

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

ELEKTRİK VE ELEKTRONİK  
SİSTEMLERİN BAKIM VE ONARIMI 3

ANKARA 2008

**Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;**

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

|   |    |
|---|----|
| AÇIKLAMALAR .....   | ii |
| GİRİŞ .....   | 1  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....   | 3  |
| 1. TRANSFORMARTÖRLER .....  | 3  |
| 1.1. Transformatörlerin Tanımı.....                                   | 3  |
| 1.2. Transformatörün Yapısı .....                                     | 4  |
| 1.2.1. Manyetik Nüve .....  | 4  |
| 1.2.2. Ayaklar ( Bacaklar).....                                       | 5  |
| 1.2.3. Boyunduruk .....   | 5  |
| 1.2.4. Primer Sargı.....  | 5  |
| 1.2.5. Sekonder Sargı.....  | 5  |
| 1.2.6. Manyetik Akı ( $\phi$ ) .....                                  | 5  |
| 1.3. Transformatörün Çalışma Prensibi .....                           | 5  |
| 1.4. Dönüştürme Oranı.....  | 6  |
| 1.4.1. Problemler .....   | 6  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 8  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....  | 10 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....  | 11 |
| 2. MOTORLAR .....   | 11 |
| 2.1. Motorların Tanıtılması .....                                     | 11 |
| 2.1.1. Bir Fazlı Motorlar .....                                       | 11 |
| 2.1.2. Üç Fazlı Motorlar .....  | 19 |
| 2.2. Motorlarda Rulman Sökülmesi ve Takılması .....                   | 25 |
| 2.2.1. Rulmanlı yataklar .....  | 25 |
| 2.3. Bağlantı Klemenslerinin Tanıtılması .....                        | 33 |
| 2.3.1. Motor Klemensleri.....   | 34 |
| 2.4. Bir ve Üç Fazlı Motorlarda Arızalar ve Giderme Yolları .....     | 38 |
| 2.4.1. Kolektörsüz Motorlarda Meydana Gelen Arızalar .....            | 38 |
| 2.4.2. Kolektörlü Motorlarda Meydana Gelen Arızalar.....              | 40 |
| 2.5. Asenkron Motorlara Yol Verme .....                               | 40 |
| 2.6. Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yıldız-Üçgen Yol Verme .....         | 40 |
| 2.6.1. Paket Şalterle Asenkron Motora Yıldız-Üçgen Yol Verilmesi..... | 41 |
| 2.6.2. Otomatik Yıldız-Üçgen Yol Verme Devresi .....                  | 43 |
| 2.7. Motorlarda Sigorta Seçimi .....                                  | 45 |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 48 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....  | 51 |
| MODÜL DEĞERLENDİRME .....   | 52 |
| CEVAP ANAHTARLARI.....  | 53 |
| KAYNAKÇA .....  | 54 |

# AÇIKLAMALAR

|  |   |
|--|---|
| <b>KOD</b>                                     | <b>523EO0178</b>  |
| <b>ALAN</b>                                    | <b>Makine Teknolojisi</b>   |
| <b>DAL/MESLEK</b>                              | <b>Makine Bakım Onarım</b>  |
| <b>MODÜLÜN ADI</b>                             | <b>Elektrik Elektronik Sistemlerin Bakım ve Onarımı 3</b>   |
| <b>MODÜLÜN TANIMI</b>                          | Elektrik- Elektronik sistemlerinde bulunan transformatörler (trafo) ile bir fazlı- üç fazlı motorlarının yapısının, çeşitlerinin, bakım-onarımlarının bilgi ve becerilerinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.   |
| <b>SÜRE</b>                                    | 40 / 32   |
| <b>ÖN KOŞUL</b>                                | Elektrik Elektronik Sistemlerin Bakım ve Onarımı 1-2 modülünün yeterliliklerine sahip olmak   |
| <b>YETERLİK</b>                                | Elektrik-Elektronikte sistemlerde kullanılan makinelerinden transformatör ve motorları kontrol etmek  |
| <b>MODÜLÜN AMACI</b>                           | <b>Genel Amaç</b><br>Bu modül ile elektrik-elektronikte sistemlerde kullanılan makinelerinden transformatör ve motorları kontrol edebileceksiniz.<br><b>Amaçlar</b><br>1. Elektrik-Elektronik sistemlerinde yer alan transformatörlerin bakım onarımını yapabileceksiniz.<br>2. Elektrik-Elektronik sistemlerde bulunan bir fazlı ve üç fazlı motorların bakım ve onarımını yapabileceksiniz. |
| <b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b> | Elektrik-Elektronik atölye ve laboratuvarı ile sanayi ve işletmelerde bulunan tesisler.   |
| <b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>                  | ➤ Modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen, ölçme soruları ile ayrıca, kendinize ilişkin gözlem ve değerlendirmeleriniz yoluyla kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz.<br>➤ Öğretmen, modül sonunda size ölçme teknikleri uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.      |

# GİRİŞ

## **Sevgili Öğrenci,**

Günümüzde teknoloji ve sanayi o kadar hızla ilerliyor ki, kendimizi çağın gereklerine göre yetiştirip yenilemeliyiz. Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle birçok alanda yeni iş kolları açılmaktadır. Bu iş kollarında kalifiye insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Siz geleceğimiz olan gençlerin, bu alanlarda kalifiye eleman olarak yetişip, biran önce iş hayatına atılmanızı ve ülke ekonomisine katkıda bulunmanızı temenni ediyor ve istiyoruz.

Bu modülümüzde, elektrik enerjisinin üretilmesinin, iletilmesinin ve dağıtılmasının her aşamasında kullanılan transformatörler ile elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren ve günlük hayatımızda hemen her alanda karşımıza çıkan elektrik motorlarını tanıtacağız.

Bu modülün sonunda, transformatörlerin ve elektrik motorların çeşitlerini, yapılarını, çalışma prensiplerini, devreye bağlanmasını bilecek aynı zamanda bakım ve onarımlarını rahatlıkla yapabileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında elektrik elektronik sistemlerinde kullanılan transformatörlerin bakım ve onarımlarını yapabileceksiniz.

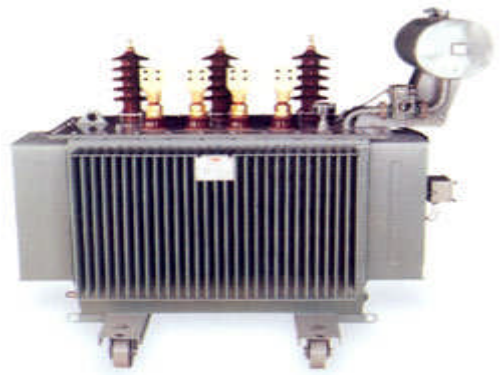
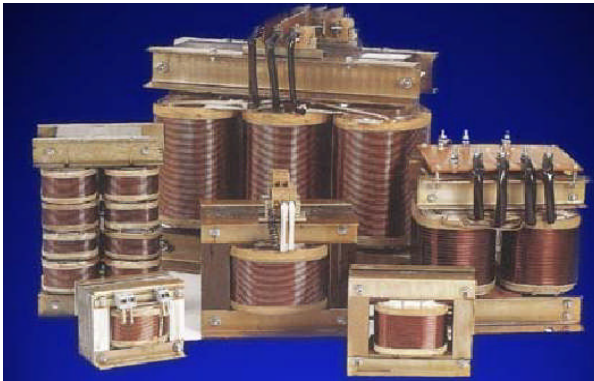
## ARAŞTIRMA

- Elektrik elektronik atölyeleri ve laboratuvarları ile transformatörlerin üretimini yapan firmaları gezerek incelemeler yapınız. Bu konu ile ilgili kataloglar bularak internetten de araştırmalar yapınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfla paylaşınız.

## 1. TRANSFORMARTÖRLER

### 1.1. Transformatörlerin Tanımı

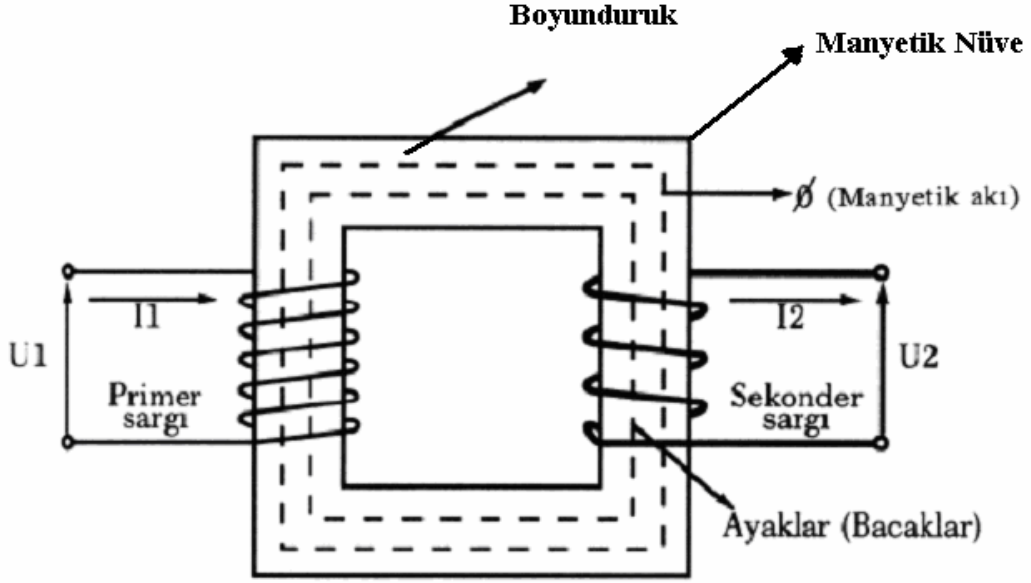
Transformatörler alternatif akımda çalışan, girişine uygulanan elektrik enerjisinin frekansını ve gücünü değiştirmeden akım ile gerilimin değerlerini alçaltarak veya yükselterek çıkışı veren statik elektrik makinesidir. Buradan anlaşıldığı üzere transformatörde iki ayrı devre vardır. Oto trafoları hariç bu iki devre elektriki olarak birbirine bağlı değildir. Birazdan değineceğimiz gibi bu devreler birbirine manyetik olarak bağlıdır.



Resim 1.1: Transformatörler

## 1.2. Transformatörün Yapısı

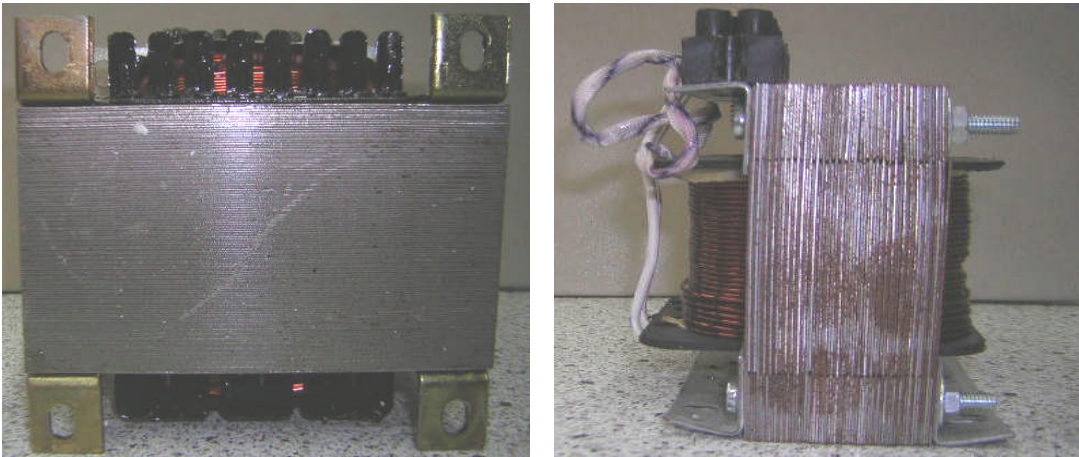
Transformatörler ince, özel silisli sacların paketlenmesi ve üzerine yalıtılmış iletkenlerin sarılmasıyla meydana gelir.



Şekil 1.1: Transformatörün yapısı

### 1.2.1. Manyetik Nüve

Transformatörlerde 0,30-0,50 mm kalınlığındaki birer yüzleri yalıtılmış silisli sacların paketlenmesinden meydana gelir.



Resim 2.2: Transformatörlerin nüveleri



### 1.2.2. Ayaklar ( Bacaklar)

Manyetik nüvede üzerine sargıların sarıldığı kısma denir.

### 1.2.3. Boyunduruk

Ayakları birleştiren kısma ise boyunduruk denir.

### 1.2.4. Primer Sargı

Transformatörlerin birinci devresini oluşturan yalıtılmış iletkenlerden meydana gelmiş sargıdır.

### 1.2.5. Sekonder Sargı

Transformatörlerin ikincil devresini oluşturan yalıtılmış iletkenlerden meydana gelmiş sargıdır.

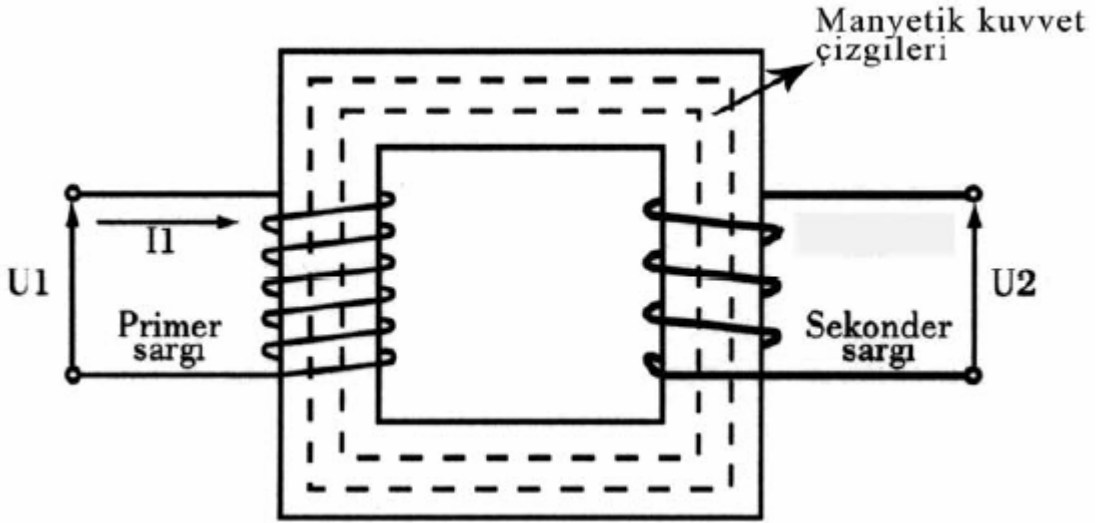
### 1.2.6. Manyetik Akı ( $\phi$ )

Primer sargı tarafından oluşturulan, manyetik nüve üzerinden sekonder sargıları kesen, sekonder sargıda EMK oluşmasını sağlayan vektörel büyüklüktür.

## 1.3. Transformatörün Çalışma Prensibi

Şekil 1.2'deki transformatöre alternatif gerilim uygularsak; primer sargılarından alternatif bir akım geçer. Bu  $I_1$  akımı, demir nüve üzerinde zamana göre yönü ve şiddeti değişen bir manyetik alan meydana getirir. Bu manyetik alan devresini, nüve üzerinden ve sekonder sargının bulunduğu bacak üzerinden de geçerek tamamlar. Devresini sekonder sargının bulunduğu bacak üzerinden tamamlayan değişken manyetik alan kuvvet çizgileri, sekonder sargı iletkenlerini keserek sekonder sargılarında bir EMK indüklenir. Böylece aralarında hiçbir elektriki bağ olmadığı halde, primer sargıya uygulanan alternatif gerilim sekonder sargıda, elektromanyetik indüksiyon yolu ile aynı frekanslı bir gerilim indüklenmiş olmaktadır.

Eğer primer sargıya alternatif gerilim yerine doğru gerilim uygulanırsa, yine primer sargıdan bir akım geçer ve nüve üzerinde bir manyetik alan meydana gelir. Ancak bu manyetik alan, yönü ve şiddeti değişmeyen sabit bir alandır. Sekonder sargı, sabit manyetik alan içerisinde kaldığından üzerinde bir EMK endüklenmez. Yani transformatöre doğru gerilim uygulandığında çıkışından hiçbir gerilim alınmaz.



Şekil 1.2: Transformatörün çalışması

## 1.4. Dönüştürme Oranı

$K = U_1/U_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2$  Bu orana dönüştürme oranı denir. Her transformatörün sabit bir dönüştürme oranı vardır.

Formüldeki değerlerde;

$U_1$  : Primere uygulanan gerilim (Volt)

$U_2$  : Sekonderden alınan gerilim (Volt)

$N_1$  : Primer siper sayısı (Siper)

$N_2$  : Sekonder siper sayısı (Siper)

$I_1$  : Primer akımı (Amper)

$I_2$  : Sekonder akımı (Amper)

a, K : Dönüştürme oranı

### 1.4.1. Problemler

1. Dönüştürme oranı 4 olan trafonun primer sargısına 220 V' luk gerilim uygulandığında sekonder uçlarından alınacak gerilimi hesaplayınız.

Çözüm:  $K = 4$   $U_1 = 220V$   $U_2 = ?$

$K = U_1/U_2$   $4 = 220/U_2$   $U_2 = 220/4$   $U_2 = 55 V$

2. Bir transformatörün primer sargısına uygulanan gerilim 220 V' tur. Sekonder sargılarından alınan gerilim 22 V 'tur. Primer sargının siper sayısı 1000 ' dir. Buna göre dönüştürme oranını ve sekonder siper sayısını bulunuz.

Çözüm:  $U_1 = 220 V$   $U_2 = 22 V$   $N_1 = 1000$   $K = ?$  ,  $N_2 = ?$

$$K = U_1/U_2 \quad K=220/22 \quad K=10$$
$$K= N_1/N_2 \quad 10= 1000/ N_2 \quad N_2= 1000/10N_2= 100 \text{ Sipur.}$$

3. Bir transformatörün sekonder uçlarına yük bağlanmıştır. Transformatörün primer sargılarına şehir şebekesinin gerilimi (220 v ) uygulandığında sargıdan 2 A akım geçmektedir. Sekonder uçlarında alınan gerilim 110 v olduğuna göre; transformatörün dönüştürme oranını ve sekonder sargılarından geçen akımı bulunuz.




$$\text{Çözüm: } U_1 = 220 \text{ V} \quad U_2 = 110 \text{ V} \quad I_1 = 2 \text{ A} \quad K = ? \quad I_2 = ?$$



$$K = U_1/U_2 \quad K=220/110 \quad K = 2$$

$$K = I_2/I_1 \quad 2 = I_2/2 \quad I_2 = 4 \text{ A}$$

## UYGULAMA FAALİYETİ

- Nüve ve Sargı kontrolü yapmak
- Bobinler gerilim indüklenmesinin incelenmesi
- Trafolardaki arızaların tespit edilmesi
- Trafo arızalarının giderilmesi

| İşlem Basamakları  | Öneriler  |
|--|---|
| <p><b>Nüve ve Sargı Kontrolü Yapmak</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Primer sargının uçları arasına, kademesi Ohm' a getirilmiş AVOMETRENİN propları yerleştirilerek ölçüm yapınız. Sonsuz direnç değeri gösteriyorsa sargı kopuktur. Direnç değeri gösteriyorsa sargı sağlamdır.</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aynı işlem sekonder sargısının kontrolünde tekrar ediniz.</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Trafoda kullanılan sacların sağlam paketlenip paketlenmediği kontrol ediniz.</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sargı uçları arasında gösterilen direnç değeri trafoda kullanılan iletkenin cinsine, siper sayısına ve kesitine bağlı olarak değiştiğini unutmayınız.</li><li>➤ Kontrol edeceğiniz sargının iletken uçları yalıtılmıştır. Ölçüm yaparken yalıtkanın soyulduğundan emin olunuz.</li><li>➤ Transformatörün saclarının vidaları gevşekse sıkıştırınız.</li></ul> |

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| <p><b>Bobinler Gerilim İndüklenmesinin İncelenmesi</b></p> <p>➤ Transformatorün primer uçlarına alternatif gerilim uygulandığında sekonderden bir alternatif gerilim elde edilip edilmediği kontrol ediniz.</p>   | <p>➤ Sekonder sargıdan bir gerilim elde edilmiyorsa 1. işlem basamağı tekrar kontrol ediniz. Problem yoksa eğer trafoyu besleyen güç kaynağının çalışıp çalışmadığı kontrol ediniz.</p>    |
| <p><b>Trafolardaki Arızaların Tespit Edilmesi</b></p> <p>➤ Trafo sargılarını kontrol ediniz.</p> <p>➤ Bir trafoda sargı kopukluğu, gövdeye kaçak, nüvenin sağlam paketlenmemesinden dolayı manyetik gürültü yapması sargıların yalıtkanının bozulması ( Sargının yanması ) gibi arızalar olabilir.</p>   | <p>➤ Kontrol kaleminin sağlam olduğundan emin olunuz.</p> <p>➤ Kontrol kalemi tornavida gibi kullanmayınız.</p> <p>➤ Trafo uçlarına enerji verilirken, transformatorün alçaltıcı mı yoksa yükseltici mi olduğuna dikkat ediniz. Aksi takdirde alçaltıcı bir transformatorün sekonder uçlarına besleme yapılırsa çıkış gerilimi çok yüksek olacağından trafonun bu sargısı yanar.</p> |
| <p><b>Trafo Arızalarının Giderilmesi</b></p> <p>➤ Sargıların kopuk olduğu durumlarda hangi sargı kopuksa o sargıyı yeniden sarınız.</p> <p>➤ Gövdeye kaçak varsa eğer, hangi sargıdan kaynaklanıyorsa o sargıyı yeniden sarınız.</p> <p>➤ Manyetik gürültü yaptığında vidaları sıkıştırınız.</p> <p>➤ Sargılar yandığında yeniden sarınız.</p>   | <p>➤ İş güvenliği kurallarına riayet ediniz.</p>   |

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Bu faaliyet kapsamında kazandığınız bilgileri, aşağıdaki soruları cevaplandırarak değerlendiriniz. Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- 1) ( ) Transformatör hem doğru akımda hem de alternatif akımda çalışır.
- 2) ( ) Transformatörde primer ve sekonder olmak üzere iki sargı bulunmaktadır.
- 3) ( ) Manyetik nüve üzerinde ayaklar, boyunduruk, primer, sekonder sargı bulunur.
- 4) ( ) Manyetik nüve üzerinde devresini tamamlayan, sekonder sargıda gerilim endüklemesini sağlayan değişken akıya manyetik akı denir.
- 5) ( ) Transformatörün primer sargısıyla sekonder sargısı arasında bir elektriki bağ vardır.
- 6) ( ) Her transformatörün sabit bir dönüştürme oranı vardır.
- 7) ( ) Dönüştürme oranı 5 olan transformatörün, çıkışından 20 v gerilim alınmaktadır. Bu değerlere göre; girişine uygulanan gerilimi değeri 80 v'tur.
- 8) ( ) Primer siper sayısı 600, sekonder siper sayısı 20, primer sargıya uygulanan gerilim 240 v ise sekonder sargının uçlarında alınan gerilim 8 v tur.
- 9) ( ) Transformatör, gücü ve frekansı alçaltıp yükseltmeye yarar.
- 10) ( ) Transformatörler, ince özel silisli saçların paketlenmesi ve üzerine yalıtılmamış iletkenlerin sarılmasından meydana gelir.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili konuyu tekrarlayınız. Başarılıysanız bir sonraki bölüme geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında, elektrik-elektronik sistemlerde bulunan bir fazlı ve üç fazlı motorların bakım ve onarımı yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Elektrik elektronik atölyeleri bulunan motorları, motor imalatı ve bobinajı yapan firmaları gezerek incelemeler yapınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfla paylaşınız.

## 2. MOTORLAR

### 2.1. Motorların Tanıtılması

Motorlar, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştüren elektrik makineleridir. Sargılarına uygulanan elektrik enerjisi sayesinde milinden mekanik enerji elde edilir. Akım çeşidine göre incelendiğinde doğru akım ve alternatif akım olarak ayrılır. Ancak biz bu bölümde faz sayısına göre bir ve üç fazlı olarak motorları inceleyeceğiz.

#### 2.1.1. Bir Fazlı Motorlar

##### 2.1.1.1. Bir Fazlı (Yardımcı Sargılı ) Asenkron Motorlar

Asenkron motorlar; alternatif elektrik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makineleridir. Bir ve üç fazlı olarak üretilir. Bir ve üç fazlı asenkron motorlar yapı bakımından birbirine benzer.

Bu motorlara asenkron denilmesinin sebebi, stator sargılarında oluşan manyetik alanın hızı ile rotorun dönme hızı aynı değildir. Rotorun dönme hızı, stator manyetik alanının hızından daima azdır. Bu yüzden bu motorlara ASENKRON MOTOR denilmektedir.

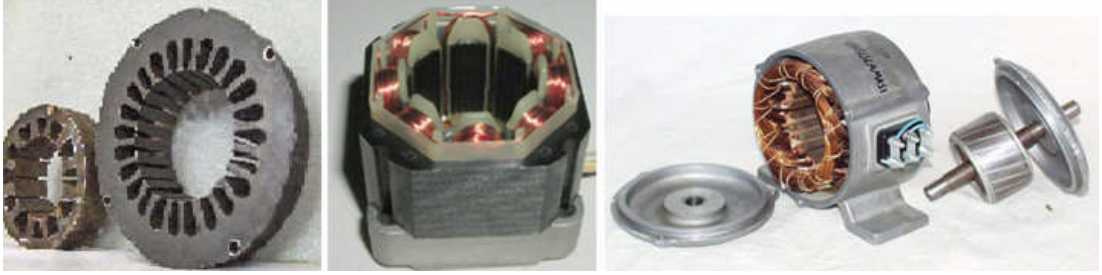
##### 2.1.1.1.1. Bir Fazlı (Yardımcı Sargılı) Asenkron Motorlar Yapısı

Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlar stator, rotor, gövde ve kapaklar, santrifüj anahtar olmak üzere dört kısımdan oluşur.



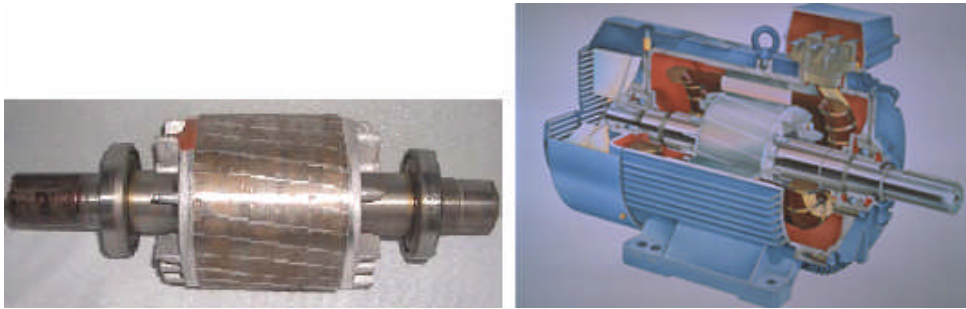
**Resim 2.1: Bir fazlı asenkron motor**

- **Stator:** Stator ince silisli sacların iç yüzeylerine presle oyuklar açılıp paketlenmesi ile meydana gelmiştir. Oyuklar içerisine hem ana sargı hem de yardımcı sargı sarılır. Kullanılan iletkenler yalıtılmış iletkenlerdir.
- **Ana Sargı:** Statordaki oyukların 2/3 sarılır. Yardımcı sargıya göre ince kesitli çok sipirlidir. Motor çalışırken sürekli olarak devrede kalan sargıdır.



**Resim 2.2: Stator ve motor parçaları**

- **Yardımcı Sargı:** Statordaki oyukların 1/3'ü sarılır. Ana sargıya göre kalın kesitli ve az sipirlidir. Ana sargıya paralel bağlanır. Daimi kondansatörlüler hariç diğerlerinde motor normal devrinin %75'ine ulaştığında devreden çıkar.
- **Rotor:** Silisli sacların dış yüzüne presle oyuklar açılmış ve birleştirilerek sac paket oluşturulmuştur. Rotor oyuklarının iki ucundan kısa devre edilmiş alüminyum rotor çubukları enjeksiyon yöntemi ile yerleştirilmiştir daha sonra bu sac paket bir mil üzerine sıkıca takılarak rotor oluşturulmuş olur.



**Resim 2.3: Rotor**



- **Gövde ve Kapaklar:** Rotorun yataklanmasında ve statorun kapalı olmasını sağlayan dökme alüminyumdan imal edilir.
- **Santrifüj Anahtarlar:** Motorun ilk kalkınma anında devrede bulunan yardımcı sargının, motor devri %75'ine ulaştığında devreden çıkmasını sağlayan anahtardır ( Merkezkaç Anahtarı). Motor durdurulurken devir sayısı % 752'ine gerilediğinde tekrar devreye girer ve ilk çalışma anı yukarıda anlatıldığı gibi olur. Motor mili üzerine yerleştirilir.
- **Kondansatörler:** Bir fazlı asenkron motorlarda kondansatör, yardımcı sargıya seri bağlanır. Ana sargı akımıyla yardımcı sargı akımı arasında  $90^0$  lik faz farkı meydana getirir. Buda düzgün bir döner manyetik alanın oluşmasını sağlar ve motorun ilk kalkınma anında devreden daha az akım çekmesini sağlar. Daimi kondansatörlüler hariç yardımcı sargı ile beraber devreye girer ve çıkar.



**Resim 2.4: Yol verme ve daimi kondansatörler**

#### 2.1.1.1.2. Çalışma Prensibi

Motoru enerji verildiğinde ana sargı ile devrede olan yardımcı sargı enerjilenir. Özelliklerinden dolayı oluşturdukları döner manyetik alan rotoru hareket ettirir. Normal devrin % 75 ulaştığında merkezkaç anahtarı olan santrifüj anahtar vasıtasıyla yardımcı sargı devreden çıkar. Motor yalnızca ana sargı ile çalışmasına devam eder.

Yardımcı sargı olmasaydı motor yalnızca ana sargı ile kalkınamazdı. Bunun sebebi ilk anda ana sargının oluşturduğu alan rotorun hem sağa hem de sola döndürecek yöndedir. Yardımcı sargı bu iki eşitliği bir yöne doğru bozar ve motorun o yönde dönmesini sağlar. Örnek olarak yardımcı sargı devrede değilken, ana sargıya enerji verilir fakat motor kalkınamaz, elimizle mili hangi yöne döndürürsek motor o yöne yol alır. Elimizle yaptığımız bu görevi yardımcı sargı yapar.

Yardımcı sargının görevi motor kalkındıktan sonra biter ve devreden çıkması gerekir ( Daimi kondansatörlüler hariç). Şayet devreden çıkmaz ise yardımcı sargı yanabilir ( Yalıtımı bozulur).

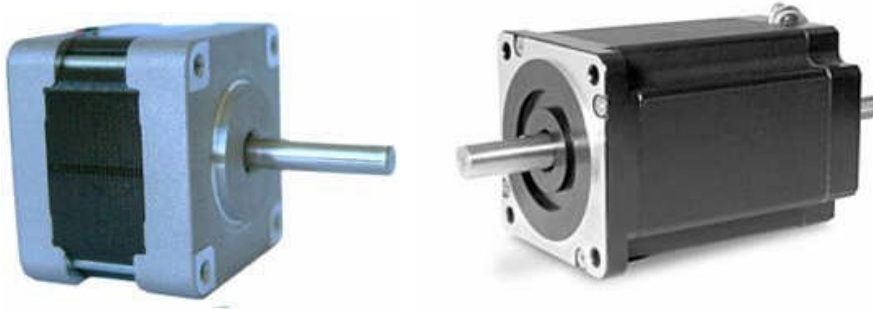
### 2.1.1.1.3. Kullanıldığı Yerler

Aspiratör, vantilatör, brülör, kompresör, çamaşır makinesi, mutfak aletleri, iş tezgâhlarında kullanılırlar.

### 2.1.1.2. Seri (Üniversal) Motorlar

#### 2.1.1.2.1. Tanım

Hem doğru gerilimde(DC), hem de alternatif gerilimde( AC) çalışabildiğinden bu motorlara üniversal motor denir.



Resim2.5: Üniversal (seri) motor

#### 2.1.1.2.2. Yapısı

Üniversal motorun yapısında hem doğru akımda hem de alternatif akımda çalışma özeliğini gösterebilmesi için stator (endüktör), rotor (endüvi) ve fırçalar bulunmaktadır. Ayrıca yardımcı parçalar olarak; rulman, klemens kutusu, vantilatör ve mil bulunmaktadır.

- **Stator (Endüktör):** Üniversal motorlarda manyetik alanın meydana geldiği kısımdır. Endüktör makinenin büyüklüğüne, çapına ve devir sayısına göre 2,4,6,8 ya da daha çok kutuplu olur. Resim 2.6'da endüktör resmi görülmektedir.
- **Endüvi (Rotor):** Gerilim endüklenen ve iletkenleri taşıyan kısma endüvi denir. Resim 2.7'de endüvi resmi görülmektedir.



Resim 2.6: Stator (Endüktör)



Resim 2.7: Endüvi (Rotor)

- **Kollektör:** Üniversal motorlarda kolektör, endüvi sargılarına doğru gerilim uygulamasını sağlar. Kollektör dilimleri, haddeden geçirilmiş sert bakırdan pres edilerek yapılır. Bakır dilimlerin arasına 0,5-1,5 mm kalınlığında mika veya mikanit yalıtkan konulur. Resim 2.9’da kolektörün endüvi mili üzerine yerleştirilmiş hali görülmektedir.

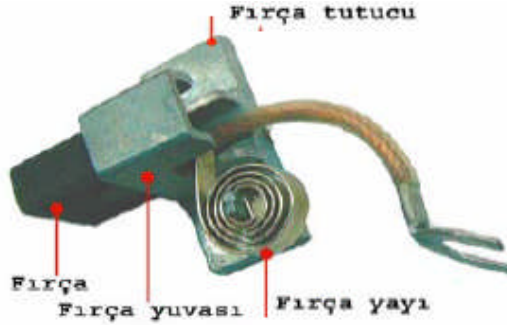


Resim 2.8: Kollektör



Resim 2.9: Endüvi mili üzerine yerleşmiş kollektör

- **Fırçalar:** Üniversal (seri) motorlarda şebeke akımının endüvi sargılarından geçirmek için kullanılır. Fırçalar makinenin akım şiddeti ve gerilimine göre, sert, orta sert ve yumuşak karbon veya karbon alaşımından yapılır.



Resim 2.10: Fırça ve fırça tutucu



Resim 2.11: Çeşitli karbon fırçalar

### 2.1.1.2.3. Çalışma Prensibi

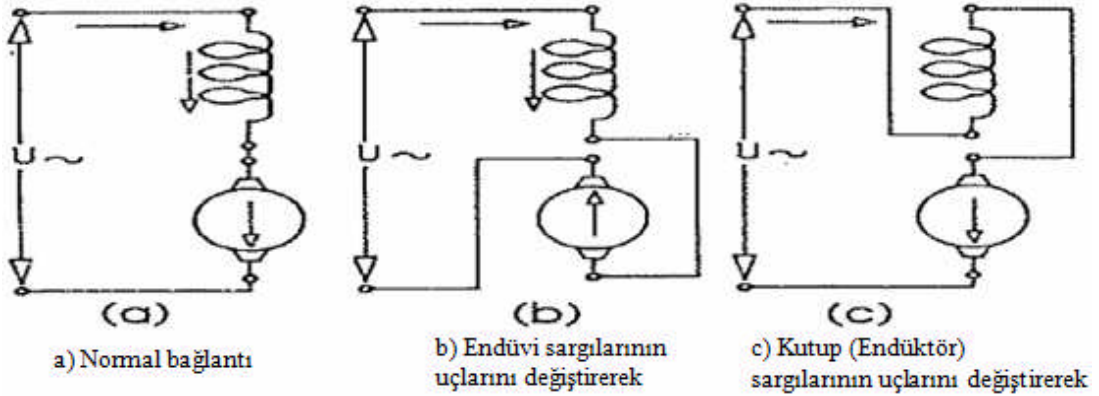
Üniversal motora bir fazlı alternatif EMK uyguladığımızda statordaki kutup bobinlerinden ve endüvi sargılarından alternatif akım geçer. Kutup bobinlerinden geçen akım manyetik alan meydana getirir. Kutupların meydana getirdiği manyetik alanın içinde bulunan endüvi sargılarından akım geçince “Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenin akım geçtiğinde, iletken manyetik alanın dışına doğru itilir.” prensibine göre endüvi oluklarındaki iletkenler itilir, endüvi dönmeye başlar.

#### 2.1.1.2.4. Özellikleri

- Üniversal motorlar çok küçük güçte imal edilebilir.
- Kalkınma ve döndürme momentleri yüksektir.
- Devir sayıları yüküyle değişir.
- Boştaki devir sayıları çok yüksektir.
- Devirleri 20.000 d/d'ya kadar çıkartılabilir.
- Üniversal motorlar AA ile çalıştırıldığı zaman DA göre momenti düşüktür.

#### 2.1.1.2.5. Devir Yönünün Değiştirilmesi

- Üniversal motorların devir yönünün değiştirilmesinde iki metot kullanılır.
- Endüvi sargılarının uçlarını yer değiştirerek (Şekil 2.1.b).
- Endüktör sargılarının uçlarını yer değiştirerek (Şekil 2.1.c).
- Ancak her ikisini de aynı anda uyguladığımızda üniversal motorun devir yönü değişmez.



Şekil 2.1: Üniversal motorun devir yönü değişimi

#### 2.1.1.2.6. Kullanıldığı Yerler

Elektrik süpürgelerinde, kahve öğütücülerinde, mikserlerde (karıştırıcılarda), vantilatörlerde, dikiş makinelerinde, saç kurutma makinelerinde, elektrikli traş makinelerinde, sirenlere, seyyar taşlama ve zımpara makinelerinde, el breyzi ve matkaplarda kullanılır.

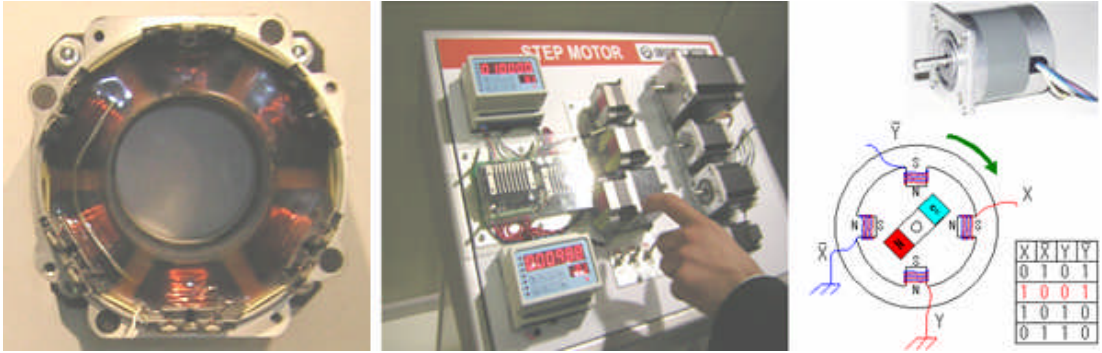
#### 2.1.1.3. Adım (Step) Motoru

##### 2.1.1.3.1. Tanım

Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir.

### 2.1.1.3.2. Yapısı ve Çalışma Prensibi

Adından da anlaşılacağı gibi adım motorları belirli adımlarla hareket ederler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $7.5^\circ$ ,  $1.8^\circ$  veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir.



Resim 2.12: Adım (step) motorları



Resim 2.13: Adım motorun bilgisayarla kontrolü



### 2.1.1.3.3. Özellikleri

Adım motorun avantajları; Bu motorların avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

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

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

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

### 2.1.1.3.4. Devir Yönünün Değiştirilmesi

Adım motorlarının dönüş yönü uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek saat ibresi yönü (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir. Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Sonuç olarak adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir.

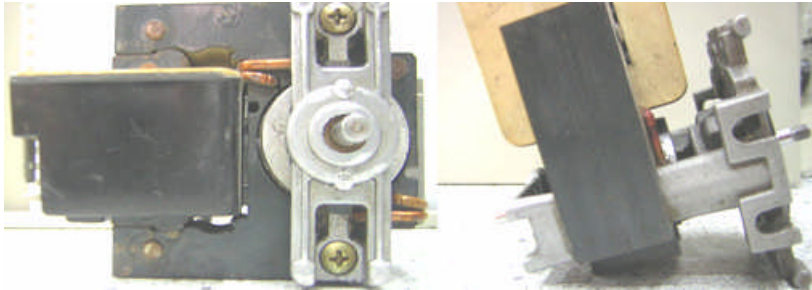
### 2.1.1.3.5. Kullanıldığı Yerler

Endüstriyel kontrol teknolojisi içerisinde bulunan bazı sistemler, çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde, robot sistemlerinde, takım tezgâhlarının ayarlama ve ölçmelerinde kullanılır. Ayrıca, adım motorları konumlandırma sistemlerinde ve büro makineleri ile teknolojisi alanında da kullanılmaktadır.

### 2.1.1.4. Ek Kutuplu (Gölge Kutuplu) Motorlar

#### 2.1.1.4.1. Yapısı

Bu tip motorlarda yine kısa devre çubuklu rotor kullanılır. Stator ise; çıkıntılı kutuplu olarak saç paketlerinden yapılır. Kutupların birer kenarlarına oyuk açılmış ve bu kısma bakır halkalar yerleştirilmiştir. Çıkıntılı kutuplarda bobinler yerleştirilmiştir.



Resim 2.14: Gölge kutuplu (ek kutuplu) motor

#### 2.1.1.4.2. Çalışma Prensibi

Stator sargısından akım geçmesiyle oluşan manyetik alan çizgilerinin bir kısmı yarıklarda bulunan bilezikler içinden de geçer. Bilezikler kısa devre durumunda olduğu için stator üzerindeki akı kaçakları büyük olur. Bunun sonucu stator sargısından geçen akım ile kısa devre bileziklerinden geçen akım arasında bir faz farkı ortaya çıkar. Birbirine göre faz farklı bu iki akım, birbiri ardından hareketli kutupları olan bir manyetik alan üretir. Simetrik olmayan bu değer bir döner alan oluşturur. Bu döner alan kısa devre rotorunu döndürür.

#### 2.1.1.4.3. Özellikleri

Gölge kutuplu motorların avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yapıları basittir.
- Maliyetleri ucuzdur.
- Sesiz çalışır.
- Fazla ısınmaz.

Gölge kutuplu motorların dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kalkınma momentleri küçüktür.
- Verimleri düşüktür( %5 - %35 arasındadır).
- Küçük güçlüler( 1/250 HP ile 1/6 HP arasındadır).

#### 2.1.1.4.4. Devir Yönünün Değiştirilmesi

Ek kutuplu motor sadece bir yönde döner, devir yönü değiştirilemez.

#### 2.1.1.4.5. Kullanıldığı Yerler

Sesiz çalıştıklarından dolayı; aspiratörlerde, vantilatörlerde ve benzeri yerlerde kullanılır.

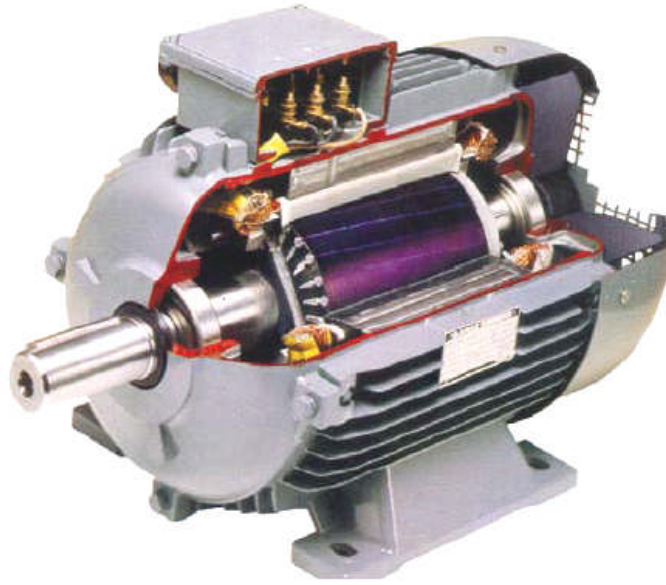
### 2.1.2. Üç Fazlı Motorlar

Üç fazlı motor olarak, üç fazlı asenkron motorları inceleyeceğiz. Yapı olarak bir fazlı asenkron (yardımcı sargılı) motorlara benzer. Bir fazlı asenkron motorlar genelde çok küçük güçleri kontrol etmek için kullanılır. Büyük güçleri kontrol etmek için de, üç fazlı asenkron motorla kullanılmaktadır.

#### 2.1.2.1 Üç Fazlı Asenkron Motorlar

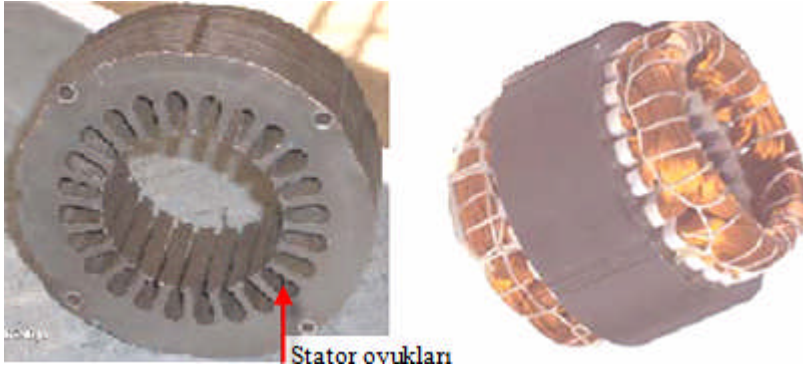
##### 2.1.2.1.1. Yapısı

Üç fazlı asenkron motorlar yapı olarak bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlara benzerler. Yapısı genel olarak stator, rotor, gövde, kapaklar, yatak, pervane ve muhafaza tasından oluşur.



**Resim 2.15: Üç fazlı bir asenkron motor kesiti**

- **Stator:** Asenkron motorun duran kısmına denir. Stator, 0,4 – 0,8 mm kalınlığındaki bir tarafı silisyumla yalıtılmış sacların özel kalıplarda paketlenmesiyle imal edilir. Stator sac paketlerin iç kısmına belli sayıda oyuklar açılır ve bu oyuklara da üç fazlı sargı yerleştirilir.

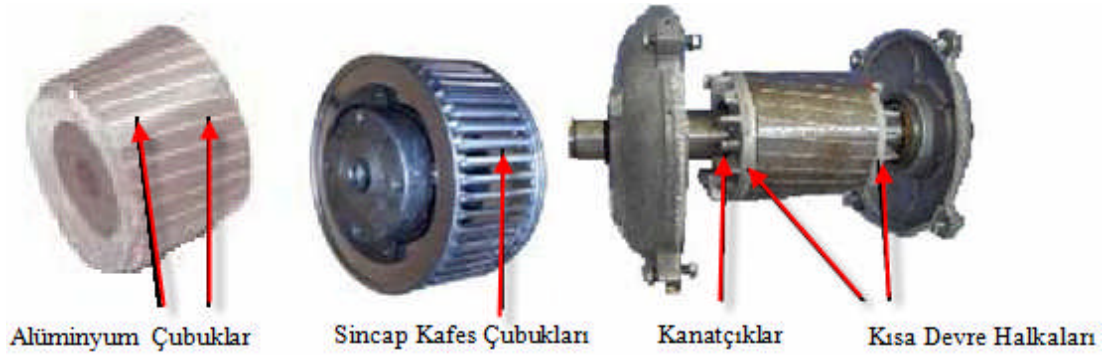


**Resim 2.16: Stator sac paketi**

- **Rotor:** Asenkron motorun dönen bölümüdür. Genel olarak kısa devre çubuklu rotor (sincap kafesli rotor) ve sargılı rotor (bilezikli rotor) olmak üzere iki tipe ayrılır. Her ikisi de üzerine oyuklar açılıp paketlenmiş silisli sacların bir mil üzerine sıkıca yerleştirilmesinden meydana gelmiştir.

- **Kısa Devre Çubuklu Rotor (Sincap Kafesli Rotor):** Rotor sac paketinin dış yüzüne yakın açılan oyuklar içine pres dökümle eritilmiş alüminyum konulur. Rotor çubukların iki tarafı alüminyum halkalarla kısa devre edilmiştir. Bu halkaların üzerinde bulunan kanatçıklar soğumayı kolaylaştırır.





**Resim 2.17: Kısa devre çubuklu rotor (Sincap kafesli rotor)**

- **Sargılı Rotor (Bilezikli Rotor):** Birbirine  $120^{\circ}$  faz farklı olarak rotor oyuklarına üç fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilip uçları, rotor mili ile yalıtılan üç bakır bileziğe irtibatlandırılmıştır. Akım bileziklere basan fırçalar aracılığıyla sargıya uygulanır.
- **Gövde:** Stator sac paketinin sıkıca içine yerleştirildiği asenkron motorun en dış kısmıdır. Alüminyum veya pik dökümden yapılır. En dış yüzeyinde motorun soğutulması amacıyla gövde boyunca uzanan, birbirine paralel soğutma kanalları vardır. Gövdenin; her iki yan tarafına motor kapakları takılır, üst tarafında kaldırma halkası vardır. Gövdenin alt tarafına da motor ayakları monte edilir. Ancak küçük boyutlu asenkron motorlarda ayaklar gövdeye sabit olarak dökülerek imal edilir.



**Resim 2.18: Asenkron motorun gövdesi**

- **Kapaklar:** Gövdenin her iki tarafına takılan, ortalarında yataklar (bilyeli rulmanlar) bulunan, alüminyum alaşım veya pik dökümden preslenerek yapılır. Kapak üzerinde, kapağı gövdeye tutturmak için uygun delikler vardır.



**Resim 2.19: Asenkron motorun kapakları**

- **Yataklar:** Genellikle bilyeli tip ve silindirik makaralı rulmanlı yataklar kullanılır. Her iki motor kapağının ortasına takılan rulmanlı yataklar, rotorun stator içinde rahatça dönmesine yataklık yapar.



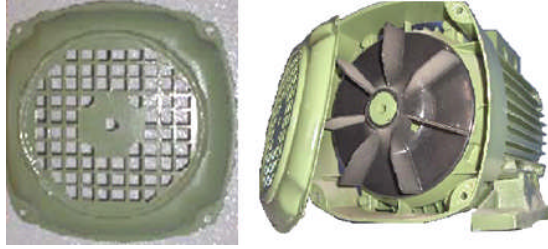
**Resim 2.20: Rulmanlı yatak**

- **Pervane:** Asenkron motorun soğutulması amacıyla kullanılır. Yüksek nitelikli plastik malzemeden imal edilmiştir. Soğutma pervanesi motorun arka tarafındaki rotor mili çıkışına takılır. Pervane dönüş yönüne bağlı olmaksızın çalışır. Muhafaza tasından emilen hava, gövde havalandırma kanallarına üflenerek motorun soğutulması sağlanır.



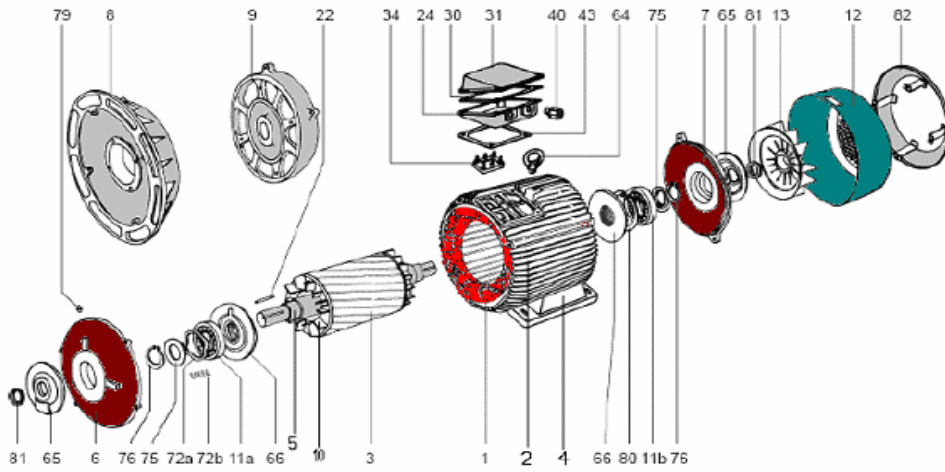
**Resim 2.21: Motor pervanesi**

- **Muhafaza Tası:** Pervaneyi korur ve pervanenin emdiği havanın gövde üzerine yönlendirilmesini sağlar.



**Resim 2.22: Muhafaza tası**

Asekron motorun bütün parçaları Şekil 2.2’ de görülmektedir. Lütfen inceleyiniz.



**Şekil 2.2: Asekron motorun bütün parçaları**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| 1-Stator sargıları           | 34-Uç plakası-klemens                                    |
| 2-Gövde                      | 40-Kablo giriş rakoru                                    |
| 3-komple rotor               | 43-Conta   |
| 4-Ayak                       | 64-Motor kaldırma halkası                                |
| 5-Rotor mili                 | 65-Rulman tutucu dış kapak (yağlama nipelli motorlarda)  |
| 6-Ön kapak                   | 66- Rulman tutucu iç kapak (yağlama nipelli motorlarda)  |
| 7-Arka kapak                 | 72-Disk yay  |
| 8-Flanş                      | 75-Yağ tutucu disk ((yağlama nipelli motorlarda)         |
| 9-Flanş                      | 76-Dış segman (rulman ve yağ tutucu diskin tespiti için) |
| 10-Rotor kanatçıkları        | 79-Yağlama nipeli  |
| 11a-Ön rulman                | 80-İç segman (arka rulmanı kapağına sabitlemek için)     |
| 11b-Arka rulman              | 81-Lastik toz contası                                    |
| 13-Soğutma pervanesi         | 82-Keçe sızdırmazlık bileziği                            |
| 22-Mil ucu kaması            |  |
| 24-Klemens bağlantı kutusu   |  |
| 30-Conta                     |  |
| 31-Uç bağlantı kutusu kapağı |  |

**Tablo 2.1: Asekron motor parçalarının isimleri**

### 2.1.2.1.2. Asenkron Motorun Çalışma Prensibi

Asenkron motorlar, indüksiyon prensibine göre çalışır. Buna göre manyetik alan içerisinde bulunan bir iletkenin akım geçirilirse iletken, manyetik alanın dışına doğru itilir. Stator oyuklarına, aralarında 120° faz farklı sargılar yerleştirilir. Stator sargılarına üç fazlı alternatif bir gerilim uygulandığında sargılardan akımın geçmesiyle değişken bir manyetik alan meydana gelir. Meydana gelen bu manyetik alan, stator içerisinde sürekli dönen bir alan oluşturur. Bu döner değişken manyetik alan, rotordaki kısa devre çubuklarını keser. Rotor çubukları üzerinde EMK'lar indüklenir. Bu EMK'lar çubuklar kısa devre edildiklerinden kısa devre akımlarını oluşturur. Rotor çubuklarından geçen bu akımlar, rotor etrafında rotor manyetik alanını oluşturur. Stator'da oluşan döner manyetik alan ile rotor manyetik alanı manyetizma prensibi (zıt kutuplar çeker, aynı kutuplar iter) etkileşir. Böylece rotor, mil ekseninde dönme hareketi yapar.

### 2.1.2.1.3. Üç fazlı Asenkron Motor Çeşitleri

Asenkron motorların çeşitleri, rotor yapılarına göre ikiye ayrılır. Sincap kafesli (kısa devre rotorlu ) asenkron motorlar, bilezikli (sargılı rotorlu) asenkron motorlar.

#### ➤ Sincap Kafesli (Kısa Devre Rotorlu ) Asenkron Motorlar

Üç fazlı, sincap kafesli motorun yapılışı basittir. Az bakıma ihtiyaç gösterir. Bu tip motorun ölçüleri, aynı güçteki başka tip motorların ölçülerinden küçüktür. Değişik yüklerdeki hız regülasyonu oldukça iyidir. Maliyeti ucuzdur. Yapılışın sağlamlığı ve istenen çalışma özelliklerine sahip olmasından dolayı sanayide çok tercih edilir.



Resim 2.23: Kısa devre rotorlu asenkron motor

#### ➤ Bilezikli (Sargılı Rotorlu) Asenkron Motorlar

Bu tip üç fazlı asenkron motorlar değişik hızlarda kullanılmak için üretilmiştir. Rotoru da, stator gibi sargılıdır. Rotor çıkış uçları yıldız olacak şekilde kısa devre edilir diğer giriş uçları da mil üzerine çıkarılan bileziklere bağlanır. Bileziklere temas eden fırça uçları hız ayarlayıcısına bağlıdır.

Bilezikli asenkron motor, sincap kafesli asenkron motora göre yapısı daha çok karmaşık, üretimi ve bakımı daha pahalıdır.

#### 2.1.2.1.4. Üç Fazlı Asenkron Motorların Kullanıldığı Yerler

Üç fazlı asenkron motorlar endüstride kullanım alanı geniş olan motorlardır. Özellikle ürünlerin üretim, paketlenme ve yükleme aşamasında oldukça yoğun kullanılmaktadır. Vinç, asansör, yürüyen merdiven, değirmen, bir çok tezgâh ve makinanın çalışması ve soğutmasında kullanılmaktadır.

## 2.2. Motorlarda Rulman Sökülmesi ve Takılması

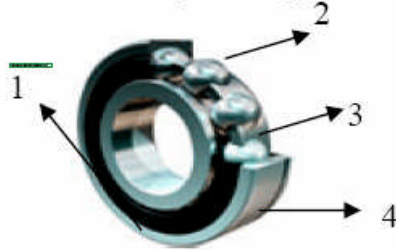
### 2.2.1. Rulmanlı yataklar

#### 2.2.1.1. Tanımı

Milin dönmesini kolaylaştırmak için değişik biçimlerde yuvarlanan parçaları bulunan yataklara “rulmanlı yataklar” denir.

#### 2.2.1.2. Yapısı

Rulmanlı yataklar genellikle şu ana kısımlardan oluşur.



Şekil 2.3: Yataklı rulmanın yapısı

Yukarıdaki rulmanın yapısını gösteren Şekil 2.3’de: 1-İç bilezik, 2-Yuvarlanan parçalar (bilye), 3-Kafes ve 4-Dış bilezik kısmını göstermektedir. Bu kısımları ayrı ayrı inceleyelim.

#### 2.2.1.2.1. İç Bilezik

İç bilezik çelikten yapılır, sertleştirilir ve taşlanır. Bileziğin mil ile beraber dönebilmesi için mile sıkıca geçirilir.

#### 2.2.1.2.2. Yuvarlanan Parçalar ( Bilye)

Yatak içindeki sürtünme direncini azaltmak amacıyla kullanılan iç bilezik ile dış bilezik arasındaki parçalardır. Yüksek kaliteli çelikten yapılan bu parçalara “rulman” denilir.

Rulmanlar, mil dönerken kendi ekseninde döner ve iç bileziğin çevresinde yuvarlanma hareketi yaparlar. Rulmanlar çeşitli biçimdedir ve yatağın adlandırılması, bunların biçimine göre olur.

Günümüzde teknolojisinde hibrid rulmanlar kullanılmaktadır. Hibrid rulmanlarda yuvarlanan parça seramik, bilezikler ise çeliktir. Hibrid rulmanlar yüksek sıcaklıkta ve yüksek hızlarda başarılı olarak görev yaparlar. Bu rulmanlar, günümüzde özellikle başta havacılık ve uzay endüstrisi (gaz türbinleri) olmak üzere; elektrik motorları, dişli kutuları, pompalar, takım tezgâhları ve kompresörler gibi çeşitli sistemlerde kullanılmaktadır. Hibrid rulmanlar, yüksek sıcaklıkta ve yüksek hızlı sistemlerde düşük titreşimle üstün bir performans sergilemektedir. Hibrid rulmanların ömürleri daha uzundur. Bu gibi özelliklerden dolayı seramik esaslı rulmanların kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

#### **2.2.1.2.3. Kafes**

Rulmanlı yataklarda kafes, rulmanlara kılavuzluk yaptığı için kılavuz bileziği de denir. Eğer kafes kullanılmazsa rulmanlar birbirine değer. Mil dönme hareketi yapınca da rulmanlar kısa zamanda birbirlerini aşındırır. Kafes, rulmanları eşit mesafede tutarak birbirini aşındırmasını önler. Aynı zamanda rulmanların eşit değerde yüklenmesini sağlar. Bu nedenlerden dolayı kafes önemli görevler yüklenmiştir.

Kafes, sürekli rulmanlarla sürtüneceğinden aşınmanın rulman yerine kafeste olması için yumuşak gereçlerden ( yumuşak çelik, pirinç, bronz, cam elyaf takviyeli polyamid vb. )yapılır. Hatasız montajlarda kafese fazla yük gelmez ve kafes olarak çelik sac yeterli olur.

#### **2.2.1.2.4. Dış Bilezik**

Dış bilezik çelikten yapılır, sertleştirilerek taşlanır. Dış bileziğin yatak kutusuna, makine gövdesine sıkıca geçmesi veya özel bir konstrüksiyonla alından sıktırılarak dönmesi önlenir.

### **2.2.1.3. Rulman Çeşitleri**

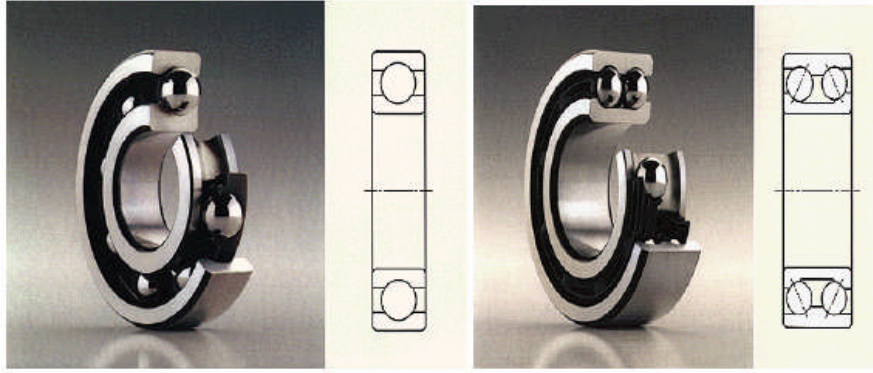
#### **2.2.1.3.1. Radyal Rulmanlı Yataklar**

##### **➤ Bilyeli Rulmanlar**

Yüklerin, hafif hızların yüksek olduğu yerlerde kullanılırlar. Çeşitleri şunlardır:

- Sabit bilyeli rulmanlar
- Eğik bilyeli rulmanlar
- Oynak bilyeli rulmanlar



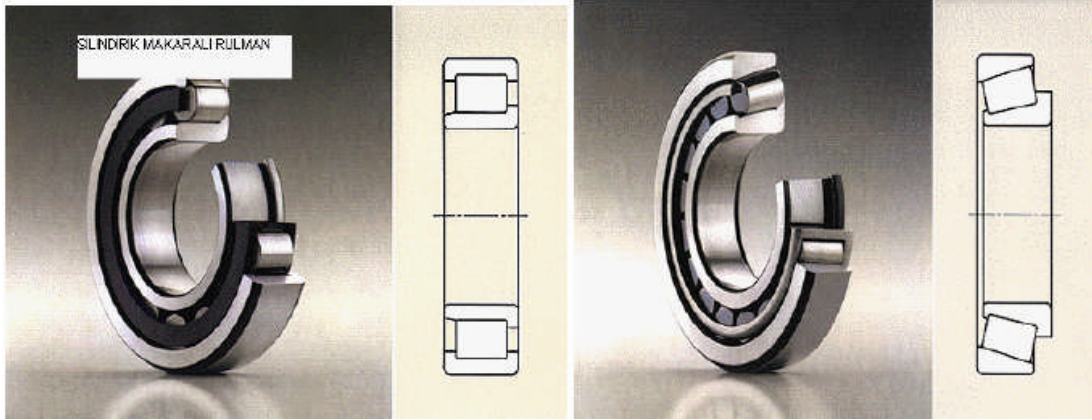


**Resim 2.24: Bilyeli rulmanlar**

➤ **Makaralı Rulmanlar**

Ağır yüklerde ve orta derecedeki hızlarda kullanılır.

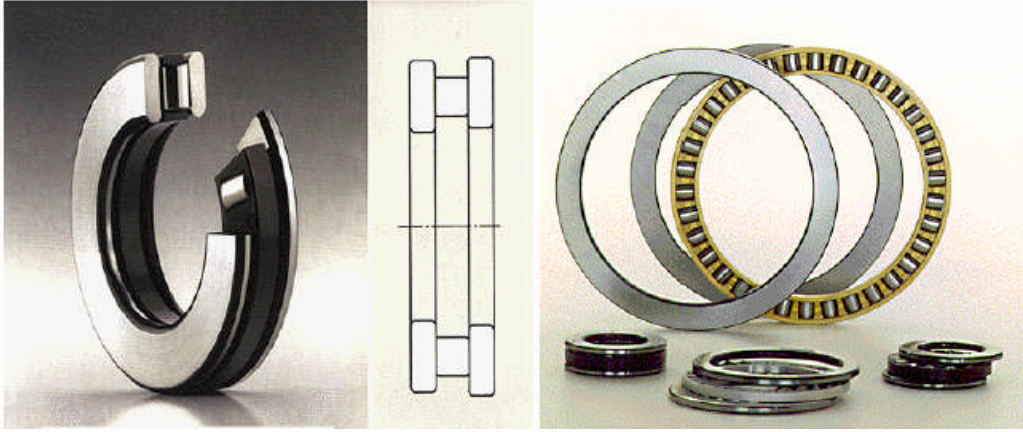
- Silindirik makaralı
- Konik makaralı
- Makaralı oynak rulmanlar
- İğneli makaralı rulmanlar



**Resim 2.25: Makaralı rulmanlar**

➤ **Eksensel Rulmanlı Yataklar**

- Tek yönlü bilyeli eksensel rulmanlar
- İki yönlü bilyeli eksensel rulmanlar
- Makaralı oynak eksensel rulmanlar
- Diğer tip eksensel rulmanlar



Şekil 2.26: Eksensel rulmanlar

### 2.2.1.3. Sökme Yöntemleri

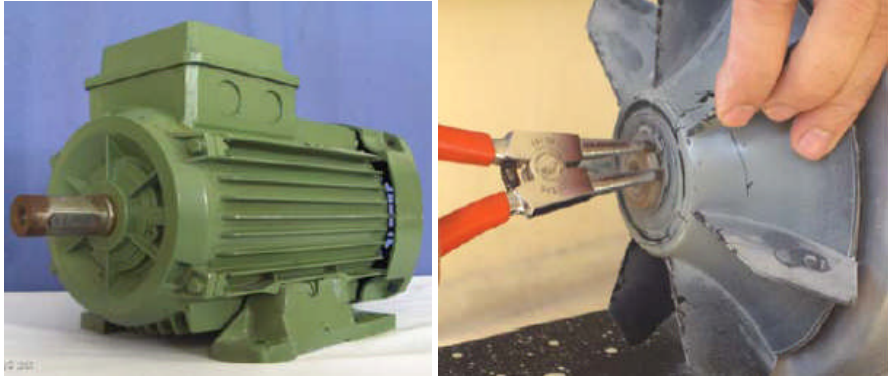
Rulmanları sökme yöntemine geçmeden önce bir motorun nasıl söküldüğünü inceleyelim. Arızalı bir motor söküleceği zaman şu işlem sırasına uyulmalıdır.

- Motorun etiket değerleri aşağıdaki gibi bir tabloya kaydedilir. Tablo 2.2’de gösterilmiştir.
- Motorun kapakları ile stator gövdesine, bir tarafına birer nokta diğer tarafına ikişer nokta vurulur (Resim 2.27.a).
- Motor pervanesinin segmanı, segman pensi ile çıkarılır (Resim 2.27.b).

| MÜŞTERİNİN         |  | MAKİNENİN                                   |  |
|--------------------|--|---|--|
| Adı-soyadı         |  | Marka                                       |  |
| Adresi             |  | Model-tip                                   |  |
| Telefon nu         |  | Seri nu                                     |  |
| İşin almış tarihi  |  | Akım  |  |
| İşin teslim tarihi |  | Dönüş yönü                                  |  |
| Vergi dairesi      |  | Kutup sayısı                                |  |
| Vergi nu           |  | Bağlantı şekli<br>Yıldız-Üçgen              |  |
|                    |  | Dışli veya<br>kasnağın<br>bağlandığı<br>yön |  |
|                    |  | Rulman seri<br>nu                           |  |
|                    |  | Kasnak nu                                   |  |
|                    |  | Dışli nu                                    |  |

Tablo 2.2: Motorun etiket değerleri kayıt tablosu





**Resim 2.27: a-) Motor ve kapaklarının işaretlenmesi b-) Segmanın sökülmesi**

- Kasnak veya dişlinin yeri belirlenir. Daha sonra kasnak (veya dişli) ve pervane, çekirme ile çıkarılır (Resim 2.28).



**Resim 2.28: Dişlinin çekirme ile sökülmesi**

- Uygun anahtarla motorun kapaklarının civataları sökülür (Resim 2.29.a).
- Plastik tokmak veya tahta takoz aracılığı ile kapaklara çekiçle vurularak sökülür (Resim 2.29.b).



**Resim 2.29: a-) Motor kapak civatalarının sökülmesi**



**b-) Kapaklarının sökülmesi**

- Rotor, motor içerisinden çıkarılır. Böylece motorun tüm parçaları çıkarılır (Resim 2.30).
- Sökülen parçalar, bir kutu içerisinde toplanarak kaybolması önlenmiş olur.



**Resim 2.30: Motorun parçaları çıkarılmış hali**

#### **2.2.1.3.1. Soğuk Sökme Yöntemi**

- Önce sıkılığı daha az olan bilezik sökülür. Daha sonra diğer bilezik sökülür.
- Eğer iki bilezik sıkı ise her iki bileziği destekleyecek şekilde destek plakası yerleştirilir ve tam mil merkezinden dikey kuvvet uygulayarak rulman sökülür.
- Çektirme ile sökme; rulman ölçüsüne uygun çektirme seçilir. Çektirmenin kolları rulmanı kavrayacak şekilde, mili motorun milinin havşa deliğine gelecek şekilde bağlanır. Çektirme civatası anahtarla döndürülmek suretiyle rulman yerinden sökülür (Resim 2.31).



**Resim 2.31: Çektirmenin yerleştirilmesi**

### 2.2.1.3.2. Isıtarak Sökme Yöntemi

Silindirik makaralı rulmanlarda kullanılır. Silindirik makaralı rulmanın faturalı iç bileziği, mil daha genişlemeye fırsat bulmadan çok çabuk ısıtılarak sökülür. İndüksiyon makinesi ile sökülecek bilezik çevresine yerleştirilen sargı tarafından manyetik alan etkisinde girdap akımlarıyla mil daha ısınmadan bilezikler ısıtılarak sökülür (Resim 2.32).



Resim 2.32: İndüksiyon makinesi

### 2.2.1.3.3. Hidrolik Sistemlerden Yararlanarak Sökme Yöntemi

Bu yöntemde temas yüzeyleri arasına çok yüksek basınçlı yağ basılarak bir yağ filmi oluşturulur. Daha sonra bilezik, mil üzerinden kolayca eksensel yönde hareket ettirilerek çıkarılır.



Resim 2.33: Hidrolik çektirmeler

#### 2.2.1.4. Takma Yöntemleri

##### 2.2.1.4.1. İndüksiyon Makinesi İle Isıtılarak

Genellikle rulman iç çapı 20 mm den büyük ve ağırlığı 40 kg'a kadar olan işleminde kullanılır. Isıtılacak rulman, resimde görüldüğü gibi indüksiyon cihazının içerisine takılır. Cihaz çalıştırıldığında rulman, değişken manyetik alan içinde kalır ve hızla ısınır. Rulmanın metal olmayan parçaları ( keçe kapak gibi ) ısınmaz. Isıtma sıcaklığı 120°C kadardır. Rulman, kısa sürede 120°C ısıtılır. Isıtma işleminin sonunda rulman takılacak olan motor miline ısı dayanımlı eldiven kullanılarak rahatça takılır.



a) Büyük çaptaki rulmanlar için



b) Küçük çaptaki rulmanlar için

Resim 2.34: İndüksiyon makineleri

##### 2.2.1.4.2. Yağ Banyosu ile Isıtılarak Takma

Rulmanlar, özel olarak yapılmış yağ banyolarında 70–80 C ısıtıldıktan sonra el presleri yardımıyla motor miline takılır. Yağ banyoları, yağın bulunduğu kazan ve yağı ısıtmak için ısıtıcılardan oluşur. Isıtmada genellikle elektrikli ısıtıcılar kullanılır. Ayrıca diğer ısıtma araçları da kullanılabilir.

##### 2.2.1.4.3. Pirinç Boru ve Çekiçle Çakararak

Resim 2.35 a)'da görüldüğü gibi rulman, motorun miline normal şekilde takılır. Daha sonra milin çapına uygun pirinç boru, rulmanın üstüne gelecek şekilde çekiçle çakılarak rulman yerine takılır. Ayrıca 50 mm çapa kadar çeşitli çaptaki rulmanları takma için komple takımlardan da yararlanarak takma işlemi yapılabilir. Resim 2.35 b'de görüldüğü gibi.



**Resim 2.35: a)Pirinç boru ile çakma**



**b)Rulman montaj seti**

### **2.2.1.4.3. Hidrolik Basınçla Takma**

Resim 2.36'da görüldüğü gibi rulman, mil üzerine normal takıldıktan sonra mil üzerine hidrolik basınç makinesinin rulman takma kolları rulmanın yan bileziklerine temas edecek şekilde takılır. Daha sonra hidrolik pompa ile basınç uygulanarak rulmanın miline takılması sağlanır.

## **2.3. Bağlantı Klemenslerinin Tanıtılması**

Klemensler; her tür elektrik motorlarında, transformatörlerde, alternatörlerde ve iletişim devrelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılmaktadır. Klemens bağlantıları hassas yapılmalıdır. Eğer hassas yapılmazsa yani gevşek olursa elemanın gürültü çıkarmasına, daha fazla akım çekmesine ve klemensin daha kısa ömürlü olmasına sebebiyet verir.

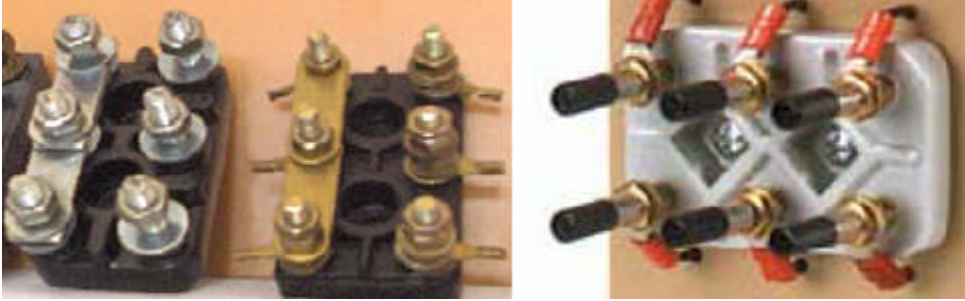


**Resim 2.36: Hidrolik pres**



### 2.3.1. Motor Klemensleri

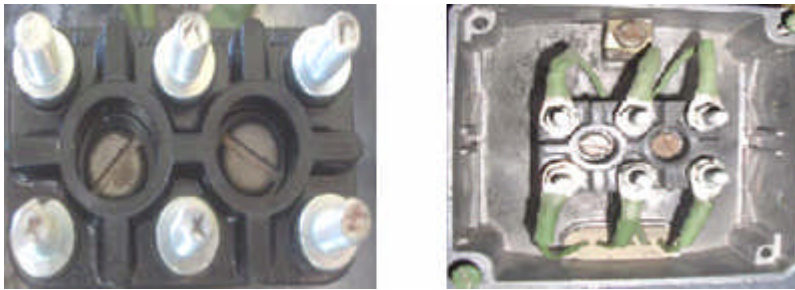
Elektrik makinelerinde, makinenin elektrik uçlarıyla şebekeyi birbirine bağlayan klemensleri; cam elyaf gövde üzerine pirinç vida ve somunlu yapıldığı gibi belli bir boyuta kadar bakalit gövde üzerine demir vida ve somunlu olarak da yapılmaktadır. Değişik ölçü ve özelliklerde yapılan klemensler de vardır.



Resim 2.37: Çeşitli tip ve ölçülerdeki motor klemensleri

#### 2.3.1.1. Motor Klemens Bağlantıları

Motorun çeşidi ne olursa olsun tüm elektriksel bağlantıları klemens kutusunda yapılır. Motor çeşidine göre klemens kutusunun yapısı ve uç sayıları değişebilir. Genellikle klemens bağlantılarında metal pirinç parçalar kullanılır. Klemens bağlantıları yapılırken vidaların çok iyi sıkılması, gevşememesi için de rondela-yaylı pul kullanılması gerekir. Ayrıca vidalarının gevşek bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Klemense bağlanacak kablo uçlarına uygun şekil ve ölçüde kablo pabuçları takılmalıdır. Motor klemens bağlantıları yapılırken motorun özelliğine, çalışma şartlarını belirten etiket değerlerine ve şemalarına uygun bağlanmalıdır. Aksi hâlde motor zarar görebilir.

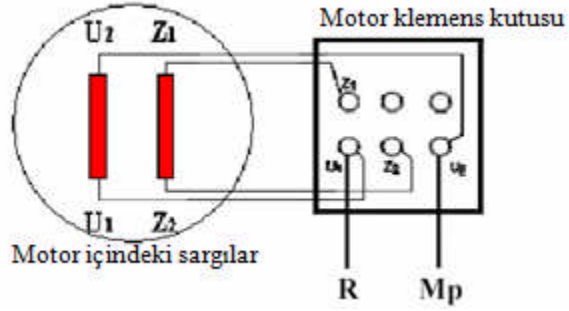
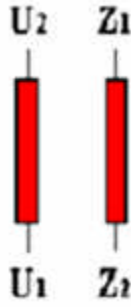


Resim 2.38: Motor klemensleri

##### 2.3.1.1.1. Bir Fazlı Yardımcı Sargılı Asenkron Motorlar

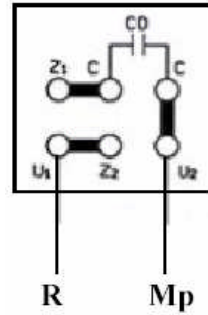
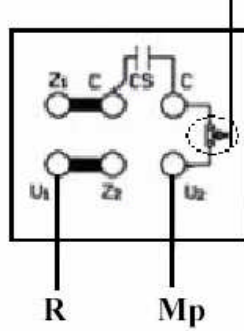
Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorların statoruna ana sargı ve yardımcı sargı olmak üzere iki adet sargı sarılır. Bu sargıların; giriş ve çıkış uçlarından dolayı stator sargılarının 4 ucu vardır. Bu uçlar, motor üzerindeki klemens kutusuna getirilmiştir. Motor, şebekeye klemens kutusundan yardımcı (santrifüj anahtarı, daimi veya kalkış kondansatörleri gibi) elemanlarla değişik şekillerde bağlanabilir.

Sargıların uç bağlantısında;  
 Ana sargı giriş ucu .....:  $U_1$ , çıkış ucu:  $U_2$   
 Yardımcı sargı giriş ucu...:  $Z_1$ , çıkış ucu:  $Z_2$  harfleriyle belirtilir.



Şekil 2.4: Motorun sargıları    Şekil 2.5: motor sargı uçlarının klemens kutusuna bağlantısı

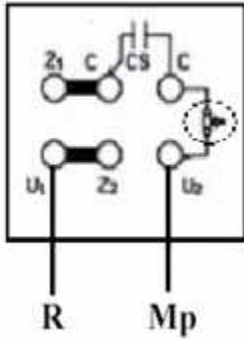
Santrifüj (merkez kaç) anahtarı



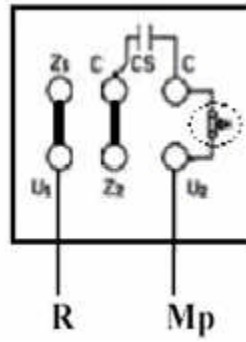
Şekil 2.6: Kalkış kondansatörlü, santrifüj anahtarlı    Şekil 2.7: Sürekli çalışma kondansatörlü

### ➤ Bir Fazlı Yardımcı Sargılı Asenkron Motorların Devir Yönü Değişimi

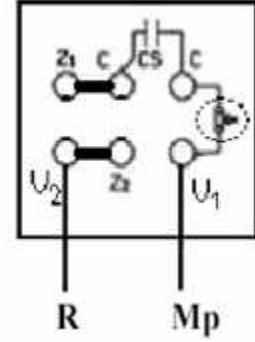
Bir fazlı asenkron motorun devir (dönüş) yönü, ana sargı ve yardımcı sargının uçlarından sadece bir sargının uçları değiştiğinde değişir. Çünkü sargıdan geçen akımın yönü değişeceğinden dolayı buna bağlı olarak manyetik alanında yönü değişeceğinden motorun dönüş yönü değişir. Eğer aynı anda her iki sargının uçları değiştirilirse motorun dönüş yönü değişmez.



Şekil 2.8: Normal bağlantı



Şekil 2.9: Yardımcı sargının uçlarının değiştirilmesi



Şekil 2.10: Ana sargının uçlarının değiştirilmesi

### 2.3.1.1.2. Üç Fazlı Asenkron Motorlar

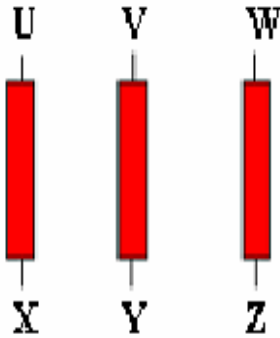
Üç fazlı asenkron motorların statoruna, her faza bir sargı olmak üzere üç adet sargı yerleştirilir. Her bobinin giriş ve çıkış uçlarından dolayı stator sargılarının altı ucu vardır. Bu uçlar motor üzerindeki klemens kutusuna çıkartılmıştır. Motor, şebekeye klemens kutusundan yıldız veya üçgen olarak bağlanabilir. Motor şebekeye bağlanacağı zaman etiket değerleri incelendikten sonra klemens bağlantısı yapılmalıdır.

Sargıların uç bağlantısında:

Birinci faz sargısı giriş ucu: U, çıkış ucu: X

İkinci faz sargısı giriş ucu : V, çıkış ucu: Y

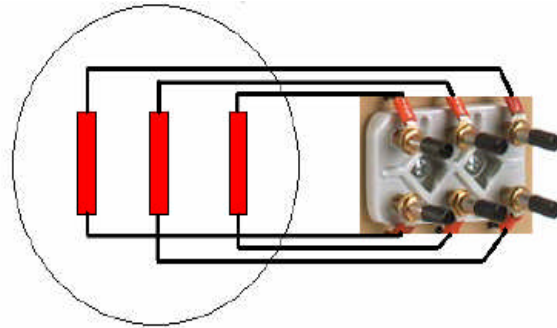
Üçüncü faz sargısı giriş ucu : W, çıkış ucu: Z harfleriyle belirtilir.



Şekil 2.11: Motor içindeki üç faz sargısı

Motor içindeki sargılar

Motor klemens kutusu



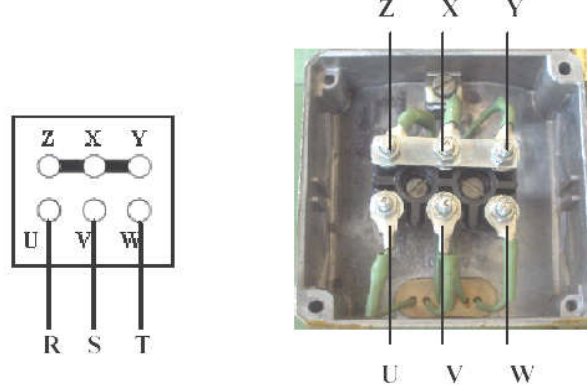
Şekil 2.12: Motor sargı uçlarının klemens kutusunun bağlantısı

#### ➤ Klemens Kutusunun Yıldız Bağlanması

Üç fazlı asenkron motorun giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T fazları bağlanır. Çıkış uçları olan Z, X, Y uçları ise kendi aralarında köprüleme elemanı ile birleştirilir. Bu şekildeki bağlantıya yıldız bağlantı denir.



Giriş uçları: U-V-W  
Çıkış uçları: X-Y-Z

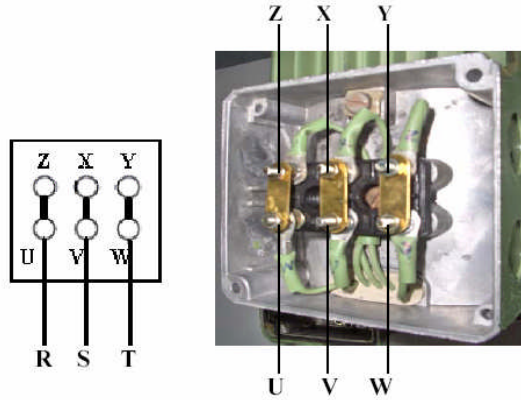


Şekil.2.13: Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusunun yıldız bağlantısı

➤ **Klemens Kutusunun Üçgen Bağlanması**

Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusundaki U giriş ucu ile Z çıkış ucu, V giriş ucu ile X çıkış ucu ve W giriş ucu ile Y çıkış ucu köprüleme elemanı ile birleştirildikten (kısa devre ) sonra giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T uçları bağlanır. Bu şekildeki bağlantıya üçgen bağlama denir.

Giriş uçları: U-V-W  
Çıkış uçları: X-Y-Z.

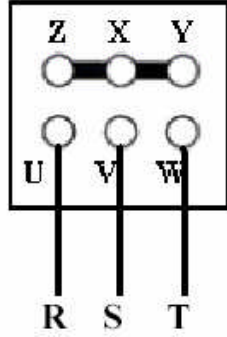


Şekil.2.14: Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusunun üçgen bağlantısı

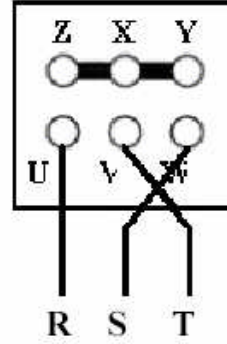
➤ **Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Devir (Dönüş) Yönünün Değiştirilmesi**

Üç fazlı asenkron motorların devir yönünün değiştirilmesi için R,S,T fazlarının herhangi ikisinin klemens bağlantı uçları yer değiştirilirse motorun dönüş yönü değişir. Üç fazın klemens bağlantı uçları yer değiştirilirse motorun dönüş yönü değişmez.

Örnek klemensi yıldız bağlı üç fazlı asenkron motorun devir yönü değişikliğini gösteren şekiller aşağıda görülmektedir.



Şekil 2.15: Normal bağlantı



Şekil 2.16: İki fazın yer değiştirmesi (devir yönü değişikliği)

## 2.4. Bir ve Üç Fazlı Motorlarda Arızalar ve Giderme Yolları

### 2.4.1. Kolektörsüz Motorlarda Meydana Gelen Arızalar

Bir ve üç fazlı asenkron motorlarda meydana gelecek mekanik ve elektrik arızalarını tespit etmek. Tespit ettiğimiz bu arızaların giderme yöntemleri üzerinde duracağız.

- Motor yol almıyor ise şu arızalar oluşmuş olabilir:
  - Motor iki faza kalmıştır. Bu arızanın nedeni, yataklarda aşınma vardır veya kapak tam oturmamıştır, sigortalardan biri atmış yada aşırı akım rölesi arızalıdır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için sigorta yenilenir. Aşırı akım rölesinin akım ayarı yeniden yapılır. Yada aşırı akım rölesi değiştirilir
  - Hava aralığı eşit değildir. Bu arızanın nedeni, yataklarda aşınma vardır veya kapak tam oturmamıştır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için yataklar kontrol edilerek arızalı olanlar değiştirilir. Kapak civataları sıkılır.
  - Stator sargılarında kopukluk vardır. Bu arızanın nedeni klemens bağlantılarında gevşeme, kablo pabuçlarında kopukluk, bobinler veya bağlantılarda kopukluk vardır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için klemens bağlantı somunları sıkılır. Klemense bağlanan kablo pabuçları kontrol edilir kopma varsa yenisi takılır.
- Motor aşırı ısınıyor. Motor içinde şerare meydana geliyorsa:
  - Kısa süreli gövdeye kaçak veya kısa devre vardır. Arızanın nedeni, darbe sonucunda sargılar arasında veya sargılarla gövde arasında kaçak vardır. Bu arızayı gidermek için sargılar içerisinde rutubet varsa motor kurutulur. Gövdeye kaçak var ise, gövdeye kaçağı oluşturan sargı veya sargılar değiştirilir.

- Motorun gövdesinde ve yataklarda ısınma varsa:
  - Yataklarda meydana gelen ısı gövdeye yayılmaktadır. Bu arızanın nedeni, motorun yükü fazladır. Bu arızayı gidermek için motorun yükü azaltılır.
- Motor tam yükte inilti çalışıyorsa:
  - Rotor çubuklarında gevşeme vardır. Bu arızanın nedeni, kısa devre halkası ile rotor çubukları arasında kopukluk vardır. Bu arızayı gidermek için, Rotor çubuklarının kısa devre halkasıyla olan bağlantıları kontrol edilir kopan varsa kaynak edilir.
- Motor duman çıkarıyor bobinlerde ısınma varsa:
  - Hava aralığı eşit değildir. Bu arızanın nedeni, yataklardan birisinde aşınma vardır. Rulmanlar dağılmıştır. Bu arızayı gidermek için, Bobinlerde gerekli kontroller yapılarak arızalı olan bobin veya bobinler değiştirilir. Arızalı olan rulmanlar yenilenir.
- Rotoru sargılı asenkron motor yarı devirde çalışıyorsa:
  - Rotor sargılarında kopukluk vardır. Bu arızanın nedeni, sargılar ile bilezik arasında kopukluk vardır. Fırça basıncı az olduğundan fırça bileziğe temas etmiyordur. Bu arızayı gidermek için, Kırılan ve aşınan fırçalar değiştirilir. Fırça basıncını sağlayan yaylar değiştirilir. Motor aşırı yüklü ise yük değiştirilir.
- Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlarda motor yol almıyorsa:
  - Merkezkaç (santrifüj) anahtar bozuktur. Bu arızanın nedeni motor yol alırken, durduğu sırada merkez kaç anahtar kontakların konumunu sürekli değiştirdiği için kontaklar bozulmuş ola bilir. Bu arızayı gidermek için merkez kaç anahtar yenisi ile değiştirilmelidir.
  - Yol verme kondansatörü bozuktur. Bu arızanın nedeni, kondansatörün uç bağlantıları gevşemiş olabilir. Yapısından kaynaklanan nedenlerden bozulmuş ola bilir. Bu arızayı gidermek için kondansatör uçları sıkılır. Kondansatöre bağlanan uçlar kısa devre edildiğinde motor çalışıyor ise kondansatör bozulmuştur yenisi ile değiştirilir.
- Yardımcı sargılı asenkron motorun (daimi kondansatörlü hariç) yardımcı sargısı devreden çıkmıyorsa:
  - Merkezkaç (santrifüj) anahtarın kontakları yapışmıştır. Bu arızanın nedeni ilk kalkınma anında motor devreden fazla akım çektiği için merkezkaç (santrifüj) anahtarın kontakları yapışmıştır. Bu arızayı gidermek için merkezkaç ( santrifüj) anahtarın değiştirilmesi gerekir. Uzun süre motor böyle çalışırsa sargılar zarar görebilir.

## 2.4.2. Kolektörlü Motorlarda Meydana Gelen Arızalar

- Motor çalışmıyorsa:
  - Bu arızanın sebebi motoru besleyen kaynaktan enerji sağlanamıyordur. Bu arızayı gidermek için motoru besleyen kaynak veya şebeke kontrol edilmelidir.
  - Bu arızanın sebebi fırçalar kolektör basmıyor. Bu arızayı gidermek için, fırça yayı kontrol edilmeli eğer fırça eskimiş ise yenisiyle değiştirilmelidir.
  - Bu arızanın nedeni yataklarda sıkışma ve kitlenme vardır. Bu arızayı gidermek için yataklar kontrol edilir arızalı yataklar değiştirmelidir.
- Endüvi ve kolektör aşırı ısınıyorsa:
  - Arızanın sebebi; fırçalar kolektöre rahat temas etmiyordur. Fırçalardan kıvılcım (ark) çıkar. Arızayı giderme için fırçalar değiştirmelidir.
  - Bu arızanın sebebi kolektör dilimleri arasında kısa devre vardır. Arızayı gidermek için kolektör dilimlerin arası temizlenmelidir. Ya da kolektör yenilenmelidir.

## 2.5. Asenkron Motorlara Yol Verme

Asenkron motorların kalkışları (ilk dönmeye başlaması) sırasında şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı ya da yol alma akımı denir. İlk kalkış anında etikette yazılı olan nominal akımın 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasındaki çekilen bu akım kısa sürelidir. Küçük güçlü motorlarda kısa süreli fazla akımın, şebeke üzerinde olumsuz etkisi fazla olmaz. Ancak büyük güçlü motorların, direkt yol almaları sırasında, şebekede çektikleri kalkış akımları, şebeke üzerinde büyük etki oluşturur.

Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri belli güçlerden büyük motorların (3 KW'tın üstündeki) çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirir. Çünkü 3 kW' tın üzerindeki büyük güçlü motorların kalkınma akımları, hem şebeke için hem de motor sargıları için zararlıdır. Zira bu fazla akım motor sargılarında aşırı ısınmalara, şebekede ise gerilim düşümlerine ve gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bunun sonucunda da gerilim düşümü, motoru ve şebekeden beslenen diğer alıcıları etkiler. Ayrıca kumanda devresindeki anahtarlama elemanlarının çabuk yıpranmasına ve arıza yapmasına yol açar.

Bu nedenle büyük güçlü motorların ve çok sık yol alan küçük güçlü motorların, kalkınma akımlarının şebekeyi olumsuz yönde etkilememeleri için değişik yol verme yöntemleri uygulanır.

## 2.6. Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yıldız-Üçgen Yol Verme

Asenkron motorlara yıldız –üçgen yol verilmesinin amacı; motor ilk kalkınma anında nominal devrine ulaşıncaya kadar yıldız, daha sonra ise üçgen çalışmasıdır. Çünkü motor yıldız çalışmada üçgen çalışmaya göre 1/3 oranında daha az akım şebekeden çekmektedir.

Üç fazlı asenkron motora yıldız- üçgen yol verilebilmesi için, etiketindeki üçgen geriliminin şebeke gerilimine eşit olması gerekir.

Örnek aşağıda resimleri verilen etiketlerden, ülkemizdeki fazlar arası 380 v şebekeye yıldız-üçgen yol vermek için bağlanma durumlarını inceleyelim.

Birinci etikette motorun etiketinde üçgen çalışmada 380 v yazılı olduğu için buda verdiğimiz şebeke gerilimine eşit, bu etikette sahip motora, yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle yol verilir.

İkinci etikette motorun etiketinde üçgen çalışmada 220 v yazılı olduğu için buda verdiğimiz şebeke geriliminden küçüktür, bu etikette sahip motora yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle yol verilmez. Ancak motor şebekeye sadece yıldız bağlana bilir. Yıldız-üçgen yol verme ya da sadece üçgen bağlanırsa stator sargıları yanabilir.

|                     |       |              |              |       |  |
|---------------------|-------|--------------|--------------|-------|--|
| * TIP . GM 132528 * |       |              |              |       |  |
| 3 - AC MOTOR        |       |              | Nr : 1065179 |       |  |
| Δ                   | 380 V |              | 14,8 A       |       |  |
| 10 HP 7,5 kW        |       | Cos φ: 0,9   |              |       |  |
| 2880                |       | D/D          |              | 50 Hz |  |
| 2-985               |       | Iz K I B B 3 |              | IP 44 |  |

|           |    |              |       |           |         |
|-----------|----|--------------|-------|-----------|---------|
| 3 - MOTOR |    | TIP VM 90L-2 |       | EFF2      |         |
| ⊕         | S1 | IM B3        | IP 55 | I.C.L.F ⊕ |         |
| V         | Hz | A            | kW    | cos φ     | 1/min   |
| Δ220/Y380 | 50 | 8,65,0       | 2,2   | 0,85      | 2840    |
| Y440      | 60 | 5,0          | 2,54  | 0,84      | 3380    |
| Seri No.  |    |              |       |           | TS 3067 |

Şekil 2.17: Motor etiketleri

Yıldız-üçgen yol vermede, motorun yük momenti, yıldız bağlama durumundaki motor momentinden büyükse, yıldız bağlamada motor yol alamaz. Örneğin, pistonlu ve dişli pompalarda, kompresörlerde, haddelerde, bant konveyörlerde, değirmenlerde, talaş kalınlığı sabit tezgâhlarda vb. yerlerde motora, yıldız-üçgen yol vermek istenirse, yükün bir kaplin aracılığı ile motor milinden ayrılması gerekir.

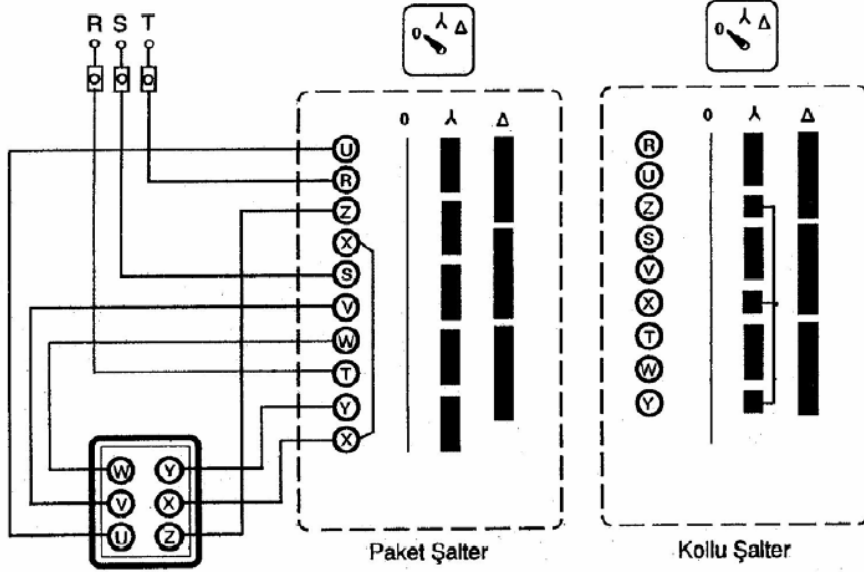
Asenkron motorlara paket şalter ve otomatik yıldız üçgen yol verme yöntemiyle yolverebiliriz. Şimdi bu yıldız- üçgen yolverme yöntemlerini inceleyelim.

### 2.6.1. Paket Şalterle Asenkron Motora Yıldız-Üçgen Yol Verilmesi

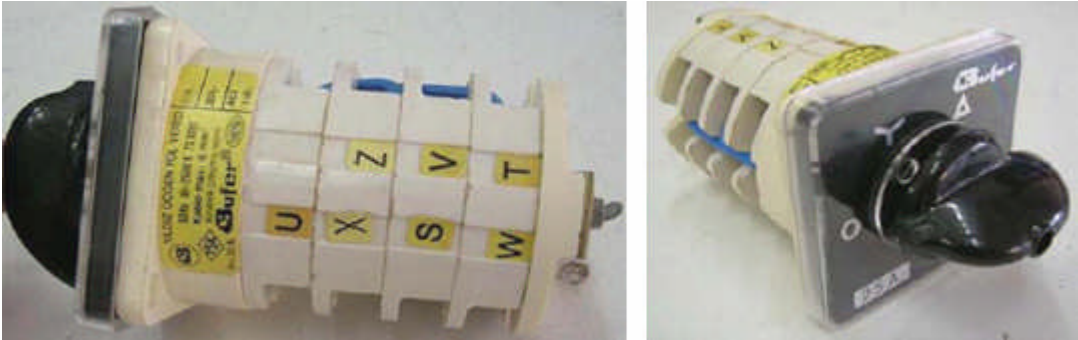
Bir mil üzerine üst üste yerleştirilmiş disklerden meydana gelen çok konumlu şalterlere “paket şalter” denir. Genellikle küçük güçteki motorların kumandasında kullanılır. Mil üzerine yerleştirilmiş olan disklerdeki kamlar sayesinde kontaklar mekanik olarak açılır veya kapanır. Disk sayısı arttıkça, kontrol edilen kontak sayısı da buna bağlı olarak artar.

Uygulamada azda olsa bazı yerlerde bu tip şalterler kullanılarak yıldız-üçgen yol vermenin yapıldığı görülmektedir. Çok büyük güçlü olmayan motorlar da uygulanır. Kullanılacak şalterin motor akımına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tambur tip yıldız-üçgen şalterin motor devresinin bağlantısı ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin şeması Şekil 2.17’de gösterilmiştir. Bu şalterlerle yol vermede yıldız bağlama süresi, şalteri kullananın kontrolündedir. Motor, normal hızına ulaştığı anda, şalter üçgen konumuna getirilmelidir. Durdurma anında, hızlı bir şekilde sıfır konumuna alınmalıdır.

Üç fazlı asenkron motorlara yıldız-üçgen yol verilebilmesi için bütün sargı uçlarının klemens tablosuna çıkartılması gerekir. Paket tip yıldız-üçgen şalterin 9 tane bağlantı ucu vardı. Bunların 3 tanesi R S T şebeke faz uçları, 3 tanesine U V W sargı giriş uçları, 3 tanesine de Z X Y sargı çıkış uçları bağlanır.



Şekil 2.17: Tambur tip yıldız-üçgen ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin bağlantısı



Resim 2.39: Çeşitli paket şalter resimleri

Paket  $\lambda/\Delta$  şalterler genellikle gücü fazla büyük olmayan motorlara yol vermede ekonomik olmaları nedeniyle kullanılır, bunun dışında fazla kullanılmaz.

Paket tip  $\lambda/\Delta$  şalterin fazla kullanılmama nedenlerini şu şekilde açıklayabiliriz.

- $\lambda/\Delta$  yol vermede yıldız çalışma süresi ve yıldızdan üçgene geçiş süresi çok önemli olduğu halde bu süreler, şalterle kumanda eden kişinin tecrübesine bırakılmıştır.

- Büyük güçlü motorlarda paket şalterle  $\lambda/\Delta$  yol verildiğinde frenleme sistemi kullanılamaz.
- Paket tip  $\lambda/\Delta$  şalter kullanıldığında uzaktan kumanda yapılamaz.
- Motora zaman ayarlı devre ve koruma röleleri bağlanamaz.
- Paket tip  $\lambda/\Delta$  şalterle kumanda edilen motor çalışırken şebeke enerjisi kesildiğinde şalter 0 konumuna alınmalıdır. Aksi takdirde enerji tekrar geldiğinde, motor  $\Delta$  olarak yol alır ve motorda önemli arızalar oluşur.

Yukarıda saydığımız sakıncalardan dolayı büyük güçlü motorlara genellikle  $\lambda/\Delta$  şalterlerle (kontaktör ve zaman rölesi ile) yol verilir.

### 2.6.2. Otomatik Yıldız-Üçgen Yol Verme Devresi

Kalkış akımını düşürmede en ekonomik yöntemdir. Üç kontaktör ile bir zaman rölesinden oluşan kontaktör kombinasyonudur. Sanayide yoğun olarak kullanılan yol verme yöntemidir. Kullanılan elemanları tanıyalım.

- **Kontaktör:** Elektrik devrelerini açıp kapayan, elektro manyetik şalterlere kontaktör denir. Yapısında bobin, palet ve kontaklar bulunur.



Resim 2.40: Çeşitli Kontaktörler

- **Zaman Rölesi (düz):** Bobini enerjilendiğinde belli bir süre (ayarlanan süre) içinde normalde açık kontaklarını kapatan kapalı kontaklarını açan kumanda elemanıdır. Enerji kesildiğinde de kontaklarını ani olarak eski konumlarına dönerler.



Resim 2.41: Çeşitli zaman röleleri

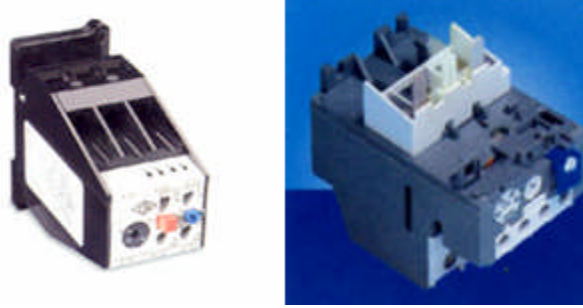


- **Kumanda Butonları:** Otomatik kumanda devrelerinde röle ve kontaktör bobinlerini çalıştırıp, durduran kumanda elemanlardır.



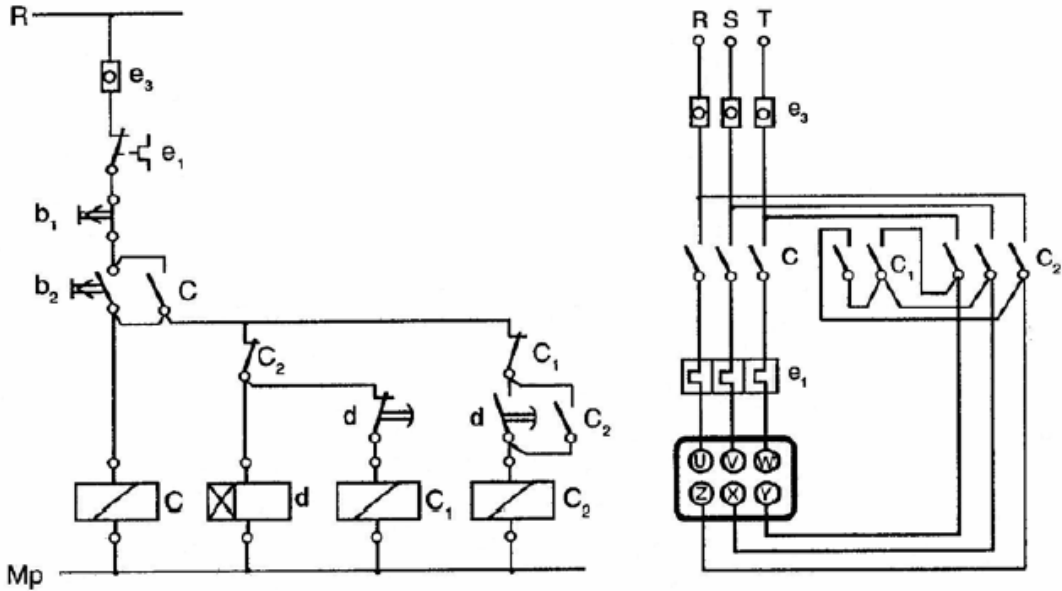
Resim 2.42: Çeşitli kumanda butonları

- **Aşırı Akım Rölesi:** Herhangi bir arızadan dolayı meydana gelen aşırı akımlara karşı motor sargılarını koruyan elemanlara denir.



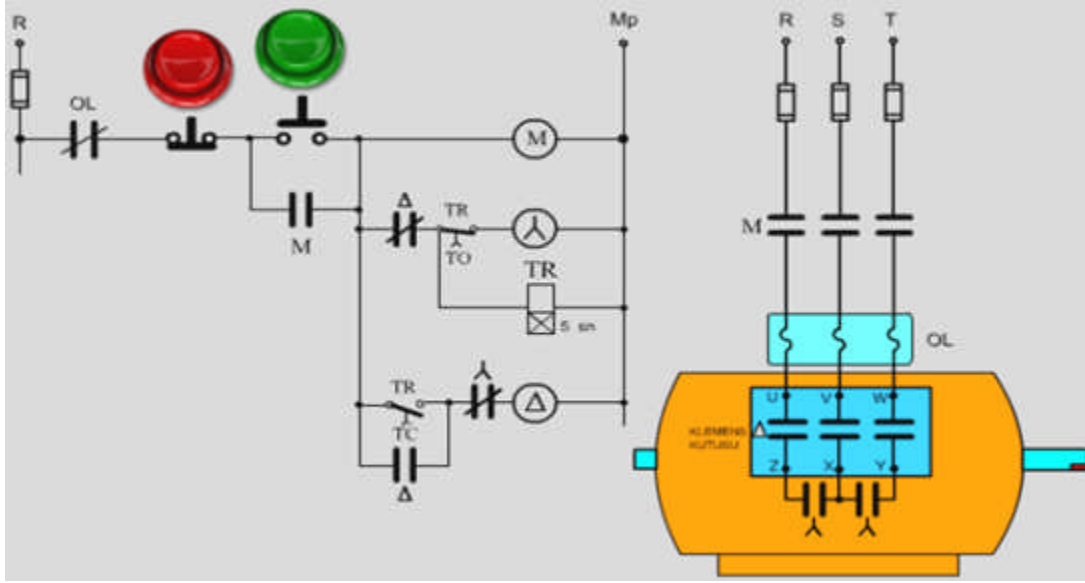
Resim 2.43: Aşırı akım rölesi

Şekil 2.18 ve şekil 2.19’da çeşitli normlardaki otomatik yıldız –üçgen yol vermenin kumanda ve güç şemaları görülmektedir.

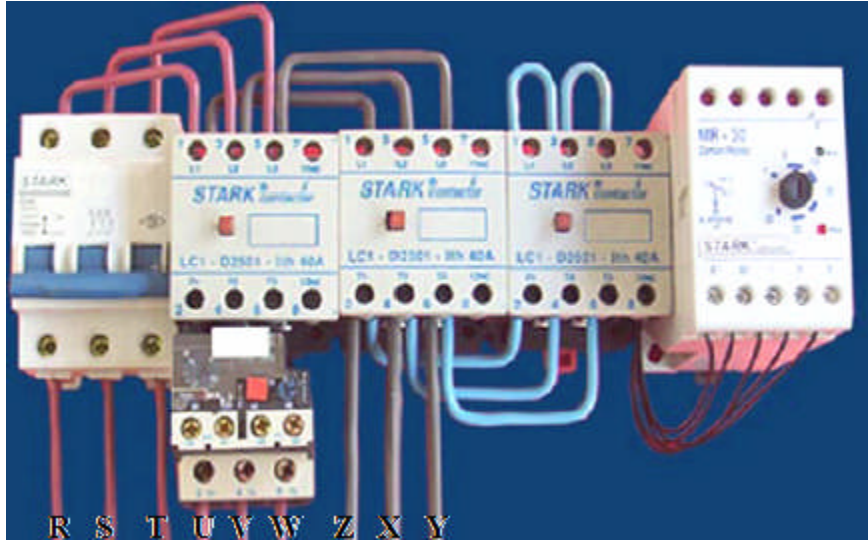


Şekil 2.18: Otomatik yıldız-üçgen yol verme kumanda ve güç devresi (Alman, Türk normu)





Şekil 2.19: Otomatik yıldız-üçgen yol verme kumanda ve güç devresi (Amerikan normu)



Resim 2.44: Yıldız-üçgen yol verme devresi

## 2.7. Motorlarda Sigorta Seçimi

Aşırı yüklenmelere ve kısa devrelere karşı alıcıları koruyan elemanlara **sigorta** denir. Sigortalar devreye seri bağlanarak herhangi bir arıza durumunda devreyi açarak hattı ve alıcıyı korur.

Otomat olarak L ve G tipi sigortalar bulunur. L tipi sigortalar anında devreyi açar aydınlatma, motor kumanda devresinde, priz tesisatlarında kullanılır.

Motor güç devrelerinde G tipi sigortalar kullanılmalıdır. Çünkü bu sigortalar gecikmeli olarak devreyi açarlar. Normal akımın 8-10 katı kadar büyük değer de devreyi açarlar. Bu sigortalar akım değerine göre:0.5-1-1,6-2,4-6-10-16-20-25-32-45-50 A olarak üretilir.

Üç fazlı motorlarda motorun iki faza kalmaması için otomatik sigortalar birbirlerine mekaniksel olarak bağlanmışlardır. Dolayısıyla fazlarından birin de gelen arza sonucu sigortaların üçünün de atması sağlanır. Bu tür otomatik sigortalara K-otomat denir.

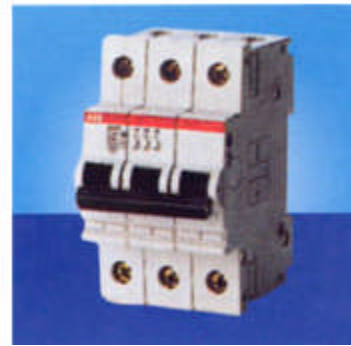
Motora (alıcıya) en yakın olan sigortanın değeri, linje ve kolon sigortasından küçük olmalıdır. Bu sayede herhangi bir arza sonucunda ilk önce alıcıya yakın olan sigorta devreyi açarak diğer kısımların enerjisiz kalması önlenmiş olur.

Motor devrelerinde sigorta seçilirken motor anma akımının (etiket değeri) üzerindeki ilk standart sigorta değeri seçilir.

Motora yıldız-üçgen yol verildiğinde, doğrudan yol vermeye göre şebekeden çekeceği akım 1/ 3 oranında azalır. Bu da yaklaşık olarak motor etiket değerinin iki katı olur. Bundan dolayı sigorta akım değeri motor etiket değerinin iki katı seçilebilir. Aşağıdaki tabloda etiket akım değerlerine göre; motorlara, doğrudan ve yıldız-üçgen yol verme sigorta değerleri ile motorların bağlantısında kullanılacak iletkenlerin kesitleri görülmektedir.



**Resim 2.45: L tipi sigorta (tek kutuplu)**



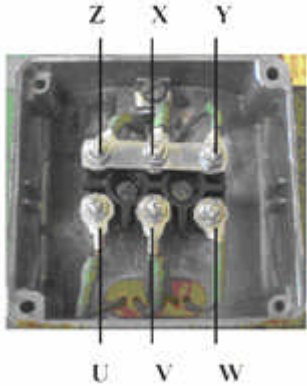
**Resim 2.46: K- otomatlar**


| Motor<br>anma<br>gücü |      | CosØ | Verim | 220 V                  |            |     | 500 V                  |            |     | 380 V                  |            |     | Bağlantı<br>Kablosu<br>NYY<br>NYCY<br>mm <sup>2</sup> |
|-----------------------|------|------|-------|------------------------|------------|-----|------------------------|------------|-----|------------------------|------------|-----|---|
|                       |      |      |       | Motor<br>anma<br>akımı | Sigortalar |     | Motor<br>anma<br>akımı | Sigortalar |     | Motor<br>anma<br>akımı | Sigortalar |     |   |
|                       |      |      |       |                        | Direkt     | Y/Δ |                        | Direkt     | Y/Δ |                        | Direkt     | Y/Δ |   |
| kW                    | HP   |      |       | A                      | A          | A   | A                      | A          | A   | A                      | A          | A   | A   |
| 0.25                  | 0.34 | 0.7  | 62    | 1.4                    | 4          | 2   | 0.6                    | 2          | 2   | 0.8                    | 2          | 2   | 4x2.5   |
| 0.37                  | 0.5  | 0.72 | 64    | 2.1                    | 4          | 2   | 0.9                    | 2          | 2   | 1.6                    | 4          | 2   | 4x2.5   |
| 0.55                  | 0.75 | 0.75 | 69    | 2.7                    | 4          | 4   | 1.2                    | 4          | 4   | 1.6                    | 4          | 2   | 4x2.5   |
| 0.75                  | 1    | 0.8  | 74    | 5.4                    | 6          | 1   | 1.5                    | 4          | 4   | 2                      | 4          | 4   | 4x2.5   |
| 1.1                   | 1.5  | 0.8  | 77    | 4.4                    | 6          | 6   | 2                      | 4          | 4   | 2.6                    | 4          | 4   | 4x2.5   |
| 1.5                   | 2    | 0.83 | 78    | 6                      | 16         | 10  | 2.6                    | 4          | 4   | 3.5                    | 6          | 6   | 4x2.5   |
| 2.2                   | 3    | 0.84 | 81    | 8.7                    | 20         | 16  | 3.7                    | 10         | 6   | 5                      | 10         | 6   | 4x2.5   |
| 3                     | 4    | 0.84 | 81    | 11.5                   | 20         | 16  | 5                      | 10         | 10  | 6.6                    | 16         | 10  | 4x2.5   |
| 4                     | 5.4  | 0.84 | 82    | 14.7                   | 25         | 20  | 6.4                    | 16         | 10  | 8.5                    | 20         | 16  | 4x2.5   |
| 5.5                   | 7.5  | 0.85 | 83    | 19.8                   | 35         | 25  | 8.5                    | 20         | 16  | 11.5                   | 25         | 20  | 4x2.5   |
| 7.5                   | 10   | 0.86 | 85    | 26.5                   | 50         | 35  | 11.5                   | 25         | 20  | 15.5                   | 35         | 25  | 4x4   |
| 11                    | 15   | 0.86 | 87    | 39                     | 63         | 50  | 17                     | 35         | 25  | 22.5                   | 35         | 35  | 4x6   |
| 15                    | 20   | 0.86 | 87    | 52                     | 50         | 63  | 22.5                   | 35         | 35  | 30                     | 50         | 35  | 4x6   |
| 18.5                  | 25   | 0.86 | 88    | 62                     | 100        | 80  | 27                     | 50         | 35  | 36                     | 63         | 50  | 4x10  |
| 22                    | 30   | 0.87 | 89    | 74                     | 100        | 80  | 32                     | 63         | 50  | 43                     | 63         | 50  | 4x10  |
| 30                    | 40   | 0.87 | 90    | 98                     | 125        | 100 | 43                     | 63         | 50  | 57                     | 80         | 63  | 4x16  |
| 37                    | 50   | 0.87 | 90    | 124                    | 200        | 160 | 54                     | 80         | 63  | 72                     | 100        | 80  | 3x25+16   |
| 45                    | 61   | 0.88 | 91    | 147                    | 225        | 200 | 64                     | 100        | 80  | 85                     | 5          | 100 | 3x35+16   |
| 55                    | 75   | 0.88 | 91    | 180                    | 250        | 225 | 78                     | 125        | 100 | 104                    | 60         | 125 | 3x50+25   |
| 75                    | 100  | 0.88 | 91    | 246                    | 350        | 250 | 108                    | 160        | 125 | 142                    | 200        | 160 | 3x70+35   |
| 90                    | 123  | 0.88 | 92    | -                      | -          | -   | 127                    | 200        | 160 | 169                    | 225        | 200 | 3x95+50   |
| 110                   | 150  | 0.88 | 92    | -                      | -          | -   | 154                    | 225        | 200 | 204                    | 250        | 225 | 3x120+70  |
| 132                   | 180  | 0.88 | 92    | -                      | -          | -   | 182                    | 250        | 225 | 243                    | 300        | 250 | 3x120+70  |






Tablo 2.3: Motor anma akımına göre sigorta ile kablo seçim tablosu

## UYGULAMA FAALİYETİ

- Bir fazlı ve üç fazlı motorların bağlantılarını yapmak
- Motorlardaki arızaların tespit edilmesi
- Motor arızalarının giderilmesi

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| <p><b>Üç fazlı bir asenkron motorun yıldız bağlanması</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Uygun kumanda devresinin bağlantılarını yapınız.</li><li>➤ Güç devresi için üç fazlı bir asenkron motorun klemensdeki uçları Z, X, Y kendi aralarında köprüleme (kısa devre) elemanı ile birleştiriniz. U, V, W uçlarına R, S, T fazları uygulayınız.</li></ul>    | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız.</li><li>➤ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz.</li><li>➤ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz.</li><li>➤ İş güvenliği kurallarına uyunuz</li></ul>   |
| <p><b>Motor arızalarının giderilmesi</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sargı kopuk, yalıtkanlığını kaybetmiş ise (yanmışsa) yeniden sarınız.</li><li>➤ Klemensde, gevşeme varsa bağlantı uçlarını sıkılaştırınız. Yalıtkanlığını kaybetmiş ise yenisiyle değiştiriniz.</li><li>➤ Yatak ve rulmanlarda aşınma varsa yenisiyle değiştiriniz.</li><li>➤ Fırçalar aşınmış ise yenisi ile değiştiriniz.</li><li>➤ Fırçalar kolektöre tam değmiyor ise; fırça tutucunun yayını değiştiriniz.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ İş güvenliği kurallarına uyunuz.</li><li>➤ Onarım için uygun araç ve gereçleri kullanınız.</li><li>➤ Klemense bağlayacağınız uçlara dikkat ediniz.</li><li>➤ Rulman takmak için rulman takma takımı yoksa çekiç ve rulmana uygun pirinç boru temin ediniz.</li><li>➤ Rulmanı takılacak olan milin üzerine geçiriniz.</li><li>➤ Pirinç boruya çekiçle vurarak yerine takınız.</li></ul> |

| İşlem Basamakları   | Öneriler   |
|---|--|
| <p><b>Üç fazlı bir asenkron motorun üçgen bağlanması</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uygun kumanda devresinin bağlantılarını yapınız.</li> <li>➤ Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusundaki U giriş ucu ile Z çıkış ucu, V giriş ucu ile X çıkış ucu ve W giriş ucu ile Y çıkış ucu köprüleme elemanı ile birleştirildikten (kısa devre) sonra giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T fazlarını bağlayınız.</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız.</li> <li>➤ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz.</li> <li>➤ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz.</li> <li>➤ İş güvenliği kurallarına uyunuz</li> </ul>  |
| <p><b>Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorun devreye bağlanması</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yardımcı sargı uçlarına kondansatör ve merkez kaç anahtarı seri bağlayınız. Bu seri kolun uçları ana sargıya paralel bağlayınız. Bu paralel bağlantı noktalarına faz nötr gerilimi uygulayınız.</li> </ul> <p><b>Üniversal motorun devre bağlanması</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kutup uçlarına faz-nötr gerilimi uygulanır. Kutupların diğer uçları fırçalara bağlayınız.</li> <li>➤ Mikro işlemci veya bilgisayar programı yapılan adım motorun devreye bağlanması</li> <li>➤ Yapılan programa göre ne kadar açısal hareketi yapacağını sürücü yardımıyla gerçekleştiriniz. Sürücünün çıkışları motora bağlayınız.</li> <li>➤ Göl kutuplu motorun devreye bağlanması</li> <li>➤ Motorun faz-nötr uçlarına gerilim uygulayınız.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız.</li> <li>➤ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz.</li> <li>➤ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz.</li> <li>➤ İş güvenliği kurallarına uyunuz.</li> </ul> |

| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
|---|---|
| <p><b>Bir ve üç fazlı motorlarda meydana gelebilecek arızalar.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motor klemensine kadar üç faz gelip gelmediğini kontrol ediniz.</li> <li>➤ Enerji klemense kadar geliyor motor çalışmıyorsa; enerjiyi güvenle kesiniz (Şekildeki resimde seri lamba görülmektedir. Uçları birleştirdiğinde lamba yanar.).</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Klemens kutusunu açınız.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motorun bağlantısı sökülmeden gövdeye kaçak olup olmadığı seri lamba ile kontrol ediniz.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Klemens bağlantısı sökülerek sargıların sağlam olup olmadığı seri lamba ile kontrol ediniz.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sargı kopuksa lamba yanmaz. Kısa devre ise parlak yanar. Gövdeye kaçak varsa lamba yanar.</li> <li>➤ İki faza kalmasının sebebi elektriksel değil mekanik ise; motorun rulmanları ve yatakları kontrol ediniz.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Arızalı motorun klemens kutusundaki kapak vidalarını sökünüz. Önceden hazırladığınız boş bir eleman kutusuna atınız.</li> <li>➤ Klemens vidalarına bağlı olan motor sargı uçlarını etiketleyerek sökünüz.</li> <li>➤ Söktüğünüz somun, köprüleme parçalarını eleman kutusuna bırakınız.</li> <li>➤ Klemensi motor gövdesinden sökünüz.</li> <li>➤ Klemensin; toz, nem, yağ, kir, pas gibi oluşumlarını, basınçlı hava veya fırça ile iyice temizleyiniz.</li> <li>➤ Klemens vida ve somun dişlerini kontrol ederek sağlamlığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Klemensde hiç arıza tespit etmediyseniz tekrar klemensi, klemens kutusuna vidalayınız.</li> <li>➤ Motorun etiket değerleri kayıt tablosuna kaydediniz.</li> <li>➤ Motor sökme kurallarına göre motoru sökün arızalı rulman ve yatak olup olmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Arızalı malzemenin üzerindeki seri numaraları uygun yere yazınız.</li> </ul> |

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Bu faaliyet kapsamında kazandığınız bilgileri, aşağıdaki soruları cevaplandırarak değerlendiriniz. Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- (.....) 1. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makineye motor denir.
- (.....) 2. Bir fazlı asenkron motorlarda kondansatör ana sargıya seri olarak bağlanır.
- (.....) 3. Hem doğru gerilimde hem de alternatif gerilimde çalışan motora üniversal motor denir
- (.....) 4. Gölge kutuplu motorun devir yönü değiştirilemez
- (.....) 5. Yataklı rulman, iç bilezik, dış bilezik, bilye ve kafesten meydana gelir.
- (.....) 6. Üç fazlı kısa devre rotorlu asenkron motorun yapısındaki parçalardan biri kolektördür.
- (.....) 7. Motorlarda kullanılan sigortalar ani atan L tipi sigortalardır.
- (.....) 8. Üç fazlı asenkron motorların devir yönünü değiştirmek için her hangi iki fazın yer değiştirmesi gerekir.
- (.....) 9. Yıldız –üçgen yol vermenin amacı motor ilk kalkınırken şebekeden daha az akım çekerek yol almasıdır.
- (.....) 10. Büyük güçlü motorlara mutlaka paket yıldız üçgen şalterle yol verilmesi gerekir.
- (.....) 11. Açısız konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir.
- (.....) 12. Üç fazlı asenkron motorların klemensine çıkarılan uçlar şunlardır: U,V,W ve Z,X,Y'dir.
- (.....) 13. Üniversal motorun devir yönü endüvi uçlarının yer değiştirilmesiyle değişir.
- (.....) 14. Yardımcı sargılı asenkron motorlarında kullanılan santrifüj anahtar, motorun sıcaklığına bağlı olarak sargıyı devreye alır veya devreden çıkarır.
- (.....) 15. Bir motorun üçgen çalışma bilmesi yada yıldız-üçgen yol verilebilmesi için etiketindeki üçgen gerilimin en az bağlanacağı şebeke gerilimine eşit olması gerekir.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili konuyu tekrarlayınız. Başarılıysanız bir sonraki bölüme geçiniz.



## MODÜL DEĞERLENDİRME

Değerli öğrencimiz “Elektrik ve Elektronik Sistemlerin Bakım ve Onarımı 3’ modülünü bitirmiş durumdasınız. Eğer bu modülü başarı ile tamamladıysanız burada elde ettiğiniz yeterlikleri bundan sonraki modüllerde de sık sık kullanacağınızı unutmayınız. Bu konuların daha birçok kez karşınıza çıkacağını farkında olarak burada kazandırılan yeterliklerinizi geliştirmek ve güncel gelişmeleri takip etmek alanınızda yetişmiş bir eleman olmanızı sağlayacaktır.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

|    |   |
|----|---|
| 1  | Y |
| 2  | D |
| 3  | D |
| 4  | D |
| 5  | Y |
| 6  | D |
| 7  | Y |
| 8  | D |
| 9  | Y |
| 10 | Y |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

|    |   |
|----|---|
| 1  | D |
| 2  | Y |
| 3  | D |
| 4  | D |
| 5  | D |
| 6  | Y |
| 7  | Y |
| 8  | D |
| 9  | D |
| 10 | Y |
| 11 | D |
| 12 | D |
| 13 | D |
| 14 | Y |
| 15 | D |

# KAYNAKÇA

- SARIOĞLU Kemal , **Elektrik Makineleri Temelleri**, Cilt: 3
- GÜRDAL Osman, **Elektrik Makineleri Tasarımı**
- M.E.B. yayınları, **Elektrik Makineleri**, Cilt: 2 ve Cilt :3
- GÖRKEM Abdullah, **Elektrik Makinelerinde Bobinaj**
- ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Makineleri**
- ALACALI Mahmut, ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Makineler**
- BADUR Özdemir, **Elektrik Kumanda Devreleri**
- ÇAM Mehmet, **Elektrik Atölye Ders Notları**
- [www.dostlar.com.tr](http://www.dostlar.com.tr)
- [www.teknomerkez.com.tr](http://www.teknomerkez.com.tr)
- [www.gamak.com](http://www.gamak.com)
- [www.emasas.com.tr](http://www.emasas.com.tr)
- [www.elpim.com.tr](http://www.elpim.com.tr)
- [www.bilban.com.tr](http://www.bilban.com.tr).