştirilecek step ve servo motorun etiket ve çalışma özelliklerini inceleyiniz.</li><li>➤ Motor ve sürücünün değiştirilmesi gerektiğini kabul ederek mevcut bağlantıları inceleyiniz.</li><li>➤ Bağlantıların nasıl yapıldığını kaydediniz.</li><li>➤ Sökme işlemi için gerekli malzemeleri temin ediniz.</li><li>➤ Step ve servo motorunun bağlı bulunduğu mekanizmayı sökünüz.</li><li>➤ Step ve servo motoru sökünüz.</li><li>➤ Yeni step ve servo motorunun montajını yapınız.</li><li>➤ Bağlantılarını yapınız.</li><li>➤ Haricî fonksiyon testlerini yapınız.</li><li>➤ Arıza formu doldurunuz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Soket ya da lehimleme yöntemlerinden hangisi ile yapıldığını belirleyiniz.</li><li>➤ Devre üzerine hasar vermemeye dikkat ediniz.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamını düzenlediniz mi?		
2. Şekildeki devrelere uygun motor seçebildiniz mi?		
3. Devre bağlantılarını yapabildiniz mi?		
4. Motorlara uygun palsler verebildiniz mi?		
5. Kontrol sonuçlarını kaydedebildiniz mi?		
6. Çevrenizden temin ettiğiniz sürücülerin bağlantılarını yapmayı denediniz mi?		
7. Şekil 2.3'te değiştirilecek step ve servo motorun etiket ve çalışma özelliklerini incelediniz mi?		
8. Step ve servo motorunun bağlı bulunduğu mekanizmayı sökebildiniz mi?		
9. Yeni step ve servo motorunun montajını yapabildiniz mi?		
10. Yeni step ve servo motor bağlantılarını yapabildiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi step motor sürücülerinde akım sınırlama yöntemlerinden değildir?  
A) Kaynağa seri bir dış rezistans yerleştirmek  
B) Dual-voltaj (ikili gerilim) tekniği uygulamak  
C) Pals sürücü  
D) Chopper tekniği
2. Motor hızı, birer takometre veya ..... ile ölçülür. İfadesinde boşluğa gelecek doğru kelimeyi bulunuz.  
A) Enkoder  
B) Redüktör  
C) Resolver  
D) Chopper tekniği
3. Servo sistemlerin güç kaynağı biriminde hangi işlemler için gereken güç sağlanır?  
A) Eksen kontrolü için gerekli güçleri  
B) Servo motor frenleme gerilimini  
C) Sürücü için gerekli besleme gerilimlerini  
D) Sistem mekânının elektriksel beslemesini
4. Motorun bir dönüşü için, o andaki konumunun tespiti için kullanılan bir geri besleme elemanı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Redüktör  
B) Resolver  
C) Enkoder  
D) Fren sistemi
5. Aşağıdakilerden hangisi cooper tekniğinin özellikleridir?  
A) Yüksek verim elde edilmesidir  
B) Düşük voltajla beslenir  
C) Maliyeti düşüktür.  
D) Hız normaldir
6. Uygulama faaliyeti 2.1'de 555 entegresinin frekansı motorda hangi parametreyi etkiler?  
A) Motor konumu  
B) Motor hızını  
C) Adım sayısını  
D) Motor yönünü

7. Aşağıdakilerden hangisi step sürücü devrelerinden değildir?  
A) ULN2003 entegreli unipolar step motor sürücü devresi  
B) UCN5804B entegreli unipolar step motor sürücü devresi  
C) L297, L298 entegreli bipolar step motor sürücü devreleri  
D) APS 2189
8. Aşağıdakilerden hangisi, L297, L298 entegreli bipolar step motor sürücü devrelerinin özelliklerinden değildir?  
A) Step ve yön sinyalleri ile çalışma  
B) Max 45V motor voltajı  
C) Max 2A faz akımı  
D) Sabit faz akımı

**Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**

9. ( ) Resolverden elde edilen analog çıkış gerilimi motor milinin o andaki konumu ve hız bilgisini verir.
10. ( ) Servo sistemlerde eksen birimi ise servo motor hız ve torkunu kontrol eder.

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.



# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Değişken relüktanslı (variable reluctance) step motorlar (VR) sabit mıknatıslı stepler gibi en az dört kutuplu statora sahiptir. Aralarındaki fark sabit mıknatıs yerine, mıknatıs özelliği göstermeyen ve dişleri açılmış yumuşak demir yapısıdır.
2. ( ) 400 adımlık bir step motor bir tam dönüşünde (tur) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı  $360/400 = 0,9$  derecedir.
3. ( ) Step motorlar geri beslemeye ihtiyaç göstermez.
4. ( ) Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilir.
5. ( ) Step motorlarda genellikle 5 veya 6 kablo bulunur. 5 kablolu step motorlarda iki, 6 kablolu step motorlarda ise üç kablo ortak uçtur. Bu uçlar kaynağın pozitif(+) kutbuna bağlanırlar.
6. ( ) Servolar programlanabilir bir mile sahip olan küçük cihazlardır.
7. ( ) Step motorlar uygulanan darbelere göre adım atar. Bu adımların sayısı motora eklenecek bir devre ile sağlanabilir. Bu devrelere sürücü devresi ya da kontrolör adı verilir.
8. ( ) L297 step motor kontrol entegresi değildir.
9. ( ) Motor hızı, birer takometre veya kodlayıcı(enkoder) ile ölçülür.
10. ( ) Motor mili konumu avometre ile ölçülür.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	A
2.	C
3.	D
4.	D
5.	D
6.	D
7.	A
8.	A
9.	A
10.	B

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	C
2.	A
3.	D
4.	B
5.	A
6.	B
7.	D
8.	D
9.	A
10.	A

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1.	Doğru
2.	Yanlış
3.	Doğru
4.	Doğru
5.	Yanlış
6.	Doğru
7.	Doğru
8.	Yanlış
9.	Doğru
10.	Yanlış

## ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- ÇOLAKOĞLU Dilek, **Elektrik Makineleri Otomatik Kontrol.**
- Standart, **Elektrikli Tıbbi Cihazlar Genel Güvenlik Kuralları**, TS EN 60601-1, 1996.

## KAYNAKÇA

- ÇOLAKOĞLU Dilek, **Elektrik Makineleri Otomatik Kontrol**, Mersin Üniversitesi yayınları, 1992.
- ÇOLAKOĞLU Dilek, **Elektrik Motorları Ve Sürücüler**, Mersin üniversitesi yayınları, 1992.
- **Servo Motor ve Sürücüleri Modülü**, Elektrik Elektronik Teknolojisi Alanı, Ankara, 2005.
- YILMAZ Mehmet, İbrahim KAYA, **Servo-Senkro Mekanizmalar**, Mersin üniversitesi yayınları, 1992.