

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

STEP MOTOR VE SÜRÜLMESİ **523EO0063**

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. ADIM MOTOR SEÇİMİ	3
1.1. Adım Motorların Tanımı ve Yapısı	3
1.2. Adım Motorların Çeşitleri.....	6
1.2.1. Sabit Mıknatıslı Adım Motorlar	7
1.2.2. Değişken Relüktanslı Adım Motorlar.....	11
1.2.3. Hybrid Adım Motorlar.....	14
1.2.4. Hidrolik Adım Motorlar	18
1.2.5. Lineer Adım Motorlar.....	19
1.3. Adım Motorların Çalıştırılma Şekilleri ve Teknikleri	23
1.3.1. Başla-Dur Adımlama Oranı	23
1.3.2. Düzgün Hız.....	23
1.3.3. Rampalama	24
1.3.4. Diğer Uyarım Yöntemleri.....	24
1.4. Adım Motor Sürücü Devreleri Yapısı ve Çalışması	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	30
2. ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ YAPIMI.....	30
2.1. Adım Motor Sürücü Devreleri ve Yapıları	30
2.2. Adım Motor Sürücü Devreleri Çeşitleri.....	34
2.2.1. 555 Osilatör Entegresi ve 4017 Sayıcı Entegresi İle Yapılan Sürücü Devresi	34
2.2.2. 555 Osilatör 74191 Sayıcı Entegresi ile Yapılan Sürücü Devresi	35
2.2.3. 8051 Mikrodenetleyicisi ile Yapılan Sürücü Devresi.....	36
2.3. Sürücü Devresi Yapımı (Direkt Sürücüden Belirli Çalışmaları Yaptırma)	37
2.3.1. Devrenin Bağlantı Şeması	38
2.3.2. Malzeme Listesi.....	38
2.3.3. Devrenin Kurulumu ve Çalışması	39
2.4. PLC ile Adım Motorun Sürülmesi İçin Gerekli Kart Yapımı	41
2.4.1. Devrenin Bağlantı Şeması	42
2.4.2. Devrenin Baskı Devre Şeması	43
2.4.3. Malzeme Listesi.....	43
2.4.4. Devrenin Kurulumu ve Çalışması	44
UYGULAMA FAALİYETİ	45
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	46
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	47
3. ADIM MOTORLARIN PLC İLE DENETİMİ.....	47

3.1. Adım Motor Denetimi için PLC Program Komutları ve Teknikleri	48
3.2. Adım Motorun PLC Denetimli, Başla-Dur Tekniğine Göre Uygulamaları	50
UYGULAMA FAALİYETİ	60
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	62
MODÜL DEĞERLENDİRME	63
CEVAP ANAHTARLARI	64
KAYNAKÇA	65

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0063
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Otomasyon Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Step Motor ve Sürülmesi
MODÜLÜN TANIMI	Adım motorlarının yapıları, çeşitleri, kullanım alanları, sürücüleri, sürücü devresinin yapımını ve adım motorların PLC ile sürülmesi becerisinin kazandırıldığı öğrenme metaryalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Servo motor ve sürücüleri modülünü başarmış olmak.
YETERLİK	Adım motoru, sürücü devreleri ve PLC kullanarak adım motorlarının denetimini öğrenmek.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Uygun ortam sağlandığında adım motoru, sürücü devrelerini ve PLC kullanarak çeşitli çalışma şekillerini hatasız olarak yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Adım motor seçinini doğru olarak yapabileceksiniz.2. Adım motor sürücü devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.3. Adım motorların PLC ile denetimini çalışma tekniğine uygun olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Atelye ortamı, aletleri, ölçüm cihazları, lehimleme malzemeleri, diğer faydalı el ve güç araçları donanımları, baskı devre çıkarma araç ve gereçleri, değişik firmalara ait adım motor katalogları, PLC
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modül sonunda özellikle endüstride çok sık kullanılan adım (step) motorları tanıyacak ve adım motor sürücülerini yapabileceksiniz. Yapmış olduğunuz sürücü devrelerini kullanarak adım motorları PLC cihazı ile çeşitli şekillerde çalıştırabileceksiniz.

Adım motorların, endüstriyel ve elektronik uygulamalarda, robot teknolojilerinde kullanımı oldukça fazladır. En basitinden, bilgisayarımızdaki floppy disket sürücüsünde ve sabit diskler de bu teknolojiye başvurulmuştur. Adım motorlar, girişlerine uygulanan lojik sinyalleri dönme hareketine çevirirler. İstedığınız yönde ve derecede dönderebileceğiniz adım motorlar, hassas hareketleri sayesinde, birçok cihazda konum denetimi amacıyla kullanılmaktadır. Adım motorları, uçlarına gelen sinyallere göre adım adım hareket etmelerinden dolayı hassas hareketlerin istendiği sistemlerde tercih edilmektedirler.

Çalışma sistemi olarak diğer motorlardan farklı oldukları içinde normal motorlar gibi doğrudan enerji verilerek çalıştırılmamaktadır. Kendilerini özel sürücü devrelerini ihtiyaç bulunmaktadır.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında çalışma şartlarına uygun adım motor seçimini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Adım motor ve diğer elektrik motorlarının karşılaştırınız. Rapor hazırlayarak sınıfta sununuz.
- Bulabildiğiniz adım motorların üzerlerindeki etiket değerlerini alarak anlamlarını öğreniniz.

Araştırma işlemleri için internet ortamı ve bilgisayar tamircilerinde bulabileceğiniz eski yazıcıların motorlarını kullanabilirsiniz.

1. ADIM MOTOR SEÇİMİ

1.1. Adım Motorların Tanımı ve Yapısı

Adım motorları adından da anlaşılacağı gibi adım adım hareket eden yani sargılarından birinin enerjilenmesi ile sadece 1 adım hareket eden motorlardır. Bu adımın kaç derece olacağı motorun tasarımına bağlıdır. Bu husus ileriki konularda anlatılacaktır.

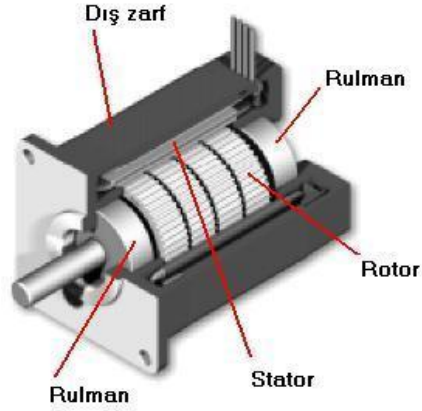
Adım motor, elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren eletro-mekanik bir cihazdır. Elektrik enerjisi alındığında rotor ve buna bağlı şaft, sabit açısal birimlerde (adım-adım) dönmeye başlar. Adım motorlar, çok yüksek hızlı anahtarlama özelliğine sahip bir sürücüye bağlıdır (adım motor sürücüsü). Bu sürücü, bir encoder, PC veya PLC'den giriş darbeleri (pals) alır. Alınan her giriş darbesinde, motor bir adım ilerler. Adım motorlar bir turundaki adım sayısı ile anılırlar. Örnek olarak 400 adımlık bir adım motor bir tam dönüşünde (360°) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı $360/400 = 0.9^\circ$ derecedir. Bu değer, adım motorun hassasiyetinin bir göstergesidir. Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe adım motor hassasiyeti ve dolayısı ile maliyeti artar.



Resim 1.1: Çeşitli adım motorlar

Adım motorlar, yarım adım modunda çalıştıklarında hassasiyetleri daha da artar. Örnek olarak 400 adım/tur değerindeki bir adım motor, yarım adım modunda tur başına 800 adım yapar. Bu da 0.9° 'ye oranla daha hassas olan 0.045° bir adım açısı anlamına gelir. Bazı adım motorlarda mikroadım tekniği ile adım açılarının daha da azaltılması söz konusudur.

Resim 1.1'de değişik büyüklüklerde ve çeşitlerde adım motor örnekleri görülmektedir.

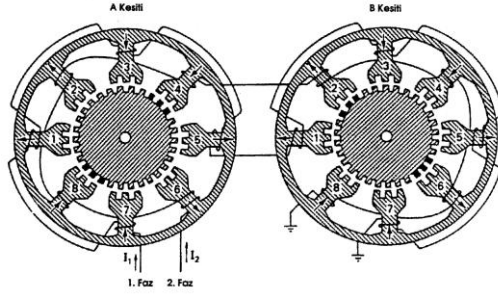


Şekil 1.1: Adım motorun kesiti

Yapılarını anlayabilmek için bir adım motorun kesitini Şekil 1.1'de inceleyelim.

Bir adım motor Şekil 1.1'de görüldüğü gibi stator, rotor, bunları kapatan bir dış zarf, rotora bağlı şaftın rahat hareket etmesini sağlayan rulmanlardan oluşmuştur.

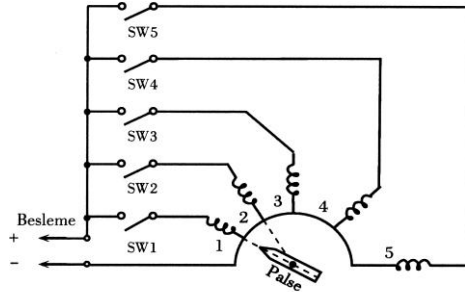
Adım motor statorunun birçok kutbu (genellikle sekiz) vardır. Bunların polaritesi elektronik anahtarlar yardımıyla değiştirilir. Rotorun mıknatıslığı ise ya sabit mıknatıs ile veya dış uyarım metodlarıyla oluşturulur. Daha iyi seçicilik elde etmek için rotor ve stator üzerine küçük dişler açılmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Sekiz kutuplu adım motorun iç yapısı

Adım motorlar robot teknolojisinde sıkça kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca maliyetinin düşük olması diğer motorlara (servo) karşı bir üstünlüğüdür. Adım motorların tercih edilmesini ikinci bir nedeni tutma karakteristiğinin robotlarla bağdaşmasıdır.

Adım motorun çalışma esasları Şekil 1.3'te gösterilmiştir. Anahtarlar yardımıyla sargılara enerji uygulandığında rotor enerji uygulanan sargının karşısına gelerek durur. Bu dönme miktarı motorun yapısına bağlı olarak değişir. Bu dönme açısı adım motorlarda belirleyici bir parametredir. Adım motoru sürekli hareket ettirmek istersek sargılara sırasıyla enerji vermeliyiz. Bir sargıya enerji verdiğimizde rotor sargını karşısına gelerek durur. Diğer sargıya enerji verinceye kadar burada kilitlenir. Bu da adım motorların bir özelliğidir.



Şekil 1.3: Adım motorun çalışma şeması

Adım motorların özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Hata yalnız adım hatasıdır.
- Motor bakımı kolaydır.
- Tasarım maliyeti ucuzdur.

- Otomatik kilitleme özelliğine sahiptir.
- Yüke yeterli momenti sağlar.
- Isınma gibi olumsuzluklardan meydana gelebilecek zararlar en azdır.
- Hızı programlama yoluyla ayarlanabilir.
- Mikrobilgisayarlar ile kolayca kontrol edilebilir.
- Çalışma sırasında hızı sabit kalır.
- Kullanım ömrü uzundur.

Adım motorların kullanıldığı yerleri sıralayacak olursak; bant sürücüleri, imalat tezgâhları, yazıcılar, teyp sürücüleri, tıbbi cihazlar, makine tezgâhları, dikiş makineleri, taksimetreler, kart okuyucular vb. olarak sayılabilir.

Sonuç olarak adım motorlar; her türlü denetlenmiş hareket ve pozisyon gerekli olan yerlerde, dijital bilgileri mekanik harekete çeviren bir eleman (transduser) olarak görev yapar.

Adım motor seçiminde birçok kıstas mevcuttur. En iyi seçimi yapabilmek için ekonomik olmasını yanında kapsamlı mekanik yapı, yükün durumu ve elektronik sürücü devre ihtiyaçlarını göz önüne alınması gerekir. En basit seçim motorun tork ihtiyacı bakımından verimliliği esas alınarak yapılandır.

1.2. Adım Motorların Çeşitleri

Adım motorlar yapılarına göre 5 çeşittir.

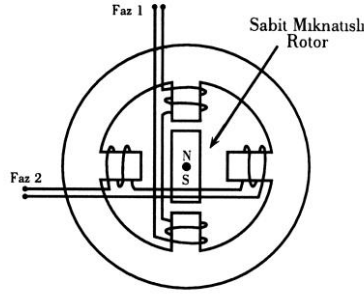
- Sabit mıknatıslı adım motorlar (PM)
 - İki fazlı sabit mıknatıslı iki fazlı adım motor
 - Orta uçlu sargılara sahip sabit mıknatıslı adım motor
 - Disk tipi sabit mıknatıslı adım motor
 - Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motor
- Değişken relüktanslı adım motorlar (VR)
 - Tek parçalı
 - Çok parçalı
- Hybrid adım motorlar

- Hidrolik adım motorlar
- Lineer adım motorlar

1.2.1. Sabit Mıknatıslı Adım Motorlar

1.2.1.1. Sabit Mıknatıslı İki Fazlı Adım Motor

En basit olarak sabit mıknatıslı adım motoru, oyuklu dört kutuplu statör içinde dönen iki kutuplu sabit mıknatıslı rotordan meydana gelmiştir. Böyle bir adım motorun yapısı Şekil-1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4: 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.

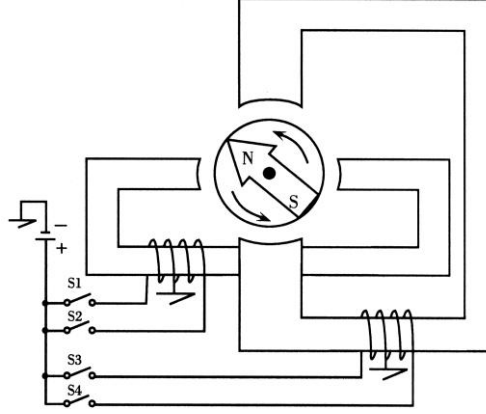
Birinci sargı gerilimi kesilip ikinci sargıya (faz 2'e) gerilim uygulandığında rotor, bu kez ikinci sargıların karşısında olacak şekilde döner ve durur. Bu şekilde 90°lik dönme tamamlanmıştır. (birinci adım= $360^\circ:4=90^\circ$)

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 uygulaysaydık rotor ilk durumuna geri dönecekti. Bir ileri bir geri hareket ise dönme hareketi vermeyecektir.

1.2.1.2. Orta Uçlu Sargılara Sahip Sabit Mıknatıslı Adım Motor

Faz 1 ve faz 2'ye uygulanacak gerilimi değiştirmenin en kolay yolu orta uçlu (merkez uçlu) sargı kullanmaktır (Şekil 1.5). 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. Bu durum uyarım yöntemlerinde anlatılacaktır.

Adım motorun sargılarına uygulanacak gerilim yönüne göre rotorun hareketi saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) gerçekleştirilebilir. PM motorun statör sargıları DC kare dalga ile sürülür. Kare dalga darbeler ard arda uygulanacak olursa rotor, normal motorlarda olduğu gibi sabit hızda döner.



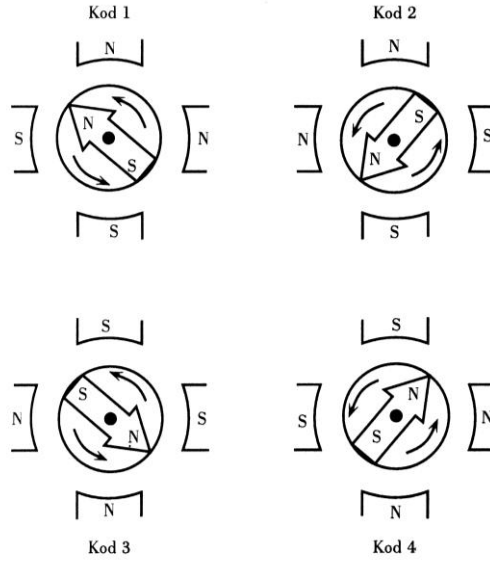
Şekil 1.5: Orta uçlu sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

Orta uçlu sabit mıknatıslı bir adım motorun en basit kontrolü Şekil 1.5 ile gerçekleştirilebilir. Adım motorun çalışması için S1, S2, S3 ve S4 anahtarları üzerinden Faz 1 ve Faz 2 sargılarına sırası ile uygun faz ve gerilim uygulanmalıdır. Devrede kullanılan motorun 90°'lik adımlarla dönmesini istersek Tablo 1.1'de verilen dört değişik çalışma durumunu (kodlarını) ard arda uygulamalıyız.

Kod	S1	S3	S2	S4
1	0	0	1	1
2	1	0	0	1
3	1	1	0	0
4	0	1	1	0

Tablo 1.1: Sabit mıknatıslı orta uçlu adım motorun çalışma tablosu

Şekil 1.6'daki anahtarların dört değişik çalışma durumunu (kodunu) veren Tablo 1.1 ve bu kodlara göre rotorun hareketleri adım adım çizilmiştir (Şekil 1.6). Bu şekiller üzerinden S1, S2, S3 ve S4 anahtarlarının kapalı (1) açık (0) oluşlarına göre motorun iki kutup arasında 90° lik adımlarla ve saat ibresinin tersi yönünde (CCW) nasıl döndüğü görülmektedir.



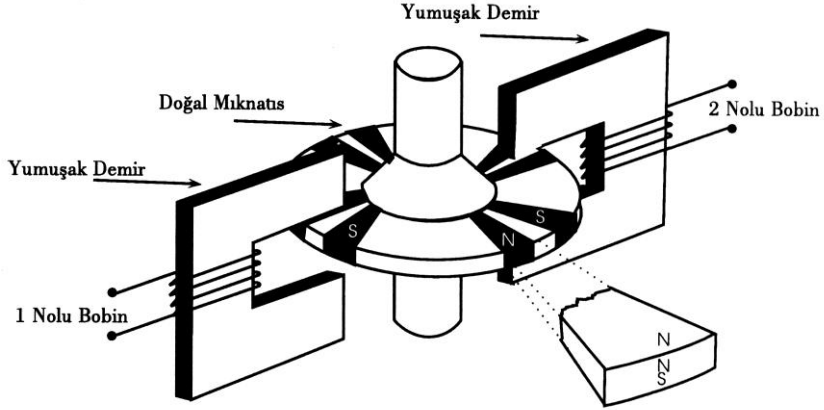
Şekil 1.6: Sabit mıknatıslı adım motorun çalışması

İlk adım yani kod 1 için S2 ve S4 anahtarları kapatılır. Faz 1 ve Faz 2 sargılarına uygulanan gerilim sonucu rotor, Şekil 1.6'daki kod 1 çalışmasını tamamlar ve durur. S4 anahtarı kapalı iken S2 açılıp S1 kapatılırsa rotor bu kez kod 2 çalışmasını tamamlar yani 90° döner ve durur. Kod 3 çalışması için S1 anahtarı kapalıyken S4 açılıp S3 kapatılır. Aynı şekilde kod 4 çalışması için ise S3 kapalıyken S1 açılıp S2 kapatılmalıdır.

Anahtarlar bu sırayla değiştirilmeye devam edildiğinde rotorda dönmeye devam edecektir. Adım motorun çalışma durumları değiştirilmeye devam edildiği sürece buna bağlı olarak da motor dönmeye devam edecektir. Adım motorun çalışma durumlarını değiştirilmesinde sadece bir anahtarın değiştiğine dikkat ediniz. Bu durum, rotorun eşit adımlarla ve aynı yönde dönmesini sağlar.

1.2.1.3. Disk Tipi Sabit Mıknatıslı Adım Motor

Rotoru ince ve mıknatıslığı seyrek olacak şekilde yapılan adım motorlara disk tipi sabit mıknatıslı adım motor denir.



Şekil 1. 7: Disk tipi adım motorun yapısı

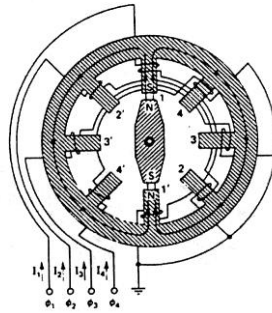
Disk şeklindeki rotorun ince oluşundan dolayı, bu disk üzerine 100’ün üzerinde sabit manyetik kutuplar yerleştirilir. Bu manyetik kutuplar sadece diskin kenarlarına yerleştirilirse bile yeterli olacaktır. İlk üretilen adım motorlar 30’ar derecelik açıyla kontrol edilebiliyordu (Şekil 1.7).

Disk tipi sabit mıknatıslı adım motorun özellikleri şunlardır.

- Ağırlık olarak diğerlerine göre %60 daha hafif ve boyut olarak yarı büyüklüğüne sahiptir.
- Disk, anti manyetik bir yere monte edilerek rotor olarak çalışması sağlanmıştır.
- Disk Şekil 1.7’de görüldüğü gibi ‘N’, ‘S’ şeklinde birbirinin zıttı olarak mıknatıslandırılmıştır.

1.2.1.4. Dört Fazlı Sabit Mıknatıslı Adım Motor

Şekil 1.8’de görülen sabit mıknatıslı adım motorun dört fazı ve her faza ait iki kutup bulunmaktadır. Motorun adım açısı 45° dir. Buna göre dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorun çalışmasını şu şekilde açıklayabiliriz.



Şekil 1.8: Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

Sabit mıknatıslı adım motorun 180° 'lik hareket yapması için faz sargıları 1,4, 3, 2 sırasıyla enerjilendirilir. 1. faz enerjilendirildiğinde I1 akımı 1' deki kutup sargılarından geçerek devresini tamamlar. Rotorun N kutbunun karşısındaki statör kısmı S ile kutuplandırılır. Rotorun S kutbunun karşısındaki statör kısmı N ile kutuplandırılır.

Birinci fazın enerjisininin kesilip dördüncü faz enerjilendirildiğinde I4 akımı 4' ve 4 nu lu kutup sargılarından geçerek devresini tamamlar. 4 nu lu kutbun altı S ile 4' kutbunun üstü N ile kutuplanır. Böylece rotor 4-4' statör kutupları hizasına gelerek 45° lik hareket gösterir

Dördüncü fazın enerjisi kesilip üçüncü faz enerjilendirildiğinde rotor 45° lik hareketle 3-3' statör kutupları hizasına gelir.

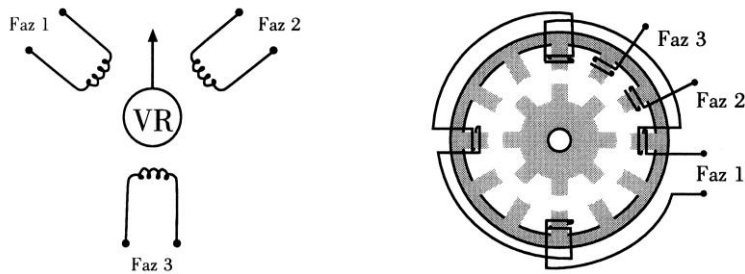
Üçüncü fazın enerjisi kesilip ikinci faz enerjilendirildiğinde rotor 45° lik hareketle 2-2' statör kutupları hizasına gelir.

Böylece rotor 180° lik hareketini tamamlamış olur.

1.2.2. Değişken Relüktanslı Adım Motorlar

Değişken relüktanslı adım motorlarında da sabit mıknatıslı adım motorlarda olduğu gibi en az dört kutuplu statör bulunur. Sabit mıknatıslı adım motorlarından tek farkı ise rotorun, sabit mıknatıs yerine artık mıknatıslık özelliği göstermeyen olması ve dişler açılmış yumuşak demirden imal edilmesidir. Dişler, silindir eksenine paralel olarak açılmış oluklarla şekillendirilmiştir. Şekil 1.9'da üç fazlı değişken relüktanslı adım motorunun yapısı görülmektedir. Statördeki diş sayısının rotordaki diş sayısından fazla olduğu şekilden görülmektedir. Örnekteki statorda 12 diş (kutup), rotorda ise 8 diş (kutup) bulunmaktadır. Stator kutupları arasındaki merkez açı 30° ($360:12=30^\circ$) olduğu halde rotor kutupları arasında merkez açı 45° ($360:8=45^\circ$) olmaktadır.

Çalışması



Şekil 1.9: Değişken mıknatıslı adım motorun yapısı

Faz 1'e ait seri bağlı dört sargıya DC gerilim uygulandığında bu sargıların etrafında oluşan manyetik alanlar rotor kutuplarını mıknatıslar ve rotoru bu sargıların karşısına getirecek kadar hareket ettirir. Bu anda diğer kutuplar ise stator ve rotordaki diş sayısı eşit olmadığından stator kutupları karşısında değildir. Bu durum şekilde görülmektedir.

Faz 1 enerjisini kesip faz 2'ye uygularsak bu kez statorda faz 2 bobinleri etrafında meydana gelen manyetik alan kutupları, rotorun faz 1 karşısındaki kutuplarını kendine çeker. Böylece rotorun dönmesi sağlanır

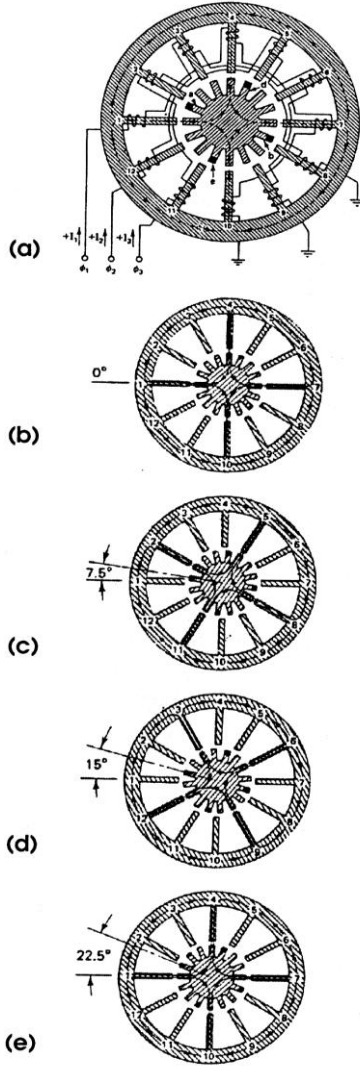
Üç fazlı (üç sargılı) sistemlerde rotorun devamlı dönmesi için stator argıları ard arda enerjilendirilmelidir. Faz 2 enerjisi kesilip faz 3'e uygulandığında bu kez rotor kutupları statordaki faz 3 sargılarının bulunduğu kutupların karşısına gelecek şekilde döner ve durur. Rotorun dönme yönü (saat ibresi yönü veya tersi) fazlara uygulanacak gerilimlerin yönüne bağlıdır.

Değişken relüktanslı motorlarda rotor, hafif ve küçük boyutlu yapılıdır. Rotor ölçülerinin küçük olması eylemsizlik momentinin de küçük olmasını sağlar. Bunun sonucu fazlara uygulanan gerilim meydana getireceği moment sebebiyle rotor çok hızlı hareket eder. Değişken relüktanslı motorların harekete başlama, durma ve dönme adımları sabit relüktanslı adım motorlarından daha hızlıdır.

Değişken relüktanslı adım motorlar iki çeşittir.

a) Tek parçalı değişken relüktanslı adım motorlar: Statör kutupları tek parçadan oluşan adım motorlardır.

Stator ve rotorları tek dişli olarak yapılan adım motorlara tek parçalı VR adım motor denir. Tek parçalı adım motor kesiti Şekil 1.10,da görülmektedir.



Rotorun başlangıç pozisyonu:

Birinci faz enerjilenirse rotor dişlileri 1. 4. 7 ve 10 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (Şekil 1.10 b).

Birinci adım:

Üçüncü faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 2,5,8 ve 11 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (Şekil 1.10 c).

Rotor hareketi saat ibresi yönünde 7.5^0 dir.

İkinci adım:

İkinci faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 3,6,9 ve 12 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (Şekil 1.10 d).

Rotor hareketi saat ibresi yönünde $7,5^0$ dir. Toplam rotor hareketi 15^0 dir.

Üçüncü adım:

Birinci faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 1,4,7 ve 10 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (Şekil 1.10 e).

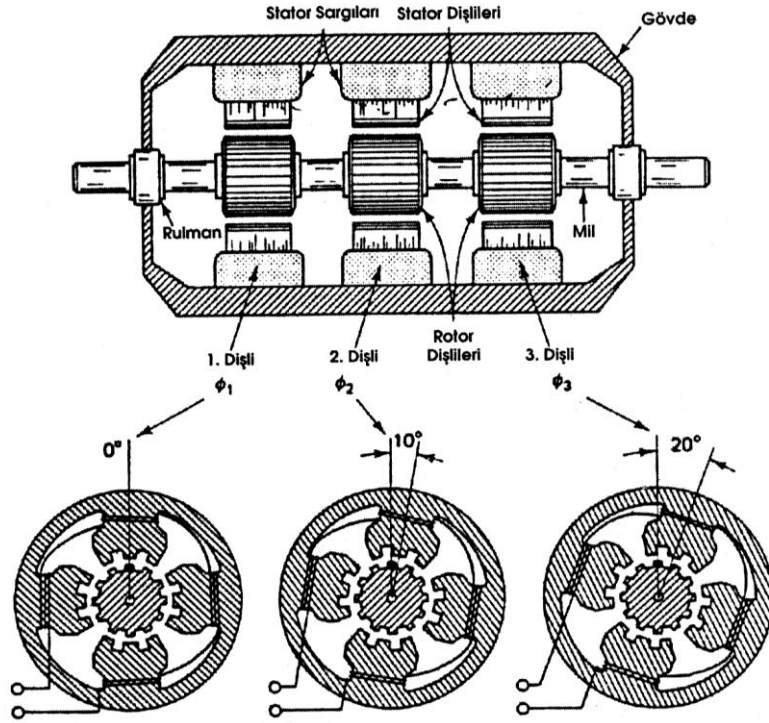
Rotor hareketi saat ibresi yönünde $7,5^0$ dir. Toplam rotor hareketi ise $22,5^0$ dir.

Rotorun hareketinin saat ibresi yönünde devam etmesini istiyorsak 1, 3 ve 2 numaralı fazları sırasıyla sürekli olarak enerjilendirmeliyiz.

Şekil 1.10: Tek parçalı değişken relüktanslı adım motorun yapısı ve çalışma pozisyonu

b) Çok parçalı değişken relüktanslı adım motorlar

Üç fazlı değişken relüktanslı adım motor tasarımı Şekil 1.11’de verilmiştir. Rotor 12 dişli olarak yapılmıştır. Stator ise her kutupta üç dişli olmak üzere dört kutuptan ve böylece 12 dişliden oluşmuştur.



Şekil 1.11: Çok parçalı değişken mıknatıslı adım motorun yapısı

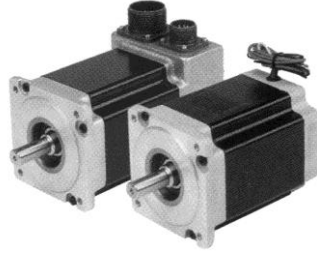
Şekil 1.11’de görüldüğü gibi stator dişlerinin arası 10° ve her kutupta üç diş, her faz üç kutuptan oluştuğu için bir fazda toplam 12 ve üç faz için toplam 36 kutup bulunmaktadır. Buna göre kutuplar arasındaki açı $360/36=10^\circ$ olarak bulunur.

1.2.3. Hybrid Adım Motorlar

Hybrid adım motorlar sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı adım motorların birleştirilerek geliştirilmiş şeklidir. Resim 1.2’de hybrid adım motorlar görülmektedir. Resim 1.3’te hybrid adım motorun parçaları görülmektedir.

Hybrid adım motorlarda rotor, sabit mıknatıslı olup çeşitli dişli (kesit) sayısında yapılmaktadır. Ayrıca her bir dişli (kesit) üzerinde de çeşitli sayıda dişler bulunmaktadır. Bu dişlilerin arası diskler yardımıyla yalıtılmıştır. Resim 1.3 a’da dört dişli (kesit) ve iki dişli (kesit) adım motor rotorları görülmektedir.

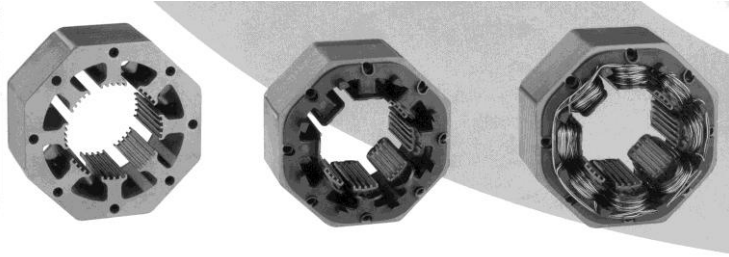
Hybrid adım motorlarda stator, çok parçalı değişken relüktanslı tipindedir. Genel olarak stator kutbu 8 kadardır ve her bir kutup 2 – 8 arası diş sayısına sahiptir. Stator kutupları üzerine sargılar sarılmak suretiyle çeşitli kutup sayıları elde edilir. Resim 1.3 b’de boş stator ve sargıları görülmektedir.



Resim 1.2: Hybrid adım motorlar

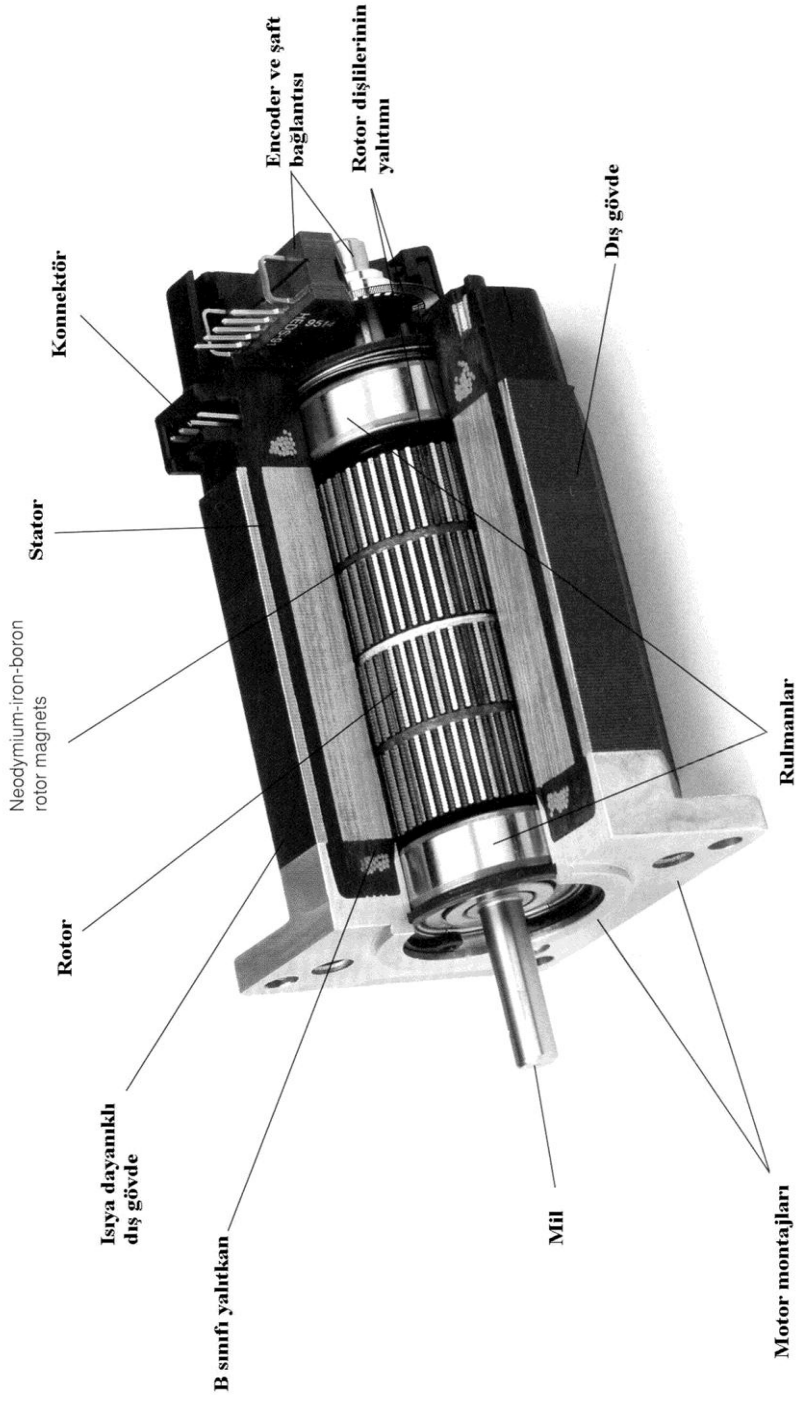


(a)



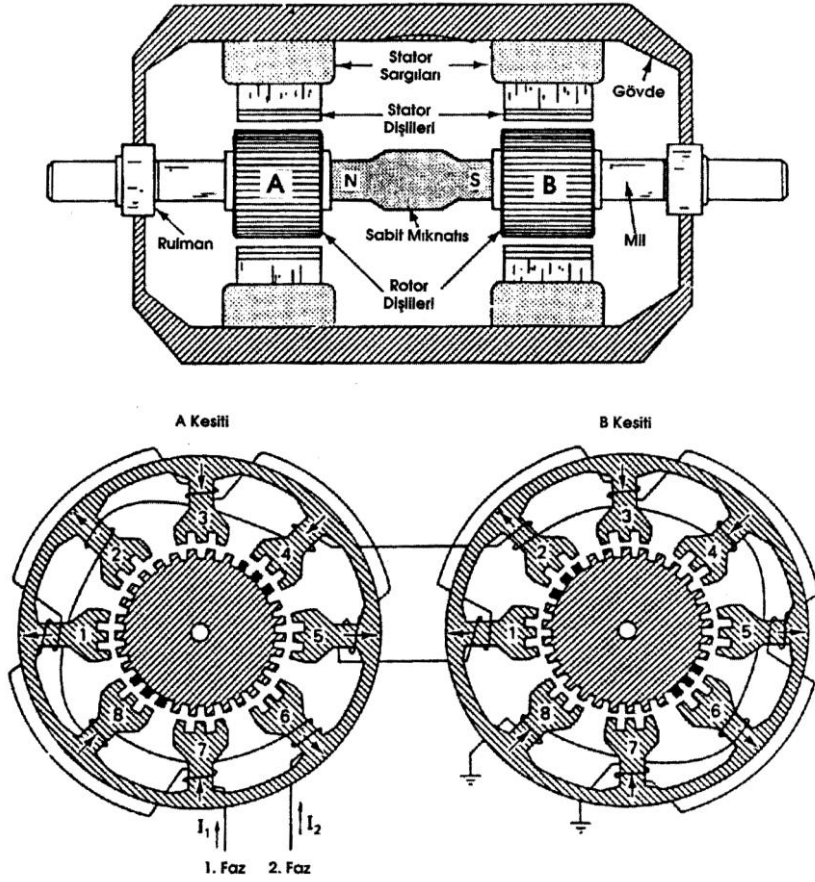
(b)

Resim 1.3: Hybrid adım motorun rotor ve stator kesitleri



Resim 1.4: Hybrid adım motorun yapısı

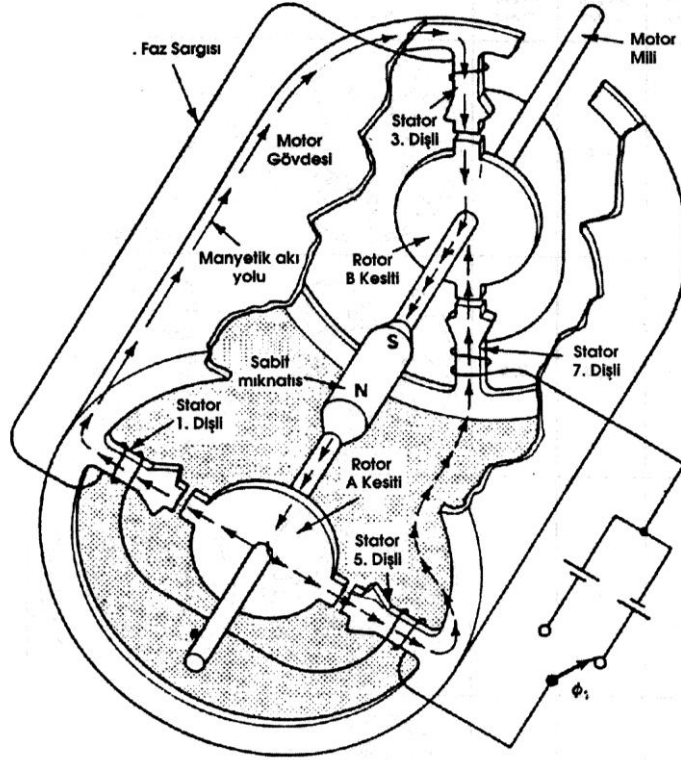
Resim 1. 4'te şafta (mile) paralel olarak kesiti yapılmış hybrid tipi adım motor şekli verilmiştir. Şekil 1.12'de verilen adım motorun A ve B kesitlerinde rotor dişli sayısı 30, stator dişli sayısı 24 ve adım açısı 3° dir. İki fazlı hybrid adım motorun, birinci faz 1,3,5,7 ve ikinci faz 2,4,6,8 kutuplarına yerleştirilir.



Şekil 1.12: Hybrid adım motorun A – B kesitlerinin görünüşü

Çalışması: Şekil 1. 12'de gösterilen N ve S kutuplarından müteşekkil sayılar sırasıyla enerjilenecek motor uyarılır. Saat ibresi yönü (CW) için faz uçları Şekil 1. 13'te görüldüğü gibi 1^+ , 2^- , 1^- , 2^+ , 1^+ şeklinde beslenir. Birinci faz ve ikinci faz sargılarının enerjilenme sırası motorun dönüş yönünü ayarlar. Faz sargılarına 1^+ düz gerilim, 1^- ise ters gerilim uygulandığını gösterir.

Adım motorlar senkron çalışan makineler (rotor döner manyetik alanı izler) olup, her uyarımda bir manyetik hareket sağlanmaktadır. Söz konusu motorda, hareket uyarım kademesinden sonra ilk uyarım biçimine dönülerek sürdürülmektedir. Bilinen miktarda hareketin sürdürülmesi, bu andaki rotorun bir diş adımı kadar hareket etmesine bağlıdır.

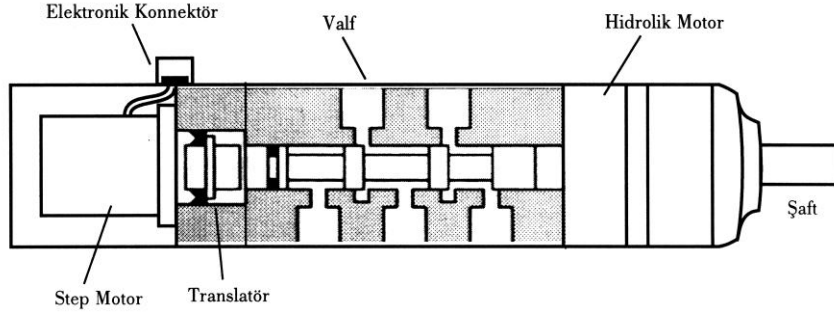


Şekil 1.13: Hybrid adım motorlarda akım devresi

Şekil 1.12’de verilen adım motorun birinci faz sargıları enerjilendiği zamanki manyetik akının takip ettiği yol Şekil 1.13’te gösterilmiştir. Manyetik akının yolu; N den S’ e doğrudur. N kutbundan çıkan akı, A kesitindeki 1 ve 5 numaralı kutup sargılarının olduğu kısımdan çıkar. B kesitindeki 3 ve 7 numaralı kutup sargılarından girerek S kutbuna ulaşır. En fazla manyetik akının olduğu yol rotor ve stator dişlilerindedir.

1.2.4. Hidrolik Adım Motorlar

Bir hidrolik motora ait servo valf ’inin basınç giriş yolunu translatörlerle (dönebilir lineer çeviriciyle) kontrol eden adım motorlara hidrolik adım motor denir. Kısaca hidrolik motorun basınçlı yağ yolunu denetlemek suretiyle şaftın hareketini ve yönünü tayin eden adım motorlara hidrolik adım motor denir. Hidrolik adım motorlara elektro–hidrolik adım motorlar da denilmektedir.



Şekil 1.14: Hidrolik adım motor

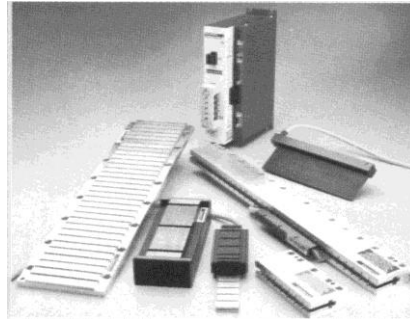
Şekil 1.14'te kesiti görülen hidrolik adım motor başlıca şu parçalardan oluşmaktadır;

- Adım motor
- Hidrolik motor
- Valf
- Translatör
- Elektronik konnektör

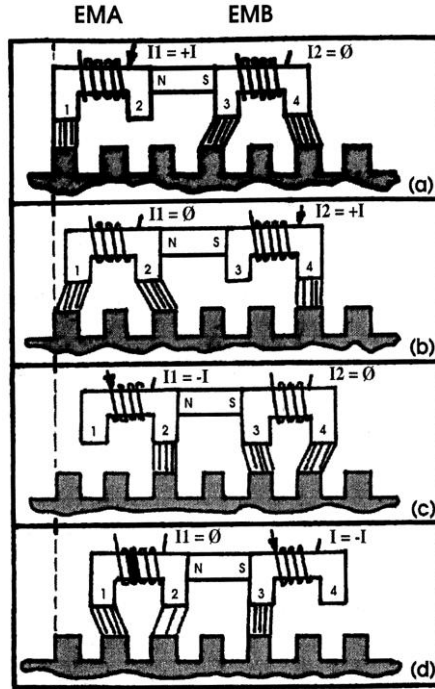
1.2.5. Lineer Adım Motorlar

Mekanik hareketi dairesel bir hareket olmayıp yatay eksen (x veya y eksenleri) üzerinde hareket eden motorlara lineer motor denir. Yani lineer motorlar X ve Y yönlerinde veya X ve Y düzleminde herhangi bir vektör yönünde hareket ederler. Bu tür motorların tasarımı yapılırsa motor bir gövde üzerinde iki tane ortogonal elektromanyetik alanı içerir. Bu alanı tamamlamak için demir nüve kare şeklinde yapılır. Böylece iki eksenli lineer adım motor oluşturulur.

Bu tip adım motorlara örnek olarak 1969 yılında Kaliforniya'da gerçekleştirilen sawyer adım motoru gösterilebilir. Resim 1. 5'te lineer adım motorlar ve sürücüleri görülmektedir.



Resim 1.5: Lineer adım motorlar ve sürücüleri



Şekil 1.16: İki fazlı lineer adım motorun hareketi

Elektromanyetik alan ile demir nüve dişleri arasındaki bu değişim demir nüveye paralel, dişlere ise dik şekildedir. EM dişleri bir kutuptan diğerine sıralandığı için PM akışı kutup dişlerinin birleştiği yerde sabit mıknatıs tarafında değiştirilir. Sonuç olarak böyle teğetsel kuvvet, elektromanyetik alan ve demir nüve boyunca hareket eder ayrıca elektromanyetik alan ile demir nüveyi birbirine doğru çeken ve hava aralığı için bir ön yük oluşturan kuvvet vardır.

Şekil 1. 16 (a-d) yukarıda anlatılan işlemleri göstermektedir. Her bir şekilde akım ve manyetik akının yönleri oklarla gösterilmiştir. Eğer elektromıknatısta manyetik alan oluşursa maksimum akı yoğunluğu ikinci kutupta aynı hızda oluşur ve bu Şekil 1. 16 a'da gösterilmiştir.

Elektromanyetik mıknatıs enerjilenmeyip (EMA), EMB enerjilenirse maksimum akı yoğunluğu 3. kutupta minimum yoğunluk ise 4. kutupta oluşur. 3. kutuptaki bu kuvvet demir nüvenin sağ taraftaki kutup ile aynı sıraya gelirken dişin sağa hareketi dörtte bir olarak gerçekleşir. Burada motor ve elektromanyetik alan ilişkisi Şekil 1.16 b'de gösterilmiştir.

Eğer EMB enerjilendirmez EMA enerjilendirilirse (Şekil 1.16 a'da gösterilen akımın zıt şekli) hareket tekrar sağa doğru olur. Bu durumda birinci kutbun akı yoğunluğu maksimum ikincinin minimumudur. (3. ve 4. kutuplara ise PM uygulanmıştır.) Bu andaki EM alanı Şekil 1. 16c'de gösterilmiştir.

Sonuç olarak EMA enerjilendirilmeyip EMB enerjilendirilirse 4 kutup maksimum akım 3. kutupta ise minimum akı yoğunluğu olur. (Bu durumda 1. ve 2. kutuplara PM uygulanmıştır.) Bir devri tamamlamak için Şekil 1.16a'da gösterildiği gibi EMA tekrar enerjilendirilir ve sistem hareketi demir nüvenin bir dişi kadar olur. Bir periyot boyunca akımın frekansı EM alanın hareket hızıyla belirlenir.

Elektromanyetik alanın demir nüve ile olan bu pozisyonlarında akımın her periyot boyunca yukarıda tanımlandığı gibi değişmesi bu iki arasındaki ilişkiyi açıkça gösterir. Bu durumda lineer adım motorlar kutup dişleri tarafından bir full adım rezolüsyonuna sahiptir. Tipik bir örnek olarak bu değer 0.04'tür. Yani Şekil 1.16a'da gösterilen sıralı hareket, her dörtte bir hareket için bu değer 0,01'dir. Bu hareketler bazen kardinal adım olarak adlandırılır. Adım basamakları arasında daha iyi rezolüsyon elde etmek için full-adım modunda çalışmada bu dörtte bir hareketler arasında bir akım değeri bulamamak mümkündür.

Daha öncede anlattığımız gibi lineer adım motorlar direkt sürücülü motorlardır. Direkt sürücülü, kontrol rezolüsyonu ve yükü sürmek için uygulanan kuvvet motorun yeteneği olarak tanımlanır. Yani herhangi bir uygulama için gerekli dişli rezolüsyonu micro adım motor kontrolü için istenilen rezolüsyonda kullanılması daha iyidir. Ayrıca motor sürücü devresi için çizilen hız-kuvvet eğrisi motorun işlem hızı üzerindeki gerekli kuvvetleri üretebilecek durumda olmalıdır.

Lineer adım motorlarda yukarıda anlatılan aynı özellikler görülür ve senkronize kayıpları adım motorun rotorunda olduğu gibidir. Ama bu tür motorların kontrolü iki karakteristik açısından daha zordur. Bunlardan birincisi devrenin kendisinde olan "spring"dir. Motor armatürü iki dişli aralığı, genişliğe kadar kısma oturur. Bundan dolayı, bu haricî kuvvetlerin giderilmesi gerekir. Eğer armatür hareketini engelleyen bu kuvvetlerin etkisi giderilmezse motorun senkronize kayıpları çok olacaktır.

Micro adım motorların kontrolünü zorlaştıran ikinci karakteristik ise, hava aralığı yüzeyinde armatür rezonansı oluşturan karakteristiktir. Yani "spring" kütlelerinin sönümünü sağlayan armatür ve engelleyici kuvvet tarafından oluşturulan bir etken vardır. Bu şart motorun uyarılması için gereken akım frekansı rezonans frekansına yakındır. Yani hareket boyunca istenmeyen karışıklıktan dolayı motorun rezonans frekansına gelmesi uzun sürebilir.

Lineer adım motorların en büyük üstünlükleri:

- Yüksek güvenliği bulunmaktadır.
- Gerekli işlemleri yerine getirmek için az ve basit devre elemanlarından oluşur.

- Uzun mesafeler arasında yüksek hızla hareket ederken, yüksek hassasiyete sahip olmalarıdır.
- Hava aralığı hemen hemen manyetik alandan bağımsız olduğu için hiç bakım gerektirmezler.

Bu tür motorların lineer sürücü katları fiyatı sıkça bilinen de servomotor ve geribesleme katına göre daha yüksektir. Bu tür motorların fiyat mahzurları yanında, gerekli elektronik sürücüler osilasyonu ve senkronize kayıtları azaltır. Ayrıca kuvvet azalması dahil hız artışını sağlar. Lineer adım motoru ticari endüstriyel robotlarda kullanılmazlar. Bununla birlikte bunların maliyeti düşürülürse bu tür direkt sürücü motorlar minimum eleman kullanarak güvenilir uygulama alanları bulunabilir.

1.3. 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.

1.3.1. 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.

Adım	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Tablo 1.2: Tek faz uyarım tablosu

1.3.2. 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.

Adım	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

Tablo 1.3: İki faz uyarım tablosu

1.3.3. Rampalama

Bu uyarım modunda tek faz ve iki faz ard arda uygulanır. Burada rotor herbir 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	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Tablo 1.4: Yarım adım uyarım tablosu

1.3.4. Diğer Uyarım Yöntemleri

Adım motorların uyarım metotları faz sayısına göre şöyle sıralanabilir.

1 – İki fazlı motorlarda;

a) İki faz uyarım modu

b) İki faz düzeltme modu

2 – Üç fazlı motorlarda;

a) Üç faz uyarım modu

b) Üç faz düzeltme modu

3 – Dört fazlı motorlarda ya da orta ucu (müşterek ucu) kullanılan iki fazlı motorlarda;

a) Dört faz uyarım modu

b) Dört faz düzeltme modu kullanılır.

Not: Tablolarda adım motorun sargılarına uygulanacak gerilimin yönüne göre rotorun hareketi,

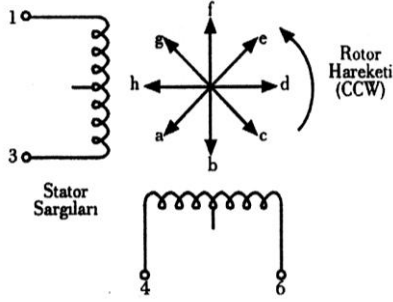
CW : Saat ibresi yönünde

CCW : Saat ibresi tersi yönünde döndüğünü ifade etmektedir.

1.3.4.1. İki Fazlı Motorların Çalışma Şekilleri

Bazı adım motorlarda Şekil 1. 17’de görüldüğü gibi iki faz sargısı (stator sargısı) bulunur.

Şekil 1. 17’de her iki sargının da (fazın) orta merkez ucu olduğuna dikkat ediniz. Bu motor her bir uyarım sargısının yarısı bir faz gibi uyarımla çalıştırılacak olursa dört fazlı bir motor olarak çalışabilir.



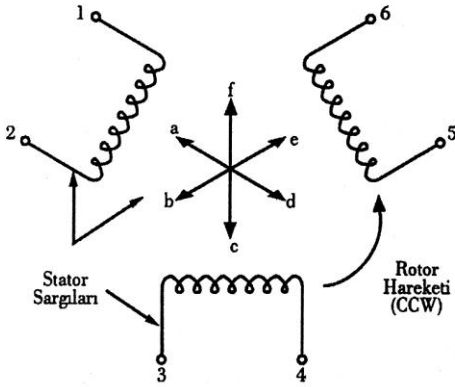
Modu	Enerjili Sargı	Pozisyon	Hareket
İki faz uyarıtımında	3-1	f	Index
	6-4	h	CCW
	1-3	b	CCW
	4-6	d	CCW
İki fazlı düzeltilmiş uyarıtımında	3-1,6-4	g	Index
	1-3,6-4	a	CCW
	1-3,4-6	c	CCW
	3-1,4-6	e	CCW

Şekil 1.17: İki fazlı adım motor sargıları ve çalışma modları

a) **İki faz uyarıtım modu:** Bu çalışma şeklinde sargılara gerilim, dış uçlardan ve yönü değiştirilerek uygulanır. Bunun sonucunda rotor, Şekil 1.17'deki tabloda verildiği aralıklarda ve yönde dönecektir.

b) **İki faz düzeltme modu:** Bu çalışma şeklinde yine orta uçlar kullanılmaz. Ancak her iki sargıda uygun fazlı gerilimler uygulandığında Şekil 1.17'de verilen pozisyon ve yönde dönecektir.

1.3.4.2. Üç Fazlı Motorların Çalışma Şekilleri



Modu	Enerjili Sargı	Pozisyon	Hareket
Üç faz uyarıtımında	2-1	a	CCW
	3-4	c	CCW
	5-6	e	CCW
Üç fazlı düzeltilmiş uyarıtımında	2-1, 3-4	b	CCW
	3-4, 5-6	d	CCW
	5-6, 2-1	f	CCW

Şekil 1.18: Üç fazlı adım motor sargıları ve çalışma modları

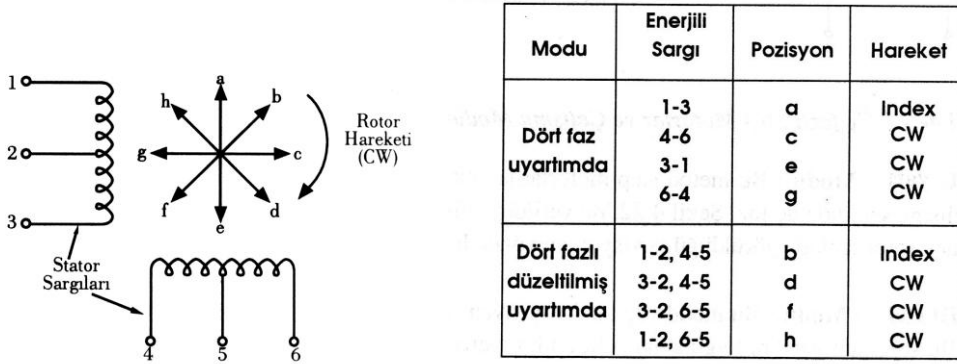
Üç fazlı adım motorlar bağımsız üç sargıdan meydana gelir. Üç fazlı motorun, uyarıtım ve düzeltme modunda saat ibresinin tersi yönünde 60° adımlarla hareket etmesi için Şekil 1.18'de verilen tabloda belirtilen sargılara sırayla gerilim uygulanmalıdır.

a) **Üç faz uyarıtım modu:** Bu metot adım motorlarda çok kullanılan bir sistemdir. Bu çalışma şeklinde üç faz, Şekil 1.18'de verildiği gibi sırayla polarılır. Bunun sonucu rotor tabloda görüldüğü pozisyon ve yönde hareket eder.

b) Üç faz düzeltme modu: Bu modda üç fazdan yan yana olan ikisi aynı anda polarılır. Bu sargılara gerilim uygulanır. Adım adım gerçekleşen dönme pozisyonu ve yönü aynı tabloda gösterilmiştir (Şekil 1.18).

1.3.4.3. Dört Fazlı Motorların Çalışma Şekilleri

Dört fazlı motorlar bağımsız dört sargıdan meydana gelir. Ancak daha önceden açıklandığı gibi müşterek uçlu iki sargıya sahip iki fazlı motor, dört fazlı motor gibi çalıştırılabilir. Bu şekilde dört fazlı bir motor gibi çalıştırılan adım motor Şekil 1. 19'da verilmiştir. Dört fazlı motorun, uyarım ve düzeltme modunda saat ibresi yönünde 90° adımlarla hareket etmesi için Şekil 1. 19'da verilen tabloda belirtilen sargılara sırayla gerilim uygulanmalıdır.

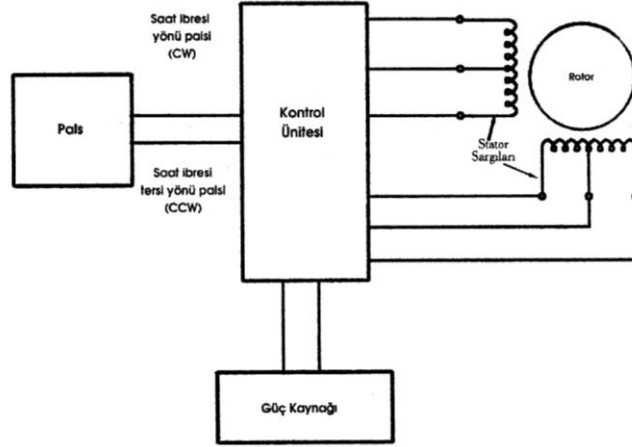


Şekil 1.19: Dört fazlı adım motor sargıları ve çalışma modları

1.4. Adım Motor Sürücü Devreleri Yapısı ve Çalışması

Adım motorları istenilen yönde ve hızda çalıştırmak istendiğinde sargılarına belli bir sırada darbeler uygulanmalıdır. Adım motorun kaç adım atacağı uygulanan darbelerle bağlıdır. Fazlara uygulanacak darbeler (palsler-gerilimler) basit olarak bir anahtarlama sistemi ile yapılabilir. Bu işlemi yapan devrelere sürücü devresi veya kontrolör denir. Günümüzde elektronik devreler ile bu işlem çok kolay bir şekilde yapılmaktadır. Adım motorların ve kullanılacak yerin özelliğine göre hazırlanmış mikroişlemci kontrollü sürücü kartları mevcuttur. Bu kartlar sayesinde adım motorların istenilen hızda ve istenilen hassasiyette çalıştırmak mümkündür.

Bir adım motor sürücü devresinin blok diyagramı Şekil 1. 20'de verilmiştir.



Şekil 1.20: Adım motor sürücü devresinin blok diyagramı

Adım motorların sürülebilmesi için 2 temel noktaya dikkat etmek gerekmektedir. Bunlardan birincisi motorun bağlanacağı sürücü devresinin olmasıdır. İkincisi ise bu sürücü devresi yardımıyla motorun doğru sargılarına gerekli tetiklemeleri gönderebilmektir.

Sürücü devresini hazır alabileceğimiz gibi amatör uygulamalar için ileriki konularda anlatılan devreler gibi bir devreyi de kendimiz yapabiliriz. Sürücüyü tetiklemek için elektromekanik anahtarlar kullanabileceğimiz gibi bilgisayarın seri veya paralel portunu uygun bir yazılımla kullanabiliriz. Ayrıca günümüzde sanayide kullanılan adım motorlar için mikroişlemci kontrollü sürücüler ve bu işler için özel olarak tasarlanmış PLC'leride bulunmaktadır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların doğru cevaplarını işaretleyiniz.

1. Bir motora elektrik darbeleri uygulayınca mekanik bir hareket (yani dönme) yapılabiliyorsa bu tip motorlara ne denir?
A) Adım motor B) Servo motor
C) Mekanik motor D) Üniversal motor
2. Sabit mıknatıslı iki fazlı adım motorlarda Faz 1 ve Faz 2'ye uygulanacak gerilimini değiştirmenin en kolay yolu sargı kullanmaktır.
A) Üç adet B) Disk tipi
C) Merkez uçlu D) Primer ve sekonder
3. Rotoru ince ve mıknatıslı seyrek olacak şekilde yapılan adım motorlara motor denir.
A) Disk tipi sabit mıknatıslı adım B) İki fazlı
C) Değişken relüktanslı D) Hidrolik tipi
4. Sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı adım motorların birleştirilerek geliştirilmiş şekli adım motordur.
A) Değişken relüktanslı B) Hybrid
C) Hidrolik D) Lineer
5. Lineer Adım Motorlar hangi 2 parçadan oluşur?
A) Fırça-Rotor B) Hareketli Armatör-Demir Nüve
C) Stater-Endüvi D) Disk-nüve
6. Aşağıdakilerden hangisi Adım Motorların özelliklerinden **değildir?**
A) Hata yalnız adım hatasıdır B) Kullanım ömrü uzundur
C) Motor bakımı kolaydır D) Tasarım maliyeti fazladır
7. Aşağıdakilerden hangisi adım motorun kullanıldığı yerlerden **değildir?**
A) Aspiratörler B) Tıbbi cihazlarda
C) Taksimetreler D) Teyp sürücüleri
8. Adım motoru hareket ettirmek için kullanılan devreye ne denir?
A) Zamanlayıcı B) Sürücü
C) Şaft D) Stator
9. Aşağıdakilerden hangisi adım motoru hareket ettirme yöntemlerinden **değildir.?**
A) Tam adım B) Yarım adım
C) Mikro adım D) tarama

10. Adım motorun sargılarına uygulanacak gerilimin yönüne göre rotorun hareketi saat ibresi yönünde (.....) veya saat ibresi tersi yönünde (.....) gerçekleştirilebilir.

A) cw-vw

B) ccw-cw

C) cw-ccw

D) wc-wcc

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında adım motor sürücü devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır:

- Adım motor sürücü devreleri hakkında bir araştırma yaparak hazırladığınız raporu sınıfta sununuz.
- Baskı devre çıkarma yöntemleri hakkında araştırma yaparak hazırladığınız raporu sınıfta sununuz.

2. ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ YAPIMI

2.1. Adım Motor Sürücü Devreleri ve Yapıları

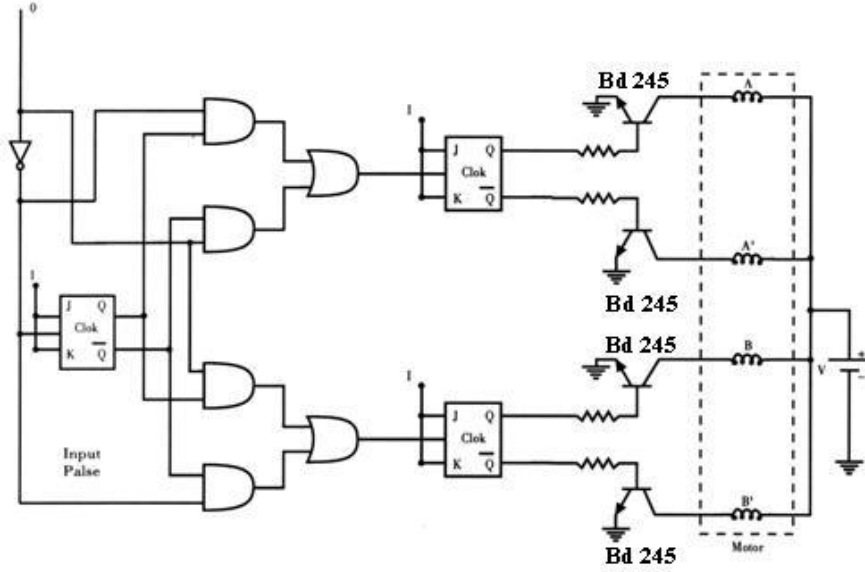
Adım motor sürücü devreleri genel olarak 3 temel ilke üzerine yapılır. Bu temel sürücü mantıkları adım motorları istenilen hız ve torkta çalışmasını sağlar. Bu sürücü mantıklarını kısaca şöyle ifade edebiliriz.

L/R Sürücüsü: Motor öngörülen voltaj ve akım değerlerinde çalıştırılır. Bu durumda motor bobinlerindeki indüktif etkiden dolayı ufak bir hız artışında motor öngörülen akıma ulaşamayacağı için düşük hızlar dışında motor verimli bir şekilde sürülemeyecektir.

L/nR Sürücüsü: Akım artışında geçerli olan zaman sabitini ($t=L/R$) düşürmek için motor bobinlerine seri direnç bağlanarak yapılır. Bu durumda motor öngörülen voltajın n katı değerinde çalıştırılır. Bu sayede motorda belirgin bir hız artışı yaşanır. Ancak bağlanan seri direnç üstünden yüksek akım geçeceği için bu devrelerde gereksiz güç tüketimi yaşanır.

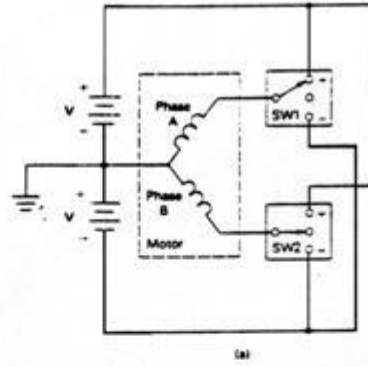
Chopper Sürücüsü: Motor öngörülen voltaj değerinden 5-20 kat fazla bir voltajla beslenir. Akımın yükselme hızı diğer sürücülere göre oldukça çabuktur. Ancak yükselen akım belirli bir değerde sınırlanmazsa motor gereğinden fazla akım çekeceği için yanacaktır. Akım sınırlama mekanizması chopper sürücüsünün temelini oluşturur. Motor bobinine seri bağlı küçük bir sense direnci üzerindeki voltaj bir komparatör ile karşılaştırılarak, bobine giden akım ayarlanır. Sürücü PWM (Pulse Width Modulation) mantığında çalışır. Kaynak zaman içinde açılıp kapandığı için güç tüketimi minimum düzeydedir. Yüksek voltajla beslemeden dolayı yüksek hızlarda tam tork ile çalışılabilir.

Bir adım motor için basit türden bir sürücü devresi, dış resistans olmaksızın ve bir tek güç kaynağı ile gerçekleştirilebilir. Şekil 2.1’de adım motoru sürmek için kullanılabilir bir prensip devre gösterilmiştir. Devre darbe şeklindeki bir işaretlerle sürülmektedir. Devrede; lojik kapılar, flip-floplar ve anahtarlama amaçlı transistörler kullanılmıştır. Stator sargılarının indüktans ve rezistans içermesinden dolayı I_s akımı, sargının L/R zaman sabitiyle ekpotansiyel olarak yükselir.



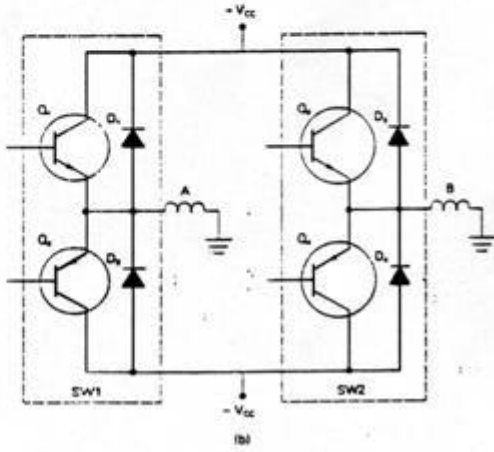
Şekil 2.1: Basit bir adım motor sürücü prensip devresi

Şekil 2.2.a’da görülen motorun full-adım modu esnasında çift uçlu güç kaynağı ile sürülebilir. Bunu sağlamak içinde sw1 ve sw2 gibi iki tane anahtarın olması gerekir. Bahsedilen şekilde A fazının yükseldiğini, B fazının ise başta kaldığını söyleyebiliriz. Bu devrelerin senkronize çalışmalarını sağlayan devre Şekil 2.2 b’de gösterilmiştir. Bu devrede kullanılan diyotlar güç transistörlerini, gerilim taşmalarını, ters polarlanmalara karşı korumak amacıyla kullanılmış hızlı diyotlardır. Bu koruma sistemi olmaz ise anahtarlama esnasında armatürün kollektör-emiter arasına uygulanacak aşırı gerilim sonucu transistör yanabilir.



Q1,Q2,Q3,Q4=Bd 245

D1, D2, D3, D4=IN 4001

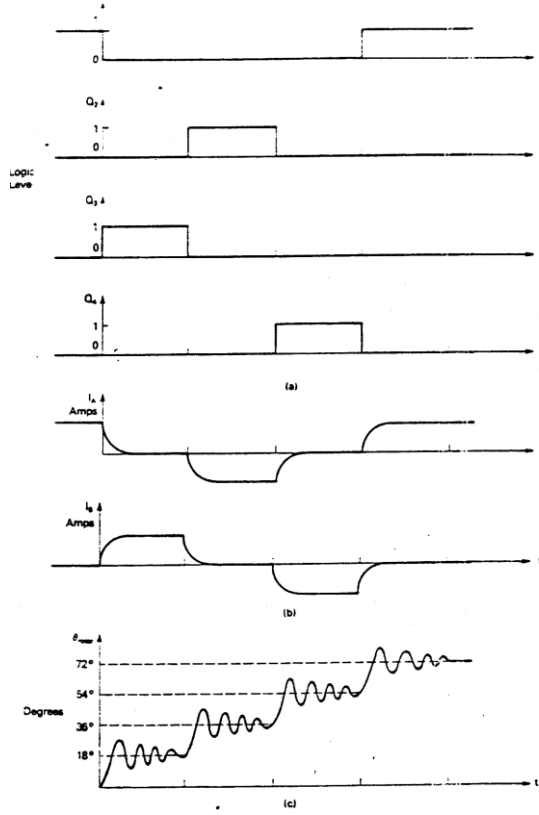


Şekil 2.2: a) İki fazlı adım motorun çift kutbunun anahtarlamalı sürücüsü, b) a'yı gerçekleştiren prensip devre

Şekil 2.2a'da gösterilen motorda her bir adım için 180lik açı olup,20 adım/devir vardır.

Toplam olarak dört rotor devri oluşturmak için transistöre uygulanabilecek lojik seviyeli işaretlerin şekli Şekil 2. 3'te gösterilmiştir. Bu şekilde her bir adımın aldığı lojik işaretlerinin oluşturacağı hızlandırma ya da yavaşlama, oluşacak yük farklılığına rağmen aynıdır.

Genel çalışmalarda, bir yükün hareket miktarının ihtiyacı olduğu adım sayısı mikroişlemciler kullanılarak gerçekleştirilir. 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 anahtarlamamanın olmasıyla, istenen hareketin yapılmasını sağlar. Bu işlemleri açık-çevrim eklem kontrollü şeklinde düşünüp değerlendirme ona göre yapılmalıdır. Daha önceden belirtildiği gibi adım motorun servo motora üstünlüğü açık-çevrim kontrolünde kullanılabilirliğidir.



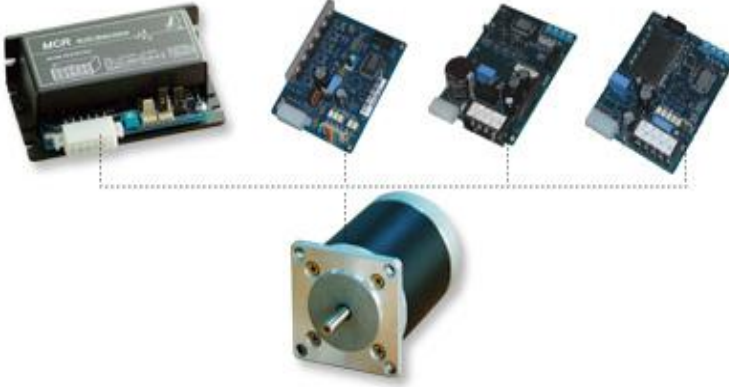
Şekil 2.3: a) Transistörün lojik sinyali b) Motor faz akımı c) Şekil 2.2 a’da olan motorun rotor hareketi

Sürücü devrelerin genel amacının, akımının düzenlenmesi ve sınırlanmasını sağlamak olduğundan bahsetmiştik. Tepki zamanı kısaltılmak istenmesi büyük bir akım değeri getirir ki, bu da istenmeyen bir durumdur. Akımı sınırlamanın en basit yolu kaynağa seri bir dış rezistans yerleştirmektir. 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.

Akım sınırlamanın diğer bir yolu chopper tekniğidir. 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 komplekstir.

Diğer bir metot da dual-voltaj (ikili gerilim) tekniğidir. İsminden de anlaşılacağı gibi iki kaynak kullanılır. Başlangıçta motoru uyarık için yüksek bir gerilim uygulanır. Akım belli bir değere ulaştığında yüksek gerilim anahtarlaması, düşük gerilim anahtarlamasına dönüşür ve bu anda akım mevcut değerini muhafaza eder. Burada verim yüksek olmasına

karşılık, sürücü devre karmaşıktır ve iki güç kaynak gerektirdiğinden maliyet yüksek



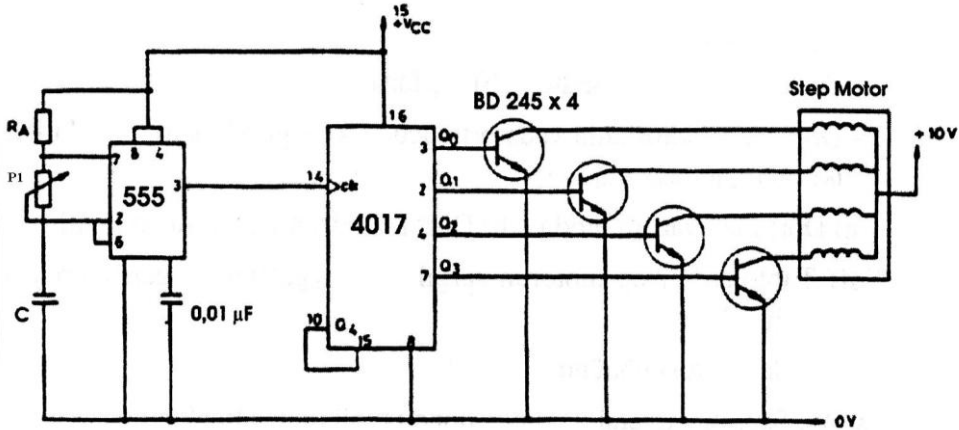
olur.

Resim 2.1: Adım motorlar – sürücüler ve sürücü kartları

2.2. Adım Motor Sürücü Devreleri Çeşitleri

2.2.1. 555 Osilatör Entegresi ve 4017 Sayıcı Entegresi İle Yapılan Sürücü Devresi

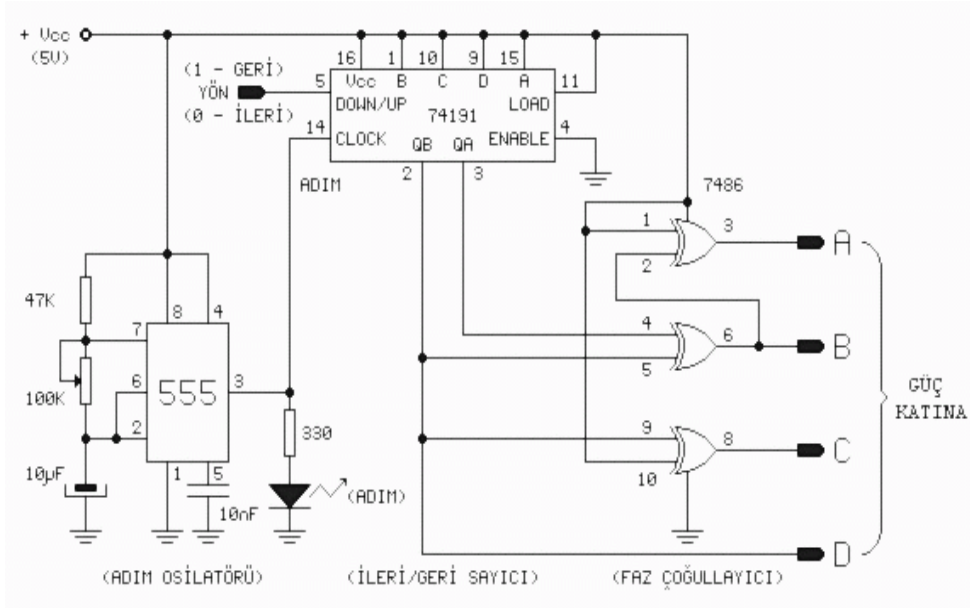
555 ve 4017 sayıcı entegresi kullanarak yapılmış başka bir sürücü devresi de Şekil 2.4'te verilmiştir. Bu devrede 555 osilatör olarak kullanılmıştır. P1 potansiyometresi yardımıyla üretilen sinyalin frekansı değiştirilmekte bu da 4017'nin çıkışlarındaki sayma sürelerini değiştirmektedir. 4017 gelen saat sinyalinin hızına göre çıkışlarını sırasıyla değiştirir. Çıkışlara bağlı olan transistörler ilettime geçerek sargılara enerjiyi vermiş olurlar. Çıkışlar sırasıyla ilettime geçeceği için adım motor saat sinyali geldiği müddetçe dönecektir.



Şekil 2.4: 555 ve 4017'li sürücü devresi

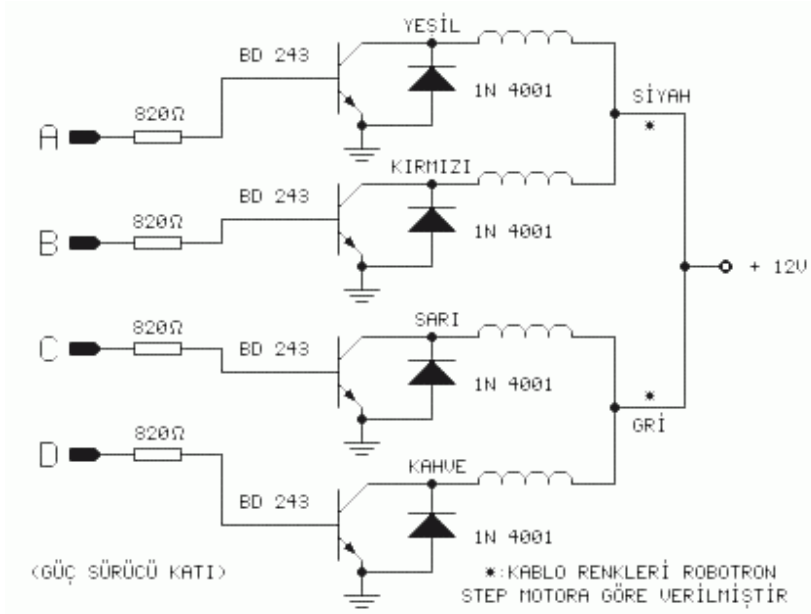
2.2.2. 555 Osilatör 74191 Sayıcı Entegresi ile Yapılan Sürücü Devresi

Şekil 2.5'te; adım osilatörü, sayıcı ve faz çoğullayıcıdan oluşan adım motor kontrol devresi görülmektedir. 555 adım osilatörü adım motor için gerekli olan adım darbelerini üretir. Saat darbesinin frekansı düşük ise motorun dönüşü yavaş, frekans yüksek ise motorun dönüşü hızlıdır. 74191 sayıcısı motorun ileri-geri yönde dönmesini sağlayacak sinyali üretir. 7486 ile yapılan faz çoğullayıcı, sayıcının ürettiği sinyali motorun 4 sargısı için çoğullar. Şekil 2.5'te kontrol devresi çıkışına bağlanan güç sürücü kat görülmektedir. Bu devre, adım motorun sargıları için gerekli olan sinyalin akımını artırır.



QB	QA	A	B	C	D
1	1	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1

İLERİ ↑
↓ GERİ



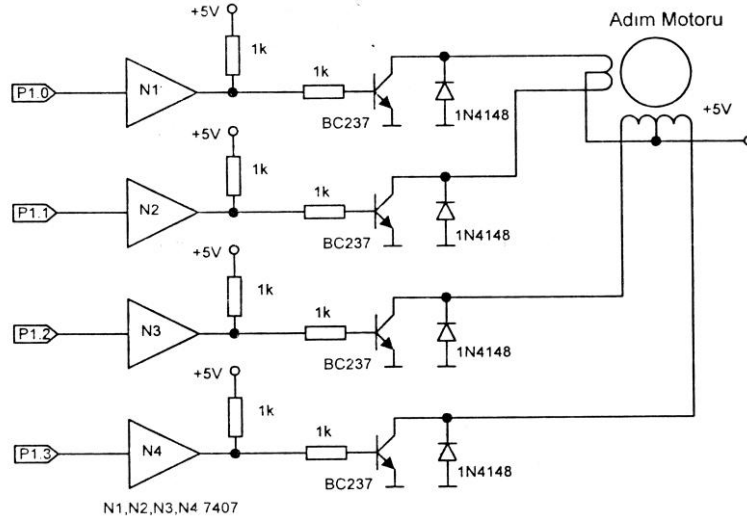
Şekil 2.5: 555 ve 74191 ile yapılan sürücü devresi

2.2.3. 8051 Mikrodenetleyicisi ile Yapılan Sürücü Devresi

Şekil 2. 6'da 8051 mikrodenetleyici ile kontrol edilebilen beş uca sahip bir adım motorun devresi görülmektedir.

Hazırlanacak program ile mikrodenetleyici yardımıyla adım motorunun denetimi yapılabilir. Adım motora gerekli faz işaretleri için 8051'in port uçlarından 4 tanesi kullanılmıştır. Bu şekilde her adımda adım motor sargularından biri aktif edilerek adım motorun istenilen yönde dönmesi sağlanmıştır.

Hazırlanacak bir bilgisayar programı ile kullanıcıdan adım motorun parametreleri istenir. Girilen parametrelere göre PC'nin paralel portundan adım motor için gerekli palsler sürücü devresine uygulanır.



Şekil 2.6: 8051 Arayüz entegresi ile yapılan bilgisayar kontrollü sürücü devresi

2.3. Sürücü Devresi Yapımı (Direkt Sürücüden Belirli Çalışmaları Yaptırma)

Yukarıdaki her iki devrede de adım motorun sargılarının enerjilenmesi için transistörler kullanılmıştır. Ama aşağıdaki devrede Darlington bağlı tümleşik devre kullanılarak (ULN 2003) kolaylık sağlanmıştır.

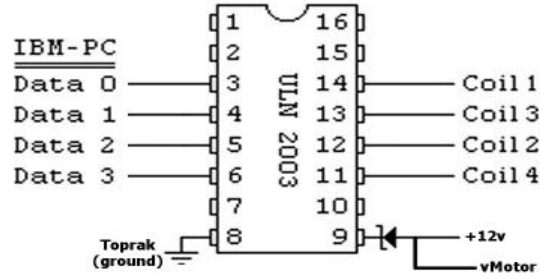
Sürücü devresi olarak kullanılan ULN2003 içerisinde 7 adet NPN transistör ve dahili diyod barındırmaktadır. Hâliyle bizi transistör bacaklarıyla uğraşmaktan kurtarmaktadır. Kullanımı ise oldukça kolaydır. Devre şemasından da anlaşılacağı gibi 9 numaralı bacağına +12 Volt ve 8 numaralı bacağına da toprak (ground) uyguluyoruz. Daha sonra 3 ve 6 numaralı bacaklara da paralel portun DATA pinlerinden gelen +5 Voltluk değerleri uygulayacağız. Bu sayede örneğin 3 numaralı bacağına +5 Volt (lojik voltaj) uyguladığımızda 14 numaralı bacak toprak olacaktır. Aynı şekilde sırayla 4 için 13, 5 için 12, 6 için ise 11 numaralı bacaklar toprak olacaktır.

Herşeyden önce bir adım motora ihtiyacımız var. İşimize en çok yarayacak olan adım motorunu eski 5 ¼ disket sürücülerinden kolayca sökebilirsiniz. Tabi bundan önce parçalayabilecek bir sürücü bulabilmeniz gerekli. Eğer bulamıyorsanız adım motor için sanırım biraz elektronikçi dolaşmanız gerekecektir. Bulacağımız adım motoru 4,5 ya da 6 kablolu olabilir. Bu kablolar avometre ile ölçerek sargıların uçlarını tespit etmeniz gerekmektedir. Uçları tespit etmek için şu yol takip edilmelidir.

Avometrenin X1 kademesinde uçları kendi aralarında ölçeriz. Kendi aralarında devre gösteren uçları ayırırız. Kendi aralarında devre gösteren uçlar aynı fazın uçlarıdır. Adım motor 4 uçlu ise fazlar ayrı ayrıdır. 5 uçlu ise ucun birisi ortak uçtur. Diğerleri faz uçlarıdır. 6 uçlu ise her iki fazın bir ortak ucu vardır. Ortak uç diğer iki uca göre daha az direnç gösteririr (yarısı kadar).

5 kablolu adım motorunun kablolarından bir tanesi vMotor dediğimiz ortak kablodur. Önemli olan bu kablonun hangisi olduğunu bulmaktır. Bunun için yukarıda anlatılan yöntem kullanılır. Biraz deneyerekbulabilirsiniz. Şekilde gözüktüğü gibi, diğer 4 kablo motor sargılarına (coil) gitmektedir. Bu 4 kablonun da bir sırası vardır. Bu sırayı da deneme yanılma yöntemiyle bulmak mümkün olacaktır. Eğer bu kabloları yanlış sırada bağlarsanız, motor dönmek yerine sadece titreme yapacaktır. Yukarıda da bahsettiğim gibi motora adım attırmak için yapmamız gereken, vMotor kablosuna +12 Volt verirken, diğer sargılara bağlı kablolara belli bir sıra ile toprak göndermektir.

2.3.1. Devrenin Bağlantı Şeması

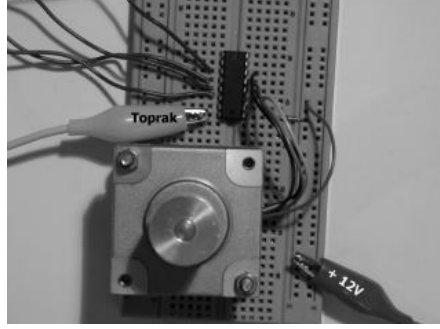


Şekil 2.7: ULN 2003 entegresi bağlantı şekli

2.3.2. Malzeme Listesi

- ULN 2003
- Adım motor
- Board
- Kablo
- Güç kaynağı

2.3.3. Devrenin Kurulumu ve Çalışması



Resim 2.2: Devrenin bağlantı şekli

Yukarıda bahsedilen bu 4 kabloya toprak sinyalini göndermek için entegrenin 3,4,5 ve 6. bacaklarına sıra ile +5 Volt göndermemiz gerekiyor.

Bu devrede kullanılan adım motoru 1.8 dereceliktir. Bu, motora attıracağınız her normal adımda 1.8 derecelik bir dönme elde edeceğiniz demek oluyor. Bu da motorun bir tur atması için 200 normal adım atması gerektiği anlamına geliyor. Motorun vMotor dışında kalan diğer 4 kablosuna göndereceğiniz sinyallere göre bu adımın yönünü ve açısını değiştirmeniz mümkün olacaktır. En basitinden motora ters adım attırmak için, sinyalleri D3'ten D0 a doğru göndermeniz yeterli olacaktır. Çok hassas çalışmadığımızı ve motorumuzun 2 derece olduğunu ve 45 derecelik bir dönme gerçekleştirmek istediğimizi düşünelim. Bunun için yukarıda anlatılan normal adım sinyalleri yeterli olmayacaktır. Bu durumda motoru 1'er derecelik açılarla döndürebilmemiz gerekmektedir. Yarım adım attırma metodu ile bu işi kolayca yapmamız mümkündür. Bir diğer metod ise dalga sürümü sinyalleridir. Hassas hareketler üzerinde çalışmayacaksanız dalga sinyallerini kullanabilirsiniz. Aşağıdaki tablolarda tam adım, yarım adım ve dalga sürümü için uçlara göndermeniz gereken sinyal çeşitlerini göndermeniz gereken değerleri yazmaktadır. Değerlerin ikilik sistemdeki karşılıkları D3-D0 sütunlarını soldan sağa doğru okuduğumuzdaki değerlerine eşit olduğuna dikkat ediniz. Eğer ters yönde dönüş elde etmek istiyorsanız, sinyalleri ters yönde (tablodaki satırları aşağıdan yukarıya doğru okuyarak) gönderebilirsiniz.

Yarım Adım Metodu				
Değer	D3	D2	D1	D0
9	1	0	0	1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
6	0	1	1	0
4	0	1	0	0
2	0	0	1	0
12	1	1	0	0
8	1	0	0	0

Tam Adım Metodu				
Değer	D3	D2	D1	D0
9	1	0	0	1
3	0	0	1	1
6	0	1	1	0
12	1	1	0	0

Dalga sürümü Adım Metodu				
Değer	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
4	0	1	0	0
8	1	0	0	0

Tablo 2.1: Adım motorun değişik metodlarda sürülmesi için kullanılan tablolar

Bir diğer durumda adım motorun referans noktasını nasıl bulacağıdır. Yani motorun durduğu en son pozisyonun ne olduğunu nerden bileceğiz? Döndürme işlemine başladığımız noktayı biliyorsak bu çok fazla sorun olmayacaktır. Fakat motoru daha döndürmeye başlamadan, elimizle biraz çevirdiğimizi düşünelim. Bu durumda başlangıç noktası kayacak ve motoru istediğimiz pozisyona getiremeyeceğiz. Disket sürücülerde kullanılan yöntem oldukça ilkel ama geçerli bir yöntemdir. Disket sürücü bir şekilde diski okuyan kafanın nerede olduğunu bilmek zorundadır. Bunun için motoru bir yönde sürekli döndürerek, kafanın en başa dayanmasını sağlar. Bu gelinen noktaya referans noktası denir. Bu sebeple bazı adım motorların kendi etrafında sürekli olarak dönmesini engelleyecek bir tırnak vardır. Motoru referans noktasına dayamak için bu tırnaktan yararlanılır. Biz şimdilik hassas hareket yaptırmayacağımızdan varsa bu tırnağı sökebilirsiniz.

2.4. PLC ile Adım Motorun Sürülmesi İçin Gerekli Kart Yapımı

L297 adım motor kontrol entegresidir, Girişine uygulanan adım ve dir sinyalleri ile çıkışında adım motor faz sinyallerini üretmektedir. Entegre full-adım, half-adım ve wave-drive modlarında çalışabilmektedir.

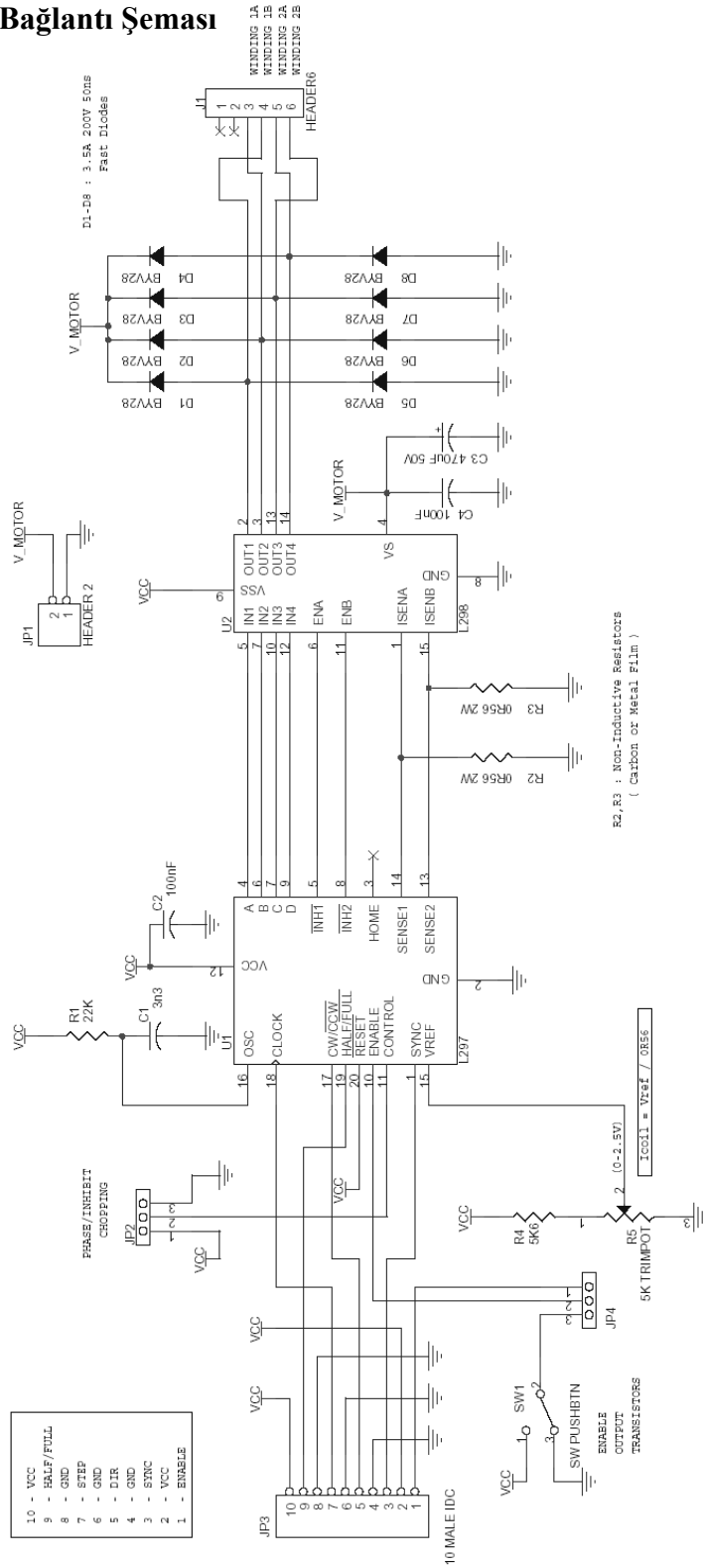
L298 H-bridge sürücü entegresidir. Bipolar adım motorların sürülmesi için tasarlanmıştır. Max 2A/phase akım verebilir. Girişine uygulanan faz sinyallerini çıkışa yükseltip vermektedir.

ST firmasının sunduğu "application note" lar incelendikten sonra L297 ve L298 entegreleri birlikte kullanılarak adım motor sürücüleri yapılmıştır.

Sürücülerin özellikleri şunlardır:

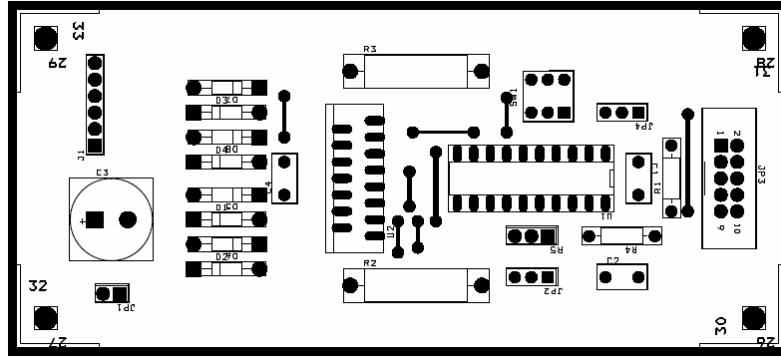
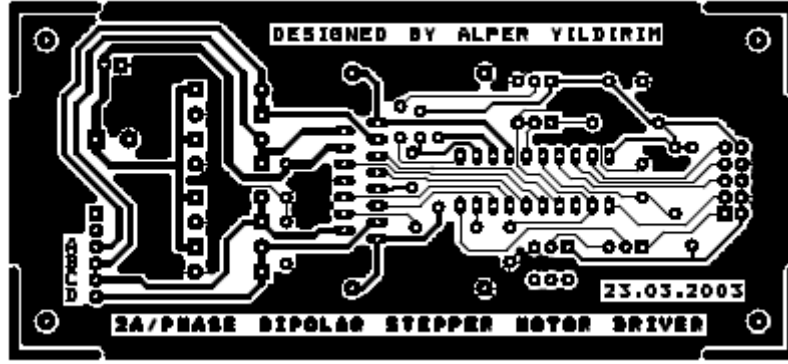
- Adım ve dir sinyalleriyle çalışma
- Max 45V motor voltajı
- Max 2A faz akımı
- Full-adım, Half-adım ve Wave-drive modlarında çalışabilme
- Ayarlanabilir faz akımı

2.4.1. Devrenin Bağlantı Şeması



R2,R3 : Non-Inductive Resistors
(Carbon or Metal Film)

2.4.2. Devrenin Baskı Devre Şeması

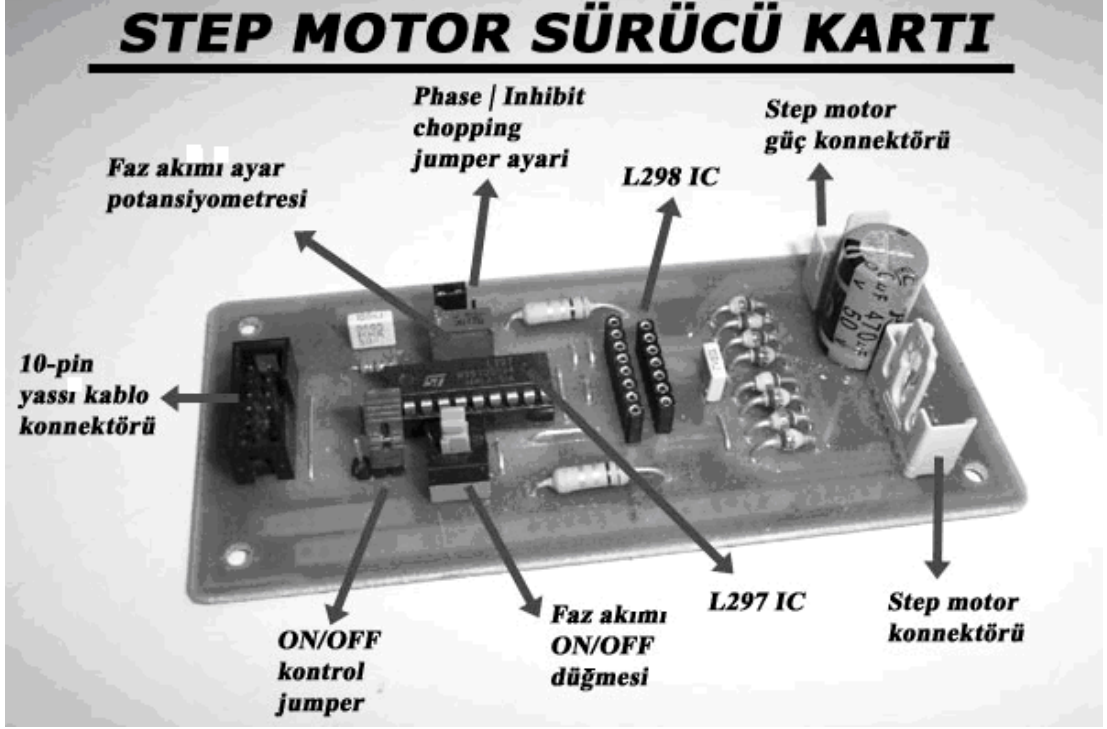


Şekil 2.9: Sürücü devresinin baskı devre ve eleman yüzü görünüşü

2.4.3. Malzeme Listesi

C1	3n3
C4, C2	100Nf
C3	470 μ F 50V
D1...8	470 μ 50V
JP1	HEADER 2
JP2, JP4	JUMPER3lü
JP3	10 MALE IDC
J1	HEADER6
R1	22K
R2, R3	OR56 2W
R4	5K6
R5	5K TRIMPOT
SW1	SW PUSHBIN
U1	L297
U2	L298

2.4.4. Devrenin Kurulumu ve Çalışması



Resim 2.3: Sürücü kartı

UYGULAMA FAALİYETİ

- ULN 2003 entegresi kullanarak adım motoru hareket ettirme çalışması

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Eski yazıcılardan sökeceğiniz adım motorun uçlarını tespit ediniz.➤ ULN 2003 entegresini (Şekil 2.7) board üzerine Resim 2.1'deki gibi yerleştiriniz.➤ Motorun kablolarını ve besleme kablolarını takınız.➤ Entegre girişlerine Tablo 2.1'deki sıra ile sinyalleri uygulayınız.➤ Motorun dönüş yönüne göre sinyalleri tersten uygulayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Adım motorları sökerken zarar vermemeye dikkat ediniz.➤ Entegreyi takarken ayaklarına zarar vermemeye dikkat ediniz.➤ Besleme kablolarını takarken yönlerine dikkat ediniz.

- Adım motorun çalıştırılabilmesi için sürücü devre yapımı

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ L297, L298 entegresi ile yapılan sürücü devresinin baskı devresinin baskı devre çıkarma yöntemlerinden biri ile plaket üzerine geçiriniz. (Şekil 2.9)➤ Baskı devre kartını eriyik içerisine atarak eritiniz.➤ Kartı delerek montajını yapınız.➤ Adım motorun uçlarını tespit ederek kart üzerine takınız.➤ Sürücünün besleme girişlerini bağlayarak kartı çalışır duruma getiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Devreyi plakete geçirirken yönüne dikkat ediniz.➤ Eriyiği kullanırken cildinize temas etmemesine dikkat ediniz.➤ Adım motorun orta ucu kullanılmayacağından dış uçları doğru tespit etmelisiniz.➤ Kart üzerindeki enable (yetki) butonunu kontrol ediniz.➤ Karta enerji verdiğinde entegrelerin ısınıp ısınmadığını elle kontrol ediniz.➤

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi adım motor sürücülerinde kullanılan yöntemlerden değildir.
A) L/R sürücü B) L/nR sürücü
C) Cooper sürücü D) Pals sürücü
2. Bir adım motorun hareketini sağlayan sürücü devresinde hızı hangisi kontrol eder?
A) Güç kaynağı B) Pals devresi
C) Çıkış katı D) Sargılar
3. Örnek olarak verilen sürücü devrelerinde 555 entegresinin görevi nedir?
A) Hız sinyali üretme B) Yön sinyali üretmek
C) Güç üretmek D) Geri besleme yapmak
4. Bir adım motoru hangi yöntemle daha hassas çalıştırabiliriz?
A) Tam adım sürme B) Dalga sürme
C) Yarım adım sürme D) Hızlı sürme
5. Aşağıdakilerden hangisi cooper tekniğinin özellikleridir?
A) Düşük voltajla beslenir. B) Pwm mantığıyla çalışır.
C) Maliyeti düşüktür. D) Hız normaldir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında adım motorların PLC ile kontrolünü çalışma tekniğine uygun olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır,

- PLC lerin yapısını ve çalışma prensiplerini araştırınız
- Daha önce gördüğünüz PLC modülündeki komutları tekrar ediniz.
- İnternette, sadece adım motor sürmek için tasarlanmış PLC'leri araştırınız ve hazırlayacağınız raporu sınıfta arkadaşlarınıza sununuz.

3. ADIM MOTORLARIN PLC İLE DENETİMİ

Adım motorlar sargılarına belli bir sıra dâhilinde uygulanacak darbelerle çalışan motorlardır. Bu darbeleri uygulamak için PLC'nin çıkışlarını kullanacağız. PLC'nin çıkışı röleli olması adım motorların sürülmesi için uygun olmayabilir. Çünkü kontaklar sargılara enerji vermek için açılıp kapanacaktır. Bu işlemin 200 adımlık bir adım motorun bir tur atması için açılıp kapanma sayısını düşünürsek bu kontaklar için pek sağlıklı değildir, ama deneysel amaçlı olarak kontakları kullanarak adım motorun kontrolü aşağıda anlatılacaktır.

Adım motorların denetimini yapan bu işler için özel tasarlanmış PLC'ler ve sürücü devreleri mevcuttur. Bunları programlamak ve kullanmak daha pratik ve kolaydır.

PLC'lerin genel kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Sıra Denetimi: PLC'leri en büyük ve en çok kullanılan ve "sıralılık" özelliğiyle röleli sistemlere en yakın olan uygulamasıdır. Uygulama açısından, bağımsız makinelerde ya da makine hatlarında, konveyör ve paketleme makinelerinde ve hatta modern asansör denetim sistemlerinde bile kullanılmaktadır.

Hareket Denetimi: Doğrusal ve döner hareket denetim sistemlerinin PLC'de tümleştirilmesidir. Örneğin, metal kesme, montaj makineleri, metal şekillendirmede denetim sağlanabilir. Yine kauçuk ve kumaş tekstil sistemleri de örnek verilebilir.

Süreç Denetimi: Bu uygulama PLC'nin sıcaklık, basınç, hız ve debi gibi birkaç fiziksel parametreyi denetleme yeteneği ile ilgilidir. Örnek olarak, plastik enjeksiyon kalıp makineleri, ısı uygulama ocağı verilebilir.

Veri Dönetimi: Yeni PLC'lerin genişletilmiş bellek kapasiteleriyle sistem, denetlediği makineyi veya süreç hakkında veri toplayan bir veri yoğunlaştırıcı olarak kullanılabilir. Sonra bu veri, denetleyicinin belleğindeki referans veri ile karşılaştırılır ya da inceleme ve rapor alımı için başka bir aygıtta aktarılabilir. Bu uygulama; büyük malzeme işleme sistemlerinde, insansız esnek üretim hücrelerinde ve kâğıt, birincil metaller ve yiyecek işleme işi yapan birçok endüstride kullanılmaktadır.

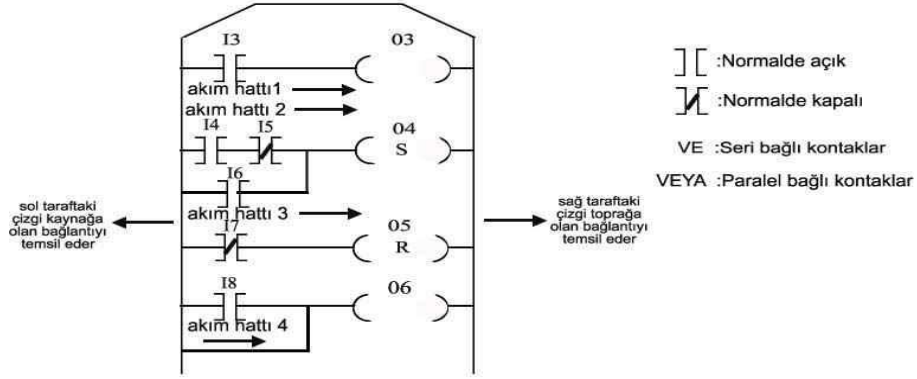
3.1. Adım Motor Denetimi için PLC Program Komutları ve Teknikleri

PLC'lerde kullanılan komutların listesi Tablo 3.1'de verilmiştir. Bu tabloda değişik PLC'lere ait komutlar verilmiştir.

Ladder Sembolü	Komut	Hitachi	Omron	Mitsubishi	Texas Inst.	Simatic S7	IEEC	AE G	FESTO
	Load F	Ld F	Ld F	Ld F	Str F	A F	Lod F	UF	Flag Ise;
	Load not	Ld1	Ld Not	Ld1	Str Not	An N	Lod Not		Ld Flag F Ld In F Ld Not Flag (Ld Not In)
		Ld X1 And X2	Ld X1 And X2	Ld X1 And X2	Str X1 And X2	A X1 A X2	Lod X1 And X2	U x1 U x2	Ld In X1 And In X2
		Ld X1 An X2	Ld X1 And not x2	Ld X1 An X2	Str X1 And not x2	A X1 An X2	Lod X1 Or X2	U x1 O x2	Ld In X1 And Not In X2
		Ld X1 Or X2	Ld X1 Or X2	Ld X1 Or X2	Str X1 Or X2	A X1 O X2	Lod X1 Or X2	U x1 O x2	Ld In X1 Or X2
		Ld X1 Or1 X2	Ld X1 Ori X2	Ld X1 Ori X2	Str X1 Or not X2	A X1 On X2	Lod X1 Or not X2	U x1 On x2	Ld In X1 Or not X2
		Ld X1 Out X2	Ld X1 Out X2	Ld X1 Out X2	Str X1 Out X2	A X1 = X2	Lod X1 Out X2	U x1 = x2	Ld In X1 = Out X2
		Ld X1 Set X2	Ld X1 Set X2	Ld X1 S X2	Str X1	A X1 S X2	Lod X1 Set X2	U x1 Ş1 x2	Ld In X1 Se Flag X2 Ş1 Ş1 x1 x2

Tablo 3.1: PLC komutları

PLC'lerde kullanılan kontak sistemleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1: PLC'lerde kontak sistemleri

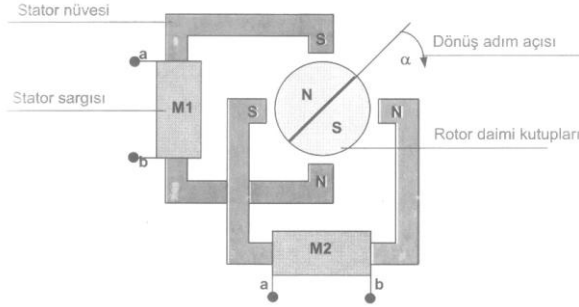
PLC'ler hakkında bu kadar bilgi verdikten sonra adım motorların nasıl sürüleceğine geçelim.

Adım motorları da diğer motorlarda olduğu gibi bir rotor ve bunu çevreleyen statordan oluşur. Rotor kutupları üzerindeki daimi manyetik mıknatısları ile oluşurken, Statorda kutup sargıları vardır.

Adım motorunun statorunda bulunan sargılarına, kutup yönleri (+,-) değişen doğru akımla kumanda edilir. Herhangi bir sargıdan akım yönü değişmesiyle, kutup yönü de değişecektir. Bir yönde kutupların arka arkaya değişimi ile bir döner alan oluşur. Motorda oluşan bu döner alanın durumu, verilen darbe-sinyal hızına bağımlı olarak adım adım veya sabit kalan belirli bir hızda dönüşü gerçekleştirir. Adım motor dönüş yönü, akım yönü değişimiyle gerçekleşir.

Adım motoru statorda gerçekleşen bu elektriksel döner alan, aynı zamanda daimi kutuplu rotorda etkileyerek, stator alanı kutuplarına göre rotorda her defasında kendini ayarlayacaktır. Adım motor rotorunda oluşan her bir dönüş hareketi, dönüş adım açısı olarak nitelendirilir.

Adım motorun stator sargı sayısı ve rotor kutup sayısı ne kadar fazla olursa, rotor dönüş adım açısı o kadar düşük olur. Dönüş adım açısı ne kadar fazla olursa, motorun bir tur-devirdeki adım basamak sayısı da o kadar fazla olur.

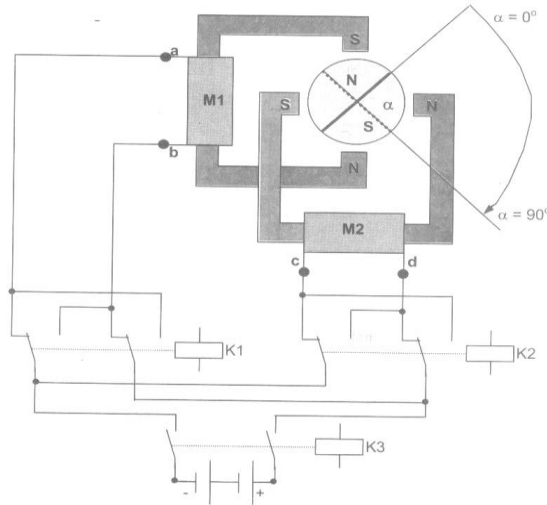


Şekil 3.2: Adım motor ve sargıları

3.2. Adım Motorun PLC Denetimli, Başla-Dur Tekniğine Göre Uygulamaları

Adım motorun adım adım açısal dönüş hareketi stator sargılarına bir program dahilinde kumanda edilmesi ile gerçekleşecektir. Adım motorun şeklinden de anlaşılacağı gibi rotor çift kutuplu, stator 2 fazdan oluştuğunda dönüş adım açısı 90° olur.

PLC ile adım motor kumanda şeması Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3: PLC ile adım motor kumanda devre şeması

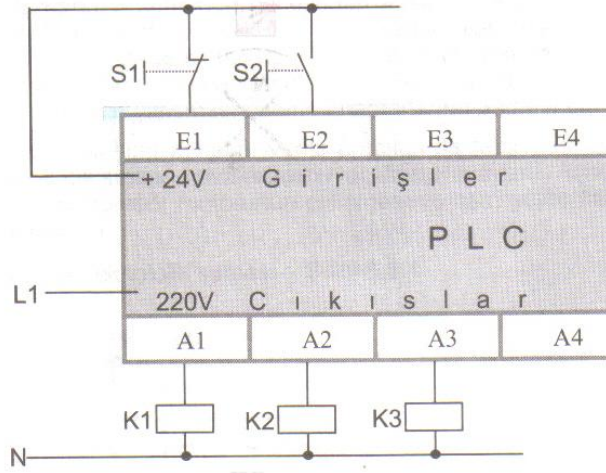
Yukarıdaki kumanda bağlantı şemasında:

- S1 → E1 = Motor durdurma-stop konumu için giriş sinyali
- S2 → E2 = Motoru çalıştırma-start konumu için giriş sinyali
- K1 → A1 = M1 bobini için çıkış sinyali
- K2 → A2 = M2 bobini için çıkış sinyali
- K3 → A3 = adım motorun DC besleme için çıkış sinyali

Adım motorun M1 ve M2 bobinlerine Tablo 3.2'ye göre gerilimler uygulandığı takdirde adım motor 90° hareket edecektir.

Süre	M1		M2		Adım açısı
	a	b	c	d	
T1 10s	-	+	-	+	0
T2 10s	-	+	+	-	90
T3 10s	+	-	+	-	180
T4 10s	+	-	-	+	270
	-	+	-	+	360

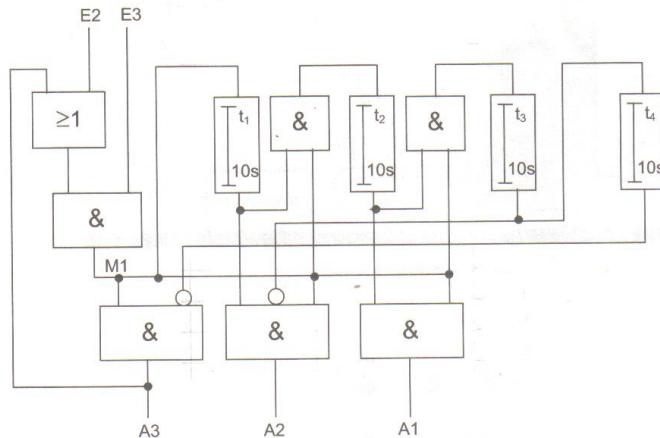
Tablo 3.2: Adım motorun başla-dur tekniğine göre çalışma tablosu



Şekil 3.4: PLC ile adım motor kumanda şeması

PLC Çihazının çıkış katı, motor DC akım değerini karşıladığı takdirde K1, K2 ve K3 anahtar rollerine ve ayrı bir kaynağa da gerek olmayacaktır.

Şekil 3.5'te, PLC programının yazmak için yaralanılacak olan lojik fonksiyon planı verilmiştir.



Şekil 3.5: PLC kumanda fonksiyon tablosu

Şekil 3.5'teki fonksiyon tablosu kullanılarak aşağıdaki PLC programı hazırlanmıştır.

Adres Komut

1.	A	I1 Durdurma Butonu
2.	O	Q3
3.	A	I2 Başlatma Butonu
4.	=	<u>M1 Kaydedici</u>
5.	A	M1
6.	AN	T4
7.	=	<u>Q3 DC Besleme</u>
8.	A	M1
9.	=	<u>T1 0100 Zaman ayarı</u>
10.	A	M1
11.	A	T1
12.	AN	T3
13.	=	<u>Q2 1. Adım adım</u>
14.	A	M1
15.	A	T1
16.	=	<u>Q1 2.Adım adım</u>
17.	A	M1
18.	A	T2
19.	=	<u>T2 0100 Zaman ayarı</u>
20.	A	M1
21.	A	T2
22.	=	<u>T3 0100 Zaman ayarı 3. adım adım</u>
23.	A	T3
24.	=	<u>T4 0100 Zaman ayarı 4. adım</u>
25.	PE	

PLC denetimli, açılı hareket ve seri hareket çalışma tekniğine göre işlemlerde çalışma tablosundaki bobinlere verilen enerjiler değiştirilir.

Adım motoru sürmek için tasarlanmış özel PLC'ler mevcuttur. Bunlar adım motor sürücülerinin özelliklerine göre tasarlanmıştır. Resim 3.1'de böyle bir PLC'nin görünüşü ve adım motorun bağlantı şeması verilmiştir. Bu PLC'ler adım motor sürmek için tasarlandığı için piyasada daha çok bunlar kullanılmaktadır.



Resim 3.1: Adım motor sürmek için tasarlanmış örnek bir PLC

Resim 3.1'deki PLC'yi kontrol etmek için aşağıdaki kısa bilgiler yeterlidir.

1. Menü tuşu ile F1-F4 tuşlarının fonksiyonları ekranda gözükür.

F1- Kayıt girişi altında.

F1- Klavye Kayıt Girişi.

F2- Manuel Kayıt Arar.

F1 KLAVYE KAYIT GİRİŞ=

Yeni kayıt başlamak için koordinat girişine 1 girilir.

Eski kayıt üzerinde değişiklik yapmak için değişiklik yapılacak koordinat girilir.

O koordinata ait X ve Y değerleri mm olarak girilir.

Kayıt işlemine devam için ENTER çıkmak için ESC sonlandırmak için Q tuşuna basılır.

MANUEL KAYIT AYAR=

Başlama koordinatları girilir. Motorlar home pozisyonuna gittikten sonra.

F1 tuşu X motorunu hareket ettirir.

F2 tuşu Y motorunu hareket ettirir.

Aşağı/Yukarı tuşları ile istenen noktaya götürülür. ENTER tuşu kaydederek bir sonraki koordinat için işleme başlar.

ESC ile kayıt işleminden çıkılır.

Q ile kayıt işlemi sonlandırılır.

ANA MENÜDEN=

F2 = Listeleme.

Kayıt No, ait koordinatları listeler Aşağı/Yukarı tuşları ile önceki ve sonraki sayfaya geçilebilir.

ANA MENÜDEN=

F3= Ayarlar şifre ile girilir.

(şifre = 7356).

F1 = Başlama Hızı.

F2 = Maximum Hız.

F3 = Rampa.

F4 = Adım/mm.

Bilgileri seçilerek girilir. Girmeden çıkmak için " ESC" girilen değeri kaydetmek için "ENTER" tuşuna basılır.

OUTPUT ÇIKIŞ- INPUT GİRİŞ

0-adım-X 0-sw-X

1-yön-X 1-sw-Y

2-yön-Y 3-devam

3-adım-Y 6-start

4-röle 7-stop.

ÖNEMLİ: F1 basarak manuel veya klavye ile gidilecek koordinatları ayarlayınız.

2.ci önemli kısım yapılan kayıtları çalıştırmak için başla butonuna basınız ve her iki sivice değince devam butonuna basınız yazılan tüm koordinatlara gitmesi için işlemin sonunda role durduracaktır. Yapmanız gereken devam butonuna basmak olacaktır. Bütün işlemleri yaptıktan sonra home siviçlere geri dönecektir.

Darbe Çıkışı:

CPU 222 ile, Q0.0 ve Q0.1 çıkışlarını yüksek hızlı darbe dizisi çıkışı (Pulse Train Output, kısaca PTO) olarak ya da darbe genişliği modülasyonu (PWM) kontrol amacıyla kullanabilirsiniz. Bunun için CPU' nun transistör çıkışlı olması şarttır.

PTO fonksiyonu, belirli bir darbe sayısı ve çevrim süresi için kare dalga (% 50 kapalı, %50 açık) oluşturur. Darbe sayısı 1 ile 4.294.967.295 arasında tanımlanabilmektedir. Çevrim süresi ya mikrosaniye (250 ile 65535) ya da milisaniye (2 ile 65535) cinsinden girilebilir. 2' den küçük girilen çevrim zaman değeri, 2 olarak varsayılır.

Darbe genişliği zamanı 0 ile 65535 mikrosaniye ya da 0 ile 65535 milisaniye arasında ayarlanabilir. Darbe genişliği, çevrim zamanına eşitse % 100'lük (yani sürekli açık), sıfıra eşitse %0'lık (yani sürekli kapalı) bir darbe çıkışı söz konusudur.

PTO ve PWM fonksiyonlarında açmadan kapamaya ve kapamadan açmaya olan gecikme birbirinin aynı değildir. Bu da bir miktar distorsiyona sebep olur. Bundan dolayı, bağlı olan minimum yükün anma yükünün %10'undan küçük olmaması gerekir.

Açıklama

Q0.0	Q0.1	Durum Bitleri	
SM66.6		SM76.6	PTO zincirlemesi taşıma; 0- Taşıma yok 1- Taşıma var.
SM66.7		SM76.7	PTO duruyor 0- çalışıyor; 1-duruyor.
		Kontrol Bitleri	
SM67.0		SM77.0	PTO/PWM çevrim zamanını güncelle; 0- güncelleme; 1- güncelle
SM67.1		SM77.1	PWM darbe genişlik zamanını güncelle; 0- güncelleme; 1- güncelle
SM67.2		SM77.2	PTO darbe sayısını güncelle; 0-güncelleme 1- güncelle
SM67.3		SM77.3	PTO/PWM zaman tabanı seçimi;0-1 mikrosaniye; 1-1 milisaniye
SM67.4		SM77.4	PWM güncelleme metodu; 0= asenkron 1= senkron
SM67.5		SM77.5	PTO operasyon; 0=tek segment operasyon, 1= iki segment operasyon

SM67.6 SM77.6 PTO/PWM seçimi; 0-PTO'yu seçer 1- PWM' i seçer
SM67.7 SM77.7 PTO/PWM izin verme; 0-PTO/PWM çalışmaz; 1-
PTO/PWM'izin verir.

Diğer PTO/PWM Kaydedicileri

Q0.0 Q0.1

SMW68 SMW78 PTO/PWM çevrim zaman değeri (aralık:2-65535)
SMW70 SMW80 PWM darbe genişlik değeri (aralık: 0-65535)
SMD72 SMD82 PTO darbe sayma değeri (aralık 1-4294967295)
SMB66 SMB176 segment numarası (sadece 2 segment PTO işleminde)

PTO (Pulse Train Output) İşleminin Başlatılması

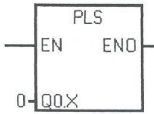
Adım motorunu sürececek darbeler Q0.0 veya Q0.1 çıkış bitini kullanabilir. Her iki durum için de özel bellek alanlarında bazı tanımlamaların yapılması gerekmektedir. Bu bellek alanları şu şekildedir:

SMB67: Adım motorunun saat istikametinde (CW) dönüşü için PLC Q0.0 çıkışından darbe üretir.

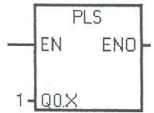
SMB77: Adım motorunun saat istikametinin tersi yönünde (CCW) dönüşü için PLC Q0.1 çıkışından darbe üretir.

PLS: Bu komut, ilgili darbe çıkışı (X) için özel hafıza bitlerini inceler ve bu bitlerle tanımlanan darbe işlemini, başlatır.

Aşağıda **PLS (Pulse)** kutucuğunda Q0.X bölümünde 'x' yerine '0' yazılması durumunda PLC Q0.0 çıkışından, '1' yazılması durumunda Q0.1 çıkışından darbeler üretilir.



Çıkış Darbeleri Q0.0 çıkışından elde edilir (CW).

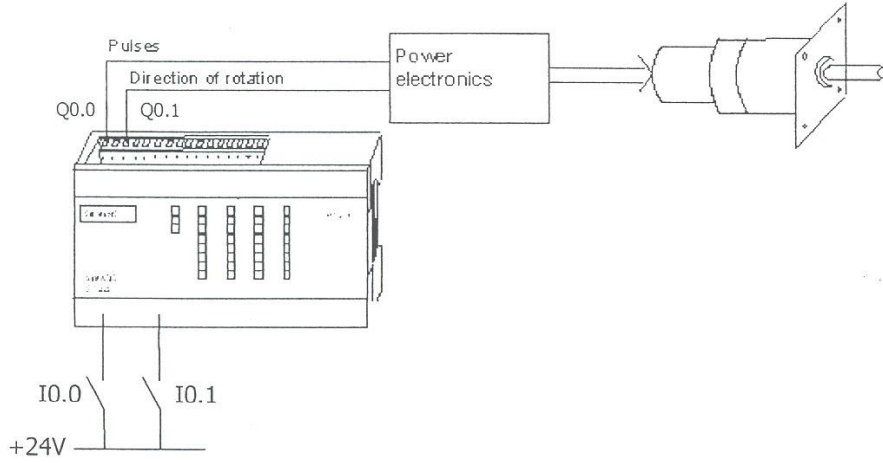


Çıkış Darbeleri Q0.1 çıkışından elde edilir (CCW).

➤ ÖRNEK UYGULAMA

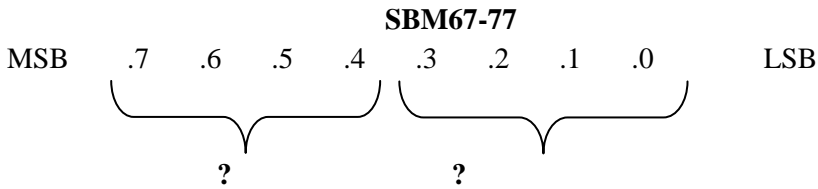
PLC I0.0 Giriş Biti 1 olduğu sürece step motor saat istikameti yönünde (CW), Q0.0 çıkış adresinden çalıştırılmalıdır.

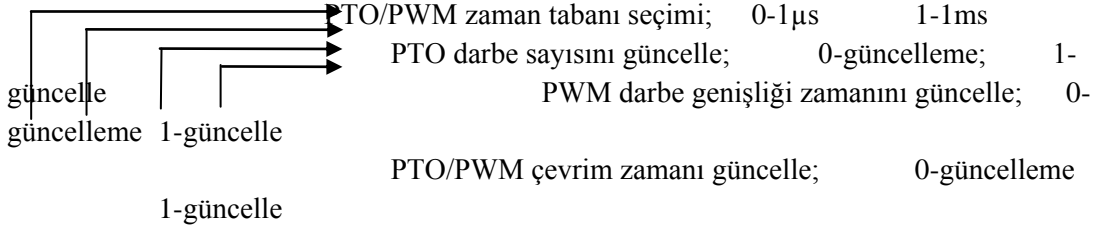
PLC I0.1 Biti 1 olduğu sürece step motor saat istikameti ters yönünde (CCW), Q0.1 çıkış adresinden çalıştırılmalıdır.



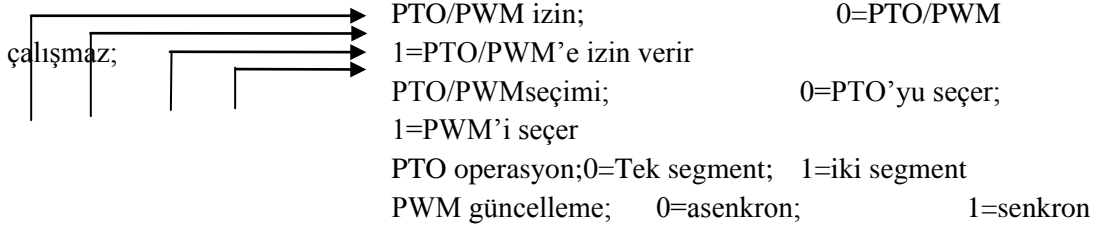
Şekil 3.6: PLC, sürücü ve step motor bağlantısı

SBM67 özel bellek baytı Q0.0 çıkışını kullanarak step motorun sürücüsüne milisaniye veya mikrosaniye zaman tabanında darbe üretir. Ancak, SBM67 ve SBM77 özel kontrol kaydedicilerinde öncelikle onaltılık sayı tabanında bazı düzenlemeler yapılmalıdır.





.3 .2 .1 .0 LSB
SBM67-77



.7 .6 .5 .4 MSB
SMB67-77

SMB67 KAYDEDİCİLERİNİN MSB tarafının tanımlanması:

SM67.7: PTO/PWM izin verme;	1= PTO/PWM'e izin ver	}	8
SM67.6: PTO/PWM seçimi;	0=PTO'yu seç.		
SM67.5: PTO operasyon;	0=Tek segment.		
SM67.4: PWM güncelleme;	0=Asenkron		

SMB67 KAYDEDİCİLERİNİN LSB tarafının tanımlanması:

5	SM67.3: PTO/PWM zaman tabanı seçimi;	0= 1 mikrosaniye	}
	SM67.2: PTO darbe sayısını güncelle;	1=güncelle	
	SM67.1: PWM darbe genişliği zamanını güncelle;	0=güncelleme	
	SM67.0: PTO/PWM çevrim zamanını güncelle;	1=güncelle	

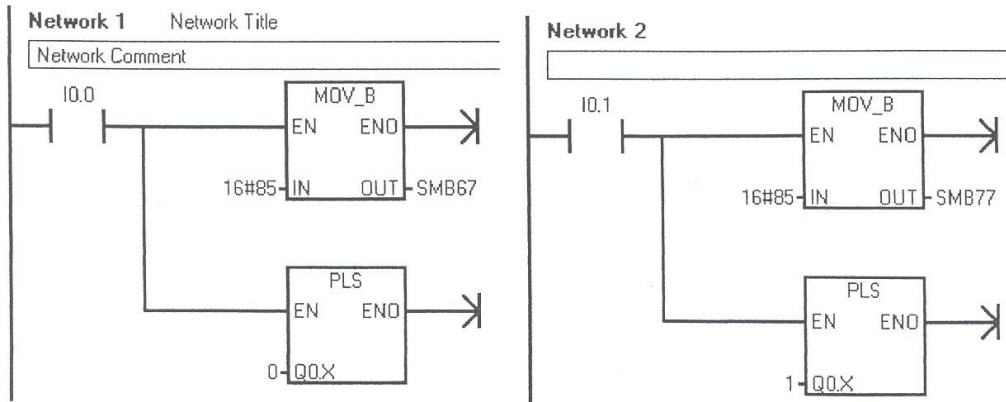
SMB77 özel bellek baytı Q0.1 çıkışını kullanarak step motor sürücüsüne milisaniye veya mikrosaniye zaman tabanında impuls üretir. Bu impulslar step motoru saat istikameti ters yönünde döndürür. Ancak, SMB77'ye özel kontrol kaydedicilerinde önce onaltılık düzende bazı tanımlamalar yapılmalıdır.

SMB77 Kaydedicilerinin MSB tarafının tanımlanması:

SM77.7: PTO/PWM izin verme;	1= PTO/PWM'e izin ver	}	8
SM77.6: PTO/PWM seçimi;	0=PTO' yu seç.		
SM77.5: PTO operasyon;	0=Tek segment.		
SM77.4: PWM güncelleme;	0=Asenkron		

SBM77 Kaydedicilerinin LSB tarafının tanımlanması:

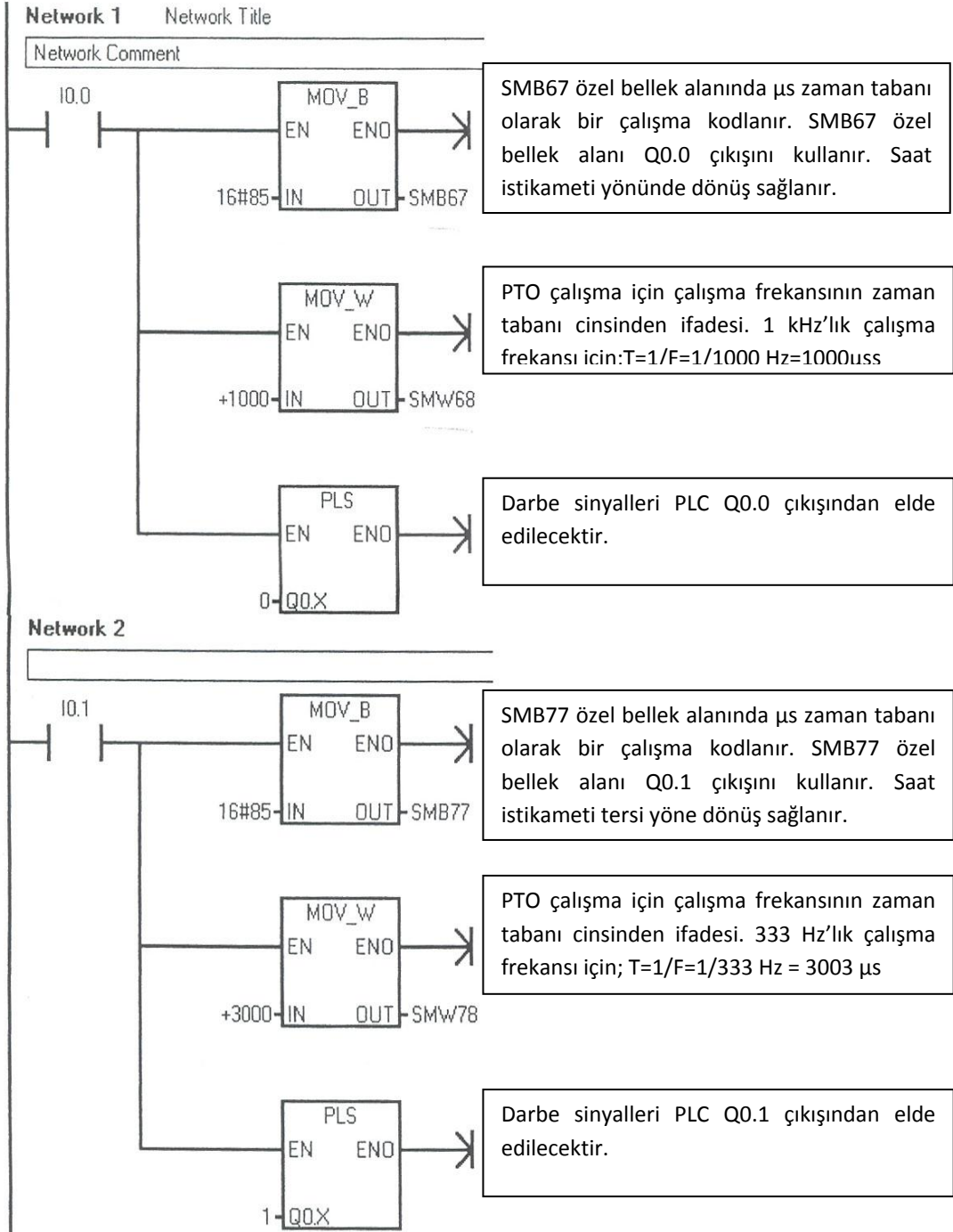
SM77.3: PTO/PWM zaman tabanı seçimi;	0=1 mikrosaniye	}	5
SM77.2: PTO darbe sayısını güncelle;	1=güncelle		
SM77.1: PWM darbe genişliği zamanını güncelle;	0=güncelleme		
SM77.0: PTO/PWM çevrim zamanını güncelle;	1=güncelle		



SMW68: PTO/PWM çevrim zaman değeri, bu alanda tanımlanacak çevrim zaman değeri ile adım motor hızı Q0.0 çıkışından 2-65535 aralığında değiştirilebilir.

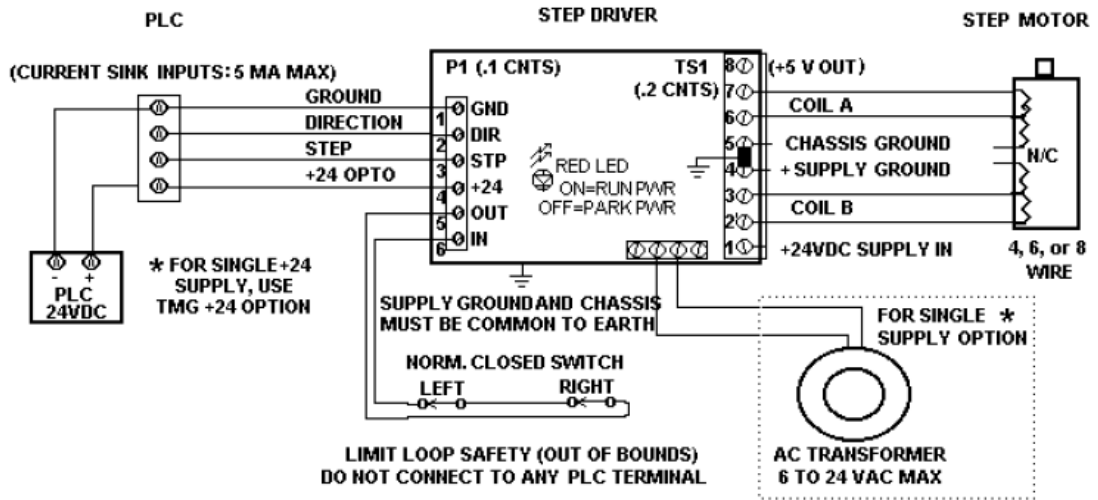
SMW78: PTO/PWM çevrim zaman değeri. Bu alanda tanımlanacak çevrim zaman değeri ile adım motor hızı Q0.1 çıkışından 2-65535 aralığında değiştirilebilir.

➤ UYGULAMA

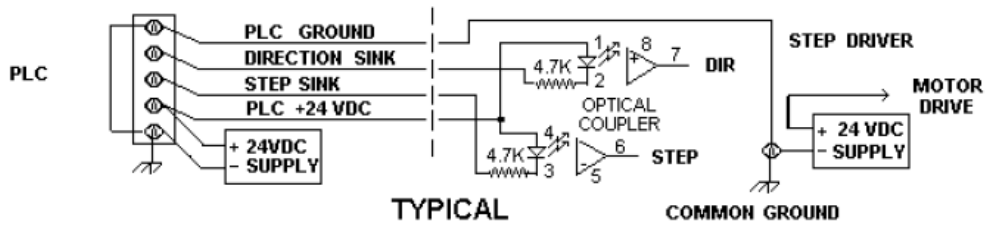


UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ İki fazlı bir adım motorun sargı uçlarını tespit ediniz.➤ Kullanacağımız PLC nin çıkış kontaklarını tespit ediniz.➤ Bağlantı şemasını ve fonksiyon planını kullanarak PLC kumanda programını oluşturunuz.➤ Yazmış olduğunuz programı PLC'ye giriniz.➤ Uygun bağlantıları yaparak programı çalıştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Adım Motorun uçlarını doğru tespit ettiğinize emin olunuz.➤ PLC ontaklarını doğru bağlamaya dikkat ediniz.



+24 VDC CURRENT SINK TO DRIVER OPTO INTERFACE



Şekil 3.7: Özel amaçlı PLC ile adım motor sürücü devresinin bağlantı şekli

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru ve yanlış olarak belirtiniz.

Adım motoru çalıştırabilmek için sargılarına devamlı bir DC gerilim uygulamalıyız.

- Adım motoru PLC ile sürmek çıkışı roleli PLC'lerde çok fazla sağlıklı değildir.
- PLC ile adım motoru sürerken sargılara kontaklar yardımı ile gerilimler uygularız.
- Adım motor sürmek için tasarlanmış özel PLC'ler vardır.
- Adım motorları PLC ile sürerken çıkışını transistörlü olmasına dikkat etmeliyiz.

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.m

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Adım motorun yapısı ve çalışması		
A) Adım motorun yapısını anladınız mı?		
B) Adım motorun çalışmasını kavradınız mı?		
Adım motor sürücü devreleri		
A) Adım motor sürücü devrelerinin çalışmasını anladınız mı?		
B) Adım motor sürücü devresi çeşitlerini öğrendiniz mi?		
Adım motor sürücü devre yapımı		
A) Adım motor sürmek için gerekli olan sürücü devresini plakete çıkartıp montajını yapabildiniz mi?		
B) Bulmuş olduğunuz adım motorun uçlarını doğru tespit edebildiniz mi?		
C) Adım motoru ULN2003 entegresi kullanarak bord üzerinde ileri geri çalıştırabildiniz mi?		
PLC ile adım motoru sürmek		
A) PLC’de adım motoru sürebilmek için gerekli programı doğru yazabildiniz mi?		
B) Yazmış olduğunuz programı PLC’ye yükleyerek adım motoru çalıştırabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	A
4	C
5	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	D
4	D
5	D

KAYNAKÇA

- ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Makineleri**, Color Ofset, İskenderun 2003.
- ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Makineleri – 3**, Color Ofset, İskenderun 2003.
- ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Motorları Ve Sürücüleri**, Color Ofset, İskenderun, 2003.
- ACIELMA Faruk, **Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) Labaratuvarı** M.E.B. İstanbul.2000.
- YILDIRIM Alper, **CNC Baskı Devre Delme Makinesi**,