

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



SERVO MOTORLAR VE DİĞER SERVO SİSTEM ELEMANLARININ
İNCELENMESİ

BİTİRME TEZİ

Hazırlayan

Belma BİRLİK 2011010226022

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Aytül BOZKURT

KARABÜK-2016

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
KABUL VE ONAY	4
ÖNSÖZ	5
ÖZET	6
ABSTRACT	7
BÖLÜM 1.....	8
1. SERVO MOTORLAR.....	8
1.1 SERVO MOTORUN YAPISI	8
1.2 SERVO MOTOR ÇEŞİTLERİ.....	9
1.2.1 DC SERVO MOTOR.....	9
1.2.1.1. DC Servo Motorun Yapısı.....	10
1.2.1.1.1 Stator	11
1.2.1.1.2. Rotor	11
1.2.1.1.3. Yatak Gövde.....	12
1.2.1.1.4. Sargılar	12
1.2.1.2. DC Servo Motorun Çalışması	12
1.2.1.2. DC Servo Motor Çeşitleri	14
1.2.1.4. DC Servo Motorun Özellikleri	15
1.2.2. AC SERVO MOTOR.....	16
1.2.2.1. AC Servo Motorun Yapısı	16
1.2.2.2. AC Servo Motorun Çalışması	16
1.2.2.3. AC Servo Motorun Çeşitleri.....	16
1.2.2.3.1 İki Fazlı Servo Motor	17
1.2.2.3.2 Üç Fazlı Servo Motor	17
1.2.2.4. AC Servo Motorun Özellikleri	18
1.2.3. ADIM MOTORLARI	19
1.2.3.1 Adım Motorlarının Yapısı	20
1.2.3.3 Adım Motorların Çeşitleri.....	21
1.2.3.3.1 Sabit Mıknatıslı Adım Motorlar	21
1.2.3.3.2 Değişken Relüktanslı Adım Motorlar.....	24
1.2.3.3.3 Hybrid Adım Motorlar	26
1.2.3.3.4 Hidrolik Adım Motorlar	28

1.2.3.3.5 Lineer Adım Motorlar	28
1.2.3.4 Adım Motorların Özellikleri	31
1.2.4. ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLAR	31
1.2.5. SENKRON MOTORLAR	36
1.2.6. Fırçasız DC Motorlar	39
1.3 SERVO MOTORUN MEKANİK BAKIMI	44
1.3.1 Servo Motoru Sökme	44
1.3.2 Servo Motorun Bakımı	50
1.3.2.1. Servo Motorun Güç Soketinin Kontrol Edilmesi ve Onarılması	50
1.3.2.2. Servo Motorların Sinyal Soketinin Kontrolü ve Onarılması	51
1.3.2.3. Servo Motorların Geri Besleme Elemanlarının Kontrolü ve Onarılması	52
1.3.3 Servo Motorun Tamiri İçin Gerekli Araç ve Gereçler	53
BÖLÜM 2.....	54
2.DİĞER SERVO SİSTEM ELEMANLARI	54
2.1. SERVO SİSTEM ELEMANLARI.....	54
2.1.1. DC Servo Sürücüler	56
2.1.2. AC Servo Sürücüler	57
2.2. SERVO SÜRÜCÜ TEMEL BİRİMLERİ.....	58
2.2.1. Güç Kaynağı	58
2.2.2. Güç Dönüştürücü	60
2.2.3. Geri Besleme Elemanı:.....	61
2.2.3.1. Potansiyometre	61
2.2.3.2. Mil Pozisyon Dönüştürücüleri ve Sayısal Kodlayıcılar.....	63
2.2.3.3. Takometre	68
2.2.3.4 Resolver	72
2.2.3.5 Servo Motorlarda Kullanılan Aktarma Organları	73
2.3 SERVO MOTOR SÜRÜCÜLERİNİN PARAMETRE DEĞİŞİKLİKLERİ	75
2.3.1 Sürücü Program ve Parametre Girişi	75
2.3.1.1 Akıllı Programlama Modülü	75
2.3.1.2. Bilgisayar ve PLC ile Parametre Girişi	75
2.3.2 Sürücü Haberleşme Protokolleri Bilgisi.....	76
2.3.2.1. MPI Haberleşme Sistemi	78
2.3.2.2. AS-I Haberleşme Sistemi	78
2.3.2.3. Profibus Haberleşme Sistemi	79
2.3.2.4 ANSI Protokolü	81

2.3.2.5 Seri Haberleşme İçin Ara Devre Standartları	82
BÖLÜM 3.....	85
3. GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ SİSTEM ÖRNEKLERİ	85
3.1 DC Servo Sistemin Gerçekleştirilmesi.....	85
3.2 AC Servo Sistemin Gerçekleştirilmesi.....	92
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	97
KAYNAKÇA.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	99

KABUL VE ONAY

Belma BİRLİK...tarafından hazırlanan "Servo Motorlar ve Diğer Servo Sistem Elemanlarının İncelenmesi" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.
09/06/2016


Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

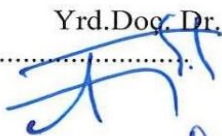
Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 09/06/2016

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
.....



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT
.....



Üye : Ass. Gör. Elma DEKER
.....



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 11/06/2016

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



ÖNSÖZ

Tezimizin konusunun belirlenmesinde, araştırma aşamasında, yön tayininde ve tamamlanmasında destek olan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr Aytül BOZKURT' a bana ayırdığı değerli zamanı ve sağladığı destek için teşekkür ederim. Ayrıca mekatronik mühendisi olma sürecimde her bir bilgiyi ilmek ilmek işleyen başta bölüm başkanımız Yrd. Doç Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU olmak üzere bütün bölüm hocalarıma minnettarım.

Belma BİRLİK

ÖZET

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan elektrik motorları yapı olarak birbirlerine göre farklılıklar gösterirler. Bu motorların ortak yanı, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmeleridir. Bunun yanında konum ve hız kontrolü uygulamaları için servo motorlar daha uygundur. Günümüzde servo motorların çok çeşitli uygulamalarda kullanılmasının başlıca sebepleri; hassas ve hızlı çalışabilmeleridir. Otomasyon sistemlerinde motorlar, bilgisayar tabanlı üniteler veya programlanabilir tek basına ünitelerle kontrol edilebilir.

Bu tez çalışmasında servo motorlar ve diğer servo sistem elemanları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Servo motorlar, servo sistemler, servo motor sürücüleri, servo sistem elemanları

ABSTRACT

Electric motors that are used for industrial applications differ from each other as structural. the common property for these motors is converting electric energy to mechanical energy. Furthermore, servo motors are more suitable for the position and velocity control applications. At the present day, the main reasons of the usage of servo motors in different kind of applications are that they are able to operate accurately and fast. In automation systems, motors can be controlled by the computer based units or stand alone programmable units.

In this thesis study , servo motors and other servo system elements were examined.

Key Words: Servo motors, servo systems, servo motor drivers, servo system elements

BÖLÜM 1

1. SERVO MOTORLAR

Servo aslında bir sistemdir. Motor, herhangi bir enerjiyi harekete dönüştüren araçtır. Motor kelimesi motorious-move-motion kelimelerinden türemiştir ve hareket eden anlamındadır. Motor bir makinedir. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere elektrik motorları denir. Her elektrik motoru biri sabit (stator) ve diğeri kendi çevresinde dönen (rotor ya da endüvi) iki ana parçadan oluşur. Bu ana parçalar; elektrik akımını ileten parçalar (örneğin; sargılar), manyetik akıyı ileten parçalar ve konstrüksiyon parçaları (örneğin; vidalar, yataklar) olmak üzere tekrar kısımlara ayrılırlar. Mekanik servo sistemlerin doğal olarak bir motoru olmak zorundadır ancak bu motorlar "servo motor" değil günümüzde en yaygın kullanılan şekilleriyle sıradan DC veya AC motorlardır Servo motor, elektrik kontrolüyle gerçekleştirilen servo sistemin hareketini sağlayan birimdir. Pozisyon ve hız kontrolünün gerektiği uygulamalarda, pozisyon ve hız bilgisi, geri besleme ile bir karar verme ünitesine gönderilerek sistemin davranışı kontrol edilmektedir. İçinde adım motor kullanılmayan kapalı devre sistemler de servo sistem diye adlandırılmaktadır. Bu yüzden hız kontrolü yapılan basit bir asenkron motor da servo motor olarak adlandırılabilir. Servo sistemlerde çeşitli yapıda farklı elektrik motorları kullanılabilir. Servo motorları normal motorlardan farklı kılan, çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanmış olmalarıdır. Servo motorlar kullanıcının komutlarını hassas ve hızlı bir şekilde yerine getiren motorlardır. Bu komutlar pozisyon, hız ve hız ile pozisyonun bileşimi komutlar olabilir. Bir servo motor şu özelliklere sahip olmalıdır;

1. Geniş bir hız yelpazesinde kararlı olarak çalışabilmelidir.
2. Devir sayısı, hızlı ve düzgün bir şekilde değiştirilebilmelidir.
3. Küçük boyuttan büyük moment elde edilebilmelidir.

1.1 SERVO MOTORUN YAPISI

Servo motorlar prensip olarak bir motor ve geri besleme ünitesinden meydana gelir. Motor DC ya da AC olabilir. Geri besleme ünitesi de bir tako generatör ya da enkoder (kodlayıcı) olabilir. Servo motorlar, 1 d/d' lik hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan motorlardır. Servo motorlar ile diğer motorlar arasındaki birinci fark, çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilmeleridir. Bunun için döndürme momentinin büyük, eylemsizlik momentinin olabildiğince küçük olması gerekir. Bunu sağlamanın da iki yolu vardır. Birincisi; bir silindirde eylemsizlik momenti çapa bağlıdır. O halde rotor çapı küçük tutulmalıdır. Gerekirse uzunluk arttırılabilir. Çünkü eylemsizlik momentine uzunluk orantılı etki yaparken çap üstel olarak etkiler. Bu yüzden tüm servo motorların ortak özelliği çaplarının küçük, boylarının uzun olmasıdır. İkincisi; eylemsizliği etkileyen diğer husus rotorun ağırlığıdır. Servo motorların rotorları hafif yapılır. Rotor demir

yerine, daha hafif yalıtkan bir malzemeden yapılırsa, eylemsizlik momenti 8–10 kat azalır. Hızlanma-yavaşlama normal motorda saniyelerle ölçüldüğü halde, servo motorlarda milisaniye ile ölçülür. Servo sistemlerde ihtiyaca göre değişik tipte motor kullanılabilir. Fırçalı DC motor, fırçasız DC motor, kısa devre rotorlu asenkron motor ve senkron motorlar servo motor olarak en çok tercih edilen motorlardır.¹

1.2 SERVO MOTOR ÇEŞİTLERİ

Servo motorlar prensip olarak bir motor ve geri besleme ünitesinden meydana gelir. Motor ünitesinde bulunan motorun çeşidine göre isimlendirilir.

1.2.1 DC SERVO MOTOR

DC servo motorlar, genel olarak bir DC motor olup, motor için gerekli olan DC akım aşağıdaki metotlarla elde edilir.

- Bir elektrikli yükselteçten,
- AC akımın doyumlu reaktörden geçirilmesinden,
- AC akımın tristörden geçirilmesinden,
- Amplidin, rototrol, regüleks gibi dönel yükselteçlerden elde edilir.

DC servo motorlar, çok küçük güçlerden çok büyük güçlere kadar imal edilirler (0,05 HP' den 1000 HP' ye kadar). Bu motorlar, klasik DC motorlar gibi imal edilir ancak küçük yapıdadırlar ve endüvileri (yükseklik x uzunluk/çap oranıyla), kutup atalet momentini minimum yapacak şekilde tasarlanır DC servo motorların rotorları; uzun, disk ve çan şeklinde olabilmektedir. Disk rotorlu servo motorlar, kısa ve hafif oldukları için robot mafsallarında hareket elemanı olarak kullanılmaktadırlar. İnce ve uzun rotorlu servo motorlarda ise boyutlar çok küçük olduğundan bunları her ortama monte etmek kolaydır. Çan tipi rotorlu servo motorlar ise 3000 d/d gibi yüksek hızlara çok çabuk ulaşabilme özelliğine sahiptirler. DC servo motorlarda, yüksek bir dönme momenti ve aşırı yüklenebilirlik elde etmek için özellikle şiddetli bir manyetik alan oluşturulmalıdır. DC servo motorun en büyük dönme momenti, düşük hızlı çalışmalar sırasında ve en küçük devir sayısında ise yaklaşık anma dönme momentinin dört katıdır. Özellikle hızlı tepkili

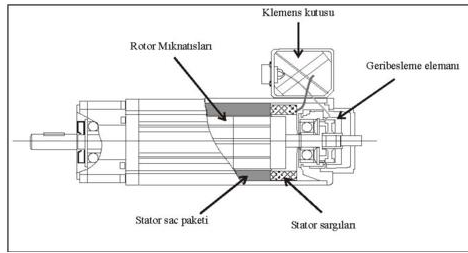
¹ Dülger, L.C., Kireççi, A., Topalbekiroğlu, M., “AC Servomotorların Modellenmesi Simülasyonu ve Hareket Denetiminde Kullanılması.” 10. Ulusal Mak. Teo. Sempozyumu Bil. Kit., Cilt 1, 181-189,(2001).

servo motorlar için motorun milinde, içerisinde demir bulunmayan doğru akım motorları kullanılır.²

1.2.1.1. DC Servo Motorun Yapısı

Klasik tip DC motorlarda komütasyon (DC makinelerinde endüvi sargılarında akımın yönünü değiştirme işlemi) için kullanılan komütatör ve fırçalardan kaynaklanan mekaniksel, elektriksel problemleri ve sınırlamaları yenmek için fırçasız motorlar tasarlanmıştır. Sonuçta klasik DC motorun performansını sağlaması hedeflenmiştir. Fırçasız motorlar; stator, rotor, sürme devresi (invertör) ve rotor konum algılayıcısından oluşur.

Motor tek olarak ele alındığında, sürücü ve konum algılayıcı motor üzerinde olmayabilir. Fakat fırçasız motorun sürücüsüz ve konum algılayıcısız (geri besleme elemanı) olarak bir DA güç kaynağından çalışması mümkün değildir.

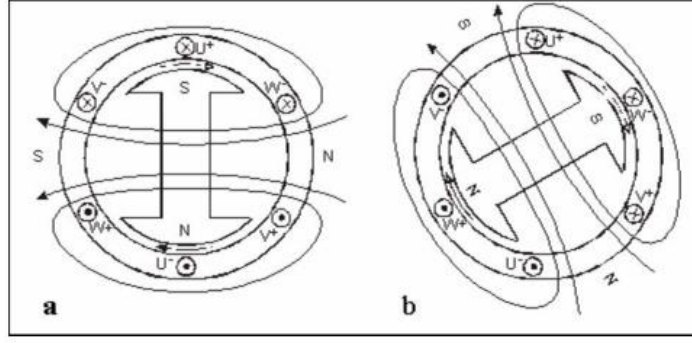


Şekil 1.1 Fırçasız servo motorun yapısı

Fırçasız servo motor çalışma prensibi şu şekildedir;

- Rotorda sabit mıknatıslar bulunan, modern elektronik sürücüler ile kontrol edilen senkron motorlardır.
- DA servo motorlardaki gibi komütatör ve fırça elemanları olmadığından güvenilir, kararlı ve küçük boyutlarda imal edilir.
- Üç faz sargılarında uygulanan sinüs şeklindeki akım ile hava aralığında bir döner alan oluşturur.

² Altunsaçlı, A., “Elektrik Motorları ve Sürücüler”, Nobel Yayınevi (2003).



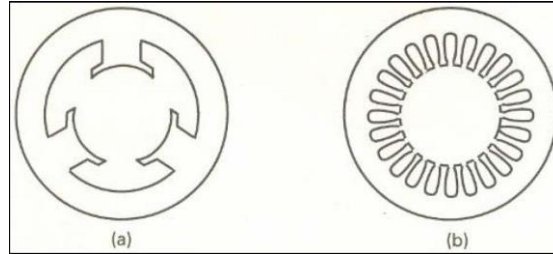
Şekil 1.2 Fırçasız servo motor çalışma prensibi

1.2.1.1.1 Stator

DC makinenin duran kısmıdır. Stator saclar ve sargılardan oluşur. Saclar, asenkron veya senkron motorlarda olduğu gibi birer yüzeyi silisli olup üzerlerine kalıplarlar stator oyukları açılır. Biçimlendirilen stator sacları sıkıştırılarak perçinlenir veya somunla sabitlenir.

Saclara toplu sarıma ve dağılımlı sarıma göre şekiller verilmiştir. Sacların kalınlığı kaynak gerilimin frekansı, maliyet ve nüve kayıplarının dikkate alınmasına bağlıdır.

Kalıcı mıknatıslı makinenin büyük çoğunluğunda, özellikle güç uygulamalarında kullanılan makinelerde, bir veya çok fazlı sargıları AA makinelerine benzer. Aşağıdaki Şekil 1.3 toplu ve dağılımlı sarım için stator sac şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Stator sac şekilleri, a)Toplu sarım için, b)Dağılımlı sarım için sac şekli

1.2.1.1.2. Rotor

Motorun uyarım akısı rotora yerleştirilen kalıcı mıknatıslar tarafından sağlanmaktadır. Kalıcı mıknatıs malzemelerin yüksek kalıcı mıknatısiyet ve yüksek giderici kuvvet özelliklerine sahip olması gerekir. Rotor sinterlenmiş veya bağlanmış ferit, nadir bulunan malzemeler, nidyum-demir-boron veya alnico (Alüminyum-Nikel-Kobalt) tipi mıknatıs malzemelerden yapılır.

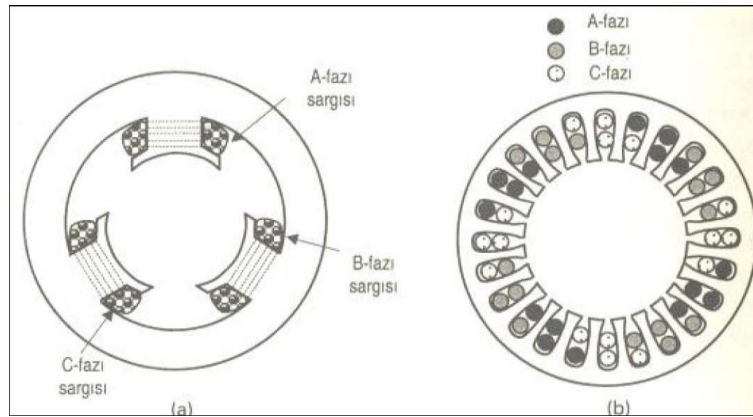
1.2.1.1.3. Yatak Gövde

Stator, içersine sabitlendiği bir yatak gövde ile desteklenir ve yatak gövde makinenin manyetik olmayan yapıya sahip kısmı olup bir makinenin bütün esas elemanları içerisinde bulundurulur. Yatak gövdeler kapalı veya havalandırılmalı olabilir. Yatak gövde makine ısını kolaylıkla iletecek, rotor yataklarına destek verecek yük ve bağlantılarına uygun olacak özellikte (alüminyum gibi) olmalıdır.

1.2.1.1.4. Sargılar

Kalıcı mıknatıslı makinelerin büyük çoğunluğunda, özellikle güç uygulamalarında kullanılan makinelerde, bir ve çok faz sargıları AA makinelerine benzer. Sargılar genellikle çift katmanlı (iki sargının birer kenarları bir oyuğa) ve paralel sarım kullanılırken, tek katmanlı toplu sarımlar da kullanılmaktadır. Sargılar, faz grupları ve fazlar oyukların dışında kalan bölgelerinden yalıtılmalıdır. Oyukların içersine yerleştirilen teller hem yalıtımı güçlendirmek hem de yapısal destek için verniklenir ve fırınlanır.

Komütatör ve fırçaların kaldırılması için sargıların statora yerleştirilmesi gerekmektedir. Statorda genellikle iki tip sarım kullanılmaktadır; Toplu sarım ve dağılımlı sarım.

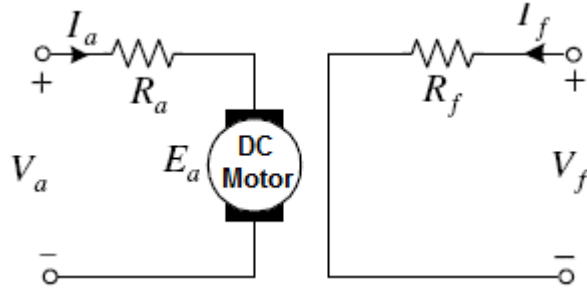


Şekil 1.4: Stator sarım şekilleri a)Toplu sargılı 3-kutuplu ve 3-oyuklu stator keşiti b- Dağılımlı sargılı 24 oyuklu, 4-kutuplu,3-fazlı stator keşiti

1.2.1.2. DC Servo Motorun Çalışması

DC servo motorların iki farklı sargısı vardır: Statora konulan alan sargısı ve rotora konulan endüvi (armatör) sargısıdır. Her iki sargı da DC gerilim kaynağına bağlıdır. Motorun hızı alan sargısı, endüvi sargısı veya her ikisinin birleşimi olarak, alan ve endüvi sargılarıyla kontrol edilebilir. Servo uygulamalarda sargılar farklı DC kaynak tarafından beslenir.

Klasik DC motorların genel devre seması Şekil 1.5' de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.5 Klasik DC motor devre şeması

E_a = elektromanyetik kuvvet , K_1 = motor sabiti, ϕ = alan akısı, n = endüvi (motor) hızı, V_f = alan gerilimi, V_a = endüvi gerilimi, R_f = alan devresi direnci, R_a = endüvi devresi direnci I_f = alan devresi akımı, I_a = endüvi devresi akımı, T = motorun çıkış momenti

Olmak üzere;

$$V_a = E_a + I_a R_a \quad (1.1)$$

$$E_a = K_1 \phi n, \phi \propto n \quad (1.2)$$

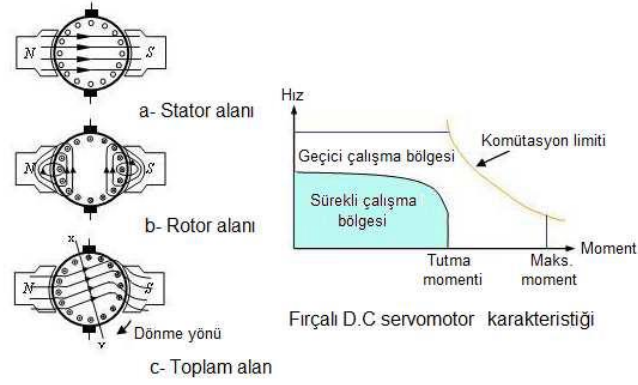
$$V_f = I_f R_f \quad (1.3)$$

$$\frac{V_a - I_a R_a}{K_1 \phi} \quad (1.4)$$

$$K_1 \phi I_a \quad (1.5)$$

Manyetik akı ve endüvi akımı kararlı durumdaysa (sabit yükte) motorun hızı, endüvi gerilimine bağlı olarak değişmektedir. Eğer endüvi gerilimi sabitse ve endüvi akımı kararlı durumdaysa hız, alan akımıyla ters orantılıdır. Ayrıca motor momenti endüvi akımıyla doğru orantılı değişir.

Motorun dönme hareketi, endüktör sargılarına uygulanan DC akımın oluşturduğu manyetik alan ile aynı DC akımının fırça ve kollektörden geçirilerek endüvi sargısına uygulanması sonucu oluşan endüvideki manyetik alanın etkisi sonucu meydana gelmektedir. Şekil 1.5’ de DC servo motorun prensip çalışma şeması görülmektedir.



Şekil 1.6: DC Servo motor çalışma şeması

DC motorun alan sargısı genelde şematik olarak çekirdek biçiminde gösterilir. Alan sargısı, VF ile gösterilen DC gerilim kaynağına bağlıdır. Endüvi sargısı ise şematik olarak iki kareyle temas eden bir daire ile gösterilir. Bu DC endüvinin silindirik şeklinde olması ve yüzeyinde iki fırçanın baskı yapmasından dolayıdır. Endüvi sargısı da VA ile gösterilen DC gerilim kaynağına bağlıdır. DC motorların çoğu, büyük yükler için kullanılan sabit mıknatıslı tiptir. DC motorun dönme yönü ve hızı, endüvi gerilimi ile belirlenir. Endüvi gerilimindeki artış, hızı da artırır. Motorun endüvi geriliminin yönünü değiştirmek motorun dönüş yönünü de değiştirir. DC servo motorların temel çalışma prensibi klasik DC motorlarla aynıdır. DC servo motor genellikle endüvi gerilimi ile kontrol edilir. Endüvi, büyük dirence sahip olacak şekilde tasarlanır. Böylece moment-hız karakteristikleri doğrusal olmaktadır. Bu özellik, hızlı moment tepkisi sağlamaktadır. Çünkü moment ve akı birbirinden bağımsızdır. Bundan dolayı endüvi gerilimindeki ve akımındaki adım seklindeki bir değişim sonucunda, rotorun hızında veya konumlamada hızlı değişiklikler gerçekleşmektedir.³

1.2.1.2. DC Servo Motor Çeşitleri

DC servo motor yabancı uyartımlı DC motorlar veya kalıcı mıknatıslı DC motorlardır. Servo sistemde çalıştığında, motor alan ya da endüvi kontrollü olabilir ve endüvi ya gerilim kaynağından ya da akım kaynağından beslenir. Her kombinasyon farklı tork hız karakteristiği sunar. Bunların bağlantılarını DC servo motor çeşitleri olarak adlandırabiliriz.

Bunlar:

1. Alan Kontrollü-Sabit Endüvi Gerilimli Beslemeli
2. Alan Kontrollü-Sabit Endüvi Akım Beslemeli
3. Endüvi Kontrollü-Sabit Alan Beslemeli
4. Seri Ayrık Alanlı Servo Motorlardır.

³ Paksoy, M., “Özel Elektrik Makineleri Ders Notları” (2004).

1.2.1.4. DC Servo Motorun Özellikleri

- Enerji kısımları, normal DC motorlara göre daha az enerjiye ihtiyaç gösterir.
- Motor çapı, normal DC motorlara göre daha küçüktür.
- DC servo motorların boyları uzundur.
- Rotorun dönme momenti, rotor çapına bağlı olarak değişir. (boylarının uzun olmasının sebebi budur).
- Atalet momenti küçüktür.
- DC servo motorlar düşük hızlarda yüksek moment üretirler.

· *Sabit Mıknatıslı (PM) DC Motorlar ve Uyartım Mıknatıslı DC Motorların Karşılaştırılması:*

Sabit mıknatıslı DC motorlar, tekerlekli sandalye ve güç aletleri gibi akümülatörden beslenen uygulamalardan, taşıyıcı (konveyör), kapı açıcı, kaynak ekipmanları, X-ray, tomografik sistemler, pompa ekipmanlarına kadar birçok sahada kullanılmaktadırlar. Bu motorlar kompakt ölçü, geniş çalışma hız aralığı ya da güvenlik düşüncesiyle düşük gerilimin önemli olduğu güç iletim uygulamalarında ve hareket kontrollerinde sıklıkla kullanılan en iyi çözümlerdir. Düşük hızda yüksek moment üretme kabiliyetleri, birçok uygulamada redüktör kullanmadan çalışmayı uygun hale getirmiştir. Lineer hız-moment eğrilerinden dolayı, özellikle 5000 d/d' dan daha düşük hızda çalışacak servo kontrol uygulamalarında ve ayarlanabilir hızlarda uygundur. Bu motorların içinde, bir akı dönüş halkasına bağlanan sabit mıknatıslar şönt motorlarda bulunan stator alan sargılarının yerini alırlar. Sarılmış bir endüvi ve mekanik fırça komütasyon sistemi motoru tamamlar. Sabit mıknatıslar, harici alan akımına gerek duymadan alan akısını kuşatarak ihtiyacı karşılarlar. Bu tasarım daha küçük, hafif ve enerji verimi artmış bir motor sağlar.

Şönt sargılı DC motorun tersine, sabit mıknatıslı (PM) bir motor, sabit mıknatıs alanıyla enine endüvi (armatür) mıknatıslığını giderme alanı arasındaki etkileşimden bağımsızdır. Şönt sargılı DC motorlar, endüvi ve alan arasında önemli bir etkileşim gösterirler. Yük arttığında statorun düşük manyetik dirençli (yüksek mıknatıs geçirgenliği) demir nüvesi nihayetinde alanı zayıflatır. Sonuçta hız-moment karakteristiğinde bazı noktalarda çarpıcı düşüşler meydana gelir. Sabit mıknatıslı (PM) motorun alanı, önemli endüvi etkileşimini yok eden yüksek bir manyetik dirence (düşük mıknatıs geçirgenliğe) sahiptir. Bu yüksek manyetik direnç, motorun mevcut hız-moment aralığının üstünde lineer çalışmaya izin vererek sabit bir alan meydana getirir. Sabit endüvi gerilimiyle çalışmada hız azaltıldığında elde edilen moment artmaktadır. Uygulanan endüvi gerilimi arttığında, lineer hız-moment eğrisi yukarılara kaymaktadır. Bu yüzden, değişik endüvi gerilimleri için paralel bir seri

teşkil eden hız-moment eğrileri, sabit mıknatıslı motorun hız-moment özelliklerini göstermektedir. Hız gerilimle, moment ise akımla orantılıdır.⁴

1.2.2. AC SERVO MOTOR

Günümüzde AC servo motorlar hem düşük hem de yüksek güç uygulamalarda kullanılmaktadır. AC motorların yapıları basit ataletleri düşüktür. Ancak, genellikle doğrusal olmayan özellik gösteren ve yüksek manyetik bağa sahip makinelerdir. Ayrıca moment-hız karakteristikleri DC servo motorlarındaki gibi ideal değildir. Bunların yanı sıra AC servo motorları aynı boyuttaki DC servo motor ile karşılaştırıldıklarında daha düşük momente sahiptir.

Bu tip servo motorlar, genellikle iki fazlı sincap kafesli asenkron tipi motorlardır. İki fazlı asenkron motorlar, büyük güçlü yapılmakla birlikte çoğunlukla otomatik kontrol sistemlerinde servo motorlar olarak kullanılmak amacı ile küçük güçlü yapılır. Fırça ve kollektör olmadığından arıza yapma ihtimalleri az, bakımları kolaydır.

1.2.2.1. AC Servo Motorun Yapısı

İki fazlı servo motorun statorunda eksenleri arasında 90° lik elektriksel açı olan referans ve kontrol sargısı olmak üzere iki adet sargı vardır. Rotoru ise sincap kafesli sargı taşır, fakat yüksek dirence sahip olması gibi birtakım özellikler kazandırılmıştır. AC servo motorlarında rotor devresi, oldukça yüksek dirence sahip olacak şekilde imal edilir. Bu işlem ya sincap kafes çubuklarında ya da çubukların bağlantı noktalarında yüksek dirençli maddeler kullanılarak yapılır.

1.2.2.2. AC Servo Motorun Çalışması

AC servo motorların çoğu ya iki fazlı ya da bölünmüş fazlı asenkron motor tipindedir. Temel olarak her ne kadar gerilimin genliğini belirli sınırlar içinde değiştirmek suretiyle hızı değiştirilebilse de bu motorlar sabit hızlı motorlardır.

1.2.2.3. AC Servo Motorun Çeşitleri

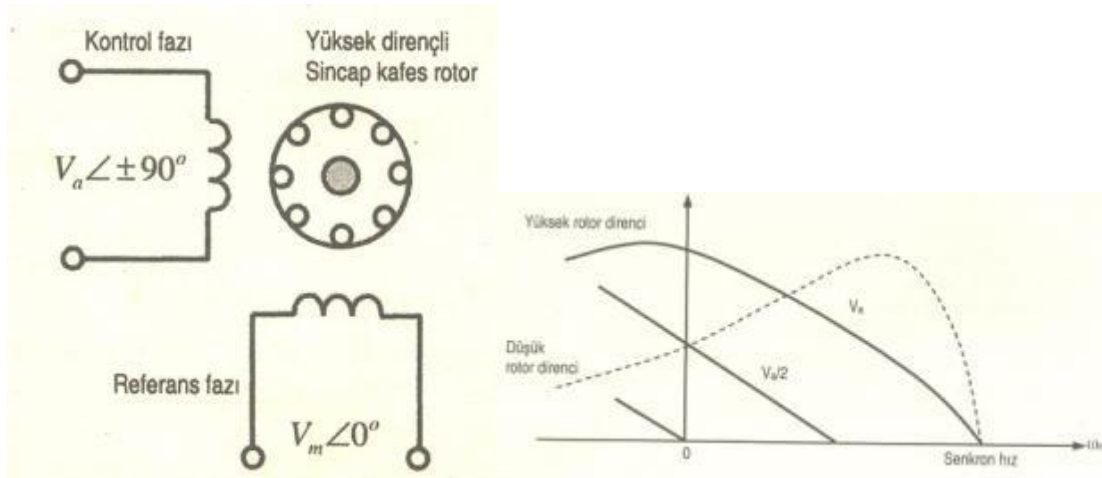
AC servo motorlar İki fazlı servo motor ve üç fazlı servo motor olmak üzere ikiye ayrılır.

⁴ Noorani, R.I., “Microcomputer-Based Robot Arm Control”, Mathematical and Computer Modelling Conference (1990).

1.2.2.3.1 İki Fazlı Servo Motor

Kontrol sisteminde kullanılan çoğu servo motor AC servo motorlar, iki faz sincap kafesli asenkron makinelerdir. Frekansları normal olarak 60 Hz veya 400 Hz olabilir. Yüksek frekans hava yolu sistemlerinde kullanılmaktadır.

İki faz AC servo motorun şematik diyagramı Şekil 1.7’de gösterilmiştir. Stator birbirinden 90° elektriksel açıyla dağıtılmış iki sargıdan oluşur. Sargının biri, referans fazı veya sabitlenmiş faz olarak adlandırılır ve genliği sabit bir AC gerilim kaynağına ($V_m \angle 0^\circ$) bağlanır. Diğer 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 elektrik derecesi vardır. Kontrol fazının gerilimi genellikle bir servo yükselteçten sağlanır. Motorun dönüş yönü, kontrol fazı ile referans fazı arasında ki faz ilişkisinin ileri veya geri olmasına bağlıdır. Dengeli iki –faz geriliminin genlikleri eşit ($V_a = V_m$) olduğunda motorun moment –hız karakteristiği üç faz asenkron motora benzerdir. Düşük rotor dirençlerinde bu karakteristik doğrusal değildir (Şekil 1.7.a), Böyle bir moment- hız karakteristiği, kontrol sistemlerinde kabul edilemez. Ancak, rotor direnci yüksek ise moment hız karakteristiği Şekil 1.7.b’deki gibi geniş bir hız aralığında özellikle sıfır hız seviyelerinde aslında doğrusaldır. İki faz asenkron makineyi kontrol etmek için referans sargısı genliği sabit bir alternatif gerilim ile kontrol sargısı ise genliği ayarlanabilen bir alternatif gerilimle beslenir.

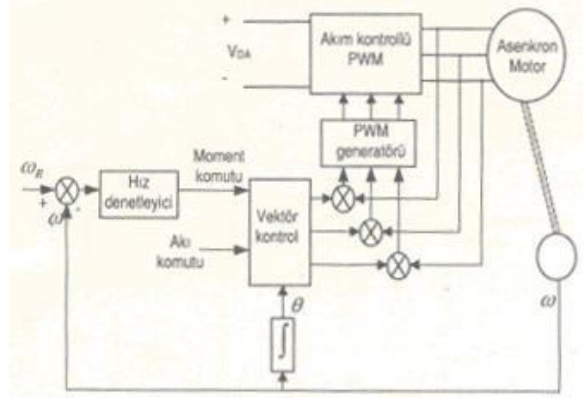


Şekil 1.7 a) İki-Faz AA servo motor b) İki faz AA servo motorun moment-hız grafiği

1.2.2.3.2 Üç Fazlı Servo Motor

DC servo motorlar, yüksek güç servo sistemlerin uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda yüksek-güç sistem uygulamalarında üç-faz asenkron motorun servo motor olarak kullanımı üzerine yapılan araştırmalar başarıya ulaşmış ve 3 ~ 'lı asenkron motor yüksek-güç uygulamalarında hızlı bir şekilde yerini almaya başlamıştır. 3 ~'lı asenkron motor yapı olarak dayanıklı olmakla beraber doğrusal olmayan bir özelliğe sahiptir ve bundan dolayı kontrolü karmaşıktır. Son yirmi yıldaki çalışmalar, 3 ~'lı asenkron

motorun yabancı uyartımlı DC motoru gibi kontrol edileceğini göstermiştir. 3 ~'lı asenkron motorun stator akım vektörünün birbirine dik, birbirinden bağımsız iki bileşenle temsil edildiği ve dik bileşenlerden biriyle momentin diğeriyle akının kontrol edileceği tekniğe vektör moment tepkisi sağlanmaktadır (Şekil 1.8). Vektör kontrollü 3 ~'lı asenkron motorun servo motor olarak kullanılmasına ilişkin bir blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 1.8 : Vektör kontrollü 3 ~'lı asenkron motorun servo motor olarak kullanımı

1.2.2.4. AC Servo Motorun Özellikleri

AC servo motorlar, motora kodlanmış bir sinyal gönderilerek pozisyonlanabilir bir çıkış miline sahiptirler. Motorun girişi değiştirildiğinde, çıkış milinin açısal pozisyonu da değişir. Genelde AC servo motorlar küçüktürler ancak boyutlarına göre güçlüdürler ve kontrol edilmeleri kolaydır. İndüksiyon ve dişli motorlu tipler AC servo motorların yaygın çeşididir. AC servo motorlar AC gerilim ve frekansa göre çeşitlilik gösterirler. 208–230/240, 460/480V ve 575/600 V aralıkları kullanılmaktadır.

AC servo motorlar ya iki fazlı ya da üç fazlıdır. Standart ticari ve mesken yerlerindeki gerilim tek fazlıdır. Yani bir sinüs dalga şekli veya gerilimi değiştiren başka bir dalga şekli demektir. Üç fazlı gerilim, tipik olarak birbirinden 120° faz farklı, eş zamanlı üç adet sinüs dalga şekli veya başka tip bir dalga şekli demektir. Üç fazlı çalışmayla daha yüksek verim ve daha düzgün çalışma doğruluğu mümkündür.

AC servo motorlar mil hızına, sürekli akıma, sürekli momente ve sürekli güç çıkışına göre değişiklik gösterirler.

- Mil hızı, göz önünde bulundurulmuş uç geriliminde yüksüzken milin dönme hızıdır.
- Sürekli akım, aşırı ısınmaya sebebiyet vermeden motor sargılarına uygulanabilecek maksimum akımdır.
- Sürekli moment, sabit çalıştırma koşullarında motorun verebileceği sürekli momenttir.

- Sürekli çıkış gücü, motor çıkışı aracılığıyla sağlanan mekanik güçtür.

Çoklu hıza sahip olan AC servo motorlar ile motor hızı sürekli değiştirilebilir veya çalışma aralığı içerisinde değişik hızlara ayarlanabilir. AC servo motorlar, hemen hemen aynı çalışma karakteristikleriyle hem saat yönünde hem de saat yönünün tersinde çalıştırılabilirler.

AC servo motorlar birkaç Watt' dan birkaç yüz Watt' a kadar olabilirler. AC servo motorlar, yüksek hız tepkisine sahiptirler. Bu özellik ise AC servo motorların düşük rotor ataletine sahip olmalarını gerektirir. Bu motorlar daha küçük çaplı ve daha uzundurlar. AC servo motor normal olarak düşük veya sıfır hızda çalışabilirler; bundan dolayı moment veya güç değerleri aynı olan klasik motorlara göre boyutları daha büyüktür. Hassas devir sayısı ayarı yapılabilir, ayrıca devir sayıcı gerekmez. AC servo motorlar ya silindirik ya da kareseldirler. Çeşitli boyutlarda ve çaplarda bulmak mümkündür. AC servo motorların su geçirmeyen tiplerini de bulmak mümkündür. Bazı AC servo motorlar temiz yerler gibi özel çevreler için tasarlanmışlardır. Ayrıca radyasyona dayanıklı AC servo motorlar da üretilmektedir.

AC servo motorların kullanım alanı çok geniştir. AC servo motorlar; robotlar, radarlar, nümerik kontrollü makinelerde (CNC), otomatik kaynak makinelerinde, pres makinelerinde, paketleme makinelerinde, yarı iletken üretim ünitelerinde, yüksek hızlı çip yerleştiricilerinde, tıbbi cihazlarda, anten sürücülerinde vb. yerlerde kullanılır.

AC servo motorun avantajları:

- Yüksek güvenilirlik
- Bakımının az olması
- Hareket halinde elektrik kontaklarının olmayışı

AC servo motorun dezavantajları:

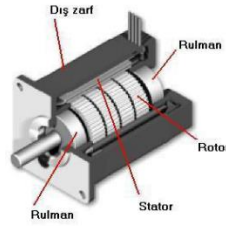
- Düşük verimlilik
- Yüksek ısı yayılımı - kafes ısınısını düşük tutmak için bir fan motoru genelde şarttır.
- AC kare dalga güç kaynağı ihtiyacı gibidir

1.2.3. ADIM MOTORLARI

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.

1.2.3.1 Adım Motorlarının Yapısı

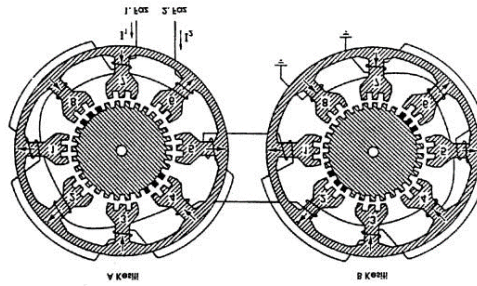
Adım motor, elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren eletro-mekanik bir cihazdır. Elektrik enerjisi alındığında rotor ve buna bağlı Şaft, sabit açısal birimlerde (adım-adım) dönmeye başlar. Adım motorlar, çok yüksek hızlı anahtarlama özelliğine sahip bir sürücüye bağlıdır (adım motor sürücüsü). Bu 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. 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 mikro adım tekniği ile adım açılarının daha da azaltılması söz konusudur.



Şekil 1.9 Adım motorun kesiti

Bir adım motor Şekil 1.9 da görüldüğü gibi stator, rotor, bunları kapatan bir dış zarf, rotora bağlı şaftın rahat hareket etmesini sağlayan rulmanlardan oluşmuştur.

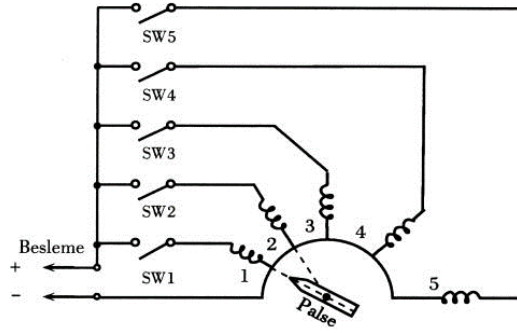
Adım motor statorunun birçok kutbu (genellikle sekiz) vardır. Bunların polaritesi elektronik anahtarlar yardımıyla değiştirilir. Rotorun mıknatıslığı ise ya sabit mıknatıs ile veya dış uyartım metodlarıyla oluşturulur. Daha iyi seçicilik elde etmek için rotor ve stator üzerine küçük dişler açılmaktadır. Şekil 1.10 da gösterilmiştir.



Şekil 1.10 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 karakteristliğinin robotlarla bağdaşmasıdır.

Adım motorun çalışma esasları Şekil 1.11 de 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 1.11 Adım motorun çalışma şeması

1.2.3.3 Adım Motorların Çeşitleri

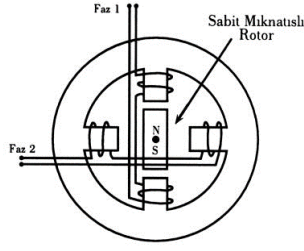
Adım motorlar yapılarına göre 5 çeşittir.

- a. 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
- b. Değişken relüktanslı adım motorlar (VR)
 - Tek parçalı
 - Çok parçalı
- c. Hybrid adım motorlar
- d. Hidrolik adım motorlar
- e. Lineer adım motorlar

1.2.3.3.1 Sabit Mıknatıslı Adım Motorlar

a. Sabit mıknatıslı iki fazlı adım motor

En basit olarak sabit mıknatıslı adım motoru, oyuklu dört kutuplu stator içinde dönen iki kutuplu sabit mıknatıslı rotordan meydana gelmiştir. Böyle bir adım motorun yapısı Şekil-1.12 de verilmiştir.

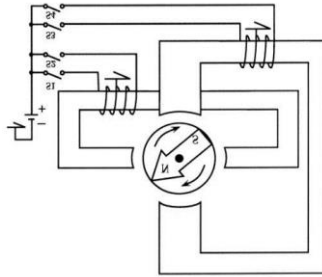


Şekil 1.12 Sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

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.

b. 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 1.12). 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.



Şekil 1.13 Orta uçlu sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

Orta uçlu sabit mıknatıslı bir adım motorun en basit kontrolü Şekil 1.13 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

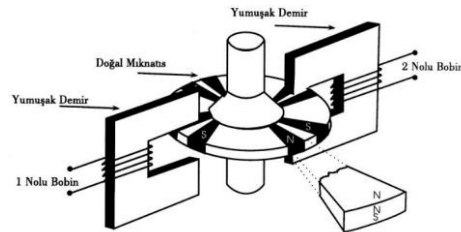
Tablo 1.1 Sabit mıknatıslı orta uçlu adım motorun çalışma tablosu

İlk adım yani kod 1 için S2 ve S4 anahtarları kapatılır. Faz 1 ve Faz 2 sargılarına uygulanan gerilim sonucu 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 değiştirmesinde sadece bir anahtarın değiştiğine dikkat ediniz. Bu durum, rotorun eşit adımlarla ve aynı yönde dönmesini sağlar.

c. Disk tipi sabit mıknatıslı adım motor

Rotoru ince ve mıknatıslığı seyrek olacak şekilde yapılan adım motorlara disk tipi sabit mıknatıslı adım motor denir. 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 1.14 : Disk tipi adım motorun yapısı

d. Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motor

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 çalışması şu şekildedir:

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 stator kısmı S ile kutuplandırılır. Rotorun S kutbunun karşısındaki stator kısmı N ile kutuplandırılır.

Birinci fazın enerjisinin 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 stator kutupları hizasına gelerek 45° lik hareket gösterir

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

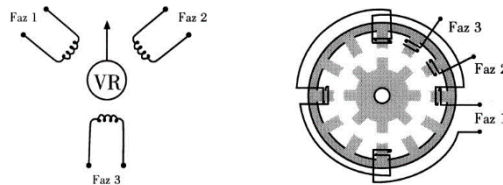
Üçüncü fazın enerjisi kesilip ikinci faz enerjilendirildiğinde rotor 45° lik hareketle 2-2' stator kutupları hizasına gelir.

Böylece rotor 180° lik hareketini tamamlamış olur.

1.2.3.3.2 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 1.15: Değişken mıknatıslı adım motorun yapısı

Faz '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 stator da faz 2 bobinleri etrafında meydana gelen manyetik alan kutupları, rotorun faz 1 karşısındaki kutuplarını kendine çeker. Böylece rotorun dönmesi sağlanır.

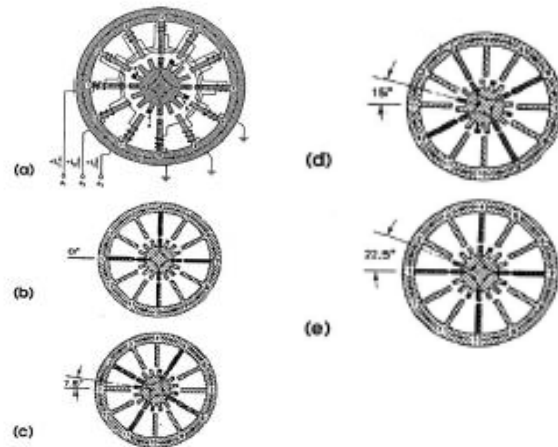
Üç fazlı (üç sargılı) sistemlerde rotorun devamlı dönmesi için stator argıları ard arda enerjilendirilmelidir. Faz 2 enerjisi kesilip faz 3'e uygulandığında bu kez rotor kutupları statordaki faz 3 sargılarının bulunduğu kutupların karşısına gelecek şekilde döner ve durur. Rotorun dönme yönü (saat ibresi 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 keşiti şekil 1.16 da görülmektedir.



Şekil 1.16: Tek parçalı değişken relüktanslı adım motorun yapısı ve çalışma pozisyonu

Rotorun başlangıç pozisyonu: Birinci faz enerjilenirse rotor dişlileri 1. 4. 7 ve 10 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir.(şekil 1.16b)

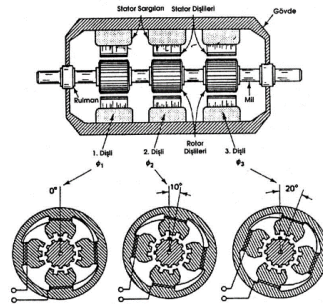
Birinci adım: Üçüncü faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 2,5,8 ve 11 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (şekil 1.16 c) Rotor hareketi saat ibresi yönünde 7.5° dir.

İkinci adım: İkinci faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 3,6,9 ve 12 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir.(şekil 1.16 d). Rotor hareketi saat ibresi yönünde $7,5^\circ$ dir. Toplam rotor hareketi 15° dir.

Üçüncü adım: Birinci faz enerjilendiğinde rotor dişlileri 1,4,7 ve 10 numaralı stator dişlilerinin karşısına gelir (şekil 1.16 e). Rotor hareketi saat ibresi yönünde $7,5^\circ$ dir. Toplam rotor hareketi ise $22,5^\circ$ dir.Rotorun hareketinin saat ibresi yönünde devam etmesini istiyorsak 1, 3 ve 2 numaralı fazları sırasıyla sürekli olarak enerjilendirmeliyiz.

b) Çok parçalı değişken relüktanslı adım motorlar

Üç fazlı değişken relüktanslı adım motor tasarımı şekil 1.17’de verilmiştir. Rotor 12 dişli olarak yapılmıştır. Stator ise her kutupta üç dişli olmak üzere dört kutuptan ve böylece 12 dişliden oluşmuştur.



Şekil 1.17: Çok parçalı değişken mıknatıslı adım motorun yapısı

Şekil 1.17 de görüldüğü gibi stator dişlilerinin 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.

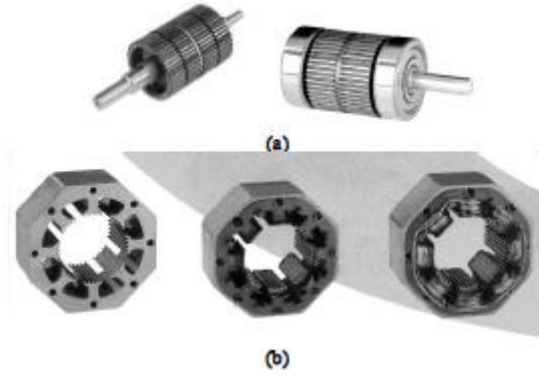
1.2.3.3.3 Hybrid Adım Motorlar

Hybrid adım motorlar sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı adım motorların birleştirilerek geliştirilmiş şeklidir. Şekil 1.18 de hybrid adım motorun parçaları görülmektedir.

Hybrid adım motorlarda rotor, sabit mıknatıslı olup çeşitli dişli (keşit) sayısında yapılmaktadır. Ayrıca her bir dişli (keşit) üzerinde de çeşitli sayıda dişler bulunmaktadır. Bu

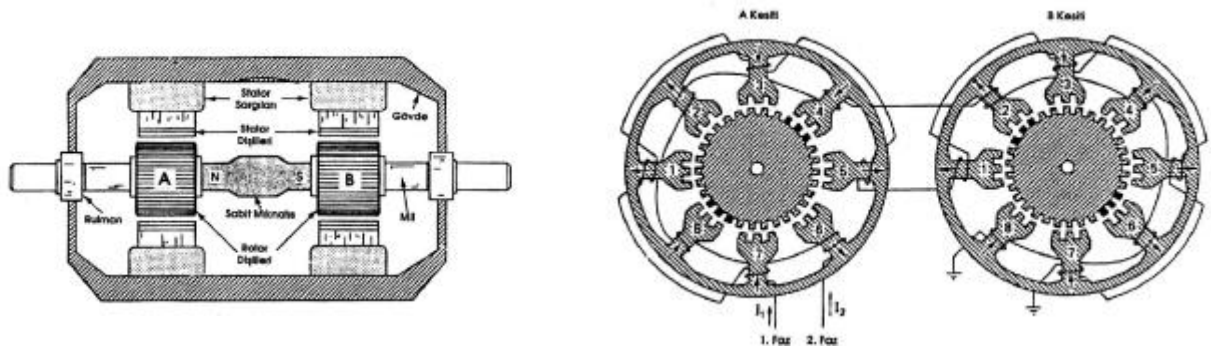
dişlilerin arası diskler yardımıyla yalıtılmıştır. Şekil 1.18'a da dört dişli (keşit) ve iki dişli (keşit) adım motor rotorları görülmektedir.

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. Şekil 1.18b'de boş stator ve sargıları görülmektedir.



Şekil 1.18: Hybrid adım motorun rotor ve stator keşitleri

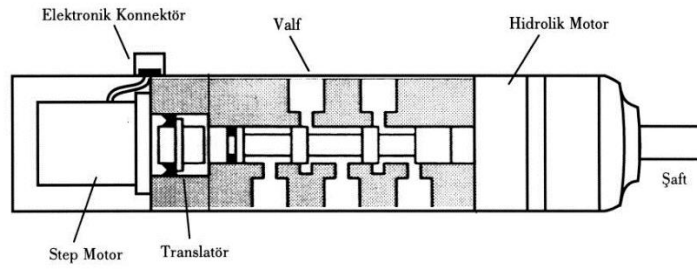
Çalışması: Şekil 1. 19'da gösterilen N ve S kutuplarından müteşekkil sayılar sırasıyla enerjilenerek motor uyarılır. Saat ibresi yönü (CW) için faz uçları 1^+ , 2^- , 1^- , 2^+ , 1^+ şeklinde beslenir. Birinci faz ve ikinci faz sargılarının enerjilenme sırası motorun dönüş yönünü ayarlar. Faz sargılarına 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 1.19: Hybrid adım motorun A – B keşitlerinin görünüşü

1.2.3.3.4 Hidrolik Adım Motorlar

Bir hidrolik motora ait servo valfinin 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 1.20:Hidrolik adım motor

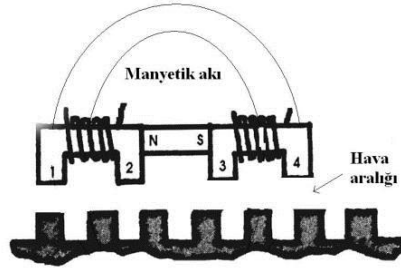
Şekil 1.20’de keşiti görülen hidrolik adım motor başlıca şu parçalardan oluşmaktadır;

- e. Adım motor
- f. Hidrolik motor
- g. Valf
- h. Translatör
- i. Elektronik konnekt

1.2.3.3.5 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.

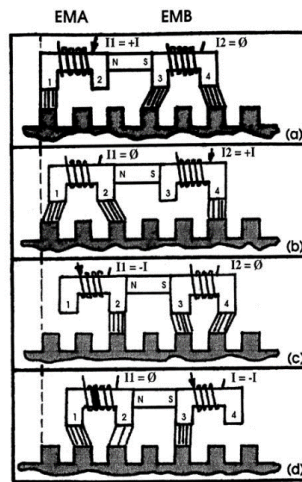
Bu motor iki ana mekanik bileşenden oluşur. Birinci mekanik bileşen, gücü oluşturan hareketli armatürdür. Armatürün statora sabitlendiği (demir nüve) kısım ikinci bileşendir (şekil 1. 21). Armatür ve stator arasında sabit bir mil yatağı (hava aralığı) olup, kapalı geometrik şekilde dönmeye izin verir. Yükü harekete geçirmek, demir nüve uzunluğuna bağlı olan güçle değişir. Bu değişim bir yükü getiren motorun rotor hareketine benzemez. Ayrıca güç iletimi için mekanik üstünlüklere de sahip değildir. Şekil 1.15’te gösterildiği gibi lineer adım motor, sabit mıknatıs (PM) ve dört kutuplu iki elektromıknatıs (EM) oluşur.



Şekil 1.21 : İki fazlı lineer adım motorun prensip şeması

Çalışması; Manyetik alanın alt ve demir nüvenin üst noktaları arasındaki hava aralığı oluşur. Kutup yüzeylerine sawyer motorda olduğu gibi oluklar açılmıştır. Oluklar, örnekteki demir nüvenin şeklinde yapılırlar. Ayrıca oluklar arasındaki boşluklar manyetik olmayan maddeler tarafından doldurulmuş olup ve bu düz yüzeyler manyetik alanın alt ve demir nüvenin üst noktasındaki hava aralığını oluşturur. Manyetik alan içerisindeki küçük deliklerden hava basıncı sağlanmasıyla bu iş gerçekleştirilebilir. Bu hava aralığında ihmal edilmeyecek bir hareketli sürtünme yüzeyi oluşturur.

Sabit mıknatıs, demir nüve ve manyetik alanın etkisinin olmadığı kısmı birlikte etkiler. (Bu kısma hava aralığı dahil değildir.) Buna bağlı olarak demir nüvenin üzerindeki manyetik alanı alta veya üste hareket ettirmek mümkündür. Akım olmadığı durumda PM akışı hava aralığındaki şekli demir nüve ve EM akışı EM'nin iki kutbunda da eşit olur. Manyetik kutuplar yaklaşık olarak aynı relüktansa sahip olduklarından PM akışı EM'nin iki kutbunda da eşit olur (Şekil 1.22a 3. ve 4. kutuplar). Eğer akım elektromıknatıslar tarafından anahtarlanırsa bu durumda değişim olur. Genel olarak sabit mıknatıs tarafından oluşturulan akım manyetik alan sargılarında üretilen akıma yaklaşık olarak eşittir. Yani akım değiştiğinde manyetik akı maksimumdan sıfıra kadar değişir.



Şekil 1.22: 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. 22 (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. 22 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 1.22 b’de gösterilmiştir.

Eğer EMB enerjilendirmez EMA enerjilendirilirse (Şekil 1.22 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. 22 c’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 1.22 a’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 1.22 a’da gösterilen sıralı hareket, her dörtte bir hareket için bu değer 0,01’dır. 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” kütlesinin 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 servo motor ve geri besleme 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.

1.2.3.4 Adım Motorların Özellikleri

Çözünürlük; bir devirdeki adım sayısı veya dönen motorlar için adım açısı (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.

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 olur. 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 rastgele hatalardır. Ancak her iki tip hata toplanarak sistemin toplam hatası elde edilir.

1.2.4. ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLAR

Asenkron motorlar endüstride en çok kullanılan motorlardır. Bu motorlar rotor yapısına bağlı olarak rotoru sargılı (bilezikli) ve kısa devre rotorlu (sincap kafesli) motorlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu rotor tiplerinin fonksiyonu statordaki manyetik alanları değiştirerek

birbiri üzerinden geçirmektir. Alanlar değiştiğinde rotorda akım indüklenir. Dönmekte olan bu akımlar bir moment üreterek statordaki alana zıt bir manyetik alan oluştururlar.

Motor durmaktayken stator ve rotor sargıları bir transformatör gibi çalışır. Statorda oluşan döner alan, rotor sargıları üzerinde bir gerilim indükler. Rotor dönmezken üzerinde indüklenen bu gerilim rotor sükûnet gerilimi olarak adlandırılır. Rotor sükûnet gerilimi, motor etiketi üzerinde stator gerilimi ile birlikte verilir. Rotorda indüklenen gerilim, rotor sargı terminallerinin birbiriyle bağlanması sonucu bir akım ortaya çıkarmaktadır. Statorun döner alanı ile rotor üstünde ortaya çıkan bu akım bir döndürme momenti oluşturmakta ve bunun sonucu rotor dönmektedir. Bu prensibe dayanarak çalışan motorların hepsi indüksiyon motoru olarak tanınır.⁵

İndüksiyon motorlarında rotor akımı indüksiyon sonucu oluşur. Yani rotor, elektrik enerjisini direkt iletimle değil statordan indüksiyon prensibine göre almaktadır. AC motorun çalışmasını anlayabilmek için döner manyetik alan prensibini anlamak gereklidir. Stator sargılarına üç fazlı gerilim uygulandığında, sabit büyüklükte döner bir manyetik alan üretilir. Bu döner alan, belirli zamanda yer değiştiren akımları taşıyan boşluklu faz sargılarının etkileşimiyle üretilmektedir.

Üç fazlı asenkron motorların çalışma ilkeleri şöyledir:

R-S-T fazlar $\frac{1}{2}$ motorun statorunda bulunan sargılara uygulandığında döner bir manyetik alan oluşur. Statordaki manyetik alanın dönen sayısı şebekenin frekansı ve sargıların kutup sayısına göre değişir. Statorda oluşan döner alan rotorun çubuklarını (ya da sarımlarını) etkiler ve bu çubuklardan akım dolaşmaya başlar. Rotordan geçen akım ikinci bir alan oluşturur. Statorun alanıyla rotorun alanı birbirini itip çekerek dönüşü başlatır.

Üç Fazlı Asenkron Motorların Bağlantı Klemensinin Tanıtılması, Yıldız ve Üçgen Bağlantı:

Üç fazlı asenkron motorların statoruna yapılan sarımların uçları klemens kutusuna (bağlantı terminali) çıkarılır. Klemens kutusu dışardan gelen besleme uçlarının kolayca bağlanabilmesini sağlayacak şekilde dizayn edilir. Klemens kutusunda bulunan harflerin anlamları şunlardır:

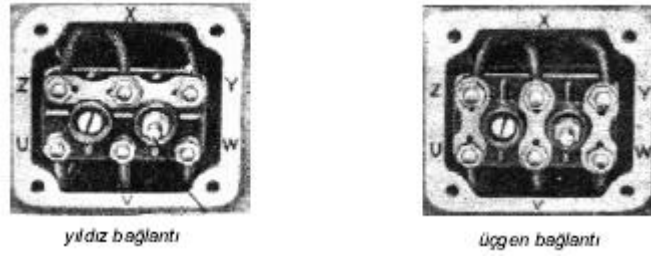
R Fazı İçin: Giriş ucu: U, Çıkış ucu: X

S Fazı İçin: Giriş ucu: V, Çıkış ucu: Y

T Fazı İçin: Giriş ucu: W, Çıkış ucu: Z harfleriyle gösterilir.

Üç fazlı asenkron motorların klemens kutusunda altı adet uç bulunur. Bu uçlar motorun gücü göz önüne alınarak yıldız ya da Üçgen şeklinde bağlandıktan sonra R-ST ile besleme yapılır. Yıldız ya da Üçgen bağlantısı yapılmamış Üç fazlı asenkron motor asla çalışmaz.

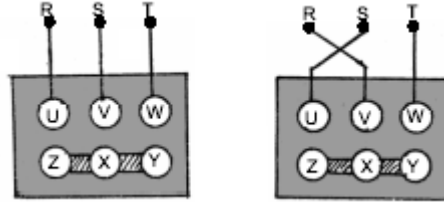
⁵ Bal, G., “Özel Elektrik Makineleri”, Seçkin Yayıncılık (2004).



Şekil 1.23: Üç fazlı asenkron motorların stator sargılarının yıldız ve üçgen olarak bağlanışının motor klemens kutusunda uygulanışı

Üç Fazlı Asenkron Motorların Devir Yönünün Değiştirilmesi:

Üç fazlı asenkron motorların devir yönünü değiştirmek son derece kolaydır. Motora uygulanan R-S-T fazlarından herhangi ikisinin yeri Şekil 1.24'te görüldüğü gibi değiştirildiğinde stator sargılarının oluşturduğu manyetik alanın dönüş yönü değişir ve rotor önceki dönüş yönünün tersinde hareket etmeye başlar.



Şekil 1.24 : Üç fazlı asenkron motorların devir yönünün değiştirilmesi

Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yol Verme:

Üç fazlı asenkron motorlar ilk hareket (kalkış) anında normal akımlarının 6 - 10 katı fazla akım çekerler. Bu aşırı akım küçük güçlü bir motorda şebekeye pek bir zarar vermez. Ancak gücü 4 kW tan büyük olan bir motorun ilk anda 6 - 10 kat fazla akım çekerek çalışmaya başlaması birçok olumsuz etki (tesisatin geriliminin kısa süreli olarak anormal derecede düşmesi, hatların aşırı yüklenmesi vb. gibi) ortaya çıkarırlar. İşte bu nedenle 4 kW tan büyük güçteki motorları ilk kalkış anında az akım çekerek çalıştırmak gerekir. Günümüzde büyük güçlü motorların ilk kalkış akımını kabul edilebilir düzeye indirebilmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Düşük kalkınma akımıyla çalıştırmada kullanılan bazı yöntemler şöyle sıralanabilir:

1. Dirençle Yol Verme: Bu yöntemde motorun devresine ilk önce krom-nikelden üretilmiş dirençler sokulur. Bu sayede motor düşük gerilim altında az akım çekerek çalışmaya başlar. 2 - 4 saniye sonra dirençler devreden çıkarılır. Uygulamada çok az kullanılan bir yöntemdir.
2. Oto transformatörüyle Yol Verme: Motorun devresine ilk önce kademeli çıkışlı oto transformatörü sokulur. Bu sayede motor düşük gerilim altında az akım çekerek çalışmaya başlar.

başlar. 2 - 4 saniye sonra oto transformatörü devreden çıkarılır. Uygulamada çok az karşılaşılan bir yöntemdir.

3. Yıldız / Üçgen Yol Verme: Uygulamada en çok kullanılan yöntemdir. Stator sargıları önce yıldız şeklinde bağlanır. Bu sayede 380 volta dayanacak şekilde üretilmiş sargılara 220 volt uygulanmış olacağından motor düşük akım çekerek çalışmaya başlar. 2 - 4 saniye sonra yıldız bağlantısı kaldırılıp Üçgen bağlantıya geçilir

4. Elektronik Devreli Statik Yol Vericiyle (Soft Starter) çalıştırma: Yarı iletken devre elemanlarının ucuzlamasıyla endüstriyel elektronik sistemlerde hızlı bir gelişme başladı. Statik yol vericiler tamamen elektronik yapıda olduğundan motorun ilk kalkış akımını çok dengeli bir şekilde ayarlayabilmektedir. Özellikle büyük güçlü (50 - 200 kW gibi) motorlar klasik yöntemlerle (yıldız - üçgen, dirençli, oto trafolu vb.) çalıştırıldığında şebekeden yine de yüksek akım çekmektedir. İşte bu nedenle motorun akımını ve gerilimini kontrollü bir şekilde yükselterek çalıştırmayı sağlayan statik yol vericiler geliştirilmiştir.

Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yıldız / Üçgen Yol Verme

4 kW'tan büyük güçlü asenkron motorların kalkış anında fazla akım çekmeden çalışmasını sağlamak için uygulamada yaygın olarak kullanılan yöntem Yıldız / Üçgen yol vermedir. Üç fazlı motorların yıldız ve üçgen bağlantısının özellikleri şöyledir:

1. Üç fazlı Asenkron Motorların Yıldız Bağlanması ve Özelliği: 4 kW'tan küçük güce sahip Üç fazlı asenkron motorlarda uygulanan yıldız bağlama son derece basittir. Motor klemensine çıkarılan uçların adları U-V-W ve X-Y-Z' dir. Bu uçlardan U-V-W' yi yada X-Y-Z' yi birbirine köprülediğimizde yıldız bağlantıyı yapmış oluruz. Yıldız bağlanan bir motora 380 voltluk şebeke gerilimini uyguladığımızda her bir faz sargısına 220 voltluk gerilim düşer. Başka bir deyişle, bir motor yıldız bağlanarak çalıştırılacak şekilde üretilmişse bu motorun bobinleri 220 voltluk bir gerilime dayanabilir. Yıldız bağlanarak çalıştırılması gereken bir motor yanlışlıkla üçgen bağlanarak çalıştırılacak olursa sargılara 380 volt uygulanmış olacağından motor yanar.

2. Üç fazlı Asenkron Motorların Üçgen Bağlanması ve Özelliği: 4 kW tan büyük güce sahip Üç fazlı asenkron motorlarda uygulanan üçgen bağlamada stator sargıları birbirine seri bağlanır. Daha sonra üç sargının seri olarak bağlandığı noktalara R-S-T uygulanır. Üçgen bağlı olarak çalışacak şekilde üretilmiş motorların sarımları 380 volta dayanacak şekilde üretilmiştir.

Üçgen bağlanması gereken motor yanlışlıkla yıldız bağlanarak çalıştırılırsa motor yanmaz. Ancak motor düşük verimde çalışır. Motor etiketinde bulunan güç ve gerilim değerlerine bakılarak sargıların yıldız mı yoksa üçgen mi bağlanacağı şöyle anlaşılır:

I. Motor gücü 4 kW tan (5 HP) küçükse motor yıldız bağlanarak çalıştırılır.

II. Etiketinde Δ/λ 220/380 volt değeri bulunan motor üçgen bağlı olarak çalıştırılmak istenirse fazlar arası 220 volt gerilim bulmak gerekir. Türkiye'de fazlar arası gerilim 380 V olduğundan motor yıldız bağlanarak çalıştırılır.⁶

anayide yaygın olarak kullanılan motorların özellikleri gövdeye konmuş olan bilgi etiketlerinde bulunur.

°				TİP . GM 132520 °			
3 ~ AC MOTOR				Nr : 1065179			
Δ		380 V		14,8 A			
10 HP		7,6 kW		Cos ϕ : 0,9			
2880		D/D		50 Hz			
2-985		Iz K1 B		B 3		IP 44	

Şekil 1.25:Üç fazlı asenkron motor etiketi

Şekil 1.25 ‘de gösterilen örnekte olduğu gibi motor etiketinde bulunan bilgileriyle şöyle sıralanabilir:

- Motoru üreten kuruluşun adı (Gamak, Siemens, Asea, BBC, vb.)
- Motorun kullanıldığı akım (DC,AC)
- Motorun tipi
- Motorun seri numarası
- Motorun bağlantı şekli
- Motorun normal (nominal, anma) akımı
- Motorun güç katsayısı (Cos ϕ)
- Motorun normal (nominal, anma) gerilimi
- Motorun g,c, (watt yada beygir gücü cinsinden)
- Çalışma frekansı
- Dakikadaki devir sayısı (d/d, rpm)
- Motorun dayanabileceği maksimum sıcaklık
- Motor ağırlığı
- Motorun üretim tarihi

⁶ Rashid, M.H.,” Power Electronics”, New Jersey, (1988).

1.2.5. SENKRON MOTORLAR

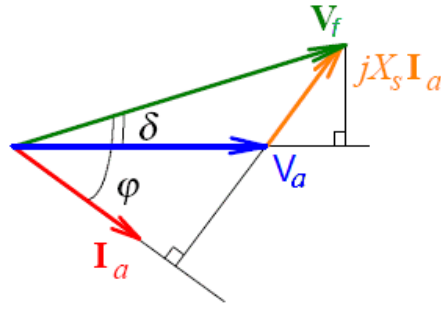
Küçük güçlerde kutupları sabit mıknatıslı, büyük güçlerde elektromıknatıslı olarak imal edilen, kutup mili statorundaki döner alan hızıyla senkron dönen motorlara senkron motorlar denir. Kutupları rotora yerleştirilmiş olup, statoruna (asenkron makinede olduğu gibi) çok fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilmiştir.

Yapı itibarıyla doğru akım makinesinin tam tersidir. Doğru akım makinesinde kutuplar duran kısımdadır. Hareketli rotorda alternatif akım üretilirken (kollektör ile doğrultulmaktadır), senkron motorda alternatif akım üreten sargılar statora alınmış ve kutuplar ise hareketli olan rotora yerleştirilmiştir. Bunun nedeni orta gerilim üreten senkron generatörlerde yüksek güçlü, çok fazlı alternatif akım sargılarının rotorda izolasyonunun sağlanmasının güç olmasındandır. AC şebekeden alınan üç fazlı akım, motorun statorunda manyetik bir döner alan oluşturur. Statorda oluşan döner alan rotorun kutupları üzerine etkir. Rotorun kutupları üstünden hızlı bir şekilde geçen döner alan, kutuplar üstünde kuvvetler oluşturur. Ancak bu kuvvetler döner alanın dönme hızına bağlı olarak devamlı yön değiştirir. Bu nedenle rotor dönüş hareketine başlayamaz. Şayet rotor, döner alanın hızındaki bir değerde döndürülürse, döner alan tarafından sürüklenmeye baslar ve döner alanın devir sayısında dönmeye devam eder.

$$n_s = \frac{120 f}{p} \quad (1.6)$$

Senkron motorlara ilk hareket dışarıdan verilir. Rotor üstünde bir kısa devre sargısı ayrıca bulunuyorsa, senkron motor, asenkron motor gibi dönmeye başlayabilir. Uyarım devresi bağlandıktan sonra, bir senkron motor olarak dönüşüne devam eder ve rotor, statoru n_s hızında takip eder. Motorun asenkron olarak yol alması sırasında uyarım sargısı bir direnç üzerinden kapalı devre yapılmalıdır. Aksi halde sargılar üzerinde indüklenen gerilim izolasyonları patlatabilir. Kısa devre sargısı işletme sırasında rotorun darbe seklindeki yüklenmeler karşısında yapacağı salınımları engeller. Bu nedenle amortisör sargısı olarak da anılır.

Senkron bir motorda güç faktörünün açısı statora uygulanan gerilim fazörü ile statatordan akan toplam akımın fazörü arasındaki açıdır. Güç faktörü uyarım (alan) akımına bağlıdır. Aynı stator akımı için güç faktörü, uyarım akımı I_f 'ye bağlı olarak ileride veya geride olabilir. Güç faktörü açısının (ϕ_m) geride olduğu kabul edildiğinde, Şekil 1.26'da görülen senkron motor fazör diyagramı elde edilir.



Şekil 1.26: senkron motor fazör diyagramı

Burada, $\phi_m = \phi - \delta$ dır. Stator sargısının direncinin değeri küçük olduğu için ihmal edilirse;

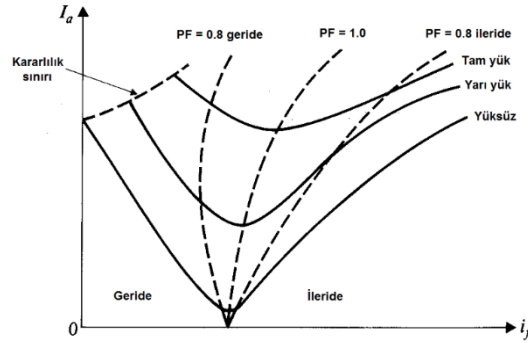
$$V_f = V_a - jX_s \cdot I_a \quad (1.7)$$

şeklinde olur. Şekil 1.26' daki senkron motor fazör diyagramı kullanılarak;

$$V_a \cdot \sin \delta = X_s \cdot I_a \cdot \cos \phi_m \quad (1.8)$$

ifadesi bulunur.

Senkron motorda uyarım akımına karşı stator akımındaki değişimler, senkron motorun V-eğrisi olarak bilinmektedir. Şekil 1.27' de senkron motorun tipik V-eğrileri görülmektedir.



Şekil 1.27: de senkron motorun tipik V-eğrileri

Üç fazlı bir senkron motor için;

Giris gücü,

$$P_{giriş} = 3 \cdot V_a \cdot I_a \cdot \cos \phi_m \quad (1.9)$$

Stator bakır kayıp gücü,

$$P_{SC} = 3 \cdot I_a^2 \cdot R_a \quad (1.10)$$

Üretilen mekanik güç,

$$P_m = P_{giriş} - P_{SC} \quad (1.11)$$

Mil çıkışındaki güç

$$P_{\text{çıkış}} = P_m - P_{fw} \quad (1.12)$$

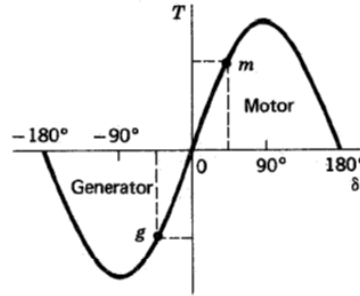
olur. P_{fw} sürtünme ve sargı kayıplarından oluşmaktadır. Eğer ω_s senkron hız olarak kabul edilirse, üretilen moment;

$$M_e = \frac{P_m}{\omega_s} \quad (1.13)$$

olarak bulunur. Stator direnci ihmal edilirse ifade şu şekilde değişir;

$$M_e = \frac{3 \cdot V_a \cdot V_f \cdot \sin \delta}{X_s \cdot \omega_s} \quad (1.14)$$

şeklinde bulunur. Bu ifadede δ , tork açısı veya yük açısı olarak adlandırılır. Stator sargısının direnci ihmal edildiğinde δ , rotor döner alanı ile stator döner alanı arasındaki açıyı temsil etmektedir. Senkron makine motor olarak çalıştığında, stator alanı rotor alanından öndedir. Senkron makinenin momenti, Şekil 1.28’ de gösterildiği gibi yük açısının sinüs fonksiyonu ile orantılıdır.



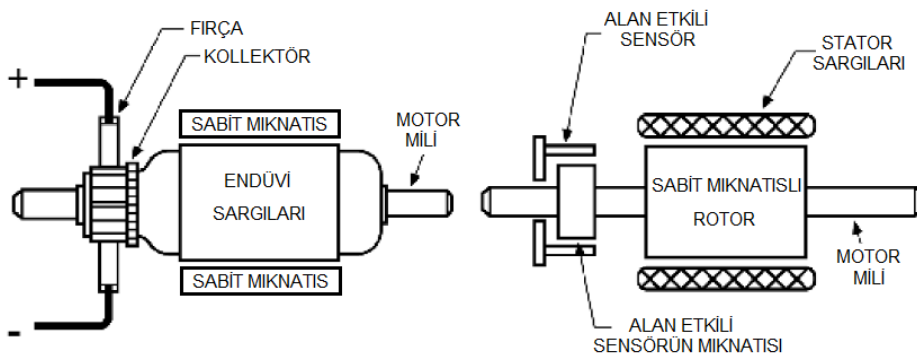
Şekil 1.28: Senkron makinenin momentinin uygulanan gerilimin açısıyla değişimi

Senkron motorlar yol aldıktan sonra döner alanın devir sayısında dönmeye devam eder. Motor yüklendiği zaman, rotor çarkının kutupları ile döner alanın kutupları arasındaki mesafe büyür. Bu durumda rotor çarkı yük açısı kadar döner alandan; yani, kendi yüksüz haldeki durumundan geri kalır. Yük açısı ne denli büyük olursa, döndürme momenti o denli büyük olur. Statorun iki kutbu arasında rotor kutup çarkının karşılaşacağı kuvvet çok büyüktür. Çünkü dönüş yönüne göre önde duran kutup, kutup çarkını çekecek, buna karşılık geride duran kutup, kutup çarkını itecektir. Çift kutuplu bir makinede yük açısı 90° iken, döndürme momenti en büyük değerine ulaşır. Bu en büyük döndürme momenti “devrilme momenti” olarak da anılır. Yük açısının 90° ’nin üstüne çıkması halinde önde duran kutbun, kutup çarkını çekmesi büyük ölçüde düşer.

Şekil 1.28’ de görüldüğü gibi motor miline (rotoruna) uygulanan momentin tepe değerleri -90 ve +90 derece açılarındadır. Yük açısı 90°’ ye yaklaştığında devrilme momenti en büyük değerine ulaşır. Senkron motorların genellikle devrilme momentleri vardır. Bu devrilme momentleri anma momentlerinin aşağı yukarı iki mislidir. Çok kuvvetli yüklenme halinde, motor devrilir ve yüklenme ortadan kalksa bile kendiliğinden yol alamaz. Senkron motorlar asenkron motorlara göre gerilim düşmelerine karşı daha az duyarlıdır. Senkron motorlarda döner alanın manyetik akısı ve döndürme momenti gerilimle doğru orantılıdır. Senkron motorların aşırı uyarılması senkron generatörlerde olduğu gibi endüktif tepkin gücün elde edilmesini sağlar. Bu nedenle aşırı uyarılmış senkron motorları yüksüz çalıştırılarak tepkin güç elde edilir. Bu tür motorlar faz kaydırma motorları olarak da anılmaktadır. Doğru akım uyarımlı ve üç fazlı akımla çalıştırılan senkron motorlar, örneğin; yüksek fırınlardaki kompresörlerin ve büyük pompaların döndürülmesinde kullanılırlar. Doğru akım uyarıları olmayan üç fazlı senkron motorlarda bir sürekli mıknatıs rotoru bulunur. Bu tür motorlar tekstil makinelerinde kullanılmaktadır. Tek fazlı alternatif akımda işletilen senkron motorlarda doğru akımlı uyarı kullanılmaz. Bu gibi motorlardan elektrikli saatlerin (senkron saatler) ve kaliteli pikapların işletilmesinde yararlanılmaktadır.⁷

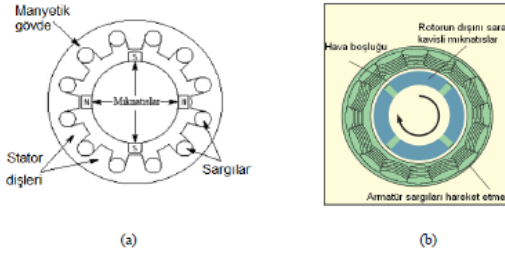
1.2.6. Fırçasız DC Motorlar

Bu motorlara fırçasız denmesinin nedeni adından da anlaşıldığı üzere fırçaların ve kollektörün bulunmamasıdır. İngilizce, Brushless DC’ nin kısaltması BLDC olarak da anılır. Temel prensip ve çalışma şekli fırçalı DC motorla aynıdır. Şekil 1.29’ da da açıkça görüldüğü gibi tek fark bobinlerin motorun gövdesinde, sabit mıknatısların ise rotorda bulunmasıdır. Şekil 1.30.a’ da fırçasız DC motorun prensip şeması ve Şekil 1.30.b’ de içyapısı görülmektedir.



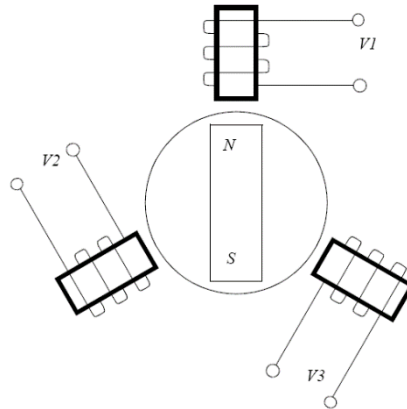
Şekil 1.29: Fırçalı ve fırçasız DC servo motorların yapıları

⁷ www.lmphotronics.com



Şekil 1.30: a) Fırçasız bir DC motorun prensip seması, b) içyapısı

Bu motorda rotor ve stator yer değiştirmiştir. Bunun avantajı, fırça ve kolektör sisteminin kalkması, dolayısı ile sürtünmeden ve fırça/kolektör ikilisinin oluşturduğu dirençten dolayı oluşan elektrik/mekanik kayıpların ortadan kalkmasıdır. Aynı zamanda bu tasarım, mekanik olarak kontrol edilmediği için bobinlerin sayısının artırılmasına da izin verdiğinden, bu motorlardan çok yüksek moment almak mümkündür. Dezavantajı ise kolektörün yerini elektronik bir devrenin alması; yani motorun çalışabilmesi için ek donanımlar gerektirmesidir. Kolektör/Fırçasistemi ile kolayca elde edilen bobinlerin sıralı enerjilendirilmesi, elektronik devreler tarafından yapılmalıdır. Bu da motoru kullanmak isteyen kişilere ek maliyet getirmektedir. Fırçasız motorlar, AC veya fırçalı DC motorlardan farklı değildirler. Fırçasız DC motorların da hareketi dolayısıyla momenti üretebilmeleri manyetik alanların etkileşimine dayanmaktadır. Tipik bir fırçasız DC motor Şekil 1.31’ de görüldüğü gibi her birine gerilim uygulanmış üç stator kutbuna sahip olabilir. Bobinlerin her birisi ayrı ayrı kontrol edilir. Bobinler, sabit mıknatıslı rotoru çekmek veya itmek için anahtarlanırlar.

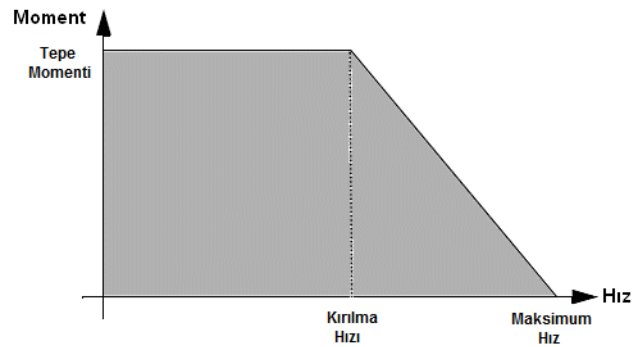


Şekil 1.31: Fırçasız bir DC motor

Fırçasız motorların çalışma prensibi, uygun zamanda rotor sargılarını döndürmek veya durdurmak için yarıiletken anahtarların anahtarlanma prensibine dayanmaktadır. İşlem,

elektronik komütasyon olarak bilinmektedir. Mekanik komütasyonun yerine rotorla sargı akımlarını senkronize bir şekilde tutan yarı-iletken anahtarlı elektronik komütasyonla çalışmaktadırlar. Sonuç olarak, moment üretmek için kontrolör motorun pozisyonuna karşı hassas olmalıdır. Bunu yapmanın bir yolu, pozisyona yaklaşmak için maliyetli olmayan sensörler kullanmaktır. Bu metot “altı adımlı komütatör” olarak bilinmektedir. Biraz sağlam olmayan bir metottur ancak çalışmaktadır. Daha karmaşık olan metot, optik enkoderden geri besleme veya benzeri olan “sinüs dalga komütasyonu” na dayanmaktadır. Burada, kontrolör çıkış momentini düzgün ve kusursuz bir şekilde koruyarak, motor akımını büyük bir çözünürlükte ayarlamaktadır.

Fırçasız DC motorları sürekli döndürebilmek için stator bobinlerindeki akım sürekli değiştirilmelidir. Eğer bobinlere uygulanan gerilim üç fazlı sinüs dalga şekilli AC bir gerilim ise motor sürekli döner. Uygulanan gerilim benzer bir etki yapan trapezoidal dalga şeklinde olabilir. Değişen dalga şekilleri, anahtarlama zamanlarını seçmek için motordan pozisyon geri beslemesi kullanan kontrolörlerdir. Motorun hızı, sinyalin frekansı ile orantılıdır. Fırçasız bir DC motorun moment-hız eğrisi Şekil 1.32’ de görülmektedir.



Şekil 1.32: Fırçasız bir DC motorun moment - hız eğrisi

Tipik bir fırçasız DC motorda rotor, 4 kutuplu sabit bir mıknatıstan ve daha küçük bir sensör mıknatısından oluşmaktadır. Diğer taraftan stator üç fazlı Y bağlı sargılar ve üç adet Hall etkili sensörler içermektedir. Sensör mıknatısı, milin pozisyonunu göstermek için Hall etkili sensörü kapatır ve açar. Bu bilgiyle, kontrolör optimum zamanlama noktalarında her bir sargıyı akımla anahtarlayabilir. Şekil 1.33’de fırçasız bir DC motorun içyapısı görülmektedir.

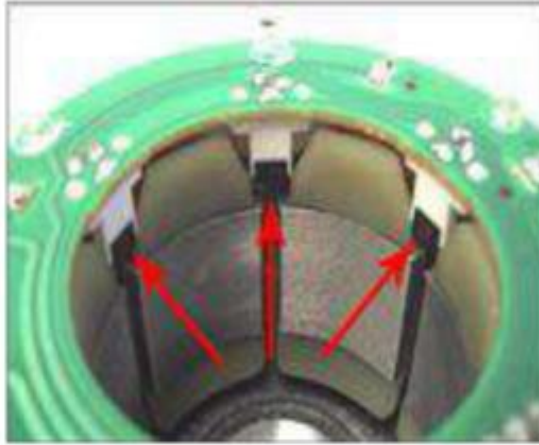


Şekil 1.33: Fırçasız bir DC motorun içyapısı

Fırçasız DC motorlar; sensörlerin, mıknatısların ve sargı akımını anahtarlama yarayan elektronik elemanların kombinasyonuna dayanır. Bu parçalar standart DC motorlarda kullanılan mekanik komütatörlerle benzer fonksiyonu gösterirler ancak arada fiziksel bir bağlantı yoktur. Onlar sadece sürtünmesiz olmayıp aynı zamanda temiz (karbon tozu yoktur), sessiz (elektrik gürültü) ve bakıma gereksinim duymazlar. Fırçasız servo motorlarda rotorun pozisyonunun nerede olduğunun bilinmesi için sensörler kullanılır. Servo motorlarda milin nerede olduğunun; doğru sargıya doğru zamanda ve doğru yönde enerji uygulanması yönünden bilinmesi şarttır. Milin nerede olduğunun bilinmesi için genelde iki tip sensör kullanılır.

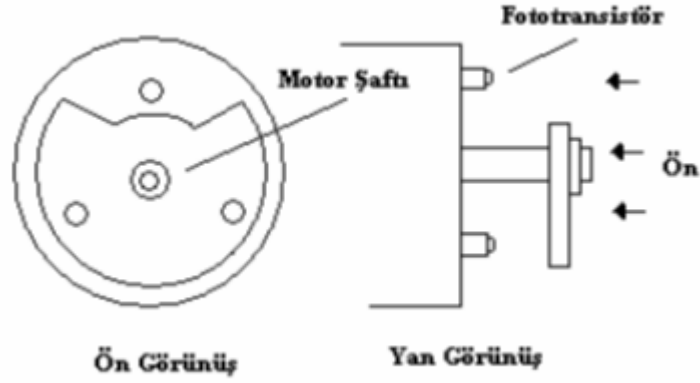
- Alan etkili sensörler (Hall effect sensors)
- Foto sensörler

Alan etkili bir sensöre manyetik bir eleman yaklaştırıldığında çıkışında bir gerilim üretilir. Bu gerilim 1 ya da 0 dır. Alan etkili sensörler genellikle pahalı elemanlar olduklarından daha ziyade küçük gerilim ve küçük güçlü uygulama alanlarında kullanılırlar. Şekil 1.34’ de alan etkili sensörün fırçasız DC motordaki yeri görülmektedir.



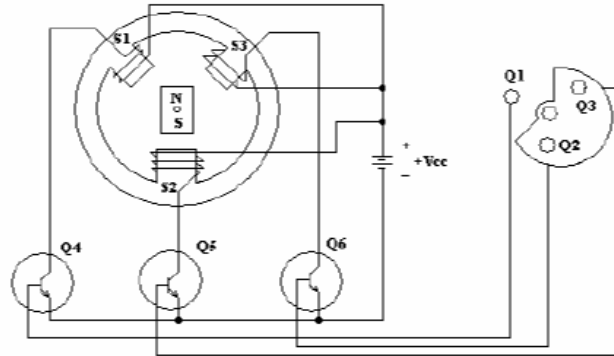
Şekil 1.34: Alan etkili sensörün BLDC motordaki yeri

Şekil 1.35’ den de anlaşılabacağı gibi ışık kaynağının, ışığı şaft miline bağlı özel bir biçimde şekillendirilmiş bir parça ile kesilir. Bu düzenek sayesinde uygun transistör uygun zamanda iletken yapılarak uygun bobinden gerekli akımın geçişi sağlanır.



Şekil 1.35: Foto transistörlü motorun şaft görünüşleri

Üç fazlı stator kutuplu bir servo motorun foto sensörlerle çalıştırılmasına ait devre Şekil 1.36’ da verilmiştir. Bu devrede 3 adet foto transistör, motor arka kapağına 120’ser derece aralıklarla yerleştirilmiştir. Kaynaktan gelen ışığı kesen parça motor miline her durumda 2 transistörün ışığını kapatacak, sadece birine ışık gönderecek biçimde monte edilmiştir. Foto transistörler de kutup sargılarının enerjisini temin edecek diğer transistörleri ilettime geçirir.



Şekil 1.36: Fırçasız DC servo motorun foto transistörlerle çalıştırılması

Aynı güçteki bir motora oranla daha küçük, daha hafif olması, sağlıklı devir kontrolü yapılabilmesi, ek maliyeti azaltabilir. Buna rağmen elektronik sensörlerin, fırça/kollektör ikilisi kadar hassas olamaması bu tip motorların kullanım alanını kısıtlamıştır.

· *Fırçalı ve Fırçasız DC Motorların Karşılaştırılması:*

Fırçasız motorların bir avantajı küçük boyutlarıdır. Fırçalı motorlar birçok nedenden dolayı oldukça büyüktürler. Bunlar,

· Komütatör düzenini çıkarmak alan kazandırmaktadır.

· Fırçasız motorlardaki sargılar direkt soğutmaya izin vermek için dışarıda sıkı bir şekilde iskelete tutturulmuşlardır.

· Fırçalı motorlar, fırça sürtünmeleri ve fırçalardaki gerilim düşümleri nedeniyle oluşan güç kayıplarından dolayı verimi düşürmektedirler. Ayrıca fırçasız motorlarda daha az rotor ataleti vardır çünkü dönen mıknatıs düzeni, fırçalı bir motorun endüvisinden daha hafiftir.

Fırçalı motorların bazı avantajları da vardır. Fırçasız motorlar daha fazla elemana ve kabloya gereksinim duymaktadırlar. Özellikle kontrolün, sistem maliyetinin daha büyük bir bölümü olduğu küçük güçlerde kontrolörden dolayı maliyet daha fazladır. Bazen fırçasız motorlar, fırçalı motorlar kadar düzgün moment üretememektedirler. Bunun nedeni çoğunlukla kullanılan sensördeki yaygın ofset hatasının sebebiyet verdiği moment dalgalanmalarıdır. Fırçalı motorlar daha kolay sürülebilirler, bir pozisyon sensörüne ihtiyaç duymazlar, kullanılan sensörün ofseti moment dalgalanmalarına neden olmaz ve özellikle düşük güçlerde daha ucuzdurlar. Fırçasız motorlar daha güvenilirlerdir ve bakımı azaltmışlardır. Ark yapmazlar, küçük boyutludurlar ve daha düşük rotor ataletine sahiptirler. Fırça sürtünmesi, gürültüsü ve karbon parçaları yoktur. Bu yüzden ivmenin ve sabit momentin önemli olduğu servo sistemlerde fırçasız motorlar daha çok uygulama alanı bulmuşlardır.

1.3 SERVO MOTORUN MEKANİK BAKIMI

Servo motorların daha uzun süreli ve daha etkin kullanılması için periyodik olarak bakımları yapılmalıdır.

1.3.1 Servo Motoru Sökme

Servo motorların bakımına servo motorun ilk olarak uygun bir şekilde sökülmesi ile başlanır.

a) Servo Motorların Kapaklarının Sökülmesi

Servo motorun söküm işleri diğer elektrik motorlarında olduğu gibidir. Farkı; geri besleme düzeneği, firen ve başka bir motor tarafından soğutma düzeneklerinin olmasıdır. Motoru sökmeye başlamadan, motorun sökülen parçalarının karışmaması veya kaybolmaması için bir tane bölmeli kutu ayarlayıp sökme sırasına göre kutuya yerleştirilir. Kendinizce de ayrı teknikler geliştirebilirsiniz.

Aşağıdaki resimlerde de görüldüğü gibi servo motorun kapaklarını sökmek için gerekli vidaların sökülmesi yeterlidir. Motorun cinsine göre vida sayısı veya büyüklükleri değişebilir. Bu motorlarda kullanılan vidalar genelde tornavida kullanılarak sökülür. Motorun

sökülmesi; mil (şaft) kısmından ve geri besleme elemanlarının olduğu kısımlardan yapılır. Servo motorun söküm işlemleri diğer elektrik makinelerinde olduğu gibi yapılır.

Şekil 1.37’de görüldüğü gibi motorun mil kısmının sökülmesi için vidaların çıkarılması yeterlidir. Dikkat edilmesi gereken motorun geri besleme elemanlarının olduğu yüzeydeki kısımların sökülmesidir. Şekil 1.38’de geri besleme kısmı görülmektedir. Motorun en dış kapağı sökölünce geri besleme kısmı olan Şekil 1.38 gözükür. Bu gözüken kart geri besleme elemanının kartıdır. Kartın vidaları sökölüp kart üzerindeki sinyal soketi de çıkarılırsa karşımıza Şekil 1.39’da görülen kısım gelir. Bu kısım geri besleme elemanıdır. Buradaki gerekli vidalar sökölünce motorda hangi geri besleme elamanı kullanıyorsa o karşımıza çıkar. Bundan sonraki kısımlar motor çeşidine göre değişir.

Burada unutulmamalıdır ki servo motor çeşidine göre sökölünecek kısımlar ve parçalar değişim gösterebilir. Bazı motorlarda nadiren de olsa geri besleme elemanı motor üzerinde olmayabilir. Bazı motorlarda fren düzenekleri olabilir.



Şekil 1.37: Fırçasız servo motorun mil kısmının görünüşü



Şekil 1.38: Fırçasız servo motorun geri besleme kısmı



Şekil 1.39: Motorun geri besleme kartının sökülmüş hali

b) Servo Motorların Rulmanların Kontrol Edilmesi

Servo motorun rulmanları, diğer elektrik motorlarında olduğu gibidir. Rulmanlar; motorun tipine, yük büyüklüğüne, hızına, motorun mil çapına göre değişir. Genelde bilyeli rulmanlar kullanılır.

Servo motorda en sık rastlanan arızalardandır. Çeşitli nedenlerle arızalanan bir rulman gürültülü çalışarak arızasını belli eder. Bununla birlikte çeşitli yöntemlerle rulman arızaları tespit edilebilir.

Eğer rulmanlar düzenli kontrol edilmezse

- Motor milini sıkıştırarak motora zarar verebilir
- Motorun endüvi veya rotorunun, motor iç yüzeyine sürtmesine neden olabilir Bu da hem rotor veya endüviye hem de motor yüzeyine zarar verebilir. Genelde rotorda oluşan arızaların en önemli nedeni budur.

Rulmanların kontrolü için:

- Rulmanın gürültüsünü tespit etmek için; gürültü dinleme aleti,
- Rulman sıcaklığını tespit için; sıcaklık ölçüm tabancası, enfraruj termometre,
- Rulman titreşimini tespit için; titreşim ölçüm cihazları kullanılır.

c) Servo Motorların Rulmanlarının Çıkartılması

Rulmanların sökülmesi diğer elektrik motorlarında olduğu gibi yapılır. Çeşitli rulman sökme yöntemleri vardır. Bunlar:

1. *Çektirme ile sökme:* Aşağıda Şekil 1.40 çeşitli ebatlarda çekirme gözükmektedir. Şekil 1.41'de çekirme ile rulmanın sökülmesi görülmektedir.



Şekil 1.40 :Çektirme



Şekil 1.41: Çektirme ile rulman sökümü

2. *Hidrolik sistemlerle sökme:* Aşağıda resim 1.42’da hidrolik basınç uygulayarak rulmanın sökülmesi görülmektedir.



Şekil 1.42: Hidrolik basınç uygulama makinesi

3. *Rulmana ısı uygulayarak sökme*: Özel ısıtma makineleri ile rulman ısıtılarak sökülür.

d) DC Servo Motor Stator Gövdesi İle Sargıların Kontrolü Ve Sarımı

Bu motorlar, klasik DC motorlar gibi endüktör, endüvi, gövde, fırça ve kolektörden meydana gelir. Temel çalışma prensibi klasik DA motorları ile aynıdır. Farkları geri besleme düzeneğinin olmasıdır. Bunların endüktörü kalıcı mıknatıslı veya alan sargılı olarak yapılabilir. Motor kontrolü endüviden veya alan sargısından yapılabilir. Alan kontrollü DC servo motor normal DC şönt motor gibidir.

DA servo motorlar, yabancı uyartımlı DA motorlar veya sabit mıknatıslı DA motorlardır.

Sabit mıknatıslıda çeşitli nedenlerle (endüvinin kutuplara sürtmesi gibi) sabit kutuplar zarar görebilir. Alan sargılıda ise sargılar yanabilir. Sargı yanıkları gözle fark edilirler. Sargıların kontrolü bir avometre ile normal DA motorlarında olduğu gibi yapılır. Sargılar motor gücüne göre tel çapları ve sipir sayıları değişir.

Endüvideki sargılar yine bildiğimiz DC motorun endüvi sargıları gibi yapılır. Kollektör ve fırçalar yine DC motorun kollektör ve fırçaları gibidir. Bu motorun en çok arıza yapan kısımları kollektör ve fırçalardır. Sürekli bakıma ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden pek kullanılmazlar.

e) Fırçasız DC Servo Motor Stator Gövdesiyle Sargıların Kontrolü ve Sarımı

Fırçasız servo motorda DC motorda bulunan doğrultucu devreler yoktur. Bununla birlikte rotor pozisyonuna uygun olacak şekilde akım akışını sağlayan ve besleme kaynağını kontrol eden bir devre motor kontrol sistemi bulunur. Fırçasız DC servo motorlar, DC servo motorların bakım gereksinimlerini ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bunlarda fırça ve kollektörler olmadığından rotorları özel bileşimlerden yapılmış sabit mıknatıslıdır.

Fırçasız DC servo motorların sargıları üç faz sarılır ve üç faz uygulanır. AC servo motorlara üç fazlı AC uygulanır. Sargıları, asenkron motor ve senkron motor sargıları gibi yapılır.

Fırçasız servo motorlarda rotorun nerede olduğunun bilinmesi için sensörler kullanılır. Servo motorlarda shaftın nerede olduğunun; doğru sargıya doğru zamanda ve doğru yönde enerji uygulanması yönünden bilinmesi şarttır. shaftın nerede olduğunun bilinmesi için genelde 2 tip sensör kullanılır.

4. Alan etkili sensörler (Hall effect sensors)
5. Foto sensörler

Bu sensörler de zamanla arıza yapabilir. Arızalı sensörler genelde tamir edilmezler, yenileriyle değiştirilirler.

f) AC Servo Motor Stator Gövdesi ve Sargıların Kontrolü, Sarımı

AC servo motorlar, iki faz AC servo motor ve üç faz AC servo motor olarak iki şekildedir.

Aslında iki fazlı AC servo motorlar, iki fazlı sincap kafesli asenkron motordur. Farkı ise servo motorun rotoruna yüksek direnç özelliği kazandırılmıştır. AC servo motorların rotorları sabit mıknatıslıdır.

İki fazlı AC servo motorun temel parçaları:

- Faz sargısı (stator sargısı)
- Sincap kafesli rotor
- Kondansatör
- Düşürücü çarklar
- Takometre
- Söndürücü
- Fren

İki fazlı AC servonun statorunda referans ve kontrol sargısı olmak üzere iki adet sargı vardır. Sargı eksenleri arasında 90° lik elektriksel açı vardır. Referans sargısına sabit AC, kontrol sargısına genliği ayarlanabilen AC kaynak bağlanır.

Üç fazlı AC servo motorun statoru, daimi mıknatıslı senkron motorun statoru gibi olup üç fazlı sargılar sarılarak sargılara üç faz AC uygulanır. Rotor pozisyonu ile uyumlu olacak şekilde üç fazlı AC, stator sargılarına uygulanırsa statorda döner manyetik alan oluşur. Manyetik alan senkron hızda döner ve senkron hız formülü asenkron motorun senkron hız formülüyle aynıdır.

Üç fazlı AC servo motorlar, üç fazlı asenkron motor ve senkron motor gibidirler. Üç fazlı AC servo motorların sargılarının kontrol edilmesi ve sarılmaları, asenkron ve senkron motor ile aynıdır.

Üç fazlı AC servo motorda üçgen ve yıldız bağlantı yapılır. Yıldız veya üçgen bağlantı sargı içinde yapılır, klemens kutusuna (bağlantı kutusu) çıkartılmaz.

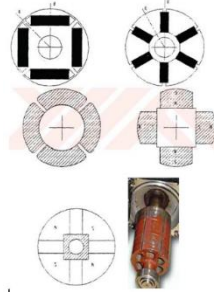
g) Servo Motorların Rotor Yüzeyinin Kontrol Edilmesi ve Onarılması

Sanayide kullanılan servo motorların büyük çoğunluğu fırçasız servo motorlardır. Bunların rotorları sargısız ve sabit mıknatıslıdır. Rotor mıknatısları genelde silindirik ve çıkıntılı kutuplu olmak üzere iki çeşittir.

Fırçasız servo motorun rotoru genelde arıza yapmaz. Rotor arızaları genelde rotorun stator yüzeyine sürtmesi ile mıknatıslarda kırılmalar olabilir. Mıknatıslar bazen de manyetik kuvvetten dolayı da kırılabilirler. Diğer bir sorun da rotor mıknatıslarının mıknatıslık

özelliklerinin azalmasıdır. Bu durumlarda kırıklar yenileri ile değiştirilir. Mıknatıslık özellikleri azalanlarda yeniden bu özellikleri test merkezlerinde kazandırılır.

Fırçasız servo motorlarda kalıcı sabit mıknatıslar rotor yüzeyine tutturulur. Aşağıda Şekil 1.43’de fırçasız servo motorun rotor çeşitleri görülmektedir.



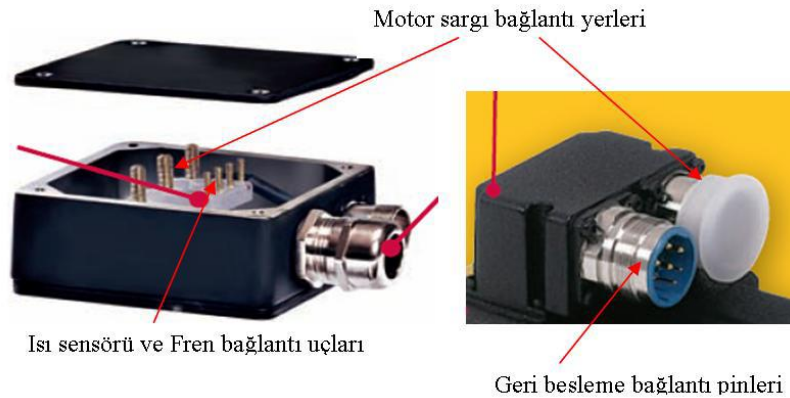
Şekil 1.43: Fırçasız servo motorun rotor yapıları ve görüntüsü

1.3.2 Servo Motorun Bakımı

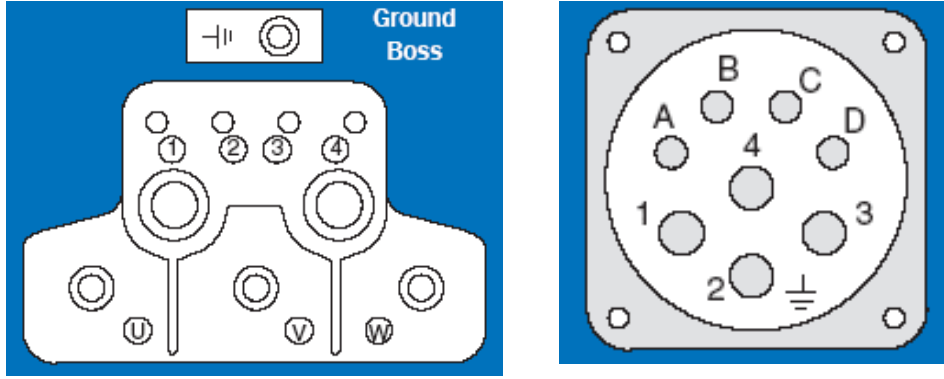
Servo motorun bakımı güç soketi, sinyal soketi ve geri besleme elemanlarının kontrol edilmesi ve onarılması ile gerçekleştirilir.

1.3.2.1. Servo Motorun Güç Soketinin Kontrol Edilmesi ve Onarılması

Genelde güç soketlerinin bağlantı yerlerinde arızalar oluşur. Bu arızaların sebebi güç kablolarının tam temas etmemesi sonucu oluşan arklardır. Bu arklar ısınmaya dolayısıyla yanmalara neden olur. Bu yanmalar gözle fark edilirler. Hasara göre ya tamir edilir veya yenisi ile değiştirilir.



Şekil 1.44: Sevo motor bağlantı kutusu

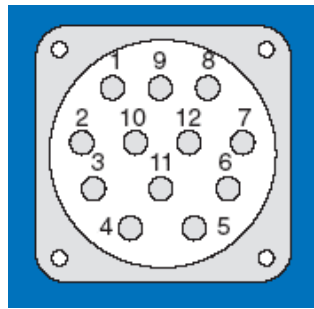


Şekil 1.45: Standart fırçasız servo motor güç bağlantı kutusu

- 1 ve 2 –Sargı ısı sensörü uçları
- 3 ve 4-İsteğe bağlı fren bağlantısı
- U, V ve W-Üç faz bağlantısı

1.3.2.2. Servo Motorların Sinyal Soketinin Kontrolü ve Onarılması

Geri besleme elemanlarından gelen kablo sayıları 4 ile 16 arasında değişir. Geri besleme elemanlarının soket bağlantıları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Şekil 1.46'da geri besleme elemanı olarak resolver kullanıldığında sinyal soketi bağlantısı. Şekil 1.47 ise geri besleme elemanı olarak enkoder kullanıldığı durumdaki sinyal bağlantıları görülmektedir.

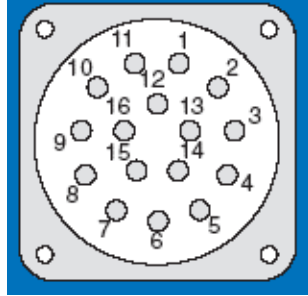


Şekil 1.46: Standart 12 pinli resolver (geri besleme elemanı) bağlantı soketi

- ✓ 12 pinli resolver (geri besleme elemanı) bağlantı soketinin isimleri

- 1 -- REF HI R1
- 2 – REF LO R2
- 3 – COS + S1
- 4 – COS – S3

- 5 – SIN + S2
- 6 – SIN – S4
- 7,8,9,10,11,12 – boş uçlar
-



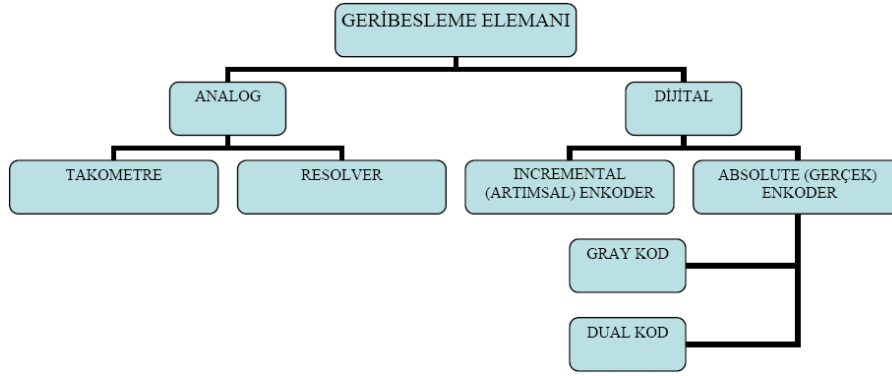
Şekil 1.47: Standart 16 pinli enkoder (geri besleme elemanı) bağlantı soketi

- ✓ 16 pinli enkoder (geri besleme elemanı) bağlantı soketinin isimleri
- 1- DC + 5V 9 – AÇIK
- 2 – Toprak 10- Kanal U
- 3 – Kanal A 11- Kanal U
- 4 – Kanal A 12- Kanal V
- 5 – Kanal B 13- Kanal V
- 6 – Kanal B 14- Kanal W
- 7 – Kanal Z 15- Kanal W
- 8 – Kanal Z 16- Boş UÇ

Geri besleme soketlerinde genelde pek arızalar oluşmaz. Daha çok soketlerin takılıp çıkarılmaları esnasında soket pinlerinde eğrilmeler ve kırılmalar olabilir. Bazen de geri besleme elemanlarından gelen kablolar pinlere bağlantı yerlerinden çıkabilmektedir. Çünkü motorun çalışması esnasında titreşimler oluşur. Bu da pinlerin gevşemesine ve kabloların çıkmasına yol açar.

1.3.2.3. Servo Motorların Geri Besleme Elemanlarının Kontrolü ve Onarılması

Servo motorlarda geri besleme elemanı olarak daha çok enkoder, resolver ve takometre kullanılır. Aşağıdaki şekil 1.48’de servo motorda kullanılan geri besleme elemanları görülmektedir.



Şekil 1.48: Servo motorda kullanılan geri besleme elemanları

1.3.3 Servo Motorun Tamiri İçin Gerekli Araç ve Gereçler

Bilindiği gibi çok çeşitli servo motorlar vardır. Bunların tamiri için ortak malzemeler;

- Değişik büyüklüklerde (yıldız, düz) tornavida
- Pense
- Segman penseleri
- Avometre
- Çektirme
- Hidrolik basınç makineleri
- Osiloskop
- Lehimleme malzemeleri
- Balans makinesi

Servo motorun sürücü devreleri ile birlikte arıza tespiti ve tamiri son derece zor bir iştir. Özellikle servo sürücülerin tamiri için özel cihazlara ihtiyaç vardır.⁸

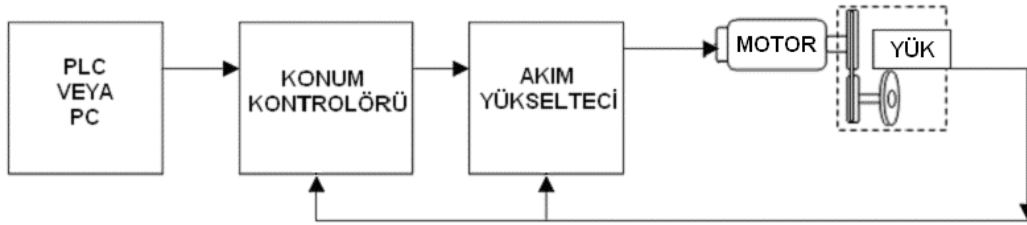
⁸ www.megep.com.tr

BÖLÜM 2

2.DİĞER SERVO SİSTEM ELEMANLARI

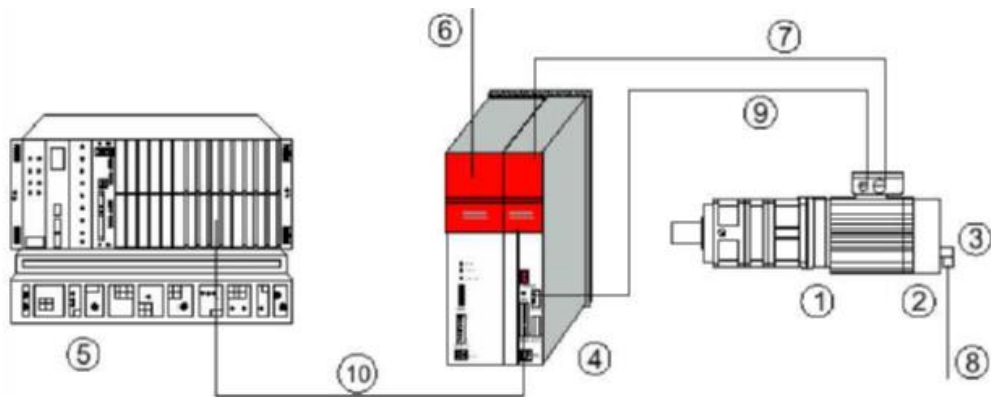
2.1. SERVO SİSTEM ELEMANLARI

Tipik bir servo sistemin blok diyagramı Şekil 2.1’ de görülmektedir. Servo sistemlerin çalışmasının anlaşılabilmesi için şekilde görüldüğü gibi; örnek bir uygulamada kullanılan elemanlara göre sistem, birimlere ayrılıp ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 2.1: Bir servo sistemin blok diyagramı

Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi bir PLC veya PC aracılığıyla yükün gitmesi istenilen ölçü, konum kontrolörüne bildirilmektedir. Konum kontrolörü içerisindeki devrelerle üretilen düşük düzeyli sinyaller, akım yükselteciyle yükseltilerek motora uygulanır. Motor aldığı sinyale göre yükü hareket ettirir. Yükün konumunu tespit edebilen bir geri besleme elemanı ile yükün konumu, konum kontrolörüne iletilir. Konum kontrolörü aldığı geri besleme sinyaline ve yükün gitmesi gereken pozisyon bilgisine göre sinyal üreterek, en kısa sürede ve en yakın şekilde yükü istenilen konuma getirir. Şekil 2.2’ de pratik bir servo sistemin ilgili birimleri görülmektedir.



Şekil 2.2: Servo sistemin birimleri

- 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) Enkoder kablosu (Sinyal kablosu)
- 10) Kontrol (Haberleşme) kabloları

Servo motor, aktarma organı ve yükten oluşan mekanik servo sistemin hız, moment veya pozisyon değişkenlerinden herhangi birinin bu değişkenle ilgili verilen referans değerine uygun olarak hareket ettirilmesini sağlayan elektrik makinesidir. Servo sürücü/kontrolör bir servo motorun hız, pozisyon ve momentini kontrol eder. Günümüzde kullanılan servo kontrolörler sayısal kontrolörlerdir. Sayısal kontrolörlerin analog kontrolörlere oranla aşağıdaki üstünlükleri vardır;

- Bilgisayar destekli uygulamaları kolaydır,
- Diğer birimlerle haberleşmeleri kolay ve güvenilirdir,
- İşaret işlemleri kolaydır,
- Çalışma koşulları sınırlarında uzun ömürlüdürler.

Genel olarak bir servo sürücü iki ana birimden oluşur.

- Güç kaynağı birimi (power supply module)
- Eksen birimi (axis module)

Güç kaynağı birimi, sürücü için gerekli besleme gerilimlerinin yanı sıra, eksen kontrolleri için gerekli güçleri, servo motor frenleme gerilimini, sürücü ve sistemi koruyacak birçok koruma düzeneği ile standart bir haberleşme kapısına (RS 232 / RS 485) sahiptir.

Eksen birimi ise servo motorun hız, pozisyon ve momentini kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir. Günümüzde kullanılan birçok servo sistem, servo motorun yanı sıra bu sistemde kullanılabilecek diğer yardımcı motor, sensör, anahtar ve diğer elemanların da kontrolü için gerekli; sayısal giriş/çıkış, analog giriş/çıkış ve kontrol elektronikğine de sahiptirler. Başka bir deyişle ayrıca bir PLC' ye (Programmable Logic Controller = Programlanabilir sayısal kontrolör) gerek kalmaksızın sistemin kontrolünü yapabilecek elektronik donanım ve yazılıma sahiptirler.

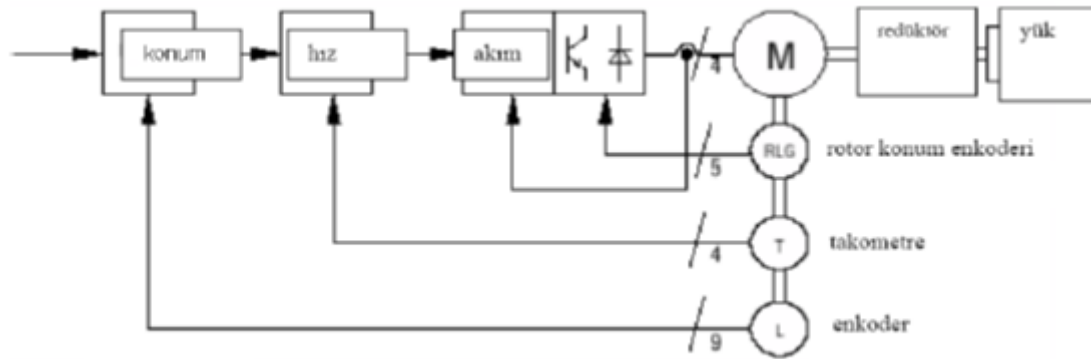
Servo motor sürücüleri, DC servo sürücüler ve AC servo sürücüler olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Günümüzde çeşitli üretici firmalar tarafından üretilen çok farklı işlevlere ve güçlere sahip servo motor sürücüleri bulunmaktadır. Her üretici firmanın kendine özgü geliştirdikleri teknik ve özellikleri olmasına rağmen, tipik bir servo sürücüde ortak özellikler bulunur.

2.1.1. DC Servo Sürücüler

Bir DC servo motorun hızı, gerilim değiştirilerek kontrol edilir. Geri besleme elemanları motor hızını tespit eder ve hızı set edilen değerde veya bu değere yakın tutmak için çıkış geriliminin artırılması veya azaltılması yoluyla kontrole bilgi gönderirler.

Darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile çalışan, genellikle analog ya da dijital sürücülerdir. Geri besleme olarak tako jeneratör, hall sensörü veya artırımli enkoder kullanılır.

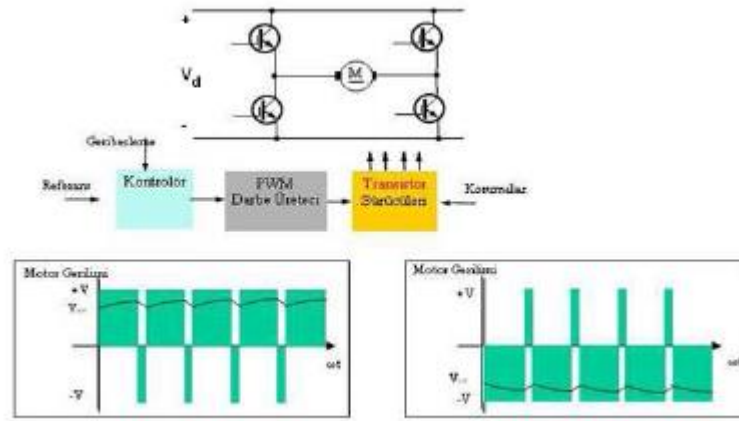
Dinamik performansı düşük, kullanımı kolay ve ucuz sürücülerdir. Uygulanacak kontrol yöntemi, seçilen motor türüne doğrudan bağlıdır. Bir servo sistem ile kontrol edilen DC motorun blok diyagramı Şekil 2.3' deki gibidir.



Şekil 2.3: DC servo motor kontrol blok diyagramı

Blok diyagramda da görüldüğü gibi, bir DC servo sistemdeki motorun iki temel büyüklüğünün bilinmesi ve kontrol edilmesi gerekir. Bunlardan biri motorun o andaki hızı, diğeri ise motor milinin konumudur. Motor hızı, birer takometre veya enkoder ile ölçülür. Motor mili konumu ise motor konum enkoderi (resolver) ile ölçülür ve genellikle doğrudan motor miline akuple edilmiştir. Bazı uygulamalarda ise motor miline binen moment kontrol edilmek istenir. Bunun için ise motorun çektiği akım miktarı kullanılır.

Pratikte 0,1–250 kW ile 40.000 NM güçlerde servo motorlar üretilmektedir. Seçilecek motor gücü hareket ettireceği mekanik yük aracılığı ile hesaplanır. Şekil 2.4' de PWM kontrollü dört bölgeli bir DC servo motor sürücü devre şeması ve gerilim dalga şekli görülmektedir.



Şekil 2.4: PWM kontrollü DC servo motor sürücü devre seması ve gerilim dalga şekli

2.1.2. AC Servo Sürücüler

Sinüzoidal darbe genişlik modülasyonu (SPWM) ile çalışan, analog veya dijital yapıda sürücülerdir. Geri besleme olarak hall sensörü, resolver, artırımli enkoder veya mutlak (sin/cos) enkoder kullanılır. Dinamik performansı yüksek, kullanımı bilgi gerektiren ve DC servo sürücülere göre daha pahalı sürücülerdir.

Bir AC servo motorun hızı aşağıdaki denklem ile hesaplanır;

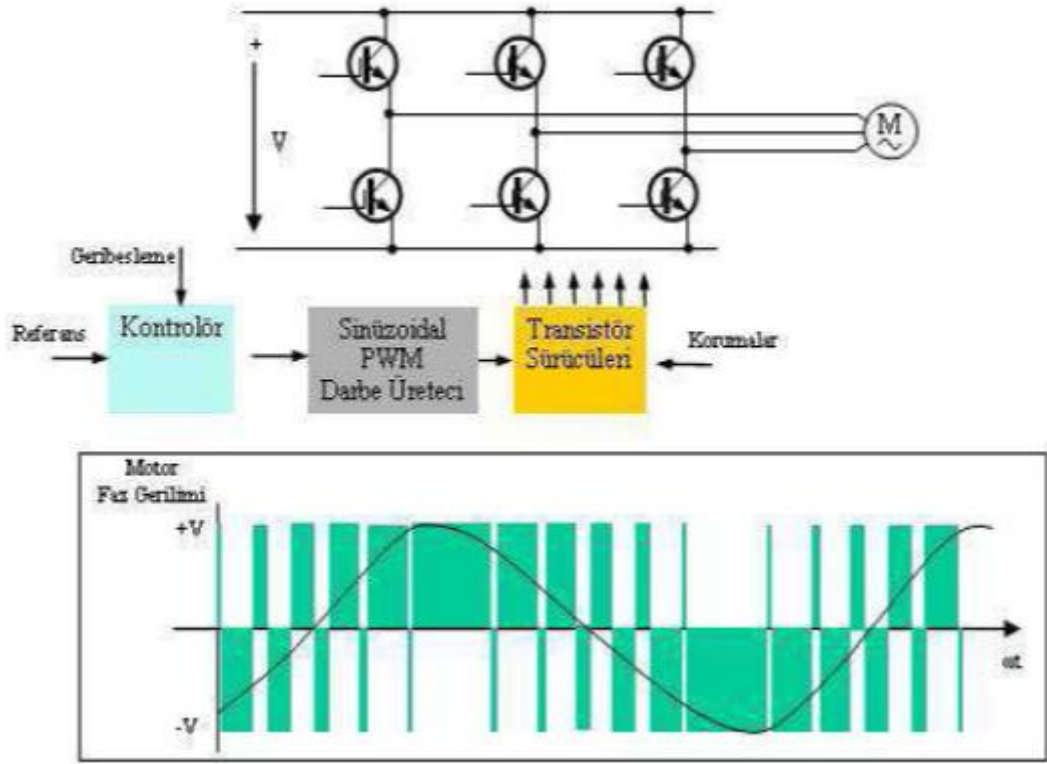
$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (2.1)$$

Bu denklemde n, motorun devir/dakika olarak hızıdır. Tipik servo motorlar için bu değer 2000, 3000, 4500 d/d değerlerindedir. f: uygulanan gerilimin frekansıdır. Birimi hertz (Hz.) dir. Tipik bir uygulama için değeri 100, 150, 225 Hz. dir

p: Stator kutup çifti sayısıdır. 6 kutuplu bir servo motor için değeri 3' dür.

Bir asenkron servo motorun yapısı ve çalışma ilkesi klasik bir asenkron motor veya DC motor ile aynıdır. Asenkron servo motorunun statoruna uygulanan gerilim, rotora döndürme yönünde bir elektromanyetik etki yapar ve bu etki ile motor döner. Servo motor hız kontrolü, diğer motorlarda olduğu gibi uygulanan gerilimin frekansı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle motor hızının kontrolü için sürücüler ile frekans değiştirme yöntemleri uygulanır. Motor hızının istenen değerde kararlı kalabilmesi için de P, PI, PID kapalı çevirim kontrol

yöntemleri kullanılır. Üç fazlı AC servo motor devre seması ve faz gerilim dalgası değişimi Şekil 2.5’ de verilmiştir. İnverterlerde kullanılan transistörler rotor konum bilgisine göre uygun sırada ilettime veya kesime geçirilerek motor kontrolü yapılır.



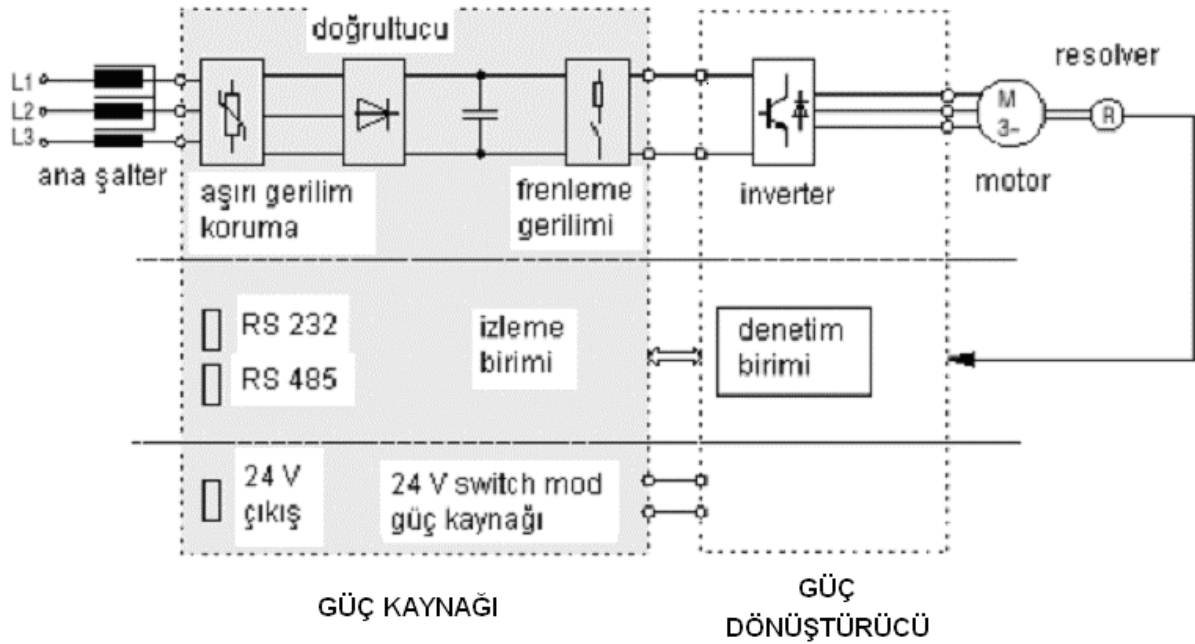
Şekil 2.5. Üç fazlı AC servo motor sürücüsünün devre seması ve faz geriliminin değişimi

2.2. SERVO SÜRÜCÜ TEMEL BİRİMLERİ

AC ve DC servo sürücülerinin temel birimlerini güç kaynağı, güç dönüştürücü ve geri bildirim elemanı oluşturur.

2.2.1. Güç Kaynağı

Servo motor sürücüsünün güç kaynağı, bir kontaktör veya şalter üzerinden ana besleme gerilimine bağlanır. Güç kaynağı biriminin genel blok diyagramı Şekil 2.6’ daki gibidir.



Şekil 2.6: Bir servo sürücüsünün blok diyagramı

Asırı gerilim koruması: Besleme geriliminde oluşan gerilim dalgalanmalarına karşı sürücü sistemini korur,

Doğrultucu: Üç fazlı köprü doğrultucu devresidir. AC gerilim frekansının değiştirilmesi için öncelikle doğru gerilime çevrilir.

Frenleme gerilimi: Servo motorun durma anında ters gerilim verilerek, tam olarak istenen noktada durmasını sağlar. Verilen bu ters gerilimin sönmülendirilmesi için motora bir frenlenme omik direnci bağlanırsa daha iyi bir sonuç alınır. Özellikle yüksek güçlü ve ataletli sistemlerde bu bir zorunluluk haline gelir.

İzleme birimi: Bu birim çeşitli sürücü parametrelerinin merkezi bir kontrol noktasından izlenmesini sağlar. Örneğin; sürücü akımı, gerilimi, motor sıcaklığı gibi parametreler bu birim aracılığı ile izlenebilir.

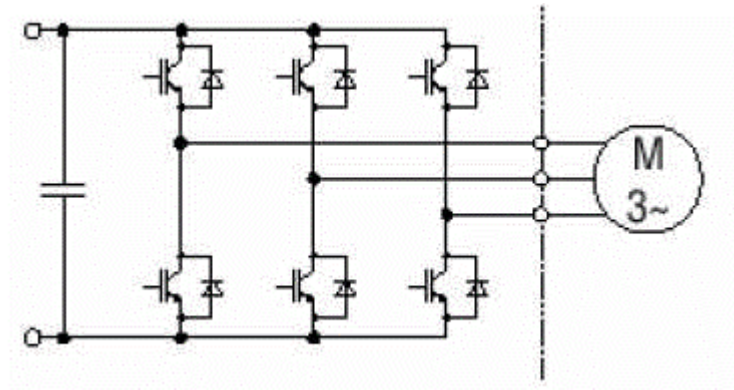
Anahtarlama güç kaynağı: Sistem gereksinimi olan 24 V' luk gerilimi anahtarlama mod olarak sağlayan birimdir. Uygulamada bu gerilim, sürücü dışındaki çeşitli birimlerin beslenmesi için de kullanılır.⁹

⁹ www.mersin.edu.tr

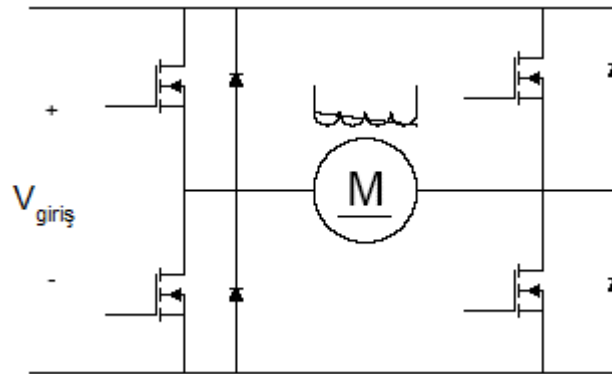
2.2.2. Güç Dönüştürücü

Bu birim, bir servo sistemde eksen kontrolü için gerekli gerilimi, geri besleme elemanı ve kontrol yöntemi aracılığı ile üretir. Bu birimde, güç biriminde doğrultucu ile DC' ye çevrilen gerilim tekrar AC gerilime çevrilir ve frekansı isteğe göre değiştirilir. Şekil 2.7' de DC gerilimi AC gerilime çevirme modülü (inverter) görülmektedir.

Sekil 2.8' de ise bir DC servo motoru sürmek için kullanılan dört bölge bir DC-DC dönüştürücü devresi görülmektedir.



Şekil 2.7: DC gerilimi AC gerilime çevirme modülü



Şekil 2.8: DC gerilimi DC gerilime çevirme modülü

Yukarıda anlatılan donanımlara sahip sürücüler, çeşitli kontrol yöntemleri kullanırlar. Aşağıda, uygulamalarda sıkça kullanılan kontrol yöntemleri belirtilmiştir.

- Sistemde kullanılan motor parametreleri (motor türü, gücü, akımı, koruma yöntemi vb.)

- Referans işaret değerleri (sistemin başlangıç, bitiş ve sınır değerleri),
- Sistem bağlantıları ve hangi girişin ne amaçla kullanıldığı,
- Sistemde kullanılan ek birimlerin özellikleri (ağ haberleşme birimi, frenleme birimi gibi).¹⁰

2.2.3. Geri Besleme Elemanı:

Elektrik mühendisliği açısından bakıldığında büyüklükler, elektriksel büyüklükler (akım, gerilim, direnç) ve elektriksel olmayan büyüklükler olarak iki grupta toplanabilir. Üzerinde bir işlem yapmak ya da bir kontrol değişkeni olarak kullanabilmek için bu büyüklüklerin ölçümleri şarttır. Elektriksel olmayan büyüklükler çoğu zaman elektriksel büyüklüklere dönüştürülerek ölçülür. Elektriksel olmayan büyüklükleri elektriksel biçime dönüştürmek için dönüştürücülere ihtiyaç vardır. Enerjiyi bir biçimden başka bir biçime dönüştüren elemanlara “dönüştürücü” denir. Başka bir deyişle dönüştürücü (transduser), bir çeşit sezici eleman ya da cihazdır. Fiziksel veya kimyasal büyüklükleri elektrik, pnömatik, ya da hidrolik çıkışlara dönüştürür. Kullanım biçimine göre, dönüştürücüler genel olarak elektriksel ve mekaniksel dönüştürücüler olarak iki gruba ayrılır. Elektriksel etkiyle çalışan dönüştürücüler, girişlerine mekanik, kimyasal, ısı, elektromekanik vb. formlarda giriş yapılabilen ve bu formdaki giriş değişkenleri ile orantılı olarak elektriksel çıkış veren dönüştürücülerdir.

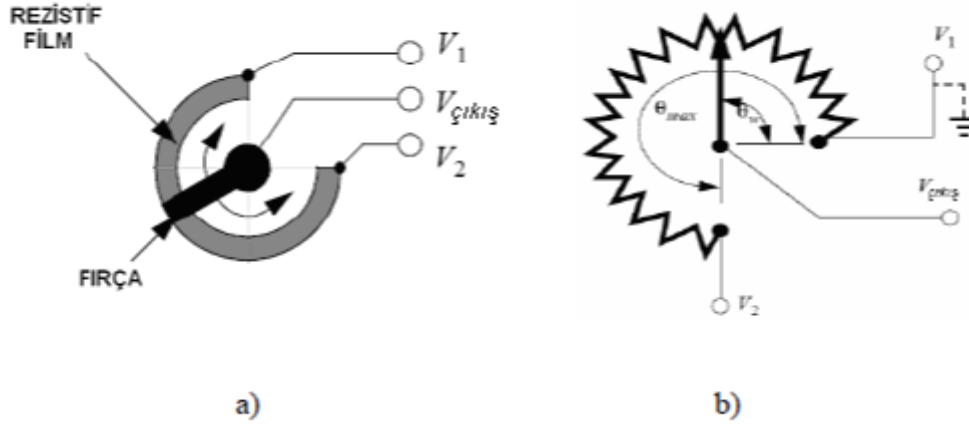
Kontrol edilecek ya da ölçülecek fiziksel büyüklükleri sezen ve elektriksel forma dönüştüren çok sayıda dönüştürücü mevcuttur. Geri besleme elemanı, bir servo sistemin hızını, motor milinin bulunduğu konumu ve yükün bulunduğu konumu ölçmek için kullanılır.

2.2.3.1. Potansiyometre

Potansiyometreler, değişken bir direnç kullanarak milin açısal pozisyonunu bulmaya yararlar. Açısal potansiyometrenin yapısı Şekil 2.9’ da görülmektedir.

Potansiyometre normalde ince rezistif bir filmten yapılmış bir direçtir. Bu rezistif film boyunca bir fırça hareket ettirilir. Fırça hareket ettikçe uzaklıkla orantılı olarak dirençte değişiklik olur. Direnç gerilim uygulandığı takdirde, fırçadaki gerilim, direncin sonundaki gerilim ile ara bir değerde olmaktadır.

¹⁰ <http://www.inverter-plc.net>



Şekil 2.9: a) Açısal bir potansiyometrenin fiziksel gösterimi ve b) sembolik gösterimi

Potansiyometre bir gerilim bölücü olarak kullanılmıştır. Fırça döndükçe, çıkış gerilimi dönme açısına bağlı olarak değişecektir. Gerilim bölücü olarak açısal bir potansiyometrenin çıkışı,

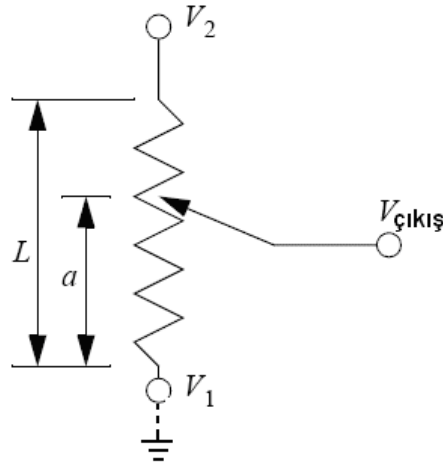
$$V_{\text{çıkış}} = (V_2 - V_1) \frac{\theta_w}{\theta_{\text{max}}} + V_1 \quad (2.2)$$

olarak bulunur.

Potansiyometreler mutlak pozisyonu ölçmektedirler ve monte halkalarını çevirerek ve yerlerine sıkıca oturduktan sonra kalibre edilmektedirler. Dönme açısı normalde 360° den aşağıya veya 360° nin katlarının aşağısına sınırlandırılmaktadır.

Bazı potansiyometreler sınırsız dönebilirler ve fırça, direncin sonundan başına atlayabilir. Potansiyometredeki hatalar, hareket sırasının sonlarına hiçbir zaman ulaşamadığı şekli tasarlayarak bulunabilir. Eğer potansiyometreden gelen çıkış gerilimi aralığın sonuna hiç ulaşamıyorsa, bir problem oluşur ve makine kapatılabilir. Buna sebep olabilecek iki durum; tellerin kopması veya potansiyometrenin boşa dönmesidir.

Açısal potansiyometrelerin yanında bir de lineer potansiyometreler mevcuttur. Şekil 2.10'da gerilim bölücü olarak lineer potansiyometrenin çıkış gerilimi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi çeşitli birimlerle, ölçülen çıkış geriliminin büyüklüğüne göre pozisyon bilgisi belirlenir.



Şekil 2.10: Lineer potansiyometre

Lineer bir potansiyometrenin çıkış gerilimi

$$V_{\text{çıkış}} = (V_2 - V_1) \frac{a}{L} + V_1 \quad (2.3)$$

olarak bulunur.

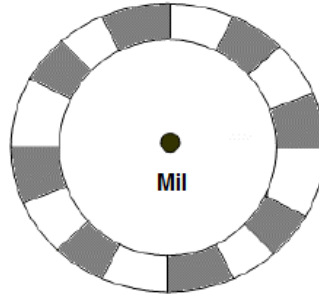
2.2.3.2. Mil Pozisyon Dönüştürücüler ve Sayısal Kodlayıcılar

Hareket eden bir milin duruş pozisyonunu belirlemede kullanılan dönüştürücülere mil pozisyon dönüştürücüler denir. Bu tip dönüştürücüler yapısı ve çalışması ile üç grupta toplanabilir.

- Fırça mil kodlayıcılar
- Manyetik mil kodlayıcılar
- Optik mil kodlayıcılar
-

a. Fırça Mil Kodlayıcılar:

Bu tip kodlayıcılarda mil üzerinde dönen, mile tutturulmuş bir disk bulunur. Diskin üzeri, iletken ve yalıtkan kısımlara ayrılır. İletken kısımlara basacak şekilde uygun aralıklarda fırçalar yerleştirilmiştir. İletken kısımlar üzerine gerilim uygulanır. Fırçalar, iletken kısımlara geldiğinde 5 V, yalıtkan kısımlara geldiğinde 0 V olur. Fırçalara bağlı çıkışlarda kare dalga sinyaller üretilir. Elde edilen sinyallere göre mil pozisyonu belirlenir. Bu tip kodlayıcılar uygulamada fazla kullanılmamaktadır. Çünkü fırçalar dönen disk üzerine bastığında çabuk aşınmaktadır. Ömürleri oldukça kısadır. Şekil 2.11de bölünmüş disk görülmektedir.



Şekil 2.11: Bölünmüş disk

b. Manyetik Mil Kodlayıcılar:

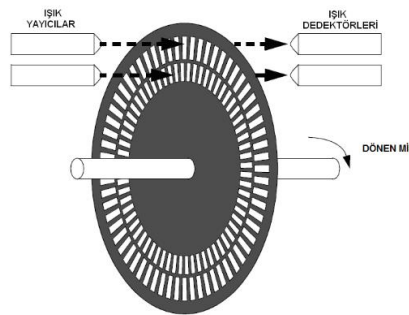
Bu tip kodlayıcılarda ise dönen disk üzerine manyetik ve manyetik olmayan parçalar yerleştirilir. Disk üzerine basan, manyetik alanlardan etkilenen bir başka sensörle mil pozisyonu belirlenir.

c) Optik Mil Kodlayıcılar (Enkoderler):

Bu tip mil kodlayıcıları üç kısımdan oluşmaktadır;

- 1) Diskin üzeri ısığı geçiren ve geçirmeyen kısımlara ayrılmıştır.
- 2) Işık kaynağı.
- 3) Işığı algılayan ışık sensörü

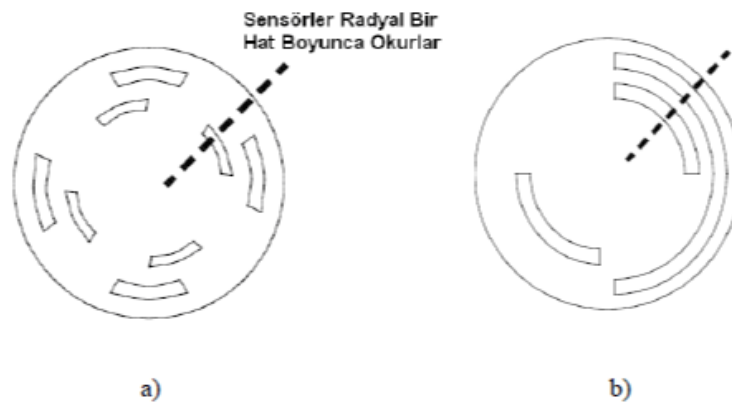
Enkoderler, Şekil 2.12’de gösterildiği gibi optik pencereli dönen bir disk kullanırlar. Enkoder, üstünde ince pencerelerin oyulmuş şekilde bulunduğu optik bir disk içerir. Enkoder mili döndüğü zaman ışık demetleri kırılır. Burada gösterilen enkoder çeyrek daire bir enkoderdir.



Şekil 2.12: Enkoderin temel yapısı

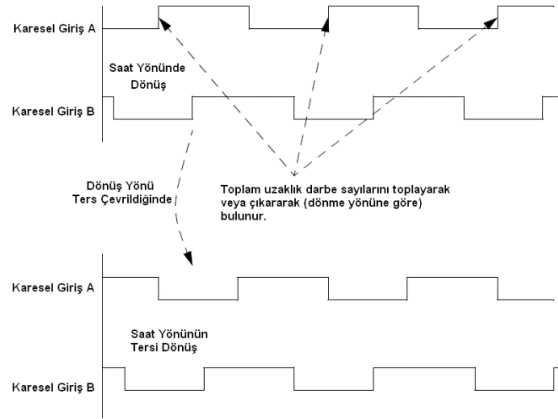
Temelde mutlak ve artımsal olmak üzere iki tip enkoder vardır. Mutlak enkoder milin pozisyonunu tek dönüşte ölçer. Aynı mil açısı, sürekli aynı okuma değerini doğurur. Çıkış genelde ikili (binary) veya gray kodlu sayılardır. Artımsal (veya bağıl) enkoder, yer değiştirmeyi belirlemek için iki tane darbe çıkışı verir. Lojik devre veya azılım, dönme

Enkoder diskleri Şekil 2.13’ de gösterilmiştir. Mutlak enkoderin iki adet çemberi vardır. Dıştaki çember enkoderin en anlamlı, içteki çember ise enkoderin en az anlamlı hanesidir. Artımsal enkoderin, biri diğerinden birkaç derece ötede dönen iki çemberi vardır. Diğer bir deyişle aynı şekilde dönen iki çemberi vardır. Her iki çember de çeyrek diske göre pozisyonu tespit ederler. Mutlak enkoderin doğruluğunu arttırmak için diske daha fazla çember, emiter ve detektör eklenmelidir. Artımsal enkoderin doğruluğunu arttırmak için mevcut iki çembere daha fazla pencere (bosluk) eklemek yeterlidir. Tipik olarak bu sayı çember başına ikiden, binlere kadar çıkmaktadır.



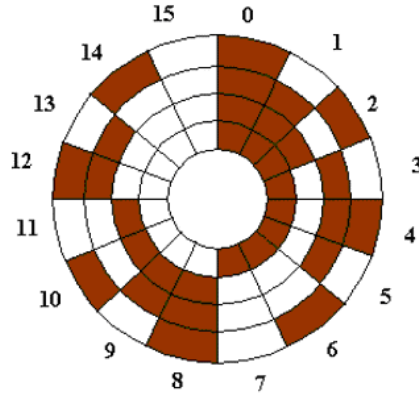
Şekil 2.13: Enkoder diskleri a) mutlak enkoder ve b) artımsal enkoder

Mutlak enkoderler kullanıldığında, tek bir dönüşteki pozisyon doğrudan ölçülür. Eğer enkoder birkaç kez dönerse, dönüş sayılarının toplamı ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Artımsal enkoder kullanıldığında ise dönüş uzaklığı, çemberlerden birisinin darbelerini sayma sekliyle belirlenir. Eğer enkoder sadece tek bir yönde dönerse, bir çemberdeki darbelerin basit bir sayımı, toplam uzaklığı belirler. Eğer enkoder iki yöne de dönebiliyorsa, darbeleri çıkarmak için ikinci bir çember kullanılmalıdır. Sekil 2.14’de iki çember kullanılan karesel şema gösterilmiştir. Sinyaller, biri diğerinin çıkışı olacak şekilde ayarlanmışlardır. Farklı yönlerdeki dönüşlerde, B girişinin A’ nın ya arkasından geldiği ya da önünden gittiği görülmektedir.

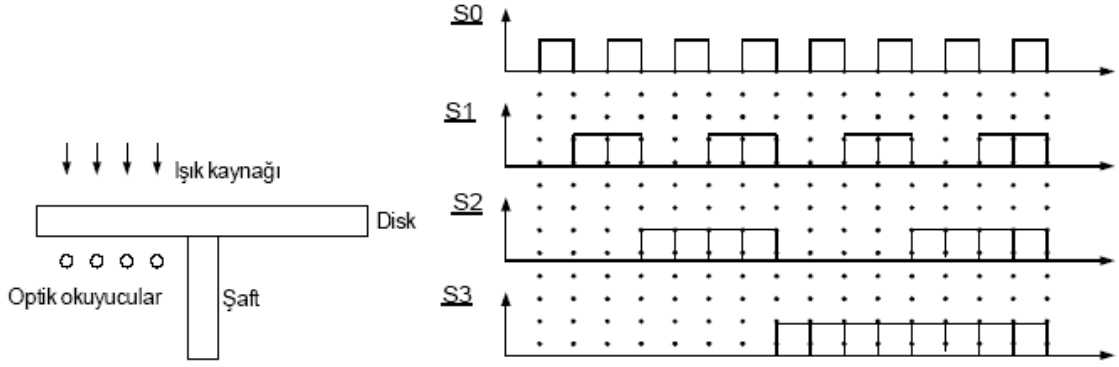


Şekil 2.14: Artımsal Enkoder

Sekil 2.15’ de gösterilen sayısallaştırılmış diskin bir tarafına ışık kaynağı, diğer tarafına da ışık sensörü yerleştirilir. Işık sensörü diskin şeffaf yerine geldiğinde üzerinde 1 değeri, opak kısmına geldiğinde ise 0 değeri oluşur. Şekil 2.15’ deki disk, ışığı geçiren ve geçirmeyen parçalara ayrılmıştır. Diske bakan ve yan yana duran 4 ışık sensörü bulunmaktadır. Sensörler diskin 0 bölümünde iken, tüm sensörler ışık geçirmeyen (opak) kısma geldiğinde hepsinin üzerinde 0 olacaktır ve sensör çıkışları sayısal olarak 0000 olacaktır. Mil hareket edip 1 bölümü optik sensörlerin önüne geldiğinde sensörlerde 0001 bilgisi olacaktır. 2 bölümünde ise optik sensörlerde 0010 bilgisi oluşacaktır. Disk üzerindeki düzenlemeden de anlaşıldığı gibi diskin duruş pozisyonuna göre sensör çıkışlarından 0 – 15 arasında değişen sayısal değerler alınarak milin duruş pozisyonu belirlenir.

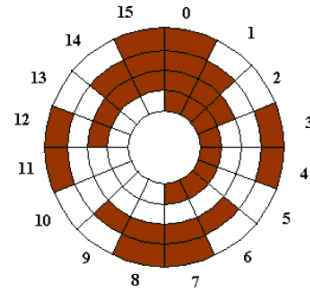


Şekil 2.15: Sayısallaştırılmış disk



Şekil 2.16: Optik okuyuculardan alınan sinyallerin ikili kod karşılığı

Uygulamalarda ikili kodlanmış diskler yanlışlıklara neden olabilmektedir. Ara geçiş noktalarında mil pozisyonu tam olarak algılanamamaktadır. Örneğin sensörlerin karşısında 7–8 arası bölüm kaldığını düşünelim. Bu durumda sensörlerden 1111 bilgisi okunur ki bu gerçek değerden çok farklı bir değerdir. İşte bu tip hataları ortadan kaldırmak için disk ikili kodlanmak yerine gray kodu ile kodlanmaktadır. Şekil 2.17’ de da görüldüğü gibi, gray kodunda her bölümün kodu bir önceki bölümün kodundan 1 bit değişiktir. Tam ara durumda kalan sensörler ya bir önceki durumu ya da bir sonraki konumu belirler, böylece oluşacak hata oldukça küçük olacaktır. Gray kodunu, ikili koda dönüştüren lojik devre ile mil pozisyonu daha doğru bir şekilde algılanabilmektedir.



Şekil 2.17: Gray kodlanmış disk

Disk üzerindeki bölümler arttırılarak daha hassas pozisyon algılaması yapılabilir. Milin dönüş yönü, saymanın yukarı veya aşağı durumuna göre belirlenebilir. Çıkıştan elde edilen kare dalga, doğrultularak dış devreye alınır. Dış devrede dijital/analog dönüştürücüler sayesinde de dijital takometreler elde edilebilir.

Enkoderler, PLC, CNC kontrol sistemleri ve sürücü sistemleri ile birlikte kullanılabilirler. Enkoderlerin; flans tipi, senkron ve sıkıştırma flanslı olan montaj tipleri mevcuttur. Enkoderlerin elektriksel bağlantısı bir kablo ve soket kullanılarak veya direk flansa monte edilmiş bir soket kullanılarak yapılır. Mil kaplinleri ve sıkıştırma aparatları, montaj

aksesuarları olarak sağlanabilmektedir. Şekil 2.18’ de enkoderlere ilişkin resimler verilmiştir.

Artımsal enkoderlerin; es uzaklıklı ölçeklenmiş bir izi ve belirli bir artım sayısı vardır. Bu enkoderlerde, referans olarak işaretlenmiş bir sıfır izi bulunmaktadır. Referans işareti; belirgin olarak atanmış bir artım izi olup, makinenin mekanik sistemine belirgin bir görev atanmasına izin verir.



Şekil 2.18: Enkoderlerin genel resimleri

Yüksek seviyeli kontrol sisteminin farklı arabirimleri için çeşitli elektriksel arabirimler mevcuttur. Bunlara örnek olarak; RS 422 (TTL), HTL veya 1 VPP analog sinyalleri verilebilir. Farklı çalışma gerilimleri için değişik seçenekler mevcuttur. Mutlak değerli enkoderler; kontrol sistemi enerjilendikten hemen sonra (makine hareket etsin ya da etmesin) mutlak pozisyon değerini verir. Mutlak pozisyon değeri, bir disk üzerinde halka biçiminde iç içe yerleştirilmiş olan izlerin opto-elektronik sistemle taranmasıyla hesaplanır. Tek turlu mil kodlayıcılar bir tur içindeki mutlak pozisyonu algılar. Çok turlu mil kodlayıcılar ise ilave olarak dönme sayısını da kodlar.

2.2.3.3. Takometre

Takometreler yapı ve çalışma bakımından iki tiptirler:

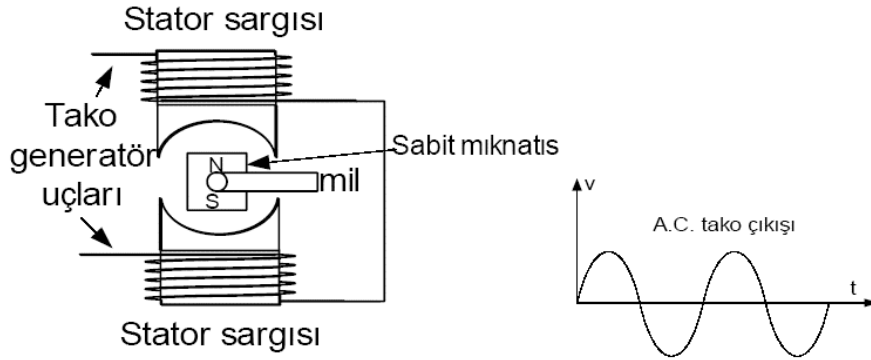
- Analog takometreler
- Dijital takometreler

Analog Takometreler:

Bunlar aslında bir doğru akım ya da bir alternatif akım generatörüdür. En önemli özelliği Gerilim / Devir sayısı oranının sabit olmasıdır. Yani dönme sayısı ile ürettiği gerilim orantılı olarak değişir. Ölçme amaçlı olduğu için güçleri 5–10 watt civarındadır.

AC Takometreler

Yapı olarak bir fazlı alternatif akım generatörünün minyatürüdür. Ancak burada endüktör sargısı yerine sabit mıknatıs vardır. Gövde üzerinde stator sargıları mevcuttur.



Şekil 2.19: Alternatif akım tako generatörü ve sinyal çıkışı

Hızı ölçülecek makinenin miline içteki sabit mıknatıs mekanik olarak bağlıdır. Mil dönmezken N-S kutuplarının meydana getirdiği manyetik alan sabit bir değerde ve yöndedir. Sabit bir manyetik alan içinde kalan stator sargılarında hiçbir gerilim meydana gelmez. Manyetik alan içinde kalan bir iletkende gerilim oluşması için ya manyetik alanda bir değişme olmalı ya da iletken hareket etmelidir.

Manyetik alan içinde dönen bir iletkende meydana gelen gerilim aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$E = K \cdot \Phi \cdot n \text{ volt} \quad (2.4)$$

Bu denklemde;

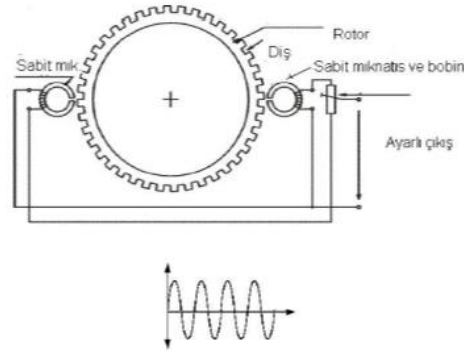
E = gerilim (volt)

K = generatörün stator sarımıyla ilgili katsayı

Φ = Bir kutup altındaki toplam manyetik akı (Maxwell)

n = İletkenin hızı (devir/dakika)

Hızı ölçülecek makinenin miline bağlı generatörün rotoru döndürülürse N-S kutupları da aynı hızda dönecektir. N-S kutuplarının meydana getirdiği manyetik akı stator sargıları üzerinde değişken bir alan oluşturacaktır. Değişken alan içinde kalan stator sargılarında bir gerilim meydana gelecektir. Meydana gelen gerilimin değeri hız ile doğru orantılıdır. Bu tip takometreler fırçasız tip olduklarından bakıma ihtiyaç göstermezler. Endüstri de çok fazla kullanılmaktadırlar. Bir başka alternatif akım takometresi de Şekil 2.20' deki gibidir.

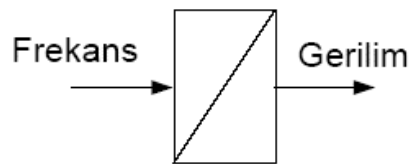


Şekil 2.20: Değişken relüktanslı takometre ve sinyal çıkışı

Şekil 2.20’ deki değişken relüktanslı takometre rotorunun üzerine dişler açılmıştır. 180 derece eksen üzerine iki adet sabit mıknatıs yerleştirilmiş ve üzerine stator sargıları sarılmıştır. Rotorun üzerindeki diş, tam sabit mıknatısın hava aralığını kapatacak sekle geldiğinde mıknatıs üzerindeki manyetik alanın miktarı artacaktır. Sabit mıknatısın hava aralığına boşluk geldiğinde mıknatıs üzerindeki manyetik alan azalacaktır. Manyetik alanın şiddeti, devresini tamamladığı yolun relüktansına bağlı olarak değişmektedir.

Rotor hareketsiz iken mıknatıs üzerindeki sargılar, sabit bir alan içinde olduklarından üzerinde bir gerilim indüklenmez. Ancak rotor döndürülünce, rotor dişlileri sabit mıknatıs önünden geçerken manyetik alan devresini, bir dişli-bir boşluk üzerinden tamamlamak zorunda kalacaktır. Yani sabit mıknatısın önüne rotorun dişi geldiğinde manyetik geçirgenlik yüksek olacak, boşluk geldiğinde manyetik geçirgenlik düşük olacaktır. Böylece manyetik direnç değişken olduğundan bobinler değişken şiddette manyetik alan içinde kalmış olacaktır. Değişken manyetik alan içerisinde kalan bobin de bir gerilim indükler. Rotor sargılarında, rotorun hızına bağlı olarak sinüzoidal bir gerilim meydana gelecektir. Stator sargılarında meydana gelen sinüzoidalın genliği potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Bu tür takometrelerde, rotor bir devir yaptığında, diş sayısı kadar devir sayısı meydana gelmektedir. Bir saniyede ölçülen çevrim sayısı, dişli sayısına bölünürse saniyedeki devir bulunur. Burada devir sayısını, devir / dakika cinsinden bulmak için 60 ile çarpmak gerekir.

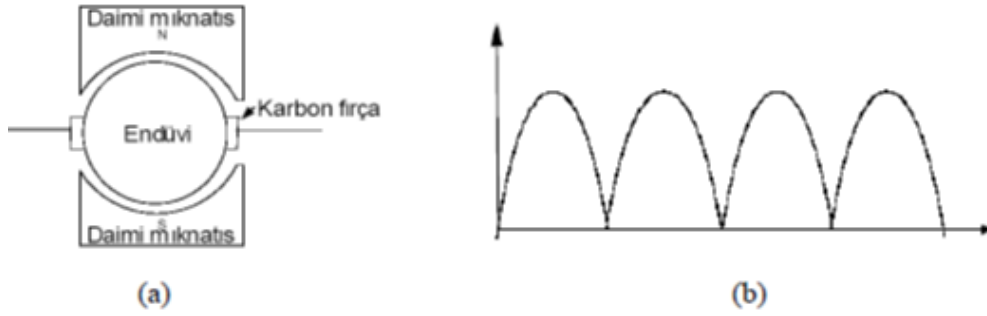
Bu tip takometrelerde elde edilen sinyalin frekansı Şekil 2.21’de verilen frekans/gerilim dönüştürücülerle doğru gerilime dönüştürülerek ölçme işlemi yapılır. Elde edilen gerilim ile devir arasında doğrusal bir orantı vardır.



Şekil 2.21 : Frekans / gerilim dönüştürücü blok seması

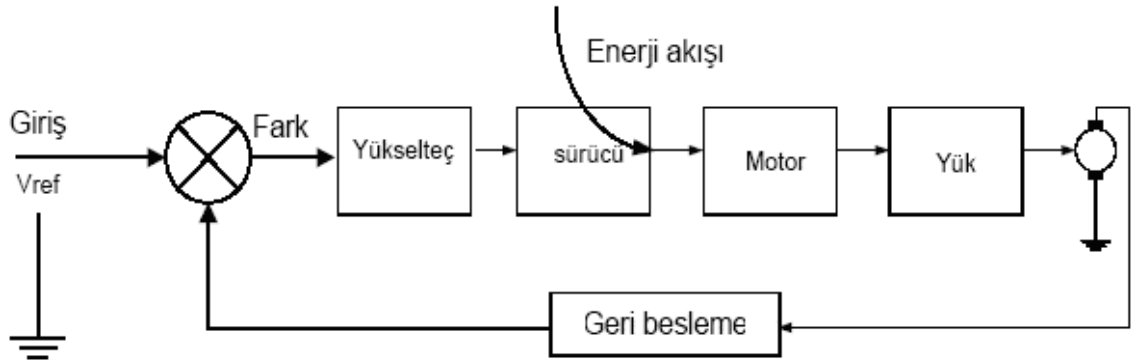
DC Takometreler:

Şekil 2.22.a’ da görüldüğü gibi endüvi ya da rotoru çepçevre saran daimi mıknatıs kutupları ve ortada mile bağlı olarak dönen sargılı bir rotor vardır. Endüvinin dönüş hızına bağlı olarak, endüvi sargısında bir gerilim meydana gelir. Aslında, endüvi sargısında meydana gelen gerilim AC’ dir. Ancak dış devreye enerjinin alınması fırça ve kolektör sistemi ile yapıldığından DC’ ye dönüştürülür. Çıkış devresinde elde edilen DC gerilim, Şekil 2.22.b’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.22: a) Doğru akım takometresi, b) DC takometrede meydana gelen gerilim

Takometrenin çıkışı görüldüğü gibi tam doğru akım değildir. Tam doğru akıma dönüştürmek gerekirse filtre elemanları kullanılır. DC takometreler, fırça ve kolektör sistemine sahip olduklarından bakıma ihtiyaç gösterirler. Şekil 2.23’ de bir DC takometrenin hız kontrolünde kullanılmasına ilişkin blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.23: Bir tako generatörün hız denetiminde kullanılması

Dijital takometreler:

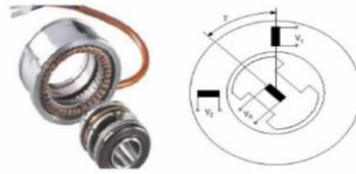
Yüksek devirli makinelerde takometrenin motora hiç yük etkisi yaratmaması istenir. Bu tür yerlerde dijital (sayısal) takometreler kullanılır. Motorun mili üzerine delikli bir disk yerleştirilir. Delikli diskin bir tarafında ışık kaynağı, diğer tarafında da ışık sensörü bulunur. Delikli diskin her hareketinde delikten geçen ışık, ışık sensörünü uyarır. Işık sensörüne gelen kesik kesik ışık, elektriksel sinyale dönüştürülür. Elde edilen elektriksel sinyal bir

frekans/gerilim dönüştürücü ile doğru akıma çevrilerek ölçülür. Doğru akımın değeri ile devir sayısı arasında doğrusal bir ilişki olduğundan sonuçta devir ölçülmüş olur.

- 1) Bir önceki örnekteki gibi frekans / gerilim dönüştürücü arabirim ile ölçme yapılabilir.
- 2) Elde edilen frekans, bir tur başına milin verdiği darbe sayısına bölünür. Yine elde edilen sayı 60 ile çarpılarak dakikadaki devir sayısı bulunur.

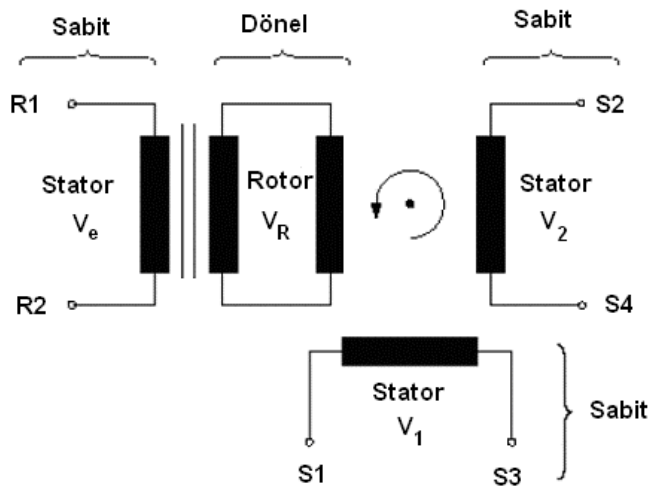
2.2.3.4 Resolver

Resolverler genellikle motorun soğutma fanı tarafındaki miline akuple olarak çalışırlar. Motorun bir dönüşünde, o andaki konumunun tespiti için kullanılan bir geri besleme elemanıdır. Resolver, motor mili ile eşzamanlı (senkron) dönen bir transformator gibidir. Şekil 2.24’ de tipik bir resolver görülmektedir.



Şekil 2.24: Tipik bir resolver ve içyapısı

Resolverin stator ve rotor sargıları ikişer adettir. Statora uygulanan gerilim motorun dönüş hızına göre rotordan tekrar alınır. Bir resolverin stator ve rotor sargıları Şekil 2.25’ de görülmektedir.



Şekil 2.25: Bir resolverin sargı yapısı

V1 ve V2 çıkış gerilimlerinin V_e gerilimi ile olan bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$V_e = V_s \cdot \sin \omega t \quad (1.5)$$

Çıkış gerilimleri;

$$V_1 = V_s \cdot \sin \omega t \cdot \cos \phi \quad (1.6)$$

$$V_2 = V_s \cdot \sin \omega t \cdot \sin \phi \quad (1.7)$$

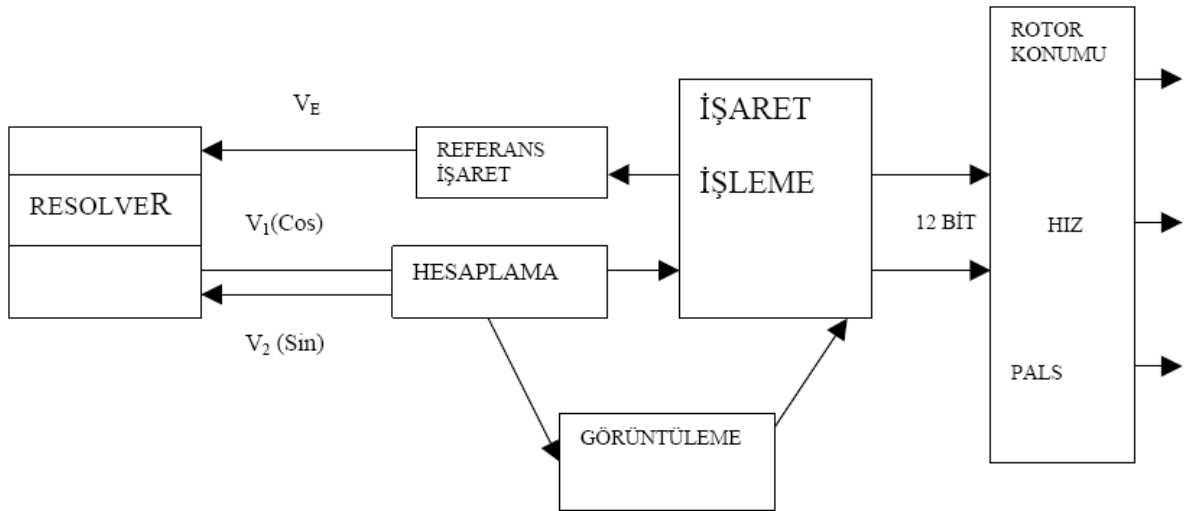
Bağıntılarda;

V_s :Giris geriliminin tepe değeri,

ϕ : Rotor açısı,

ω : V_s giriş geriliminin açısal hızıdır.

Bir resolveye uygulanan V_e giriş gerilimine karşılık elde edilen V_1 ve V_2 çıkış gerilimlerinin değişimi Şekil 2.26' da görülmektedir.



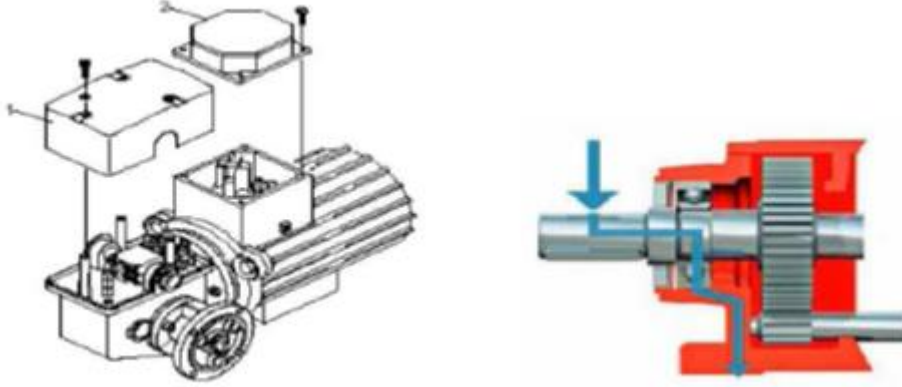
Şekil 2.26: Resolver işaretini işleme aşamaları

2.2.3.5 Servo Motorlarda Kullanılan Aktarma Organları

Kontrol edilecek ya da sürülecek herhangi bir mekanik etkiye veya dirence yük denir. Servo sistemin tasarımı bu yükün büyüklüğüne, ataletine, hızına ve konumlandırma gibi büyüklüklerine göre yapılır. Bu büyüklüklerin değerleri ve duyarlılıkları uygulanacak sisteme göre değişir. Örneğin; yük hızının ve hız kararlılığının ne olacağı, sürece göre tasarımcı tarafından belirlenmelidir. Uygulamada yükün türüne ve büyüklüğüne göre, özel mekanik yük dönüştürücüler (redüktörler) kullanılır. Bu yük dönüştürücüler, genellikle

motora uygulanacak yükü azaltırlar ancak sistemin genel duyarlılığını azaltmamak için özel olarak tasarlanırlar.

Şekil 2.27’de bir mekanik yük dönüştürücüsü (redüktör) görülmektedir



Şekil 2.27: Mekanik yük dönüştürücüsü (redüktör)

Servo motorlarda kullanılan aktarma organları genellikle moment artırma amaçlı kullanılır. Motor gövdesine vidalarla tutturulur. Aktarma organları genellikle dişli sistemlerden oluşur. Aktarma organlarında kullanılan dişliler plastik ya da metalden olabilir. Bakıma ihtiyaç gösterirler. Zamanla dişlilerin aşınması gibi sorunlar nedeniyle aktarma organlarının yenisi ile değiştirilmesi gerekebilir. Şekil 2.28’ de aktarma organlarının içyapısı görülmektedir. Şekil 2.29’ de ise aktarma organlarında kullanılan çeşitli dişliler görülmektedir.



Şekil 2.28: Aktarma organlarının içyapısı



Şekil 2.29: Aktarma organlarında kullanılan çeşitli dişliler

2.3 SERVO MOTOR SÜRÜCÜLERİNİN PARAMETRE DEĞİŞİKLİKLERİ

Servo motor sürücülerin çalışması için çalışma süresi, hız, tork gibi parametreler çeşitli parametre girişleriyle yapılır.

2.3.1 Sürücü Program ve Parametre Girişi

Servo motorun kullanılacağı yere göre motor belirlendikten sonra motorun nasıl çalışması isteniyorsa buna göre hız, tork, çalışma süresi, devir sayısı, hızlanma ve yavaşlama zamanı vb. parametrelerin girilmesi gerekir. Bu parametreler çeşitli yöntemlerle yapılır.

2.3.1.1 Akıllı Programlama Modülü

Her akıllı modül için 50 baytlık özel hafıza (sm) alanı ayrılmıştır. Bu durumda bir değişiklik veya hata komutu fark edildiğinde modül bu durumu ilgili özel hafıza alanını değiştirerek gösterir. Hafıza alanı, modülün bulunduğu konuma göre tanımlanır. Dijital teknolojiye dayalı AA, DA ve servo motor sürücülerі günümüzde açık ve kapalı çevrimde moment, hız ve konum kontrolü gibi standart motor kontrolü fonksiyonlarının ötesine geçmiş, kullanıcıya devreye alma, işletme ve bakım kolaylıkları sağlayan, yer aldığı sistemde diğer dijital birimlerle iletişim kurabilen akıllı modüller hâline gelmiştir.

2.3.1.2. Bilgisayar ve PLC ile Parametre Girişi

Servo motor ve sürücü yapan bütün şirketlerin yaptıkları motorların kullanıcı tarafından çok kolay bir şekilde kullanabilmeleri için her motor için ayrı sürücü, bu sürücülerі programlayabilmek içinde ayrı programlar geliştirmişlerdir. Kullanılan sistemin özelliğine uygun motor seçimi yapıldıktan sonra uygun servo sürücü ve bu sürücüyle ilgili parametreleri girileceği program yazılımı da beraber seçilir.

Dijital teknolojiye dayalı AA, DA ve servo motor sürücülerі günümüzde açık ve kapalı çevrimde moment, hız ve konum kontrolü gibi standart motor kontrolü fonksiyonlarının

ötesine geçmiş; kullanıcıya devreye alma, işletme ve bakım kolaylıkları sağlayan, yer aldığı sistemde diğer dijital birimlerle iletişim kurabilen akıllı modüller hâline gelmiştir.

Bundan sonraki hedef, sürücülere sistem kontrolü özelliklerini kazandırmaktır. Örneğin, “Control Techniques” (CT) ürünü Unidrive serisi AA sürücüler ve “Mentor” serisi DA sürücüler, yukarda sıralanan fonksiyonların yanı sıra serbest programlanabilir analog ve dijital giriş/çıkışlarla sınırlı bir “Programlanabilir Lojik Kontrolör” (PLC) özelliklerine sahip modüllerdir. Ayrıca bu sürücülere ikinci mikroişlemcinin yer aldığı bir opsiyon modülü eklenebilmekte ve kullanıcı bu modülü programlayarak istediği sistem kontrolünü yaptırabilmektedir.

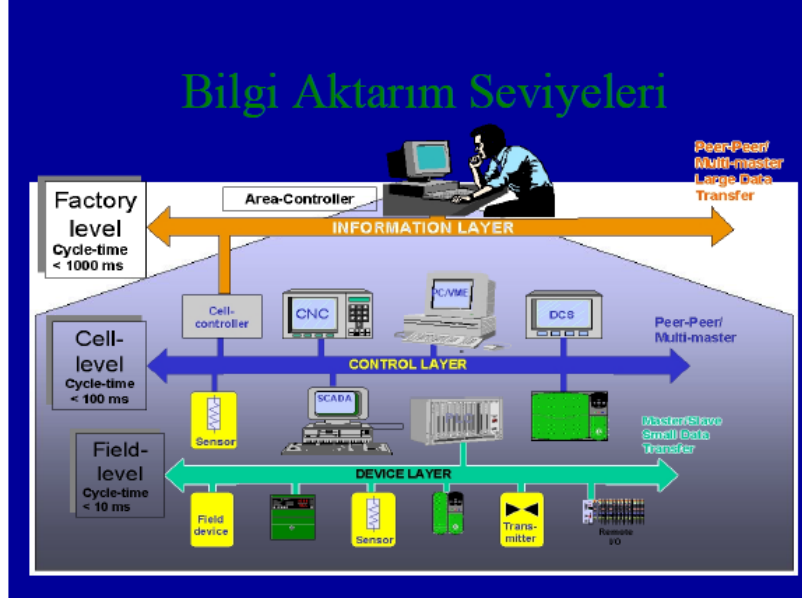
Servo motor ve sürücü üreten firmalar, dünya çapında çeşitli sektörlerde yıllardır karşılaşılan tipik kontrol uygulamaları için sürücülerin bu özelliklerini kullanarak standart çözüm paketleri oluşturmuştur. Motor, sürücü ve algılayıcı gibi donanımların yanı sıra bu pakette yer alan diğer önemli bileşen hiç şüphesiz uygulama yazılımıdır

2.3.2 Sürücü Haberleşme Protokolleri Bilgisi

Endüstriyel iletişim protokolleri, işletmelerin üretim tesislerinin otomasyon sistemlerinde hâlihazırda yaygın olarak kullanılan iletişim araçlarıdır. Profibus, Interbus, Fieldbus ve CAN (C....A.....N....), bu tip endüstriyel iletişim protokollerine örnek olarak verilebilir. Gerek örnek gösterilen gerekse de diğer endüstriyel iletişim protokollerinin genel özelliği, her bir üreticinin tercih ettiği bir protokol bulunması ve her bir üreticinin ürettiği sistemlerde tercih ettiği protokolü kullanmasıdır.

Farklı kuruluşlar/organizasyonlar tarafından üretilen protokoller arasında ortak çalışma ölçütlerinin olmaması nedeni ile birlikte çalışabilme ve karşılıklı haberleşebilme mümkün olmamaktadır. Üretim ortamlarının genişleyerek çok çeşitli işlemleri gerçekleştirecek yapılara sahip olması, aynı üretim ortamında farklı protokoller kullanan sistemlerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk, farklı protokollerin her biriyle haberleşmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Farklı protokollerin haberleşme ihtiyacı, protokoller arasında iletişimi sağlayacak protokol dönüşümü ile sağlanır. Protokol dönüşümü işlemi, ara bağlaşım elemanlarından ISO / OSI katmanlı yapının ikinci katmanında işlev gören “bridge (köprü)” ile gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.30: Bilgi aktarım seviyeleri

Farklı protokollerin bir arada kullanılmasını sağlayan “köprü” tasarımına yönelik olarak çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen bir köprü tasarımında elektronik elemanlar kullanılmaktadır. Elektronik elemanlar kullanılarak oluşturulan köprünün “FPGA” teknolojisine aktarılabilir olarak gerçekleştirilmesi, cihazın boyutlarını küçültmesi, arıza ve montaj sırasındaki risklerin azalması ve sistemin performansının önemli ölçüde artırılması yanında daha ekonomik üretilmesini de sağlayacaktır. Bir üretim hattı birden fazla CPU'nun kumanda ettiği istasyondan oluşuyor ise bu istasyonların birbiri ile uyum içinde çalışmaları gerekir. Uyumlu çalışmanın yolu istasyonları kumanda eden CPU'ların birbirleri ile veri alışverişlerinin düzenli sağlanması ile olur. CPU'lar arasında iletilecek bilgi sayısı kadar hat çekmek (paralel haberleşme) gereksizdir ve ekonomik değildir. Bunun yerine gönderilecek bilgiler gönderici CPU tarafından tek hat üzerinden protokol çerçevesinde sıra ile gönderilir. Alıcı CPU aynı protokol ile gönderilen bilgileri alır, düzenler ve kullanır. Buna seri haberleşme denir.

Bu ve benzer haberleşme sistemlerinde her zaman CPU'ların haberleşmesi söz konusu değildir. Çoğu zaman merkezde bir CPU (master) ve bunun ilk farklı istasyonlardaki giriş çıkış verilerinin merkeze iletilmesi amacıyla kullanılan yardımcı birimler (slave) oluşur. Bu yapıya BUS sistemi denir.

Burada şöyle bir soru akla gelebilir: PLC sistemlerinde çok sayıda giriş çıkış sayısına ulaşabilir. Dolayısıyla her istasyonda bir CPU olacak şekilde çok sayıda CPU mu? Yoksa tek CPU kullanılarak istasyonlar ile slavelerle haberleşme mi kullanılmalıdır?

Bu öncelikle sistemlerin büyüklüğü ve istasyonların birbiri ile olan bağımlılığı ile ilgili bir durumdur. Öncelikle farklı sistemleri tek CPU ile kumanda etmek demektir, sistemleri birbiri ile kilitlemek demektir. Yani sistemlerden veya CPU'lardan herhangi birinden oluşan bir arıza diğer sistem veya CPU'da çalışmamasına neden olur. Ayrıca programın çok uzaması

demek çevrim süresinin yani giriş ve çıkışların güncelleştirilme süresinin çok uzaması demektir. Bu da programlamada istenmeyen bir durumdur. Ancak her sistem için de farklı bir CPU kullanmak demek sistemin maliyetinin artması demektir.

Günümüzde otomasyon alanında üretim yapan birçok firmanın ürettiği bir BUS sistemi vardır. Bu sistemleri birbirinden ayıran temel özellikler şunlardır:

- Veri ve kumanda hatlarının birbiri ile nasıl bağlandığı (topoloji şekli ağaç, yıldız, düz hat, daire)
- Maksimum iletim hattı uzunluğu
- Veri iletim hızı
- Hatasız veri transferi
- Bağlanabilecek maksimum giriş, çıkış elemanı sayısı
- Piyasada bulunan saha elemanlarına (sensör ve çalışma elemanları) uyumlu olması
- Saha elemanlarının sistem çalışırken değiştirilebilir olması vb.

2.3.2.1. MPI Haberleşme Sistemi

MPI haberleşme sistemi özellikle CPU'lar arası haberleşme işlemlerinde çok yoğun olarak kullanılır. Konfigürasyon ve kullanımı oldukça basittir. İki damarlı (profibus) kablosu bir kablo ve MPI bağlantı konektörü dışında bir donanıma ihtiyaç duymaz.

Haberleşme kablosu (profibus kablosu) MPI hattına, programlama cihazı bağlantı kablosu (MPI kablosu) bağlanıyormuş gibi bağlanmalıdır. Maksimum 32 adet katılımcı bağlanabilir ve iletim hattı uzunluğu en fazla 50 metre olabilir. 50 metrenin üzerindeki mesafeler için RS 485 yükseltici kullanmak gerekir. Her yükseltici hat uzunluğu 1000 m kadar çıkarabilir. Toplam 10 yükseltici kullanılabilir. İletim hattının başlangıç ve bitiş noktalarındaki konnektörlere sonlama direnci konmalıdır (Konnektör “on” konumuna alınmalıdır.).

2.3.2.2. AS-I Haberleşme Sistemi

Giriş sinyalleri ile çıkış elemanlarının birbiri ile bağlanarak bir şebeke oluşturdukları alt seviyeli bir haberleşme sistemidir. Mevcut bir haberleşme sisteminin tamamlayıcısı olarak düşünülebilir.

Özel yassı bir kablo ve buna takılan bir bağlantı elemanı ile sistemin oluşturulması, devreye alınması, sonradan eleman eklenip çıkarılması oldukça basit bir yapıdadır. Sisteme eklenmesi düşünülen giriş veya çıkış elemanları kuplaj modülleri ile AS-I kablosuna eklenir (Özel formdaki bir modül bastırılarak kablo izolasyonu delinerek kontak sağlanır.).

Bir CPU'nun AS-I ile haberleşebilmesi için AS-I master AS-I slavelerin kullanılması gerekir. AS-I master, CPU montaj rayına takılan AS-I haberleşme işlemcisidir. (CP 342-2). Diğer sinyal modülleri ile aynı özellikte kullanılır. CPU ile dahili bus sistemi üzerinden haberleşir.

AS-I hattına bağlanan sensör veya çalışma elemanlarının, master tarafından yapılan bildirimleri anlamaları ve kendi verilerini “master”a iletebilmeleri için AS-I “slave”ler kullanılır. “Slave”ler AS-I kablosu üzerine eklenen ve özel bir adresleme ünitesi yardımı ile 1 ile 31 arasında adreslenen elemanlardır. Yeni alınan bir slave fabrika tarafından adreslenmemişse “0” adresine sahiptir. “Slave”ler sadece master tarafından kendilerine bildirilen emri alır ve kendi durumunu “master”a bildirir.

Her AS-I “slave”i giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. Her “slave”e 4 bit transferi yapılabilir. Bu durumda bir AS-I hattına maksimum 31 eleman takılabilir ve her eleman 4 bit transferi yapabildiğine göre $4 \times 31 = 124$ ikili sinyal iletebilir.

AS-I besleme gerilimi 30Vcc ve her bir “slave”e bağlı sensör çalışma elemanı için de 100 mA'dir. AS-I hattından hem besleme hem de veri aktarımı yapıldığından özel bir besleme ünitesine ihtiyaç duyurulur. Maksimum hat uzunluğu 100 m'dir. Daha uzun mesafeler için kullanılmalıdır.

2.3.2.3. Profibus Haberleşme Sistemi

Profibus haberleşme sistemi birçok PLC üretici firma tarafından geliştirilen ve standart olarak kabul edilen bir ağ sistemidir. Farklı amaçlar için geliştirilen PROFIBUS sistemleri olmasına rağmen sadece PROFIBUS DP (merkezi olmayan çevresel birimlerin) üzerinde durulacaktır.

PROFIBUS DP (dezentrale peripherie) otomasyon cihazı ile merkezi olmayan cihazlar arasında hızlı bir şekilde veri alışverişini sağlayan bir haberleşme sistemidir. Özellikle PLC'nin merkezde, çevre birimlerinin (slave) çalışma sahasında (işin yapıldığı yerde) olduğu durumlarda iletim hatlarının oluşturulması çok kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Merkezdeki CPU (master) giriş bilgilerini “slave”lerden okur, bunları işler ve çıkış bilgilerini “slave”lerin çıkışlarına yazar.

Profibus teknik özellikleri şunlardır;

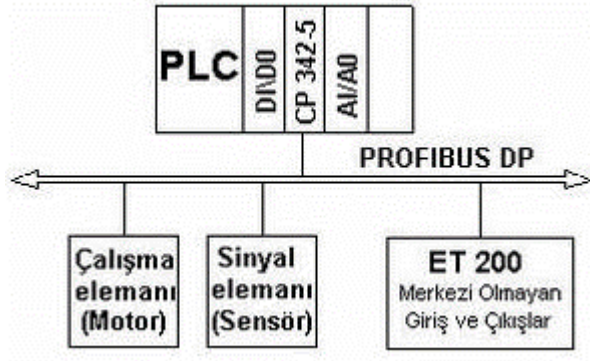
- Her bir bus bölümüne 32, toplam 126 katılımcı bağlanabilir.
- Çevre birimleri (“slave”ler ve saha elemanları (sensör, motor) çalışma esnasında takılıp çıkarılabilir.
- Bu dağılımı “token-passing” sisteminin “master-slave” sisteminin yönetimine göre yapılır.
- Veri transferi iki damarlı blendajlı kablo veya optik iletkenler ile yapılır.
- Veri iletim mesafesi elektrik kabloları ile 12 km, optik kablolar ile 23,8 km kadar olabilir.

Modüller değiştirme ve cihazların değiştirilebilmesi mümkündür.

PROFIBUS DP iki şekilde oluşturulabilir:

1. Mono Master Sistemi
2. Multi Master Sistemi

Mono Master Sistemi:



Şekil 2.31: Mono master (Tek ana kart verici) sistemi

Tek merkezli kumanda şeklidir. Merkezi kumanda birimi olarak PLC kullanılır ve çevresel birimler (“slave”ler)PLC'ye bağlanır. Program belirlenen çevrim dâhilinde “slave”lerden bilgileri alır ve onları değerlendirir.

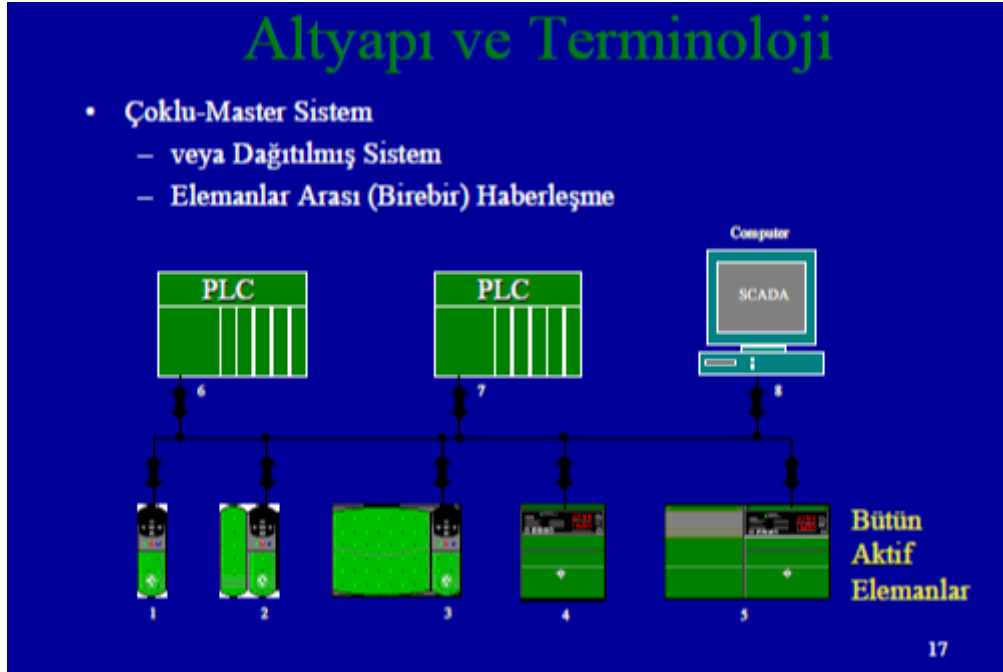


Şekil 2.32: Mono master sistemi

Multi Master Sistemi:

Bu sistemde birden fazla master bulunur. Bu masterlar birbirinden bağımsız olarak her biri bir master(ana) ve ona ait slave (uydu)lerden meydana gelen alt sistemleri oluşturur. Ana sisteme ait farklı görevleri yerine getirirler. İlave görselleştirme, arıza takip düzeneği vb. “Slave”lere ait giriş çıkış görüntüleri bütün masterlerden okunabilir. Çıkışlara bir şey yazılması ise sadece ilişkilendirilmiş master tarafından gerçekleştirilebilir. “Master”ler birbirileri ile veri alışverişi yapabilir. Multi master sisteminde çevrim süresi oldukça

uzundur. Bu sistemler “Token Passing” (bayrak yarışı) sistemine göre çalışır yani bayrağa sahip olan gönderme hakkına sahip olur. Bu hak “master”dan master belli zaman aralıklarında devredilir.



Şekil 2.33: Multi(Çoklu) altyapı terminolojisi

2.3.2.4 ANSI Protokolü

Amerikan National Standarts İnstitute (ANSI) tarafından oluşturulmuş uluslararası bir protokoldür. Elektriksel bir standart değildir (RS 485). Kontrol karakterine bağlı bir özel bir bilgi yapısına dayanır. Kullanılan bilgi yapısında bir adres, imleç, gerçek bilgi ve ‘XOR’ gönderilen bilgi kontrolü mevcuttur.

➤ Üstünlükleri

- Pratik ve esnek yapı (Herhangi bir bilgi herhangi bir adrese (100m) aktarılır.)
- Düşük maliyet (Kurulumu ucuz ve kolaydır.)
- Güvenilir (Denemeleri uzun zamandır çalışıyor.)
- Yaygın (Bir çok farklı ürün arasında seri bilgi hattı kurmaya uygundur.)

- Sınırlamaları
 - Ana /uydu yapısında bir protokol (Tüm bilgi aktarımı tek bir birimden yapılıyor ve kontrol ediliyor.)
 - Bilgi aktarım hızı çok yüksek değil (Yaklaşık 10 parametre/s.).
 - Farklı birimler arasında haberleşme için protokol yazılımı gerekmektedir.

2.3.2.5 Seri Haberleşme İçin Ara Devre Standartları

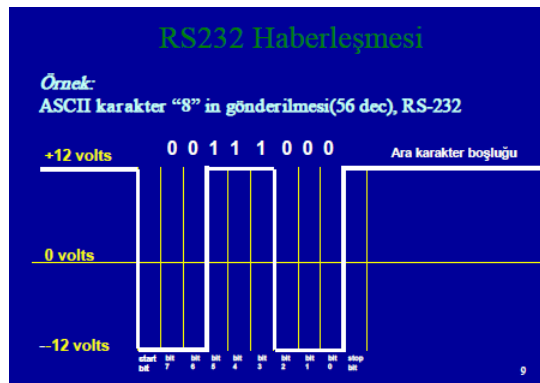
Ara devre standartları değişik üretici gruplarının ürünlerinin birbirine veri yolları üzerinden bağlanabilmesi ve sorunsuzca haberleşmesi için gerekli mekanik ve elektriksel detayları tanımlar.

EIA (Elektronik Industrial Association) tarafından üretilmiş olan standart mevcut bulunmaktadır. En çok bilinenleri RS -232 ve RS 485'tir.

- RS 232: 0-12 V seviyeli mantık, tek yönlü birebir iletişim, donanımlar arası kontrol iletişim mesafesi (maks. 3 m) ve gürültüye açık yapıdadır.

Özellikleri:

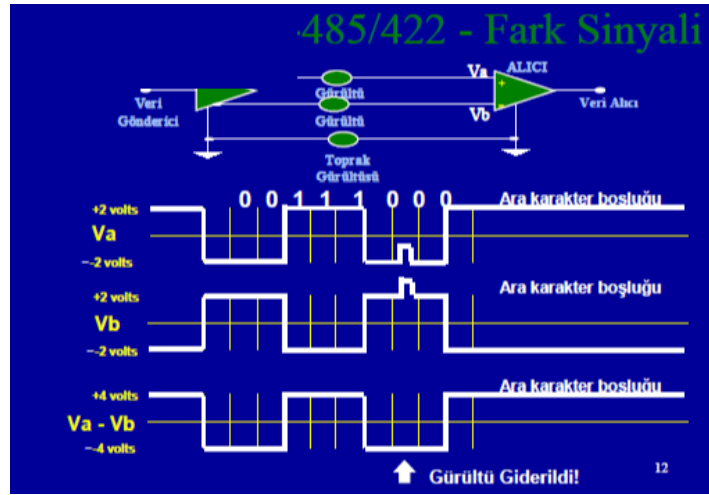
- Operasyon modu: Dengelenmiş
- Maks Master sayısı: 1 Master (Ana kart)
- Slave (Uydu): ! Slave
- Maks Veri Hızı : 20kps
- Maks Kablo Uzunluğu: 15m
- Sinyal : +, -12 Volts (Nom)
- RS 422: 0-5 V : Seviyeli mantık, iki yönlü iletişim, birimler arasında yazılım tabanlı kontroldür. Uzun mesafelerde iletişim (100 m), ana birimden aynı anda uydulara veri aktarımı (geri dönüş bilgisi yok) gürültüye daha az duyarlı yapıdır.
- RS 485: RS 422' ye benzer yapıdadır. Farkı ise ana birim uyduların gönderdiği geri dönüş bilgisini kabul etmesidir.



Şekil 2.34: RS 232 haberleşmesi

❖ RS 485 /RS 422 haberleşme Özellikleri:

	RS 485	RS422
Çalışma modu	Fark	Fark
Maks master sayısı	32 Master	32 Master
Slave	32 Slave	32 Slave
Maks veri hızı	10 Mbps	10 Mbps
Maks kablo uzunluğu	1200 m	1200 m
Sinyal	+/- 5 V	+/-5 V



Şekil 2.35: RS-485/422 fark sinyali



Şekil 2.36: Seri iletişim hattı

➤ Bazı genel terimlerin açıklaması

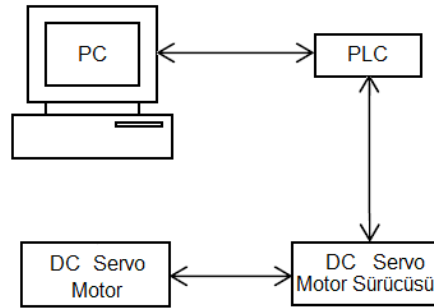
- *Kapalı veri yolları:* Bir üreticiye bağlı özel veri yollarıdır.
- *Açık veri yolları:* Veri yolunun özelliklerine ve standartlarına uyan herhangi bir üreticinin kolaylıkla bağlanabileceği veri yollarıdır. Beraber çalışabilir.
- *Kural:* Diğer üreticiler cihazları aynı ara devre ve tek kablo üzerinden bağlantı yapılabilir. Böylece montaj ve devreye alma zamanından tasarruf edilebilir.
- *Periyodik veri:* Veri sürekli olarak tanımlanmış zaman aralığında yenilenir. Hızlı ve verimlidir, kendi içinde esnektir, kolay uygulanabilir.
- *Periyodik olmayan veri:* Sadece bir defalık olaylar sonunda yenilenir. Düşük önceliklidir. Yavaş ve verimli değildir, esnektir, periyodik olmayan veriyi işleyebilmek için daha fazla zaman harcar.

BÖLÜM 3

3. GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ SİSTEM ÖRNEKLERİ

3.1 DC Servo Sistemin Gerçekleştirilmesi

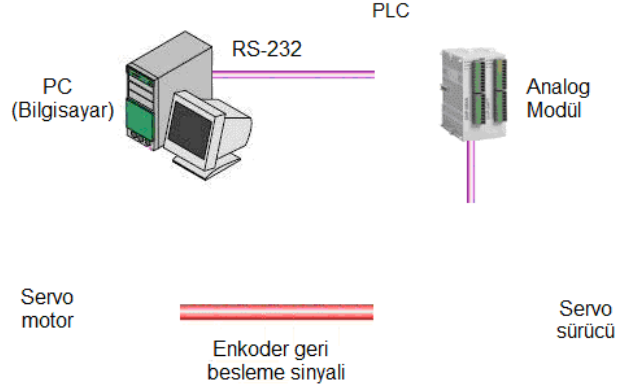
Endüstride yüksek performanslı konum kontrolü gerçekleştirmek için servo motorlar tercih edilir. Bu çalışmada DC servo motoru kontrol etmek için bilgisayar tabanlı hareket kontrolü ele alınmış ve hareket kontrolünü sağlamaya yönelik bilgisayar programı geliştirilmiştir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 3.1’ de görülmektedir.



Şekil 3.1: Gerçekleştirilen DC servo sistemin blok diyagramı

Servo sistem sürücüleri, denetim için gerekli olan sinyalleri (dönüş yönü, hız vb.) PLC’ den almıştır. Geri besleme sinyali ise çeşitli sensörler ya da konum potansiyometreleri yardımıyla elde edilir. Alınan bu bilgiler, aynı zamanda denetleyiciye gerçek konum bilgisi olarak girilir. Denetleyici, yazılımla verilen verilere göre parametreleri hesaplar ve sürücü için gerekli olan sinyalleri üretir. Burada en önemli parametre hız-zaman ilişkisidir. Denetleyici bu hız-zaman parametresine bağlı olarak üretmiş olduğu sinyalleri sürücüye gönderir. Sürücü ise motorun gücünü ayarlayarak hız-zaman ilişkisinin gerçekleştirilmesini sağlar. Gerçekleştirilen DC servo sistem PC, PLC, DC servo motor sürücüsü ve DC servo motor’ dan oluşmaktadır. Sistemde, Delta firmasının DVP-SS serisi PLC’ si, Delta firmasının DVP-SS serisi analog modülü, Oriental motor firmasının AXH serisi fırçasız DC servo motoru, Oriental motor firmasının AXH serisi fırçasız DC servo motor ile kombine satılan motor sürücüsü kullanılmıştır. Bu çalışmada DC servo motor kullanılarak dairesel hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kontrolde bellek ve gerekli olan I/O birimlerini içinde

barındıran Delta firmasının DVP-SS serisi PLC' si kullanılmıştır. İstenilen hız bilgisi değerleri tasarlanan sisteme, PC' de yazılmış Visual Basic programı aracılığıyla aktarılmaktadır. Sistem çalıştığı zaman, istenilen ve gerçekleşen konum değerleri PC ekranından görülmektedir. Gerçekleştirilen DC servo sistemin şematik gösterimi Şekil 3.2' de görülmektedir.



Şekil 3.2: Gerçekleştirilen DC servo sistemin blok şeması

Gerçekleştirilen DC servo sistemdeki DC servo motor, Şekil 3.3' de gösterildiği gibi çalıştırılmıştır. Motorun miline takılmış olan flanş sayesinde motor milinin hareketi daha net gözlemlenebilmektedir. Gerçekleştirilen sistemde dairesel hareket uygulaması yapılmış olup, servo motorun konumu açısal olarak kontrol edilmiştir. DC servo motoru kontrol edebilmek için kullanılan sürücü, PLC, güç kaynağı v.b. malzemeleri sağlam, düzgün ve güvenli bir şekilde çalıştırabilmek için Şekil 3.4' de görülen pano içine malzemeler yerleştirilmiştir. Cihazların birbirleriyle olan bağlantıları klemenslerle yapılmıştır. Motorun güç ve enkoder kabloları makine fişi aracılığıyla panoda sürücüye ve PLC' ye bağlanmaktadır.



Şekil 3.3: Gerçekleştirilen DC servo sistemdeki DC servo motorun fotoğrafı



Şekil 3.4: Gerçekleştirilen DC servo sistemdeki panonun fotoğrafı

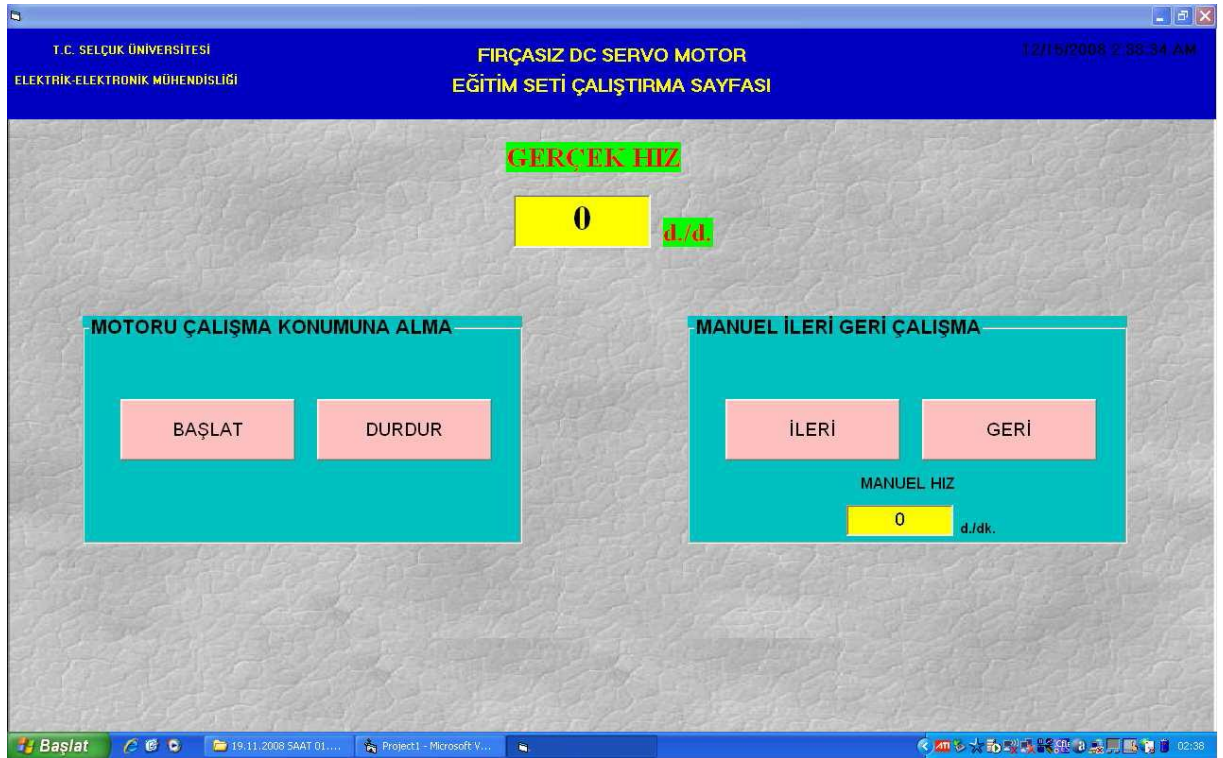
Çalışma kapsamında sistemde Şekil 3.5’ de görülen, donanımın beynini oluşturan bir adet Delta marka DVP-SS serisi, DVP14SS11R2 kod numaralı PLC kullanılmıştır. Bu PLC hem fiyatı hem de işlevi bakımından sağlamış olduğu yararlardan dolayı seçilmiştir. DVP-SS serisi PLC’ nin seçilmesindeki en önemli özelliği üzerinde RS 232 seri haberleşme portunun bulunmasıdır. Bu PLC yerine seri haberleşme portu bulunan başka bir PLC veya seri haberleşmesi bulunan bir mikrodenetleyici kullanılarak da sistem tasarlanabilir. PLC’ nin sistemdeki temel görevi bilgisayardan gelen seri bilgileri alıp servo motorların kontrol işaretlerine dönüştürmek ve bu kontrol işaretlerinin devamlılığını sağlayarak servo motorları istenen konumda sabit tutmak ve istenen hızda hareketi sağlamaktır.



Şekil 3.5: Delta marka DVP-SS serisi PLC

Gerçekleştirilen sistemde PLC, PC (bilgisayar) ile haberleşmeyi sağlamaktadır. PLC’ nin üzerinde RS 232 ve RS 485 haberleşme portları bulunmaktadır. RS 232 portu aracılığıyla

PC (bilgisayar) ile haberleşmektedir. Kullanılan PLC, Modbus RTU/ASCII haberleşme protokollerini desteklemektedir. PLC, PC (bilgisayar) ile ASCII protokolüyle haberleştirilmiştir. PLC' den PC' ye gelen bilgiler Şekil 3.6' da gösterilen Visual Basic 6.0 arayüz programı içinde yazılan program aracılığıyla alınıp ekranda gösterilmektedir. Aynı programla PC' den PLC' ye istenen bilgiler gönderilip ekranda gösterilmektedir. Şekil 3.6' da görüldüğü gibi DC servo motorun gerçek hızı, motorla ilgili alarmlar ve motoru çalıştırmak için istenilen hız bilgileri ekranda görülmektedir. Görülen düğmeler sayesinde motor ileri veya geri yönde çalıştırılıp durdurulabilmektedir.



Şekil 3.6: DC servo sistem için tasarlanan ara yüz programı

DC servo motorun hall sensöründen gelen geri besleme sinyalleri PLC' nin hızlı sayıcı girişine uygulanmıştır. PLC, servo motorun kontrolü için gereken ve ladder dilinde yazılmış olan programı da çalıştırmaktadır. PLC, PC' den gelen bilgiler ve DC servo sürücüsünden gelen geri besleme sinyalleri ve alarm sinyalini alarak içinde ladder dilinde yazılmış programa göre PC ve sürücüye tekrar bilgi göndermektedir. Böylece sistemde DC servo motor istenildiği gibi kontrol edilmektedir. Sistemde Şekil 3.7' de görülen, PLC' nin yanına takılan ve motoru istenen hızda çalıştırmak için Delta marka DVP-SS serisi, DVP02DA-S kod numaralı analog modül kullanılmıştır. Bu modül 12 bit çözünürlüklü iki analog çıkışa sahip bir analog modüldür. Analog modül PLC' den gelen bilgiye göre, motorun gitmesi istenen hız için, DC servo motor sürücüsüne 0 ile 5 V DC arasında bir gerilim uygulamaktadır. 0 V DC gerilimde motor mili 0 d/d' lık hızla (minimum hız), 5 V DC gerilimde 2500 d/d' lık hızla (maksimum hız) dönmektedir.

Sistemde Şekil 3.7’ de görülen, PLC’ nin yanına takılan ve motoru istenen hızda çalıştırmak için Delta marka DVP-SS serisi, DVP02DA-S kod numaralı analog modül kullanılmıştır. Bu modül 12 bit çözünürlüklü iki analog çıkışa sahip bir analog modüldür. Analog modül PLC’ den gelen bilgiye göre, motorun gitmesi istenen hız için, DC servo motor sürücüsüne 0 ile 5 V DC arasında bir gerilim uygulamaktadır. 0 V DC gerilimde motor mili 0 d/d’ lık hızla (minimum hız), 5 V DC gerilimde 2500 d/d’ lık hızla (maksimum hız) dönmektedir.



Şekil 3.7. Delta marka DVP-SS serisi analog modül

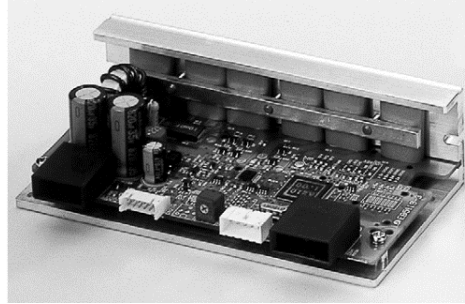
Çalışma kapsamında DC servo sistemde Şekil 3.8’ de görülen bir adet Oriental Motor marka (VEXTA-AXHM5100KC-A model) fırçasız DC servo motor kullanılmıştır. Bu motor, 100 W, 3000 d/d’ lık, 0.5 NM. , frensiz, fırçasız, sabit mıknatıslı DC servo motordur. Motora seri halde (motor gövdesinin içinde, motor milinin arkasına akuple) bir enkoder bağlıdır. Bu enkoder sayesinde motorun hız bilgisi sürücüye geri besleme olarak iletilmektedir. Motorun üzerinde güç ve sinyal (enkoder) kablo çıkışları mevcuttur. Güç ve sinyal kabloları, ilgili servo sürücüye bağlanmıştır. Motor küçük güçlü olduğu için fan soğutması yoktur.



Şekil 3.8. Oriental Motor marka fırçasız DC servo motor

Fırçasız DC servo motoru PC tabanlı olarak kontrol edebilmek için bilgisayardan çıkan sinyaller öncelikle PLC’ ye, PLC’ den motor sürücüsüne, oradan da motorlara iletilirler. Bu işlem için de proje kapsamında Şekil 3.9’ da görülen Oriental Motor marka AXHD100K

model servo sürücüsü (yükseltici) kullanılmıştır. DC servo motor sürücüsü 24 V DC gerilim ile beslenen, tek DC servo motor sürme kabiliyeti olan elektronik bir cihazdır.

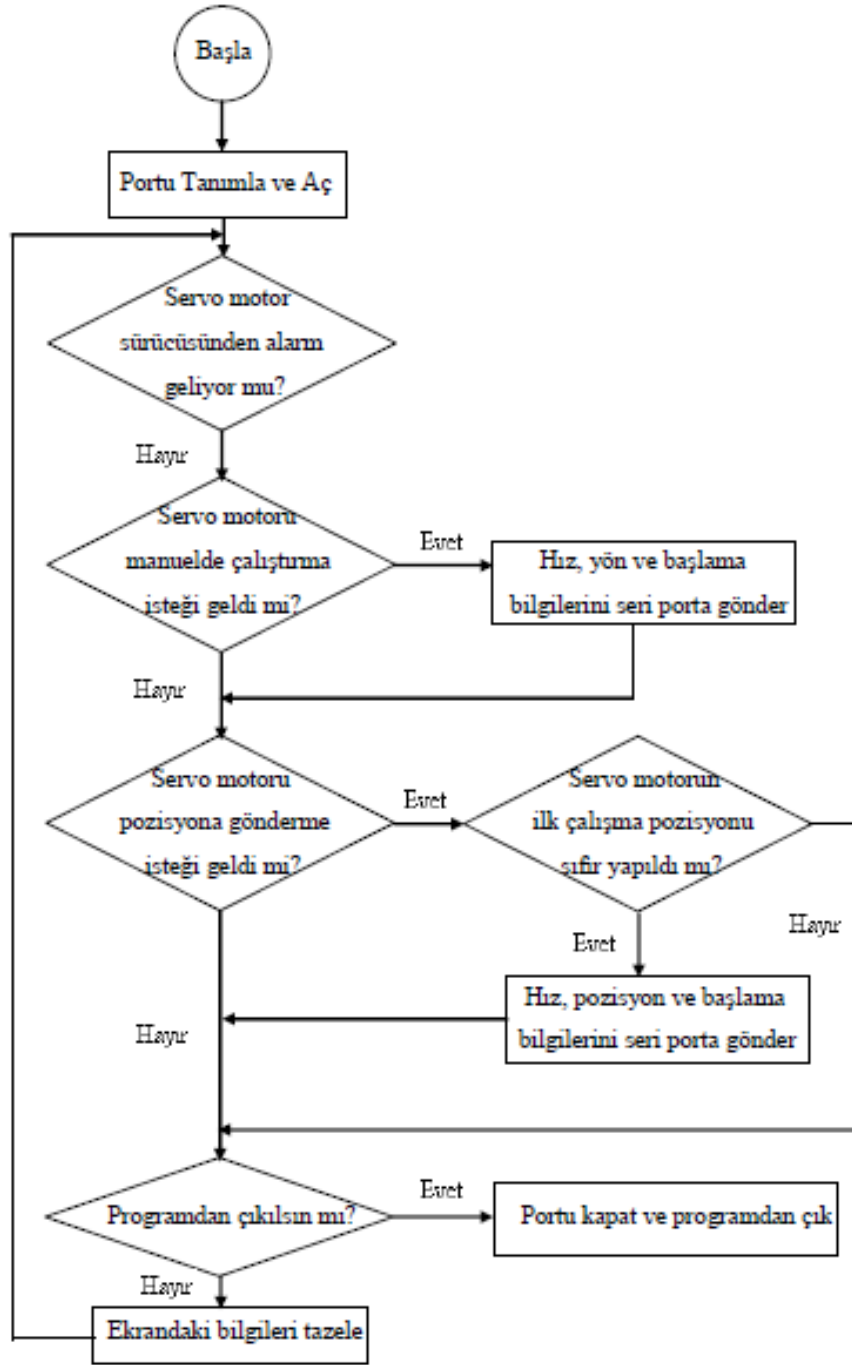


Şekil 3.9. Oriental Motor marka DC servo motor sürücüsü

DC servo motor sürücüsü üzerinde motoru beslemek için gerekli güç birimi bulunmaktadır. Bu güç birimi sayesinde DC servo motora darbeli 24 V DC gerilim uygulanmaktadır. Sürücü üzerinde motoru istenildiği gibi çalıştırabilmek için 5 adet dijital giriş, 2 adet dijital çıkış ve bir adet analog giriş mevcuttur. Girişlerden birincisi, motorun çalışması için izin girişidir. İkincisi, motoru yürüten veya frenleten giriştir. Üçüncüsü, motorun dönme yönünü belirleyen giriştir. Dördüncüsü, motorun hızının harici bir sinyalden veya sürücü üzerindeki dahili potansiyometreden ayarlanmasını belirleyen giriştir. Besinci giriş ise sürücüde veya motorda oluşan ve nedeni giderildikten sonra silinmesine izin verilen, alarm reset girişidir. Çıkışlardan birincisi, hız geri bildirimidir. Sürücünün bu çıkışı motor milinin her bir dönüşünde 0,3 ms. genişliğinde 30 darbe üretmektedir. İkincisi, alarm çıkışıdır. Motorun hızı dışarıdan ayarlanmak istenildiğinde, analog girişe 0 ile 5 V DC arasında ayarlanabilen bir gerilim uygulanmalıdır.

DC servo motor sürücüsü kapalı devre çalışmaktadır. Motorun hız bilgisi, motorun arkasında, motor miline akuple edilmiş enkoder vasıtasıyla sürücüye iletilmektedir. Sistemimizde sürücü analog modülden gelen gerilimin değerini ölçmektedir. Ardından PLC' den dijital girişlerine gelen sinyallere göre istenilen hıza ulaşıncaya kadar motoru gereken darbelerle sürerek, hareket ettirmektedir. Sürücü, istenilen hız bilgisi ve motor enkoderinden gelen geri besleme sinyal bilgisini, motora gereken sıklıkta gerilim uygulayarak eşitlemektedir. Ayrıca motorun gerçek hızını da çıkış olarak sağlamaktadır. PLC' ye gelen hız bilgisi, PLC' de yazılan program aracılığıyla konum bilgisine dönüştürülmüştür. İstenilen konuma gitmesi istenildiğindeyse, PLC' nin içindeki program aracılığıyla sürücüden gelen hız geri besleme sinyal bilgisiyle öğrenilen konum ve istenilen konum karşılaştırılıp, ikisi de eşitleninceye kadar sürücünün dijital girişleri aracılığıyla motor hareket ettirilir. Yani sürücü PLC' den gelen, istenen değerleri (setpoints) ve geri besleme sinyal bilgilerini kullanarak motoru sürmektedir. Böylece istenilen hareket sağlanmış olur.

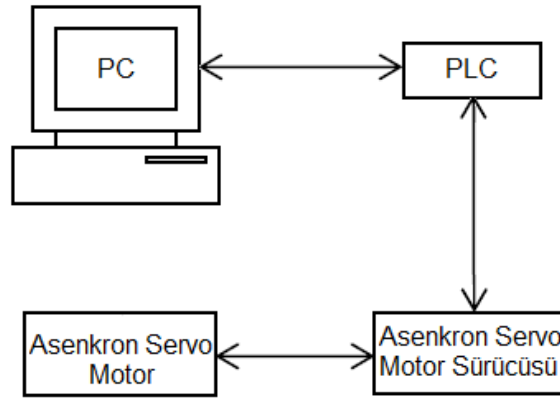
Gerçekleştirilen DC servo sistemin PC kontrol programı akış diyagramı Şekil 3.10' da gösterildiği gibidir.



Şekil 3.10 : Fırçasız DC servo motor PC kontrol programı akış diyagramı

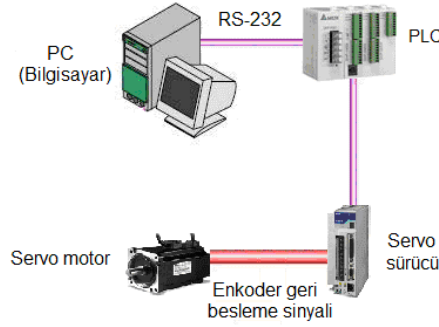
3.2 AC Servo Sistemin Gerçekleştirilmesi

Teknolojideki hızlı ilerleme makinelerin daha hassas ve hızlı tahrik üniteleri ile donatılmasını gerekli kılmaktadır. Son yıllarda alışlagelmiş tahrik sistemlerinin yerini, programlanabilme ve hassas hareket kontrolüne uygulanabilme özelliklerinden dolayı servo ve adım motorlar almaya başlamıştır. Servo motorlar, yüksek hassasiyetleri ve moment kapasiteleri nedeniyle otomasyon uygulamalarında tercih edilmektedirler. AC servo motorlar, mikro işlemci teknolojisindeki çok hızlı gelişme nedeniyle sıklıkla kullanılmaya başlanmışlardır. Servo ve adım motorların programlanması ve dolayısıyla yapılacak hareketin belirtilmesi tek basına üniteler veya PC' ler ile yapılmaktadır. Bu çalışmada AC bir servo motorun, bilgisayar tabanlı hareket kontrolü ele alınmış ve hareket kontrolünü sağlamaya yönelik bilgisayar programı geliştirilmiştir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 3.11' de görülmektedir.



Şekil 3.11 :Gerçekleştirilen AC servo sistemin blok diyagramı

Gerçekleştirilen AC servo sistemde bir PC, Delta firmasının DVP-SV serisi PLC' si, Delta firmasının Ecma serisi asenkron servo motoru, Delta firmasının ASD-B serisi asenkron servo motor sürücüsü kullanılmıştır. Bu çalışmada AC servo motor kullanılarak lineer konum ve hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kontrolde, bellek ve gerekli olan I/O birimlerini içinde barındıran Delta firmasının DVP-SV serisi PLC' si kullanılmıştır. İstenilen konum bilgisi, hız gibi değerler tasarlanan sisteme, PC' de yazılmış Visual Basic 6.0 programı aracılığıyla aktarılmaktadır. Sistem çalıştığı zaman, istenilen ve gerçekleşen konum ile hız değerleri PC ekranından görülmektedir. Gerçekleştirilen AC servo sistemin şematik gösterimi Şekil 3.12' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.12. Gerçekleştirilen AC servo sistemin şematik gösterimi

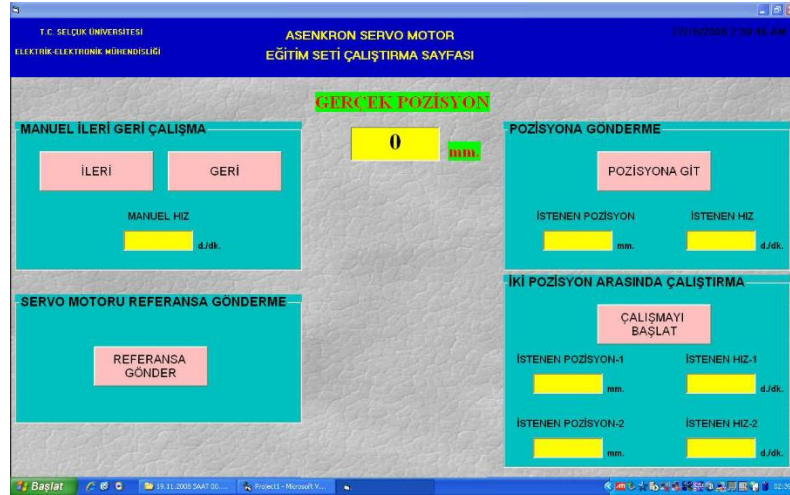
Gerçekleştirilen sistemdeki AC servo motor Şekil 3.13’ de görüldüğü gibi vida milli lineer bir eksen ileri geri hareket ettirmek için kullanılmıştır. AC servo motora verilen komutlarla istenilen hızda ileri-geri vida mili hareket ettirilmektedir. Vidalı milin üstündeki sabit bir mile yataklanmış olan parça, vida mile yataklanmış parçayla bağlanmıştır. Yani vidalı mil hareket ettikçe, sabit mile yataklanmış parça da (yük) hareket ettirilmektedir. Vida milli eksen oldukça hassas pozisyonlamaya imkân vermektedir. Hem hassas pozisyonlamaya imkan vermesi hem de diğer mekanik sistemlere (kremayer disli, kremayer pinyon vb.) göre daha ekonomik olduğu için tercih edilmiştir.



Şekil 3.13. Gerçekleştirilen AC servo sisteme ait mekanik sistemin resmi

Gerçekleştirilen sistemde PC’ nin seri portu aracılığıyla, Şekil 3.14’ de gösterilen Visual Basic programında yazılan görsel program kullanılarak, PLC’ nin RS 232 portuyla ASCII protokolü kullanılarak PC ve PLC haberleştirilmiştir. Visual Basic programı kullanılarak, hem haberleşme sağlanmıştır hem de kullanıcının servo motoru çalıştırmak istediği hız, göndermek istediği pozisyon gibi değerler bu program aracılığıyla değerlendirilmiştir. Visual Basic’ de girilen değer ve yapılması istenen komutlar, belirli bir haberleşme hızıyla (19200 Mbit/s.) PLC’ ye iletilmektedir. PLC aldığı bilgileri, içinde ladder dilinde yazılmış program aracılığıyla değerlendirip, sonuçlara göre servo sürücüyü sinyal göndermektedir. AC servo motor sürücüsü, PLC’ den gelen sinyallere göre, AC servo motoru istenen hızda, istenen pozisyona göndermekte veya durdurmaktadır. AC servo motor sürücüsü geri beslemeli çalışmaktadır. Motorun hız ve pozisyon bilgisi, motorun arkasında, motor miline akuple edilmiş enkoder vasıtasıyla sürücüyü iletilmektedir. Sürücü PLC’ den gelen, istenen değerleri (setpoints) ve geri besleme sinyal bilgilerini kullanarak motoru sürmektedir. Servo

motor sürücüsü, üzerindeki CN1 dijital giriş ve çıkış portu aracılığıyla servo motorun hız ve pozisyon bilgilerini PLC' ye giriş olarak göndermektedir. PLC de, belirli zaman aralıklarında, PC' ye servo motorun hız ve pozisyon bilgilerini iletmektedir. Böylece AC servo motor istenen hızda hareket ettirilip, istenilen konuma gönderilebilmektedir.



Şekil 3.14: AC servo sistem için tasarlanan ara yüz programı

Çalışma kapsamında AC servo sistemde Şekil 3.15' de görülen bir adet Delta marka, DVP-SV serisi, DVP28SV11T kod numaralı PLC' si kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde PLC, DC servo sistemde kullanılan PLC ile aynı görevi yapmaktadır. AC servo sistemde PLC, AC servo motoru istenilen hızda hareket ettirmek için kendi üzerindeki çıkışları kullanmaktadır. Sürücüye bu çıkışlardan PWM işaret uygulamaktadır. İstenilen hıza göre PWM işaretin frekansını değiştirerek sürücüyü sürmektedir.



Şekil 3.15: Delta marka DVP-SV serisi PLC

Çalışma kapsamında sistemde Şekil 3.16' da görülen bir adet Delta marka(ECMA - C30804G7 model) asenkron servo motor kullanılmıştır. Bu motor, 400 W, 3000 d/d' lık, 1.27 NM., frensiz bir asenkron servo motordur. Motora seri halde (motor gövdesinin içinde, motor milinin arkasına akupple) bir enkoder bağlıdır. Bu enkoder sayesinde motorun hız ve pozisyon bilgileri sürücüye geri besleme olarak iletilmektedir. Motorun üzerinde güç ve

sinyal (enkoder) kablo çıkışları mevcuttur. Güç ve sinyal kabloları, ilgili servo sürücüye bağlanmıştır. Motor küçük güçlü olduğu için fan soğutması yoktur.



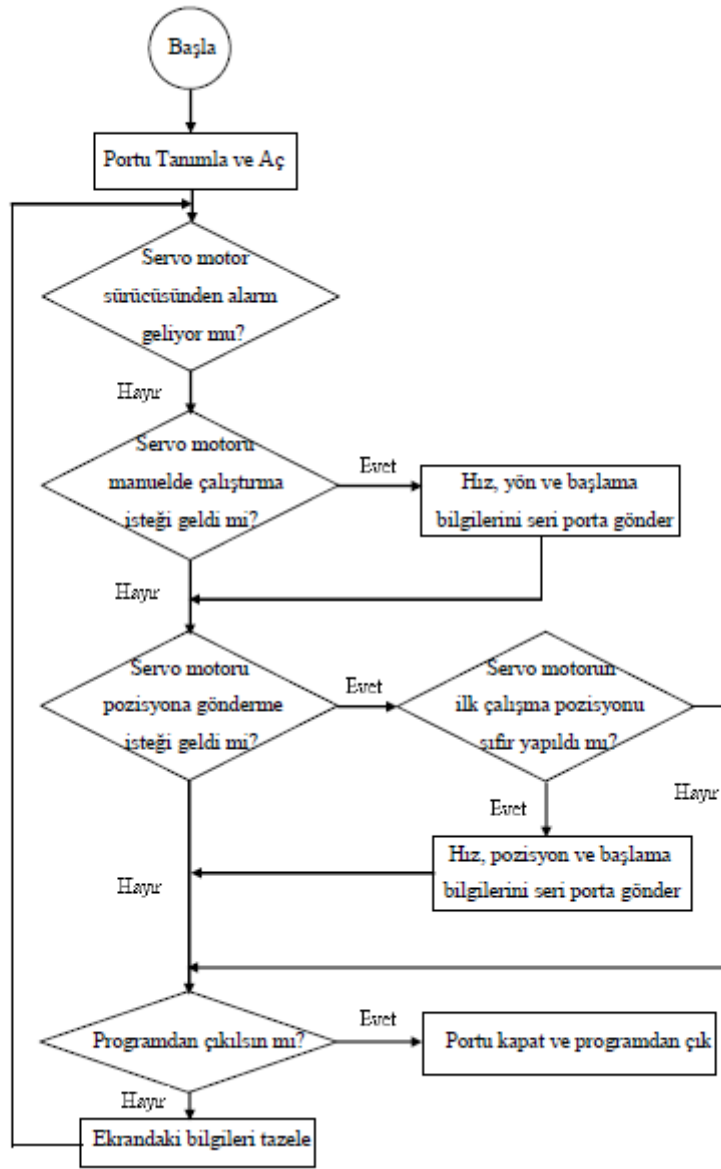
Şekil 3.16: Delta marka asenkron servo motor

Servo motorları PC tabanlı olarak kontrol edebilmek için bilgisayardan çıkan sinyaller öncelikle PLC' ye, PLC' den asenkron servo motor sürücüsüne, oradan da asenkron servo motora iletilir. Bu işlem için de proje kapsamında Delta marka ASD-B0421-A model servo sürücü (yükselteç) kullanılmıştır. Servo motor sürücüsü 220 V tek fazla beslenen, tek asenkron servo motor sürme kabiliyeti olan, RS 232 haberleşme portu olan elektronik bir cihazdır.



Şekil 3.17: Delta marka asenkron servo motor sürücüsü

Gerçekleştirilen AC servo sistemin PC kontrol programı akış diyagramı Şekil 3.18' de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.18: AC servo motor PC kontrol programı akış diyagramı

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada servo motorlarının yapıları, çeşitleri, çalışma prensipleri ile beraber diğer servo sistem elemanları ve servo motorun haberleşme sürücüleri ile ilgili bilgi verilip biri AC servo motor diğeri DC servo motor olmak üzere iki tane uygulama örneği incelenmiştir.

Servo sistemler, endüstrinin farklı birçok alanında uygulama yeri bulmaktadır. Özellikle endüstriyel otomasyonda; hız, moment, konumlandırma, çok eksenli hareket, ölçme ve bilgisayar destekli üretim gibi alanlarda sıklıkla servo sistemler kullanılmaktadır. Servo sistemler ile gerçekleştirilen bir uygulamada, yüksek düzeyde duyarlılık ve kontrol sağlanabilmektedir. Ancak servo sistemler, diğer klasik kontrol sistemlerine göre daha karmaşık ve maliyetlidirler.

Teknolojideki gelişmelere paralel olarak servo motor kontrol sistemlerinde de hızlı bir gelişme olmaktadır, bu sayede daha önce teoride gerçekleştirilebilen ancak pratikte uygulanamayan bazı sistemler gerçekleştirilebilmektedir. Servo motor sürücü devreleri de bunun en önemli örneklerinden sayılabilir çünkü bu sistemler özellikle güç elektroniği teorisindeki ilerlemeler sayesinde şimdiki hallerini almıştır.

Bundan sonra konuyla ilgili çalışma yapacak araştırmacılar, gerçekleştirilen sistemleri değişik kontrol algoritmaları ile daha hassas ve hızlı denetim sağlayabilirler. Bu algoritmalar sayede servo sistemler gittikçe daha kontrollü ve istenen potansiyelde olacaktır.

KAYNAKÇA

1. Altunsaçlı, A., “Elektrik Mekineleri 3”,Nobel Yayınevi (2003).
2. Bal, G., “Özel Elektrik Makineleri”,Seçkin Yayıncılık (2004).
3. Altunsaçlı, A., “Elektrik Motorları ve Sürücüler”, Nobel Yayınevi (2003).
4. Paksoy, M., “Özel Elektrik Makineleri Ders Notları” (2004).
5. Rashid, M.H.,” Power Electronics”, New Jersey, (1988).
6. Gulabi, A., “Development of an Embedded SCADA System with PLC and Java Application for Synchronous Operation of Standard Servo Drives. M.S. thesis” Hamburg University, Hamburg (2007).
7. Yılmaz, F., “AC ve DC Servo Eğitim Sistem Setinin Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi”, Selçuk Üniversitesi,Konya,(2008).
8. Dülger, L.C., Kireççi, A., Topalbekiroğlu, M., “AC Servomotorların Modellenmesi Simülasyonu ve Hareket Denetiminde Kullanılması.” 10. Ulusal Mak. Teo. Sempozyumu Bil. Kit., Cilt 1, 181-189,(2001).
9. Noorani, R.I., “Microcomputer-Based Robot Arm Control”, Mathematical and Computer Modelling Conference (1990).
10. www.megep.com.tr
11. www.mersin.edu.tr
12. www.itu.edu.tr
13. <http://www.inverter-plc.net>
14. www.lmphotronics.com

ÖZGEÇMİŞ



Belma BİRLİK, 1993 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Şırnak'ta tamamladı. Şırnak Anadolu Öğretmen Lisesinden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümüne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.