

# 5. ÜNİTE

## ASENKRON MOTORLARI

### KONULAR

1. Asenkron Motorların Yapısı
2. Çalışma Prensibi
3. Asenkron Motorlara Yol Verme
4. Asenkron Motorlarda Kayıplar ve Verim
5. Asenkron Motor Çeşitleri

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

### GİRİŞ

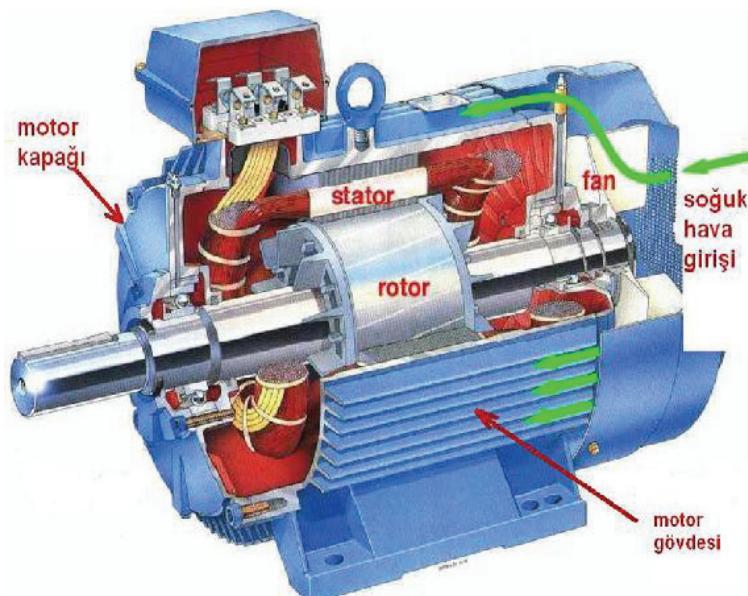
Sanayi tesislerinde elektrik enerjisini dairesel harekete çevirebilmek için motorlar kullanılır. Motor sargılarına verilen alternatif akımın meydana getirdiği döner manyetik alanın dönme hızı ile rotorun dönme hızı aynı olmayan motorlara asenkron motor denir. Bu motorlara, indükleme prensibine göre çalışıkları için indüksiyon motorları da denilmektedir.

Asenkron motorlar ucuz olmaları, az bakım gerektirmeleri, çalışmaları sırasında ark oluşturmamaları, birkaç watttan 3500 kW'a kadar imal edilebilmeleri, çeşitli fazlarda yapılabilmesi, momentlerinin yüksek olması ve teknolojideki gelişmeler sonucunda devir sayılarının çok geniş sınırlar içinde değiştirilmesi nedeniyle endüstriyelde en çok kullanılan motorlardır. Uygulamada onlarca çeşitte elektrikli motor karşımıza çıkmaktadır. Ancak, asenkron motorların kullanılma oranı yüksek seviyededir.

Asenkron motorlar genel olarak aşağıdaki parçalardan oluşmaktadır.

- Stator
- Rotor
- Gövde
- Yataklar
- Kapaklar
- Pervane( fan)

### 5.1. ASENKRON MOTORLARIN YAPISI



Resim 5.1 Asenkron motor ve iç yapısı

### 5.1.1. Stator

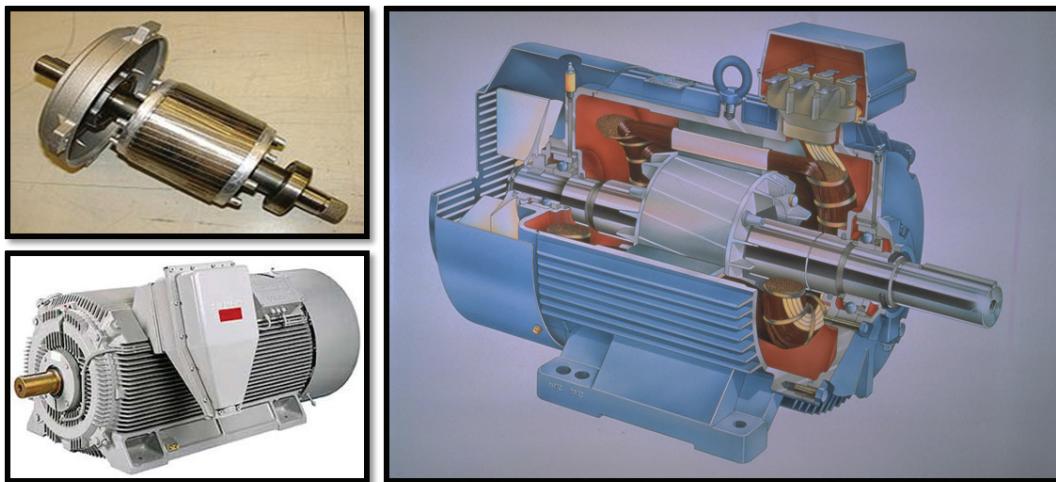
Alternatif gerilimle çalışan motorlarda döner manyetik alan oluşturmak için sargıların bulunduğu kısımdır. Stator, 0,35–0,8 mm'lik silisyum katkılı birer tarafları yalıtılmış ve iç yüzeyine oluklar açılmış sacların pres edilerek paketlenmesiyle elde edilir.

### 5.1.2. Rotor

Alternatif gerilimle çalışan motorlarda statorun meydana getirdiği döner manyetik alanın içinde dönen ve mekanik enerjinin alındığı kısımdır. İki şekilde üretilirler.

- **Sincap Kafesine Benzeyen Kısa Devre Çubuklu Rotor**

Rotorun dış yüzeyine açılmış oluklara alüminyum veya bakır çubuklar yerleştirilerek çubukların her iki tarafı kısa devre edilir. Ayrıca soğutucu görevi için her iki tarafa kanatçıklar konmuştur.



Şekil 5.1 Sincap kafesli rotorun yapısı

#### *Sargılı (Bilezikli) Rotor:*

Rotor dış yüzeyine açılan oluklara 1200 faz farklı üç fazlı alternatif akım sargası yerleştirilen rotorlardır. Sargı uçları, yıldız ve üçgen bağlandıktan sonra üç uç rotor mili üzerinde bulunan milden yalıtılmış üç adet pırınc bronzdan yapılmış bileziklere bağlanır. Sargılara akım, bu bileziklere basan fırçalar ile sağlanır.

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

### 5.1.3. Gövde ve Kapaklar

Dış etkilere karşı alüminyum, demir ya da demir alaşımından üretilir. Rotorun stator içinde merkezi olarak yataklanması görevini kapaklar yapar.



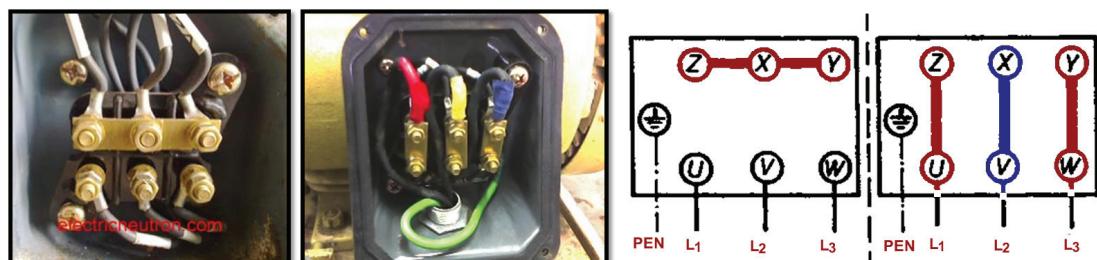
Resim 5.2 Asenkron motor gövde ve kapak

### 5.1.4. Yataklar ve Rulmanlar

Rotorun kolayca dönmesini sağlayan mekanik yapılı parçalardır. Küçük güçlü motorlarda pirinç vb. madenler kullanılarak yapılmış bilezik biçimli, yağlanmış yataklar (burç) kullanılır. Büyük güçlü motor yatakları ise rulman kullanılır.

### 5.1.5. Soğutma Pervanesi

0–20 kW güçce sahip motorlarda hava ile soğutulur. Motorun dönen miline bağlanan plastik ya da metal pervane gövdenin sıcaklığını kolayca atmasını sağlar.



Şekil 5.2 Yıldız ve üçgen bağlı klemens tablosu

### 5.1.6. Klemens Tablosu

Statora yerleştirilen sargıların bağlantı uçları, klemens tablosuna çıkarılır. Üç fazlı motorların klemens altı adet bağlantı noktası vardır. Giriş uçları U-V-W, çıkış uçları X-Y-Z'dır.

### 5.1.7. Motor Etiketi

Motorların özelliklerini belirtmek amacıyla alüminyum etiketler, motorun üzerine monte edilir.

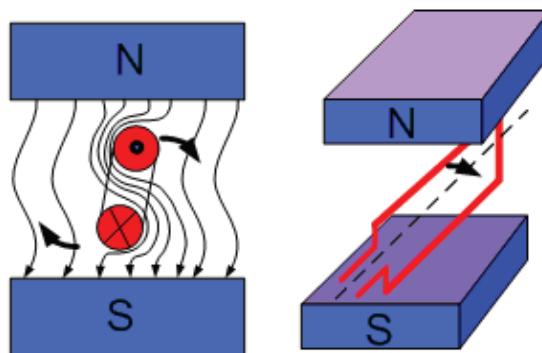


Resim 5.3 Asenkron motorun etiketi görüntüsü

## 5.2. ÇALIŞMA PRENSİBİ

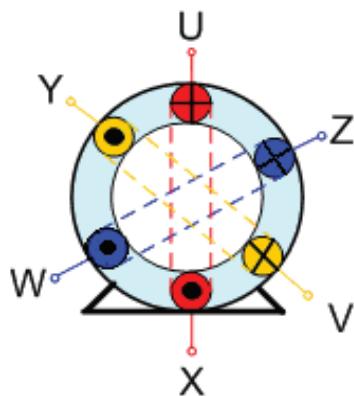
Asenkron motorların çalışması şu üç prensibe dayanır:

- Alternatif akımın uygulandığı stator sargılarında dönen bir manyetik alan olmalıdır.
- Manyetik alan içerisinde bulunan bir iletkenin akım geçirilirse o iletken manyetik alanın dışına doğru itilir.
- Aynı adlı kutuplar birbirini iter, zıt kutuplar birbirini çeker.



**Şekil 5.3 Asenkron motorlarının çalışma prensibi**

Üç fazlı asenkron motorlarda üç fazlı stator sargıları oyuklara  $120^\circ$  faz farkı olarak yerleştirilir. Bu sargılara aralarında  $120^\circ$  faz farkı bulunan alternatif gerilim uygulandığında sargıların etrafında döner bir manyetik alan meydana gelir (Şekil 5.3).



Şekil 5.4 Üç fazlı asenkron motorlarda sargıların yerleşimi

Rotor çubukları döner manyetik alan içerisinde kaldığından üzerinde bir EMK endüklenir. İletkenlerin iki ucu kısa devre edildiğinden iletkenin kısa devre akımı geçer. Geçen bu akımdan dolayı iletken rotor çubukları etrafında manyetik alan meydana gelir. Stator döner manyetik alanı ile rotor manyetik alan kutuplarının birbirini itip çekmesi neticesinde de rotor mili aracılığıyla yataklarından döner. Bu olayı, "Manyetik alan içerisindeki rotor çubukları içerisinde akım geçtiğinde çubuklar manyetik alanın dışına doğru itilir." şeklinde de açıklayabiliriz.

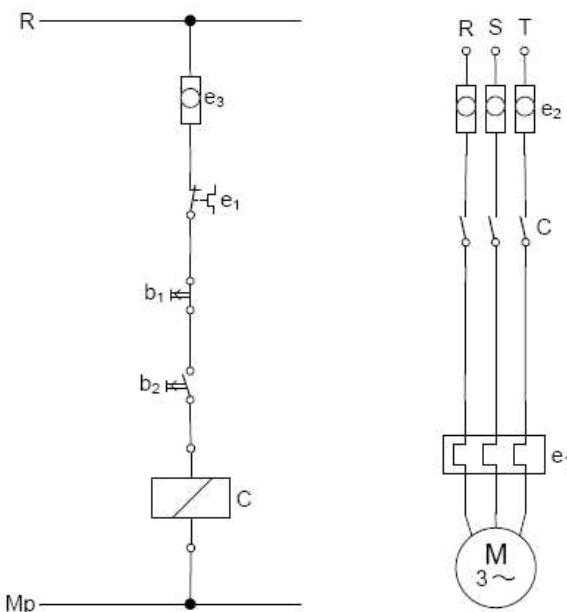
Rotor senkron devirle (stator döner alan hızında) dönerse stator alanı rotor çubuklarıyla aynı doğrultuda bulunacağından çubuklar alan tarafından kesilmeyecek ve çubuklarda bir EMK endüklənməyecektir. Döndürme momenti meydana gelmeyeceğinden rotor dönmeyecektir. Rotor döner alanı daima stator döner alanın gerisinde hareket eder.

Rotor devri döner alan devrinden azdır. Stator döner alan devrine senkron devir, rotor devrine asenkron devir, ikisi arasındaki devir farkına ise kayma denir.

### 5.3. ASENKRON MOTORLARA YOL VERME

#### 5.3.1. Motorun Kesik Çalışması

Endüstrideki bazı motorların kesik (aralıklı) çalıştırılması gereklidir. Böyle bir kumanda devresi Şekil 5.4'de görülmektedir. Devredeki başlatma (b2) butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenerek güç devresindeki normalde açık kontaklarını kapatır. Bu durumda şebeke gerilimi motora uygulandığından motor çalışır. Buton üzerinden elimizi kaldırduğımızda ise başlatma butonu kontakları açılarak kontaktör enerjisi kesildiğinden güç devresindeki C kontaktları açılır ve motor durur.



Şekil 5.5 Asenkron motorun kesik çalışması kumanda ve güç şeması

#### 5.3.2. Motorun Sürekli Çalışması

En çok uygulanan kumanda devrelerinden birisidir. Kesik çalışma devresindeki b2 butonuna ve C kontaktörünün normalde açık kontağı paralel bağlandığında sürekli çalışma devresi elde edilir. Start butonuna bağlanan bu kontağa mühürleme kontağı denir. Şekil 5.5'deki b2 butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir ve kumanda devresindeki C kontağını kapatır.

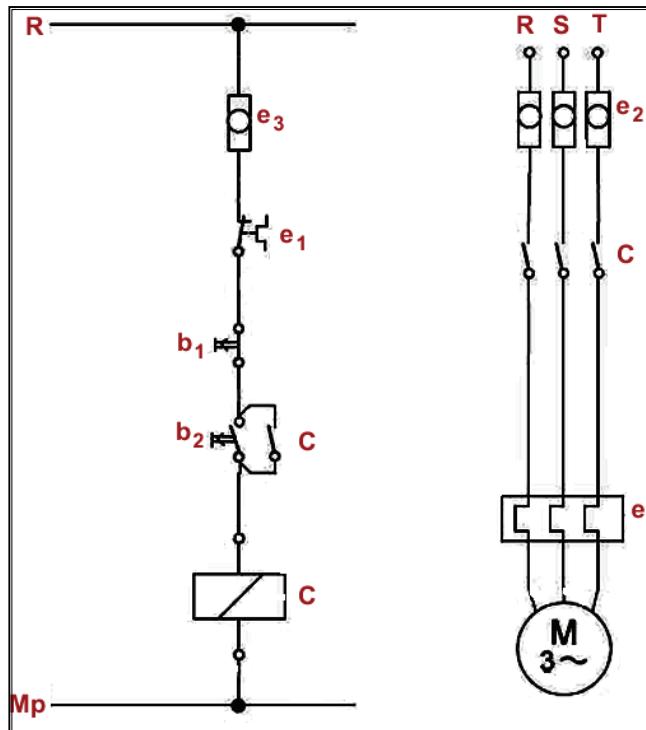
Start butonundan elimizi çektiğimizde buton kontakları açılır ve daha önce

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

buton üzerinden geçen kontaktör akımı bu kez kapanan C kontağı üzerinden geçer. Böylece kontaktör kesintisiz olarak çalışmaya devam eder.

Aynı anda güç devresindeki C kontakları da kapandığından motor çalışmaya başlar. Motorun çalışması stop butonuna basılıncaya kadar devam eder. b1 butona basıldığında kontaktörün enerjisi kesildiğinden kumanda ve güç devresindeki C kontakları açılır ve motor durur.



Şekil 5.6 Asenkron motorun sürekli çalışması kumanda ve güç şeması

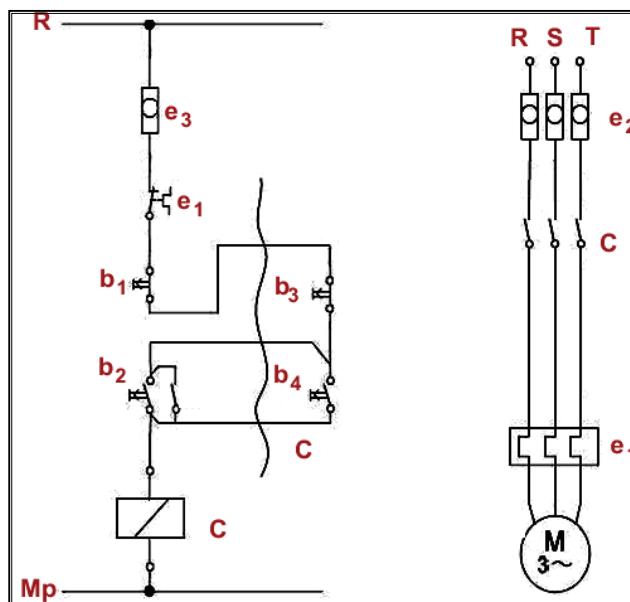
### 5.3.3. Motorun Uzaktan Kumandası

Bazı durumlarda bir motorun kumandasının iki ayrı yerden yapılması gerekebilir. Bu nedenle motorun bulunduğu yerde bir start-stop buton grubu, ikinci kumanda merkezinde de ayrı bir start-stop buton grubu bulunur. Stop butonları birbirleriyle seri, start butonları birbirleriyle paralel bağlanır.

- Otomatik kumanda uzaktan kumanda devrelerinde stop butonları birbirleriyle seri, start butonları birbirleriyle paralel bağlanır.

Şekil 5.6'daki devrede b2 başlatma butonuna basıldığında C kontaktörü ener-

jilenir ve kontaklarını kapatarak motoru çalıştırır. Aynı zamanda kumanda devresindeki C mühürleme kontağı kapanarak enerjinin sürekliliği sağlanır. Şekilde 1. kumanda merkezi ile 2.kumanda merkezi ayrı ayrı çizilmiş ve serbest el çizgisi ile belirtilmiştir. Motor 1. kumanda merkezinden çalıştırılıp 2. kumanda merkezinden durdurulabildiği gibi 2. kumanda merkezinden çalıştırılıp 1. kumanda merkezinden durdurulabilir.



Şekil 5.7 Asenkron motorun uzaktan kumandasına ait kumanda ve güç şeması

Ayrıca motorun aynı merkezden çalıştırılması ve durdurulması da mümkündür. İki kumanda merkezli devreler kurulurken dikkat edilecek husus, iki merkez arasında en az kablonun kullanılmasıdır. Şekil 5.7 de 3 kablo ile yapılan uzaktan kumanda devresi, 4 kablo kullanılarak da yapılabilir. Ancak fazla kablo kullanıldığından ekonomik olmaz.

### 5.3.4. Devir Yönü Değiştirme

Motorun dönüş yönünün değiştirilmesinde, motor bir yönde dönerken (kontaktörlerden birisi çalışırken) diğer yönde çalışmaması istenir. Çalışması durumunda fazlar arası kısa devre oluşacağından tesisat ve şebeke zarar görür. Bunu önlemek için kilitleme devreleri kullanılır.

#### 5.3.4.1. Buton Kilitlemeli

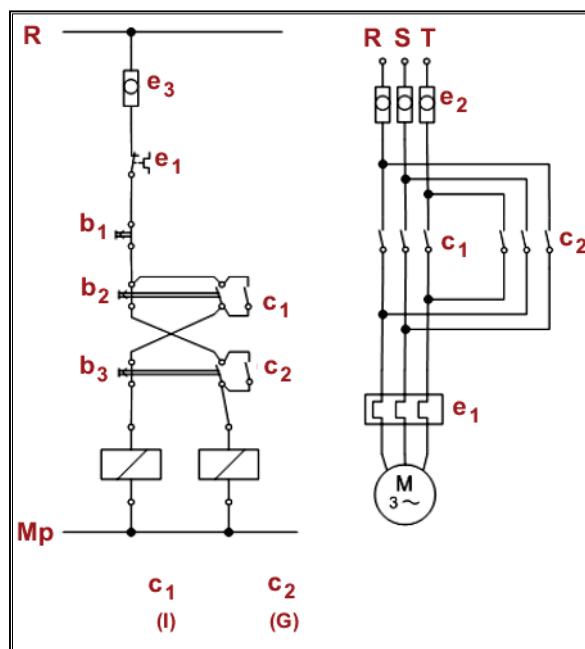
İki yollu butonlarla (*jog butonu*) yapılan bu devrede ileri dönüş kontaktörü-

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

nün ( $C_1$ ) enerjisi geri butonunun (b2) üst kontağından, geri dönüş kontaktörünün ( $C_2$ ) enerjisi ise ileri butonunun (b3) üst kontağı üzerinden sağlanır. Küçük güçlü motorlarda ani olarak yön değiştirme sakıncalı olmadığından bu devreler rahatlıkla kullanılır (Şekil 5.8). Buton kilitlemeli devir yönü değiştirme devresi özellikle küçük güçlü motorlarda kullanılır. b2 ileri yön butonuna basıldığında akım b2 butonunun alt kontağı ve b3 butonunun üst kontağı üzerinden geçerek  $C_1$  kontaktör bobininin enerjilenmesini sağlar. Güç devresindeki

$C_1$  kontakları kapanarak motor ileri yönde çalışır. Motorun geri yönde çalışması istenildiğinde b3 butonuna basılır. Önce  $C_1$  kontaktörünün enerjisi kesildiğinden motorun ileri dönüsü durur. Daha sonra b3 butonunun alt kontağı üzerinden b2 butonunun üst kontağı üzerinden  $C_2$  kontaktörü enerjilenir. Güç devresindeki  $C_2$  kontakları kapanarak bu kez motor geri yönde çalışır. Her iki yönde de çalışan motorun durdurulması için stop butonuna basılır.



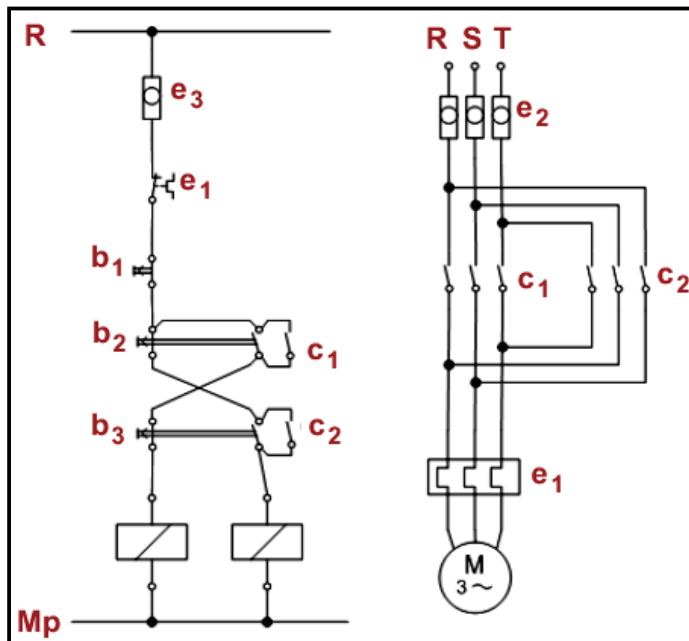
Şekil 5.8 Asenkron motorun buton kilitlemeli devir yönü değiştirme kumanda ve güç devresi

### 5.3.4.2. Elektriksel Kilitlemeli

Dönüş yönü değiştirme devrelerinde ileri dönüş yönü kontaktörünün normalde kapalı kontağı geri dönüş yönü kontaktör bobinine seri bağlanır. Şekil 5.9'de geri dönüş yönü kontaktörünün normalde kapalı kontağı da ileri dönüş yönü kontaktör bobinine seri bağlanır.

Bu şekildeki bağlantıya elektriksel kilitleme denir. Bu şekilde devrelerde motor

ileri yönde çalışırken geri yön kontaktörünün (C2) enerjisini, normalde kapalı kontağını açarak keser. Bu nedenle ileri yönde çalışırken geri yön butonuna (b3) basılısa dahi motor dönüş yönü değişmez. Aynı durum, motoru geri yönde çalıştırırken de meydana gelir. Motorun dönüş yönünü değiştirmek için önce stop butonuna basılarak motor durdurulur, daha sonra diğer yön butonuna basılır.



Şekil 5.9 Asenkron motorun elektriksel kilitlemeli devir yönü değiştirme kumanda ve güç devre şeması

### 5.3.5. Motorun Çalışması ve Zaman Ayarlı Durması

Bir motorun başlatma butonuna basıldığında çalışması ve ayarlanan süre sonunda durması isteniyorsa Şekil 5.10'daki devre kurulur. Bu devrede b2 butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir ve kontakları durum değiştirir. Aynı anda d zaman rölesi de enerjilendiğinden ayarlanan süre sonunda zaman rölesi C kontaktörüne seri bağlı olan kontağı (d) açılarak kontaktörün enerjisini keser. Böylece motor zaman ayarlı olarak durmuş olur.

### 5.3.6. Motorlarda Kalkış Akımını Düşürme

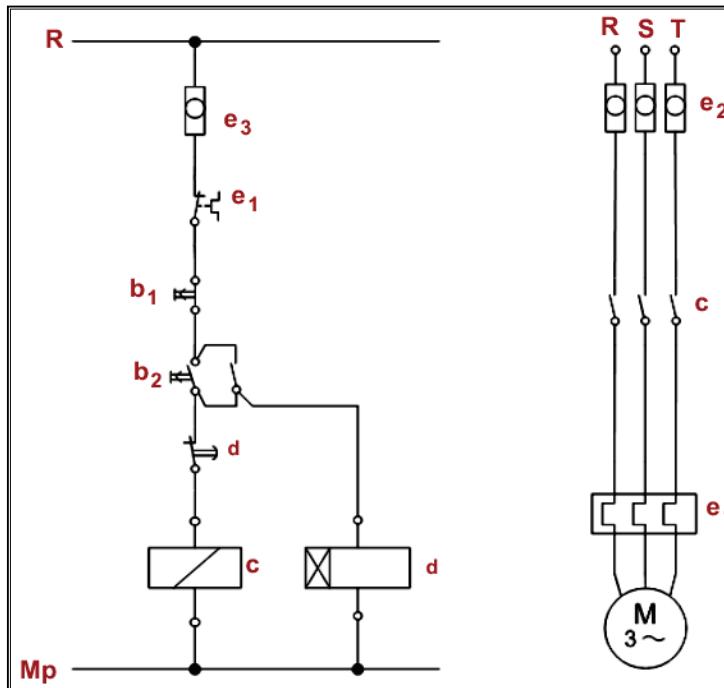
#### 5.3.6.1. Kalkış Akımının Şebeke Üzerindeki Etkisi

Asenkron motorların çalışmaya başladıkları ilk anda şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı, yol alma akımı veya kalkış akımı denir. Bu akım, motorun gücüne

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

ve kutup sayısına bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak anma akımının 3 ile 6 katı arasında değişir.



Şekil 5.10 Asenkron motorun zaman ayarlı çalışması kumanda ve güç devre şeması

Durmakta olan bir asenkron motora gerilim uygulandığında stator sargılarında meydana gelen manyetik alan kuvvet çizgilerinin tamamı rotor çubuklarını kestiğinden rotorda endüklenen gerilim dolayısıyla rotor çubuklarından geçen akım en büyük değerinde olur. İlk anda rotor dönmediğinden zır emk en küçük değerindedir ve bu nedenle motor şebekeden en büyük akımı çeker.

Rotor dönmeye başlayınca stator döner alan hızı ( $n_s$ ) ile rotor hızı ( $n_r$ ) arasındaki fark azalmaya başlar. Bunun sonucunda zıt EMK'nin değeri yükseleceğinden şebekeden çekilen kalkınma akımı gittikçe azalır. Yukarıda belirttiğimiz nedenlerden dolayı küçük güçlü motorların çektiği kalkınma akımı gittikçe azalan bir durumda olduğundan sargılar ve şebeke için bir sorun yaratmaz.

Ancak 3 HP'in üzerindeki büyük güçlü motorların kalkınma akımları, hem şebeke için hem de motor sargıları için zararlıdır çünkü bu fazla akım motor sargılarında aşırı ısınmalara, şebekede ise gerilim düşümlerine ve gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bu nedenle büyük güçlü motorların ve çok sık yol alan küçük güçlü motorların, kalkınma akımlarının şebekeyi olumsuz yönde etkilememeleri için değişik yöntemler uygulanır.

### 5.3.6.2. Kalkış Akımını Azaltma Yöntemleri

Asenkron motorların kalkınma akımlarını azaltmak için aşağıdaki yol verme yöntemleri uygulanır.

- Yıldız üçgen yol verme
- Oto trafosu ile yol verme
- Direnç ile yol verme

Yukarıdaki yöntemler düşük gerilimle yol verme mantığına dayanır.

### 5.3.6.3. Yıldız Üçgen Yol Vermenin Önemi

Motorların kalkış akımlarını azaltmak amacı ile uygulanan  $\lambda / \Delta$  yol verme yönteminin temel prensibi, düşük gerilimle yol vermektedir. Sargıları  $\Delta$  bağlı bir motora şebeke gerilimi uygulandığında  $U_{hat} = U_{faz}$  olur. Şebekeden çekeceğimiz akım ise  $\sqrt{3} \cdot I_{faz}$  dır.

Eğer sargıları  $\Delta$  çalışacak şekilde sarılan bir motor  $\lambda$  bağlanarak şebeke gerilini uygulanırsa sargılarına  $U_{hat}/\sqrt{3} = U_{hat}/1,73 = 0,58$ .  $U_{hat}$  gerilimi uygulanmış olur. Bu kez şebekeden çekilen akım, bir faz sargasından geçen akıma eşit olur ( $I_h = I_f$ ).

Üçgen bağlantıda şebeke akımı  $I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$  iken yıldız bağlantıda  $I_h = I_f$  olması, şebekeden çekilen akımın  $\sqrt{3}$  oranında azalması demektir. Yani  $\lambda$  çalışan bir motor,  $\Delta$  çalışan bir motora göre % 33,3 oranında daha az akım çeker.

Bunu formülle gösterirsek:

$$\frac{I_{h\lambda}}{I_{h\Delta}} = \frac{I_f \cdot 1/\sqrt{3}}{I_f \cdot \sqrt{3}} = \frac{I_f \cdot 1}{I_f \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}} = \frac{I_f \cdot 1}{I_f \cdot 3} = \frac{1}{3} \Rightarrow \%33,3$$

$\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi, şebeke fazlar arası gerilimi motorun faz gerilimine eşit olan büyük güçlü motorlarda uygulanır. Bu yöntemin uygulanmasında kontaktör ve zaman rölesi kullanılır. Halbuki diğer yöntemlerde motorun gücüne göre oto trafosu veya yol verme direnci gereklidir. Bu da ekonomik değildir. En ekonomik yöntem olan  $\lambda/\Delta$  yol vermede motor sargılarının 6 ucu hiçbir köprüleme ve bağlantı yapmadan klemens tablosuna çıkartılır.  $\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi, şebeke fazlar arası gerilimi motorun faz gerilimine eşit olan büyük güçlü motorlarda uygulanır.

### 5.3.6.4. Yıldız Üçgen Yol Vermede Yıldız Çalışma Süresinin Önemi

$\lambda/\Delta$  yol vermede yıldız olarak kalkınan motorun devir sayısı yaklaşık anma devir sayısına yaklaşlığında, üçgen durumuna geçilir. Burada iki önemli durum ortaya çıkar. Birincisi motorun üçgene geçmeden önceki yıldız çalışma süresi, diğeri ise yıl-

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

diz bağlantısından üçgen bağlantıya geçiş süresidir.

Motor yüksüz olarak kalkınmaya başladığında devir sayısı sıfırdan itibaren anma devir sayısına kadar bir artış gösterir. Devir sayısı anma devrine yaklaşlığında ise yıldızdan üçgen bağlantıya geçilir. Devir sayısı henüz yükselmeden üçgen bağlantıya geçilirse motor direkt yol almada olduğu gibi şebekeden aşırı akım çeker. Bu nedenle yıldız bağlantıda motorun normal devrine yaklaşıcaya kadar bir sürenin geçmesi gereklidir. Bu süre motorun gücüne göre değişiklik gösterir ve maksimum 8-10 saniye civarındadır.

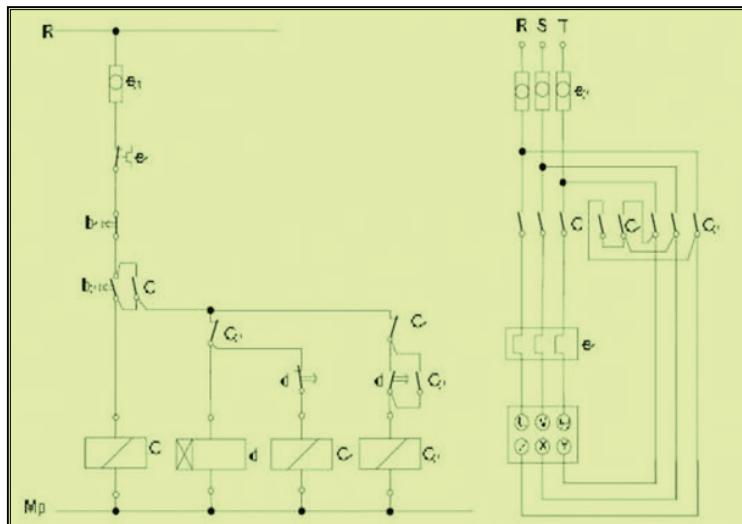
Diğer yandan yıldız bağlı iken normal devrine ulaştığı hálde üçgen bağlantıya geçilmezse motor, normal çalışma momentinin  $1/3$ 'ü oranında bir momentle çalışır. Eğer anma yükü ile yüklenerek olursa motor yük momentini karşılayamaz. Yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş süresi ani olmalıdır. Eğer bu süre uzayacak olursa devir sayısında düşme ve üçgene geçişte darbe şeklinde ani akım artışı oluşur. Bunu önlemek için motorun yük momentinin yıldız bağlantıdaki kalkınma momentinden küçük olmasına ve yıldızdan üçgene geçiş süresinin çok kısa olmasına dikkat edilir. Yıldız çalışma süresinin tespiti için motor yüksüz durumda üçgen bağlı olarak çalıştırılır ve kalkınma akımının normal çalışma akımına düşüş süresi belirlenir. İşte, bu süre  $\lambda/\Delta$  yol vermede  $\lambda$  çalışma süresidir.

### 5.3.7. Otomatik Yıldız Üçgen Yol Verme

Otomatik  $\lambda/\Delta$  yol verme şemaları çok değişik şekillerde dizayn edilebilmektedir. Şekil 5.11'daki devrenin çalışması  $b_2$  butonuna basmakla başlar.  $b_2$  butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir ve kontakları konum değiştirir. Kumanda devresindeki  $b_2$  butonu mühürlenir, güç devresinde motora şebeke gerilimi uygulanır. C kontaktörü ile birlikte d zaman rölesi ve  $C_1$  ( $\lambda$ ) kontaktörü de enerjilenir.  $C_1$  ( $\lambda$ ) kontaktörü motorun ZXY uçlarını kısa devre ettiğinden motor ilk anda  $\lambda$  olarak çalışmaya başlar.

Ayarlanan süre ( $\lambda$  çalışma süresi) sonunda zaman rölesi  $\lambda$  kontaktörüne seri bağlı olan d kontağı açar ve  $\Delta$  kontaktörüne seri bağlı olan d kontağı kapatır. Bu durumda motor  $\lambda$  bağlantıdan ayrılop  $\Delta$  bağlanır ve bu şekilde çalışmasına devam eder.  $\lambda$  ve  $\Delta$  kontaktör bobinlerine seri bağlı olan  $\Delta$  ve  $\lambda$  kontakları elektriksel kilitlemeyi sağlar. Ayrıca  $C_2$ nin çalışmasıyla görevleri biten zaman rölesi ve  $C_1$  kontaktörü de  $C_1$  kapalı kontağı sayesinde devre dışı bırakılır. Bir otomatik kumanda kuralı olarak, görevi biten devre elemanlarının devre dışı bırakıldığına dikkat ediniz.

$b_1$  butonuna basıldığında motorun enerjisi kesilir ve durur. Herhangi bir nedenle aşırı akım rölesinin e1 kontağı açıldığında ve şebeke enerjisi kesildiğinde de motor durur. Şebeke enerjisi tekrar geldiğinde ise devre çalışmaz. Devrenin çalışması için tekrar  $b_2$  butonuna basmak gereklidir.



Şekil 5.11 Asenkron motorun otomatik yıldız üçgen yol verme kumanda ve güç devre şeması

### 5.3.8. Oto Trafosuyla Yol Verme

Üçgen çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşit olmayan motorlara  $\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi ile yol verilememektedir. Bu tip motorlara, diğer yol verme yöntemlerinden oto trafosu veya kademeli direnç yöntemi ile yol verilir. Üçgen çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşit olmayan motorlara oto trafosu ile yol verilir.

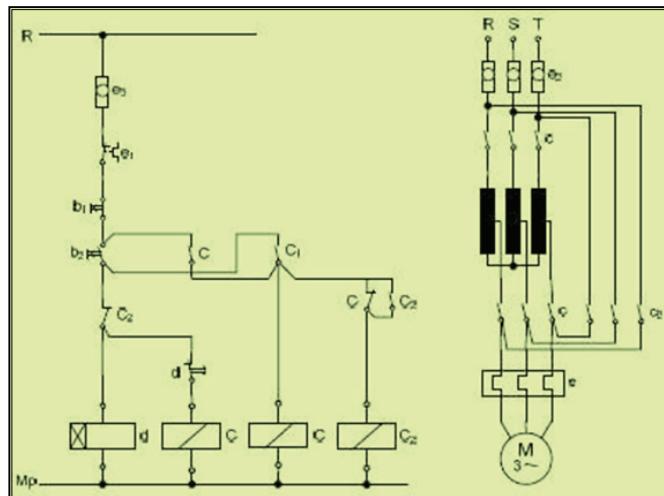
$\lambda/\Delta$  yol verme yönteminde yol alma akımı, normal çalışma akımının % 33,3'ünden daha aşağıya düşürülememektedir. Hâlbuki oto trafosu ile yol verme yönteminde yol alma akımı, normal çalışma akımının % 65'ine kadar düşürülmemektedir. Kademeli olarak sarılan oto trafosunun sekonder ucundan alınan gerilim, motorun çalışma geriliminden daha küçük değerlere düşürülür. Böylece motora uygulanın değişik değerlerdeki düşük gerilimle şebekeden daha düşük yol alma akımları çekilerek yol verilebilir.

Üç fazlı asenkron motorlara direkt olarak yol verildiğinde motor, yaklaşık normal çalışma akımının 3-6 katı kadar yol alma akımı çeker. Aynı motora  $\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi ile yol verildiğinde ise yol alma akımı 2-1h değerinde olur.

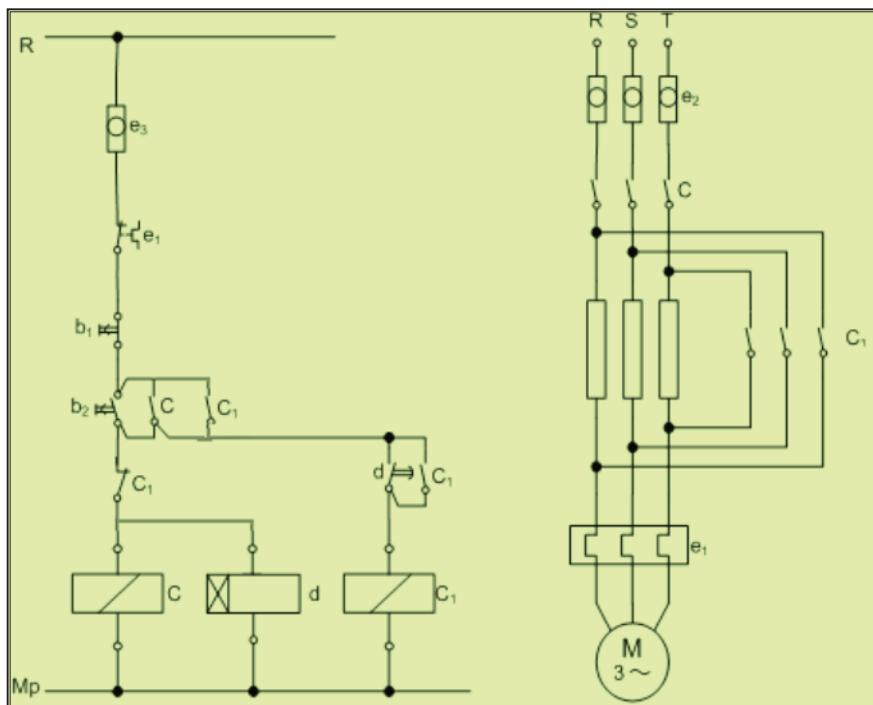
Eğer bu motora oto trafosu ile yol verilirse yol alma akımı  $1,5 I_h$  olur. Oto trafosu ile yol vermede trafo, maliyeti artırdığından ekonomik olmaz. Ancak büyük güçlü ve özellikle yük altında kalkınan motorlara iki kademeli oto trafosu ile düşük yol alma akımı çekilerek yol verilir.

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI



Şekil 5.12 Asenkron motora oto trafosu ile yol verme kumanda ve güç devre şeması



Şekil 5.13 Asenkron motora dirençle yol verme kumanda ve güç devre şeması

### 5.3.9. Dirençle Yol Verme

Üç fazlı asenkron motorlara kademeli direnç ile yol vermede temel prensip, şebeke geriliminin bir kısmını yol verme direnci üzerinde düşürmek ve geriye kalan

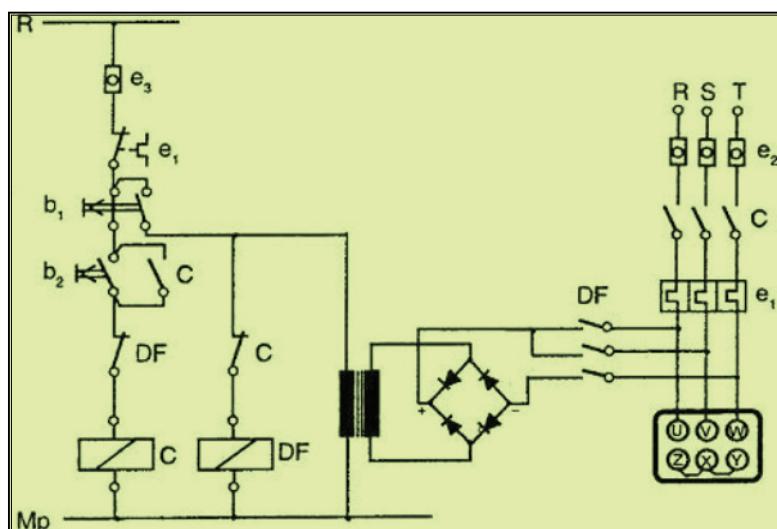
gerilimi motora uygulamaktır. Böylece motor ilk kalkınma anında aşırı akım çekmeden düşük gerilimle yol almış olur.

Kalkınma akımını azaltmak için büyük güçlü motor devresine seri olarak ayarlı direnç bağlanır. Kademeli olarak ayarlanan direncin kademeleri sıra ile kontaktör kontakları tarafından devreden çıkartılır. Bu uygulamada tek kademe direnç kullanıldığında kalkınma akımı % 50 civarında, çok kademeli direnç kullanıldığında ise kademe sayısına göre daha da fazla düşer.

### 5.3.10. Dinamik Frenleme Devre Uygulamaları

#### 5.3.10.1. Buton kontrollü dinamik frenleme devresi

Şekil 5.14'deki devrede b<sub>2</sub> (*Başlatma*) butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir. Güç devresindeki kontaklarını kapatarak motorun çalışmasını sağlar. Motoru durdurmak için b<sub>1</sub> (*durdurma-fren*) butonuna basılır. C kontaktörünün enerjisi kesilerek motor devresini açar. Aynı zamanda DF (dinamik frenleme) kontaktörünü enerjilenirken transformatör de şebekeye bağlanır. DF kontaktörünün kontakları kapanınca köprü diyon çıkışları da motor uçlarına bağlanır. Yukarıda anlatılan durumlara göre motor kilitlenerek durur. b<sub>1</sub> butonundan elimizi çektiğimizde DF kontaktörünün ve transformatörün enerjisi kesilir.



Şekil 5.14 Buton kontrollü dinamik frenleme devresi

#### 5.3.10.2. Düz zaman röleli dinamik frenleme devresi

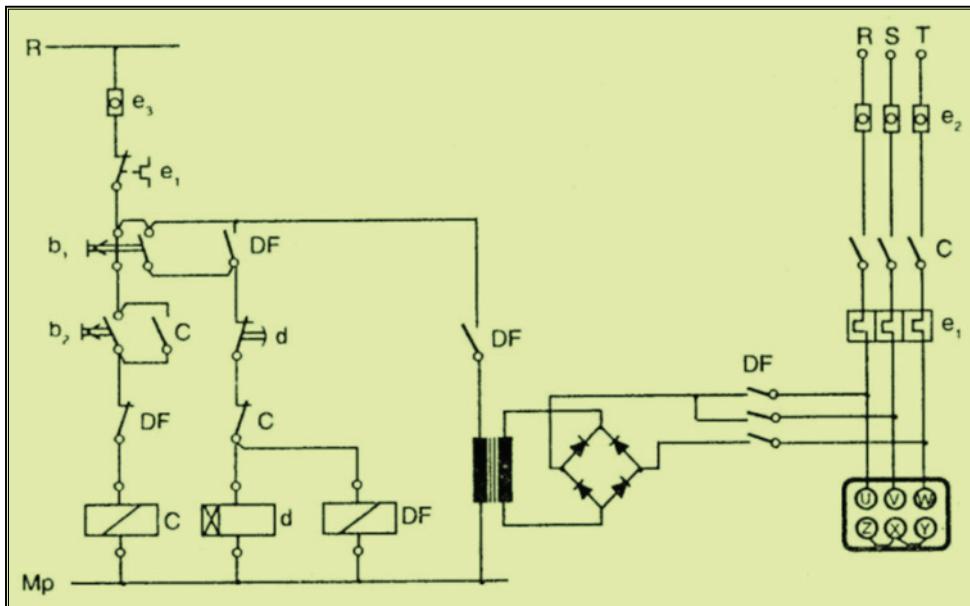
Şekil 5.15'deki devrede çalışan motoru durdurmak için b<sub>1</sub> durdurmak butonuna basıldığında zaman rölesi ve DF dinamik frenleme kontaktörü enerjilenir. Ku-

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

manda devresindeki normalde açık d kontağı, b1 butonunu mühürler, normalde kapalı DF kontağı açılarak C kontaktörünün enerjisi kesilir. Kapanan DF kontağı ile trafoya şebeke gerilimi uygulanır ve sekonder gerilimi köprü doğrultmaç ile doğrultulur. Güç devresinde ise C kontakları açılarak motor şebekeden ayrıılır ve DF kontaktları kapanarak stator sargılarına doğru gerilim uygulanır.

Frenleme süresi sonunda (motor durduğunda), zaman rölesinin kumanda devresindeki d kontağı açılarak DF kontaktörü ve d zaman rölesinin enerjisi kesilir. Böylece motor, frenlemeli olarak durmuş olur.

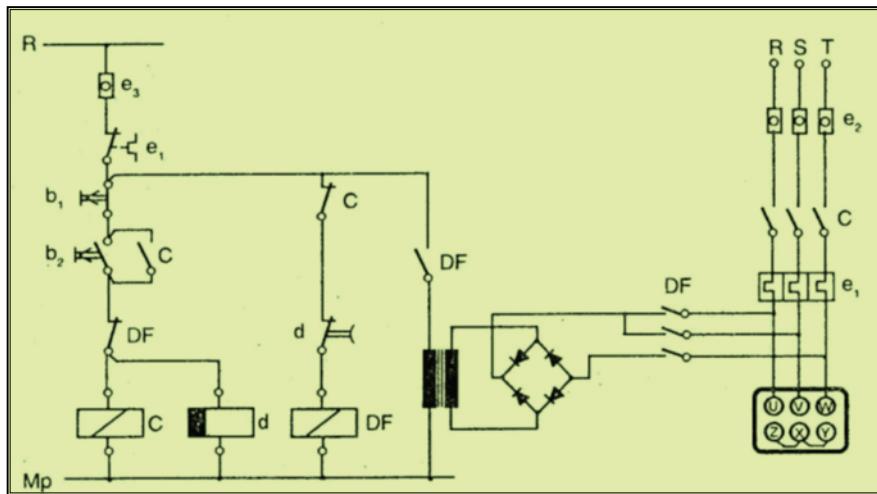


Şekil 5.15 Düz zaman röleli dinamik frenleme devresi

### 5.3.10.3. Ters zaman röleli dinamik frenleme devresi

Şekil 5.16'deki devrede başlatma butonuna basıldığında C kontaktörü ile d zaman rölesi enerjilenir. d zaman rölesi önce normalde kapalı anı açılan kontağını açar, sonra normalde açık gecikmeli açılan kontağını kapatır. Böylece motor çalışmaya başladığında DF kontaktörü enerjilenmez. b<sub>1</sub> durdurma butonuna basıldığında C kontaktörü ile d zaman rölesinin enerjisi kesilir.

Güç devresinde motor şebekeden ayrıılır. Kumanda devresindeki C kontağı ile ani kapanan d kontağı kapanır ve DF kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde motor sargılarına doğru gerilim uygulanarak motor frenlenir. Frenleme süresi sonunda zaman rölesinin normalde açık gecikmeli açılan kontağı açılarak DF kontaktörünün enerjisi kesilir ve devre normal konumuna döner.

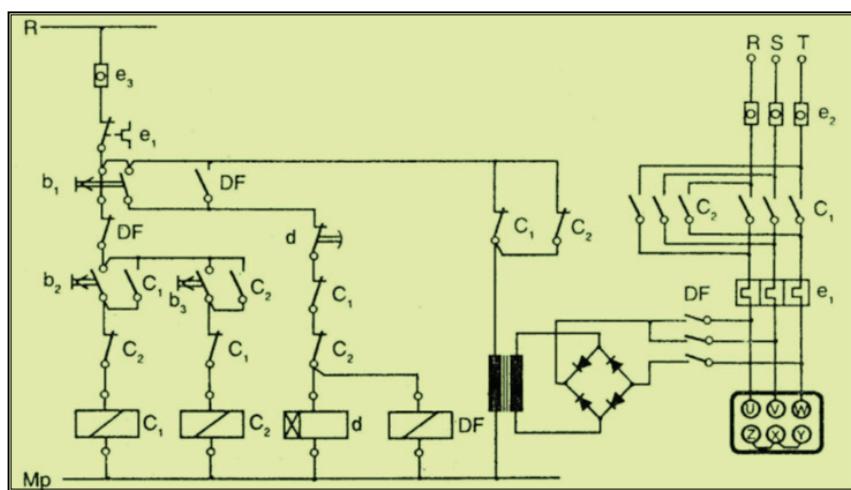


**Şekil 5.16 Ters zaman röleli dinamik frenleme devresi**

#### **5.3.10.4. İki yönde çalışan motorun dinamik frenleme devresi**

*Düz zaman röleli:*

Şekil 5.17'da verilen devrede ileri butonuna ( $b_2$ ) basıldığında motor ileri yönde, geri butonuna ( $b_3$ ) basıldığında motor geri yönde döner. İleri veya geri yönde çalışan motoru durdurmak için  $b_1$  durdurma butonuna basıldığında zaman rölesi ve DF kontakörü enerjilenir.



Şekil 5.17 İki yönde çalışan motorun düz zaman röleli dinamik frenleme devresi

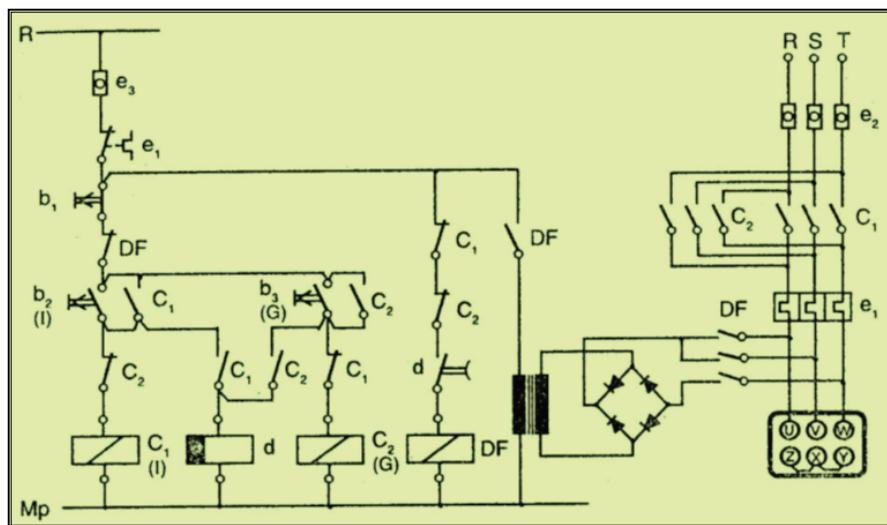
Kumanda devresinde DF kontağı,  $b_1$  durdurma butonuna mühürler, güç devresinde şebekeden ayrılan motora doğru gerilim uygulanır. Frenleme süresi so-

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

nunda zaman rölesi, kumanda devresindeki gecikmeli açılan kontağını açarak DF kontaktörünü ve zaman rölesini devreden çıkartır. Dolayısıyla frenleme süresi sona erer.

*Ters zaman rölesi :*



Şekil 5.18 İki yönde çalışan motorun ters zaman röleli dinamik frenleme devresi

### 5.3.11. Paket şalterleri ile Çalıştırma

Bir eksen etrafında dönebilen art arda dizilmiş birkaç dilimden oluşan çok konumlu şalterlere paket şalter denir. Paket şalterler kumanda devrelerinde butonların yerine de kullanılabilir. Paket şalterler Resim 5.4'de görüldüğü gibi art arda dizilmiş ve paketlenmiş dilimlerden oluşur. Dilim sayısı artırılarak çok konumlu paket şalterler yapılır ve bu sayede karmaşık kumanda problemleri çözülebilir.

Paket şalterlerin ekonomik oluşu ve montaj kolaylığı gibi avantajları vardır. Bu avantajlarına rağmen küçük güçlü makinelerin çalıştırılmaları dışında pek kullanılmazlar. Daha çok devre açma kapama anahtarı olarak kullanılır. Paket şalter devrelerinde motor koruma röleleri bağlanmaz, birden fazla yerden kumanda yapılamaz, frenleme devreleri yapılmaz, paket şalterin bulunduğu devrede devre kapalı iken enerji kesildiğinde devre açılmışsa enerji tekrar geldiğinde devre kapalı kalacağından motor ve benzeri tüketici cihazlar kontolsüz çalışabilir.

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

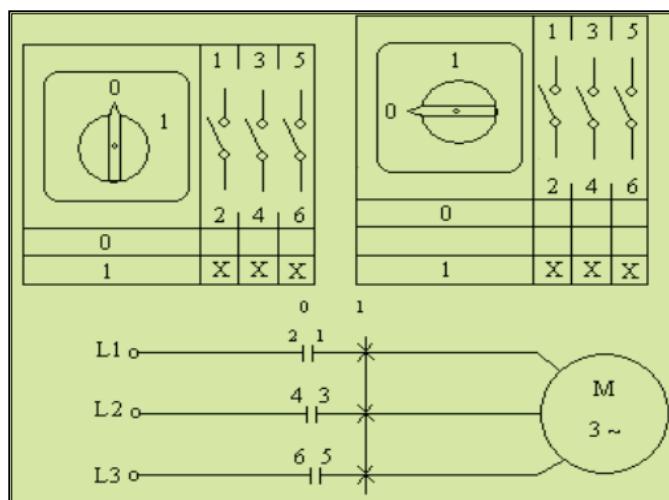
## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI



Resim 5.4 Çeşitli tip paket şalterler

### 5.3.11.1. Çeşitli Paket şalter Uygulama Devreleri

*On-Off paket şalter ile üç fazlı asenkron motorun direkt çalışması:*



Şekil 5.19 On-Off paket şalter ile direkt çalışma şeması



Resim 5.5 On-Off paket şalter

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

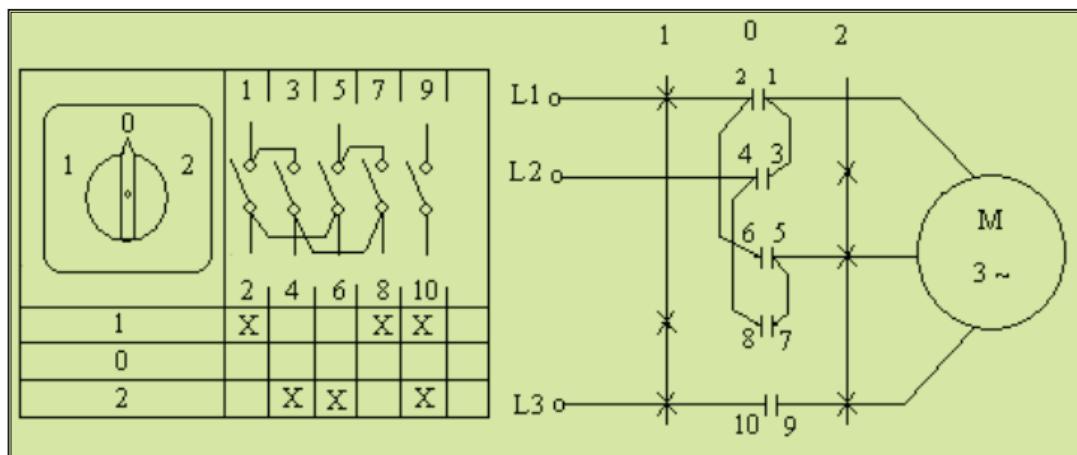
## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

Genellikle küçük güçlü asenkron motorların çalıştırılmasında (taş motorları, küçük güçlü ağaç kesme tezgâhları gibi) kullanılır.

$L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  fazlarını 2, 4, 6 numaralı kontaklarına, motorun U-V-W uçlarını da 1, 3, 5 numaralı kontaklarına bağladığımızda devrenin çalışması için gerekli olan bağlantıyı yapmış oluruz.

Resim 5.5'de görülen paket şalterlerin çalışma diagramına baktığımızda (Şekil 5.19) sıfır konumunda paket şalterin bütün kontaklarının açık olduğu görülüyor. Yani bu konumda asenkron motor çalışmıyor. Paket şalteri bir konumuna alındığımızda ise bütün kontakları kapanarak asenkron motoru çalıştırıyor. Çalışma diagramında açık kontaklar boşluk, kapalı kontaklar çarpı (X) şeklinde gösterilmiştir.

*Enversör paket şalter ile üç fazlı asenkron motorun devir yönü değişimi :*



Şekil 5.20 Enversör paket şalter ile devir yönü değişimi şeması

Küçük güçlü motorlarda devir yönü değiştirme genellikle paket şalterle yapılmaktadır. Bu yöntemin en büyük sakıncası koruma rölelerin kullanılmamasıdır. Şekil 5.19'daki çalışma diagramında da görüldüğü gibi devir yönünün değişimini sağlayacak köprü bağlantıları şalterin içinde üretici firma tarafından yapılmıştır.  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  fazlarını şalterin 2, 4, 10 kontaklarına, motorun U-V-W uçlarını da 1, 5, 9 numaralı kontaklarına bağlayarak çalışma için gerekli bağlantıyı yapmış oluruz.

Böylece şalteri (Resim 5.6) 1 konumuna alındığımızda motor bir yönde (sağa), 2 konumuna adlımızda da diğer yönde (sola) döner. Çalışma diagramında açık kontaklar boşluk, kapalı kontaklar çarpı (X) şeklinde gösterilmiştir.

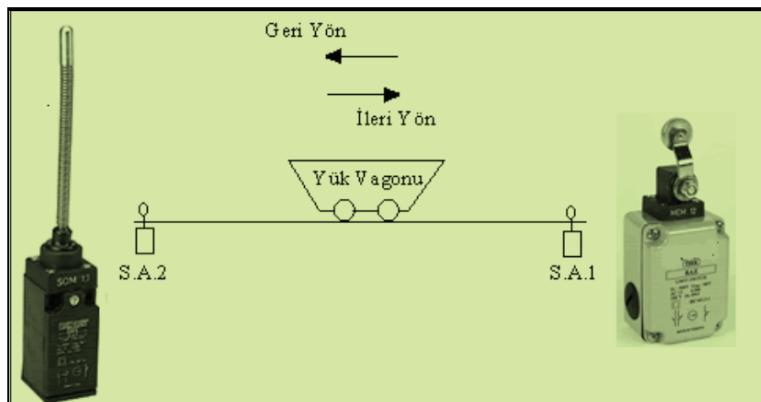


Resim 5.6 Enversör paket şalter

### 5.3.12. Asenkron Motoru Hareket Sınırlamalarına Göre Çalıştırma

Devrenin çalışmasına geçmeden önce sınır anahtarlarının tanımını ve çalışma şeklini hatırlarsak:

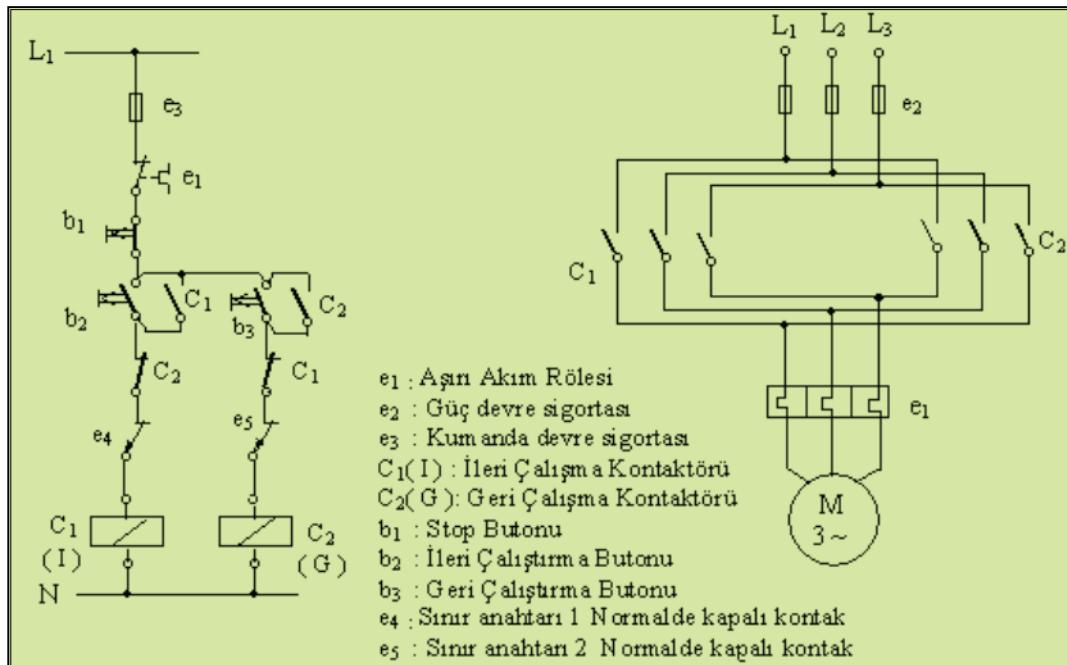
Hareketli sistemlerde bir hareketin durdurulduğu başka bir hareketin başlamasına yarayan devre elemanına sınır anahtarı denir.



Şekil 5.21 Sınır anahtarı uygulaması

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI



Şekil 5.22 Sınır anahtarları ile çalışma güç ve kumanda devre şeması (TSE normu)

Sınır anahtarının iç yapısı çift yollu butonların iç yapısından farklı değildir. Normalde kapalı bir üst kontak ve normalde açık bir alt kontağı vardır. Ani temaslı sınır anahtarlarında hareketli parça sınır anahtarının pimine ve makarasına) çarptığında (basınç uyguladığında) kontakları konum değiştirir. Basınç ortadan kalktığında bir yay vasıtısı ile tekrar eski konumlarına döner.

Şekil 5.22'deki devrenin çalışmasını anlayabilmek için çizdiğimiz örnek resme (Resim 5.7) bakarsak burada bir yük vagonunun ileri hareket etmesi, durması, geri yönde hareket etmesi ve durması isteniyor. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için hareketin başlangıç noktasına sınır anahtarı ikiyi ( $e_5$ ), hareketin bitiş noktasına da sınır anahtarı biri ( $e_4$ ) yerleştirmemiz gerekmektedir. Böylelikle hareket sınırlamalarını sağlamış oluruz.

Şekil 5.22'deki kumanda devresinde  $b_2$  start butonuna bastığımızda  $C_1$  kontaktörü enerjilenerek motor çalışır ve vagon ileri (sağa) yönde hareketine başlar. Bu durumda  $b_3$  geri (sola) yön başlatma butonuna basılısa dahi  $C_2$  kontaktör bobinine seri bağlı olan  $C_1$  kontağı açık olduğundan  $C_2$  kontaktörü enerjilenemez ve devir yönü değişmez. Vagon durma noktasına geldiğinde sınır anahtarı 1'in pimine (veya makarasına) çarpar. Sınır anahtarı bir ( $e_4$ ) kontakları konum değiştirir ve normalde kapalı olan kontağını açarak ileri yön çalışma  $C_1$  kontaktörünün enerjisini keser ve motor durur, dolayısıyla vagon da durur.

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI



Resim 5.7 Çeşitli tip sınır anahtarları

*Yukarıdaki açıklamaları da dikkate alarak;*

Daha sonra  $b_3$  başlatma butonuna basılarak  $C_2$  kontaktörü enerjilenir, motor çalışır ve vagon geri (sola) yönde hareketine başlar. Harekete başlaması ile sınır anahtarı bir ( $e_4$ ) kontakları normal konumuna (kapalı) geçer. Bu durumda  $b_2$  butonuna basılsa bile  $C_1$  kontaktörü bobine seri bağlı olan  $C_2$  kontağı açık olduğundan enerjilenemez ve devir yönü yine değişmez. Vagon durma noktasına geldiğinde sınır anahtarı 2'nin pimine (veya makarasına) çarpar. Sınır anahtarı iki ( $e_5$ ) kontakları konum değiştirir ve normalde kapalı olan kontağını açarak geri yön çalışma  $C_2$  kontaktörünün enerjisini keser ve motor durur, dolayısıyla vagon da durur. Çalışma bu şekilde isteğe bağlı olarak devam eder.

### *Kumanda devresinin kuruluşı :*

Şekil 5.20'de görüldüğü gibi fazdan (L1) sigorta kontağının girişine ( $e3$ ) , sigorta kontağı çıkışından aşırı akım rölesi ( $e1$ ) kapalı kontağının girişine,  $e1$  kapalı kontagini çıkışından  $b1$  stop butonu girişine,  $b_1$  stop butonu çıkışından ileri yön ( $b_2$ ) start butonu girişine, ileri yön ( $b_2$ ) start butonu çıkışından  $C_2$  kontaktörü kapalı kontağı girişine,  $C_2$  kontaktörü kapalı kontağı çıkışından  $e_4$  kapalı kontağı girişine,  $e_4$  kapalı kontağı çıkışı ileri yön kontaktörü ( $C_1$ ) bobin girişine, ileri yön kontaktörü ( $C_1$ ) bobin

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

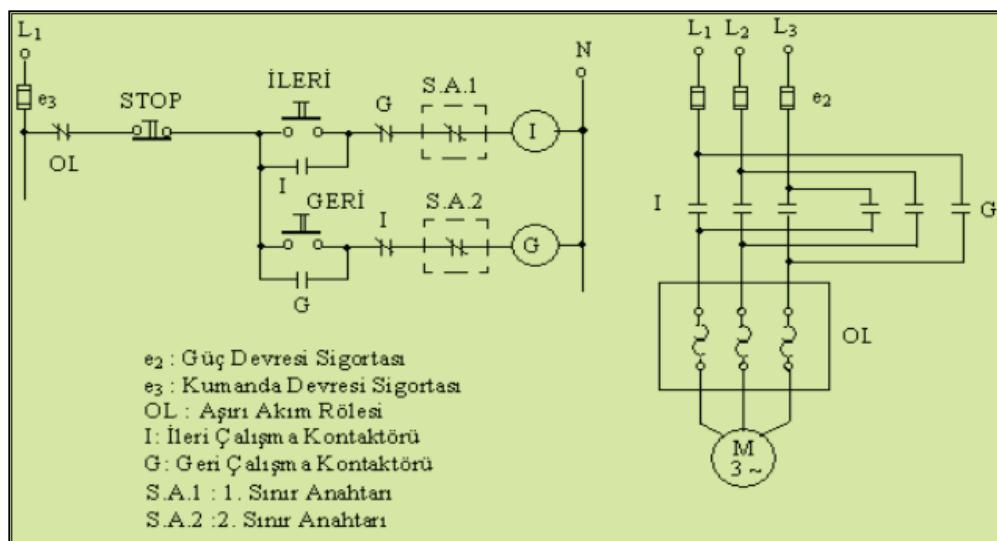
## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

çıkışından nötre bağlantı yapılır. Sonra ileri yön mühürleme işlemi b<sub>2</sub> start butonu kontakları ile C<sub>1</sub> kontaktörü normalde açık kontağına bağlanarak yapılır.

Daha sonra fazdan (L<sub>1</sub>) geri yön (b<sub>3</sub>) start butonu girişine, geri yön (b<sub>3</sub>) start butonu çıkışından C1 kontaktörü kapalı kontağı girişine, C<sub>1</sub> kontaktörü kapalı kontağı çıkışından e5 kapalı kontağı girişine, e5 kapalı kontak çıkıştı geri yön kontaktörü (C<sub>2</sub>) bobin girişine, geri yön kontaktörü (C<sub>2</sub>) bobin çıkışından nötre bağlantı yapılır. En son olarak da geri yön mühürleme işlemi b<sub>3</sub> start butonu kontakları ile C<sub>2</sub> kontaktörü normalde açık kontağına bağlanarak kumanda devresi bağlantısı tamamlanır.

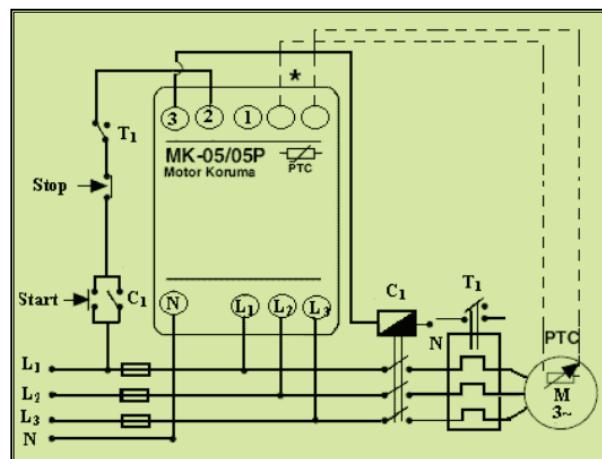
### Güç devresinin kuruluşu:

Şekil 5.20'de görüldüğü gibi fazlardan (L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>) üç faz sigorta kontakları girişine, sigorta kontakları çıkışından kontaktörün (C<sub>1</sub>) normalde açık güç kontaklarına, kontaktör kontakları çıkışından aşırı akım rölesi kontaklarına, aşırı akım rölesi kontakları çıkışından motor giriş uçlarına (U-V-W) bağlantı yapılır. Daha sonra devir yönü değişimi için fazlardan bir tanesi sabit tutulup diğer ikisinin faz sırası (L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>-L<sub>2</sub>) değiştirilerek C<sub>2</sub> kontaktörü bağlanır ve güç devresi bağlantısı tamamlanır.



Şekil 5.23 Sınır anahtarları ile çalışma gücü ve kumanda (Amerikan normu)

### 5.3.13. PTC Bağlantılı Faz Koruma Rölesi Bağlanarak Bir Asenkron Motorun Çalıştırılması

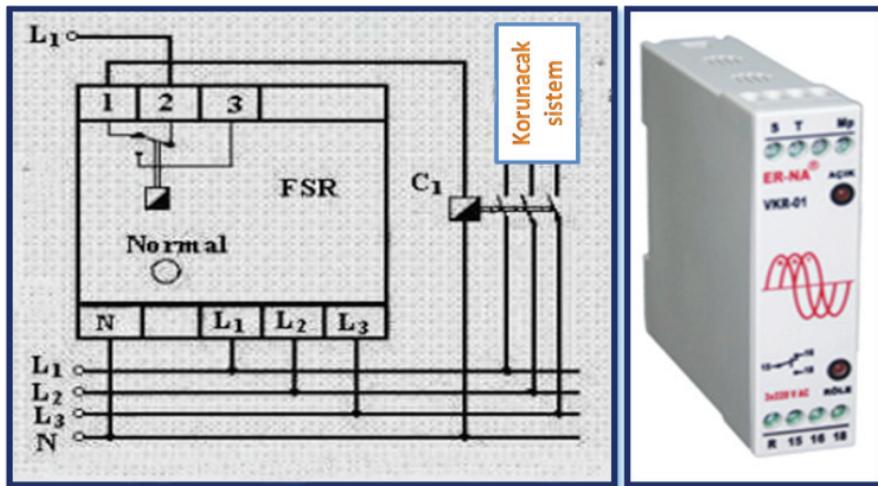


Şekil 5.24 PTC bağlantılı motor faz koruma rölesi bağlantı şeması



Resim 5.8 PTC bağlantılı motor faz koruma rölesi

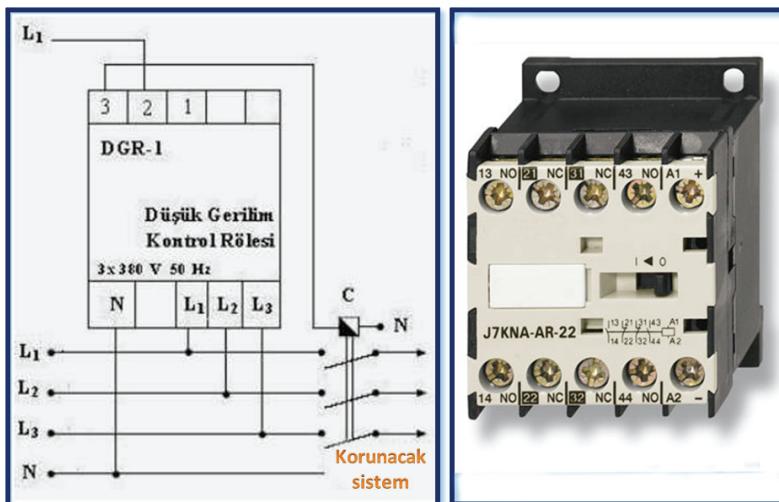
### 5.3.14. Faz Sırası Rölesi Bağlanarak Bir Asenkron Motorun Sabit Yön şartlı Çalıştırılması



Şekil 5.25 Faz sırası rölesi bağlantı şeması - Faz sırası rölesi

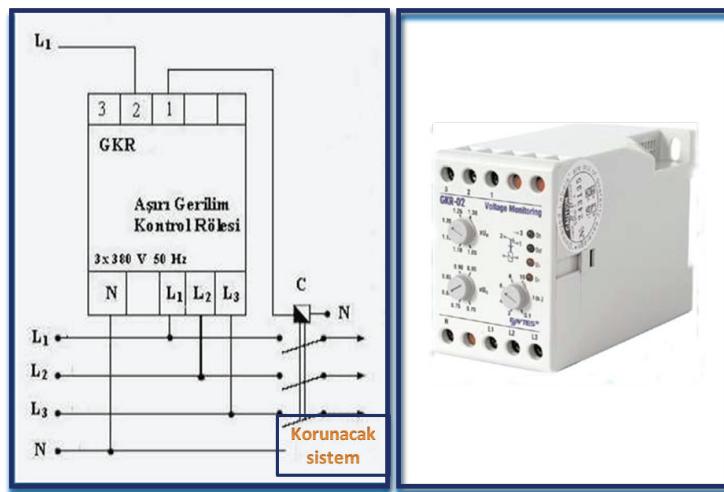
### 5.3.15. Aşırı ve Düşük Gerilim Rölesi Bağlanarak Bir Asenkron Motorun Çalıştırılması

#### 5.3.15.1. Düşük Gerilim Rölesi



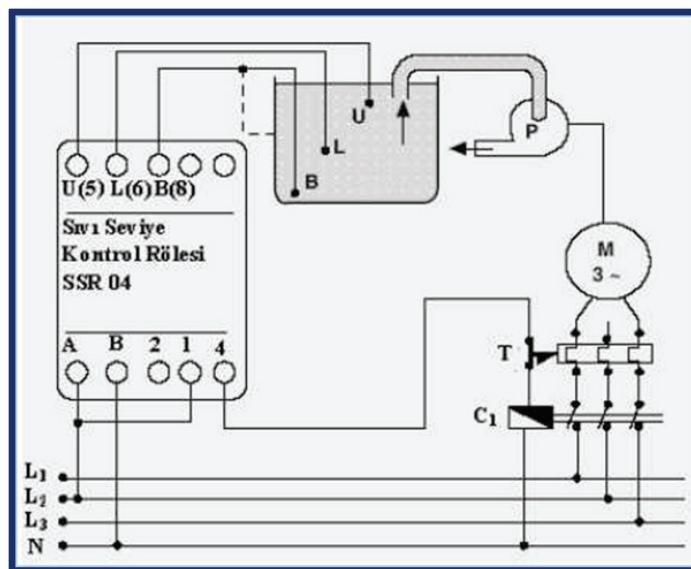
Şekil 5.26 Düşük gerilim rölesi bağlantı şeması - Düşük gerilim rölesi

### 5.3.15.2. Aşırı Gerilim Rölesi



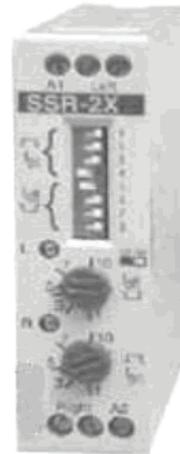
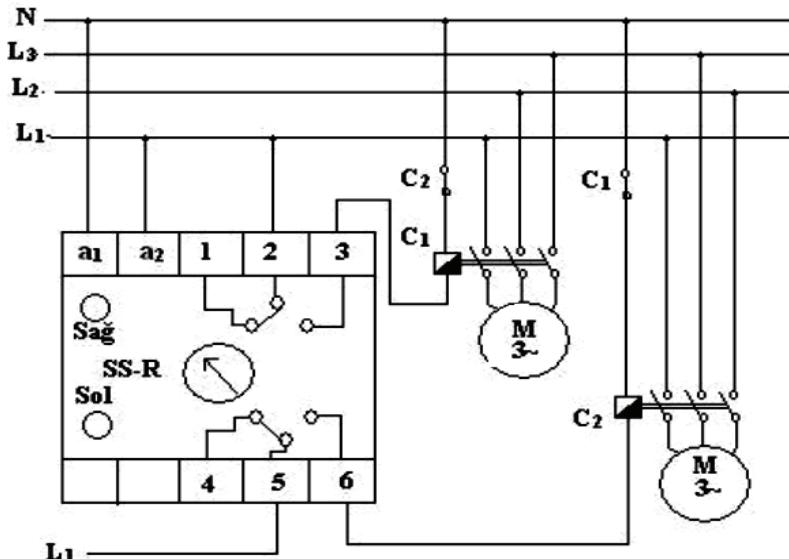
Şekil 5.27 Aşırı gerilim rölesi bağlantı şeması - Aşırı gerilim rölesi

### 5.3.16. Sıvı Seviye Rölesi Bağlanarak Bir Asenkron Motorun Çalıştırılması



Şekil 5.28 Sıvı seviye rölesi bağlanarak asenkron motorun çalıştırılması

### 5.3.17. Sağ Sol Rölesi ile Asenkron Motorun Çalıştırılması



Şekil 5.29 Sağ – sol rölesi bağlantı Şeması - Sağ – sol rölesi

## 5.4. ASENKRON MOTORLarda KAYIPLAR VE VERİM

### 5.4.1. Kayıplar

Genel olarak, bütün elektrik makinelerinde olduğu gibi, asenkron makinelerde de çeşitli kayıplar meydana gelir. Bunlar:

- Demir kayıpları
- Bakır kayıpları
- Rüzgâr ve sürtünme kayıplarıdır.

#### 5.4.1.1. Demir kayıpları

Demir kayıpları; stator ve rotor saçlarında meydana gelen histerezis ve fuko kayıplarıdır. Bu kayıplar, frekans ve manyetik endüksiyon ile oranlıdır.

Stator demir kayıpları, stator frekansı sabit olduğuna göre değişmemektedir. Yalnız rotor demir kayıpları, rotor frekansı ile değişir. Ancak boş ve yüklü çalışmada, rotor frekansı çok küçütür. Bu sebeple rotor demir kayıpları çok küçük olur ve ihmali edilebilir. 0 halde, bir asenkron motorun demir kayıpları, stator demir kayıplarına eşittir denebilir. Stator frekansı sabit olduğundan, demir kayıpları da bütün yükler için sabittir.

**Asenkron motorun demir kayıpları motorun boş çalışma deneyinden bulunur.**

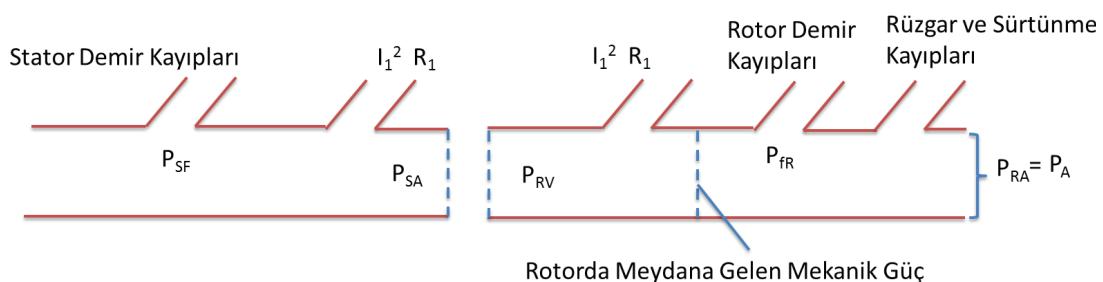
#### 5.4.1.2. Bakır kayıpları

Asenkron motorlarda, stator ve rotor omik dirençlerinden dolayı  $I_1^2 \cdot R_1$  ve  $I_2^2 \cdot R_2$   $I_1^2 \cdot R_1$  ve  $I_2^2 \cdot R_2$  değerinde bakır kayıpları meydana gelir. Bakır kayıpları; sargı dirençleri sabit olduğuna göre, yük akımları  $I_1$  ve  $I_2$  'nin karesi ile değişir. Şu halde bu kayıplar yükle değişen kayıplardır.

Rotor ve stator bakır kayıplarını bulabilmek için; akım ve dirençlerin bilinmesi gereklidir. Genel olarak bakır kayıpları, motorun kısa devre deneyinden tüm olarak hesaplanır.

#### 5.4.1.3. Rüzgâr ve sürtünme kayıpları

Asenkron motorlarda sürtünme ve rüzgâr kayıpları; devir sayısı ile biraz değişirse de bu değişim çok az olduğu için sabit kabul edilebilir. Sürtünme ve rüzgâr kayıpları; boş çalışma deneyinde, demir kayıpları ile birlikte bulunur. Demir kayıpları ile rüzgâr ve sürtünme kayıplarına sabit kayıplar denir. Yukarıdaki açıklamalara göre, bir asenkron motorun kayıpları Şekil. 5.30 de görüldüğü gibi belirtilebilir.



Şekil 5.30 Bir asenkron motorda meydana gelen kayıplar

Şekil: 5.30'de görüldüğü gibi, motora verilen  $P_{RV}$  gücünden, stator demir ve bakır kayıpları çıkarıldığında; geriye kalan  $P_{fR}$  gücü, rotora verilen  $P_{RA}$  gücüne eşittir.

Rotora verilen  $P_{RV}$  gücünden rotor bakır kayıpları çıkarıldığında, rotorda meydana gelen mekanik güç elde edilir. Rotordaki bu gücün çok az bir kısmı, rotor demir kayıplarına sarf olur. Bu kayıpları ihmal edersek, rotorda meydana gelen güçten, rüzgâr ve sürtünme kayıplarını çıkarmakla, motordan alman  $P_A$  gücü elde edilir.

#### Sabit Kayıplar Nedir?

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

### 5.4.2. Verim

Verim; bir makineden almanın gücün, makineye verilen güçे oranı olduğuna göre:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan Güç}}{\text{Verilen Güç}}, \quad \lambda = \frac{P_A}{P_V} \quad \text{dir.}$$

Verilen Güç ( $P_V$ )

Alınan Güç ( $P_A$ )

kayıplar ( $P_{KA}$ )

Buradan:

$$\lambda = \frac{P_A}{P_A + P_{KA}} \quad \text{veya} \quad \lambda = \frac{P_V - P_{KA}}{P_V} \quad \text{olur.}$$

#### 5.4.2.1. Motorun etiket değerlerinden faydalılarak verimin bulunması

Üç fazlı bir asenkron motora verilen güç ;

$$P_V = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi \quad (1)$$

Motordan alınan güç ise; motor etiketindeki değer  $P_A$  olduğuna göre:

$$P_A = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi \quad (2)$$

Bu formüllerde :

$U$  : Fazlar arası gerilim

$I$  : Hat akımı

$\text{Cos}\varphi$  : Motorun güç katsayısıdır.

2. formülden motorun verimi;

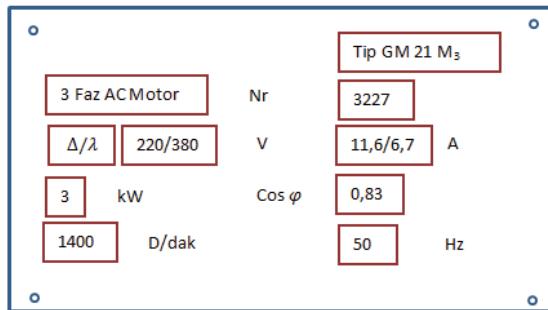
$$\lambda = \frac{P_A}{1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi} \quad \text{dir.}$$

ÖRNEK:

Şekil : 5.31'de etiketi görülen motorun verimini bulalım:

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI



Şekil 5.31 üç fazlı asenkro motorun etiketi

### ÇÖZÜM :

Motor yıldız bağlandığına göre; gerilim 38 V. ve hat akımı 6,7 A'dır. Etiketteki güç, motordan alınan güç olup 3 kw'tır.

$$\lambda = \frac{P_A}{1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{3000}{1,73 \cdot 380 \cdot 6,7 \cdot 0,83} = \frac{3000}{3670}$$

$$\lambda = 0,82$$

$$\lambda = \%82$$

### 5.4.2.2. Yük altında verimin bulunması

Bu metotla; motora verilen ve motordan alınan güçler doğrudan doğruya ölçülerek verim hesaplanır.

Motor devresine bağlanan bir ampermetre, voltmetre ve Cos metre ile motora verilen güç;

$$P_V = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ formülünden bulunur.}$$

Motordan alman gücü bulmak için; motor, bir frenle yüklenir. Motorun momenti fren ile, devir sayısı da bir turmetre ile ölçülerek:

$$P_A = \frac{M \cdot n}{0,975} \quad \text{Watt olarak bulunur.}$$

*Buradan Motorun verimi;*

$$R = \frac{P_A}{P_V} \quad \text{olur.}$$

## **5.5. ASENKRON MOTOR ÇEŞİTLERİ**

### **5.5.1. Üç Fazlı Asenkron Motorlar**

Üç fazlı asenkron motorların çalışma performansı bir fazlı motorlara göre daha iyidir. Üç fazlı şebekenin bulunduğu her yerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Sanayi işletmelerinde kullanılan makinelerdeki motorların çoğu üç fazlı asenkron motordur.

### **5.5.2. Rotor Tipleri**

#### **5.5.2.1. Kısa Devre Çubuklu ( Sincap Kafesli ) Rotor**

Silisyumlu saçlar kalıpla preste kesilerek paket edildikten sonra rotor kanalları içine alüminyum eritilerek pres dökümle kısa devre kafes sargıları meydana getirilir. Küçük güçlü motorlarda rotor çubukları alüminyumdan, büyük güçlü motorlarda bakırdañ yapıılır. Bu çubuklar rotorun her iki tarafında da alüminyum halkalar tarafından kısa devre edilir. Bunun için bu tip rotorlara kısa devreli rotor denir.

Asenkron motorlarda rotor oluk sayısı ile stator oluk sayısına eşit olduğu zaman motor kalkınamaz. Bu sebeple rotor oluk sayısı hiçbir zaman stator oluk sayısına eşit olarak yapılmaz. Manyetik sesleri azaltmak ve iyi bir kalkınma momenti elde etmek için rotor kısa devre çubukları mile paralel değil de eğik bir şekilde yerleştirilir (*Resim 5.9*).



Resim 5.9 Asenkron motorun kısa devre çubuklu rotoru

#### **5.5.2.2. Sargılı (Bilezikli) Rotor**

Sağları presle paketleyerek silindir şeklinde yapılan rotorun üzerindeki oluklara üç fazlı alternatif akım sargıları yerleştirilir. 1200 faz farklı olan bu sargılar genelde yıldız bağlanarak rotor mili üzerindeki üç bileziğe bağlanır. Bu rotorlara bilezikli rotorda denilmektedir (*Resim 5.9*).



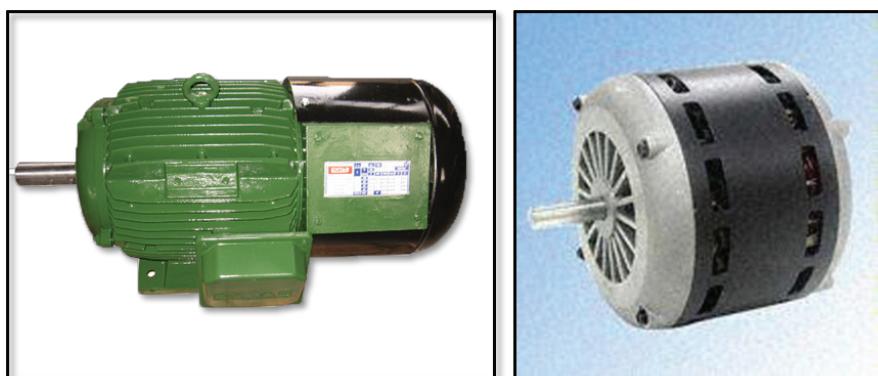
Resim 5.10 Sargılı (bilezikli) rotor

### 5.5.3. Motor Yapı Tipleri

Bir asenkron motorun yapılış tipi makineden istenen özelliklere bağlıdır. Motorun alçak veya yüksek devirli olması, soğutma şekli, korunma türleri, işletme şeklinin sürekli, kısa veya değişik aralıklarda olması yapım tipine etki eden faktörlerdir.

#### 5.5.3.1. Açık Tip

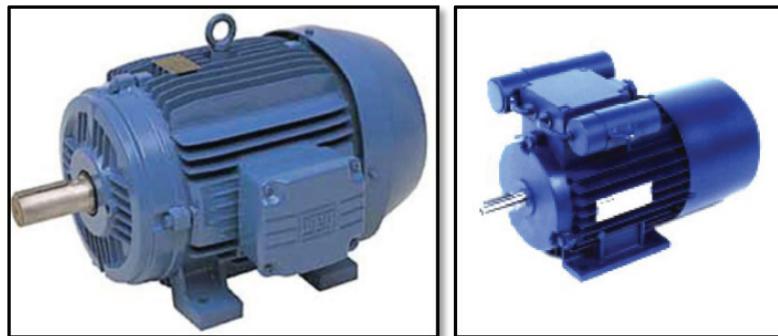
Açık yapı tipinde motor kapaklarında ve gövdesinde açıklıklar bulunur. Açık yapı tipinde soğutucu havayı makinenin ortasından geçirip ısı kaynaklarına ulaşırma olanağı vardır. Böylece rotor, stator ve stator saç paketi ile sargılar hava akımı içinde bulunur. Fakat bu yapı tipinde en büyük sorun soğutucu havanın makine içinden en uygun bir şekilde geçirilmesini sağlamaktır. Ayrıca sargılar hava ile direk temas ettiği için izolasyondaki bozulmalar daha çabuk olmaktadır. Bu tip motorlar koruma bakımından zayıf olan motorlardır.



Resim 5.11 Açık tip motor

### **5.5.3.2. Kapalı Tip**

En çok kullanılan yapı tipidir. Koruma bakımından en uygun yapı tipi kapalı tiptir (*Resim 5.12*).



Resim 5.12 Kapalı tip motorlar

### **5.5.4 Flanşlı Tip**

Flanşlı yapı tipi, iş makinesine doğrudan doğruya bağlanabilmek için en elverişli yapı tipidir. Flanşlı motorlarda (*Resim 5.13*) motor milinin bulunduğu kapakta dairesel biçimde metal bir kapak bulunur. Bu kapağa flanş denir. Aynı kapak motorun bağlanacağı sisteme de bulunur. Bu kapaklar birbirine monte edilerek motor mekanik enerjiyi aktaracağı sisteme bağlanmış olur.



Resim 5.13 Flanşlı tip motorlar

### **5.5.5. Çalışma Şekilleri**

Asenkron motorun çalışma şekli mekanik enerjiyi aktaracağı sisteme göre değişir.

#### **5.5.5.1. Yatık Çalışma**

Motor milinin yatay olarak durduğu çalışma şeklidir (*Resim 5.14*).



Resim 5.14 Yatık çalışan motor

### 5.5.5.2. Dik Çalışma

Motor milinin dikey olarak durduğu çalışma şeklidir (*Resim 5.15*).



Resim 5.15 Dik çalışan motorlar

### 5.5.6. Rotor Yapıları

#### 5.5.6.1. Yüksek Rezistanslı (Rotor Omik Direnci Yüksek)

Asenkron motorlarda kalkınma momenti rotor omik direnci ile doğru orantılıdır. Omik direnci büyük olan rotorların kalkınma momenti büyük, kalkınma akımı

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

küçük olur. Bu sebepten yüksek kalkınma momenti istenen uygulamalar için rotor omik direncini artıran birtakım düzenlemeler yapılmaktadır. Örneğin kısa devre çubuklu asenkron motorlarda, rotor kısa devre çubukları alüminyumdan değil de öz direnci daha yüksek olan bir maddeden yapılarak, kalkınma momentinin yüksek ilk yol verme akımının düşük olması sağlanabilmektedir.

Bu tip rotorların kısa devre çubukları incedir. Metal kesmelerde, haddelerde ve preslerde kullanılan motorların rotorları bu şekildedir. Yalnız bu tip rotorlu motorlarda kalkınma momentinin yükselmesi ve ilk kalkınma akımlarının düşük olması avantajına karşın, rotor direncinin artması bakır kayıplarını artıracağı için motorun verimi azalacaktır. Ayrıca rotor direncinin büyümesi motordaki kayma hızını da artırır. Yani motorun devir sayısı daha düşüktür.

### 5.5.6.2. Alçak Rezistanslı (Rotor Omik Direnci Küçük)

Bu tip rotorlu motorların yol alma akımları yüksek ve kalkınma momentleri düşüktür. Yalnız rotor omik direncinin azalması kayıpları azaltacak ve verimi artıracaktır. Kayma daha az olacağı için rotor hızı daha fazla olacaktır.

### 5.5.6.3. Yüksek Reaktanslı (Rotor Endüktif Direnci Yüksek)

Rotor sargılarındaki akım ile gerilim arasında, faz farkı ne kadar küçük olursa, döndürme momenti o kadar büyük olur. İlk yol alma anında sargıların endüktif direncinin büyük olması rotor akımı ile gerilimi arasındaki faz açısının büyük olmasına sebep olur. Bu durum yol alma momentini azaltır. Rotor döner alan yönünde döndürüldüğünde, rotor akımının frekansı küçülmeye başlar. Bununla birlikte sargıların endüktif direnci  $XL = 2\pi \cdot f \cdot L$  azalır, ancak omik dirençte bir değişiklik olmaz. Bu nın sonucu faz farkı küçülür ve döndürme momenti büyür.

Bu tip rotorlu motorların kalkınma akımları ve momentleri de düşük olmaktadır. Vantilatör, aspiratörler vb. cihazlarda kullanılır

### 5.5.6.4. Çift Sincap Kafesli

Çift sincap kafesli rotorlarda, rotor saç paketi üzerinde alt alta iki sincap kafes bulunur. Üsteki kafesin kısa devre çubukları incedir. Direnci yüksek endüktif reaktansı küçüktür. Altaki kafesin kısa devre çubukları kalındır. Direnci düşük endüktif reaktansı yüksektir. Altaki kafes işletme kafesi, üsteki kafes ise yol verme kafesi olarak adlandırılır. İlk yol verme anında kısa devre akımı üstteki yol verme kafesinden geçer. Rotor devri artıkça rotor frekansı düşer ve direnç azalır. Normal çalışma durumunda iki kafesinde çalışmaya katkısı vardır.

Çift sincap kafesli rotorlu asenkron motorların ilk kalkınma momentleri yüksek yol alma akımları düşüktür. Yalnız bu üstünlükleri yanında verimleri ve güç kat saylarının düşük olması ve kayma değerlerinin yüksek olması gibi sakıncaları vardır.

### 5.5.7. Tek İki Üç Telli Sarım Nedenleri

Küçük güçlü asenkron motorlarda faz bobinleri genelde tek telli olarak yapılır. Yalnız motor gücü artıkça, doğru orantılı olarak stator bobinlerinin iletken kesiti ve çapı da artar. Kesit ve çap arttıkça stator sarımında birtakım zorluklar ve olumsuzluklar meydana gelir. Bunlar:

- İşçilik zorlaması
- Stator oyuklarındaki boşlukların fazla olmasıdır.

Bu olumsuzlukları önlemek için, özellikle büyük güçlü motorlarda sargılar ikili, üçlü veya daha fazla telli olarak yapılır. Yani faz bobinleri hazırlanırken ikili, üçlü veya daha fazla olarak paralel şekilde sarılır. Burada genel prensip tel kesitinin değişmemesidir. Bu durumu bir örnekle açıklayalım.

#### ÖRNEK:

Üç fazlı asenkron motorun statorundaki faz bobinleri  $2\text{mm}^2$  iletkenden tek telli olarak sarılmıştır. Bu statorda iki telli sarım uygulansaydı kullanılacak iletkenin çapını bulunuz.

Tek telli sarımda iletkenin kesiti  $2\text{mm}^2$ 'dir. Burada tel çapını hesaplayarak veya hazır tabloları kullanarak bulabiliriz. (formül  $S = \pi \cdot d^2/4$ )  $d = 1,60 \text{ mm}$ 'dir. İki telli sarım yapacağımız için kesiti ikiye böleriz  $S_2 = 2 / 2 = 1\text{mm}^2$  dir. Kesiti  $1\text{mm}^2$  olan iletkenin tel çapını yine hazır tablolardan veya hesap yoluyla bulabiliriz.  $d=1,15 \text{ mm}$ 'dir.

Sonuç olarak kesiti  $2\text{mm}^2$  çapı  $1,60 \text{ mm}$  olan stator faz bobinlerini 2 telli olarak tel çapı  $1,15\text{mm}$  olan iletkenden sarabiliriz.

### 5.6. ASENKRON MOTORLARDA DEVİR YÖNÜNÜN DEĞİŞTİRİLMESİ VE HIZ AYARI

#### 5.6.1. Asenkron motorların devir yönünün değiştirilmesi

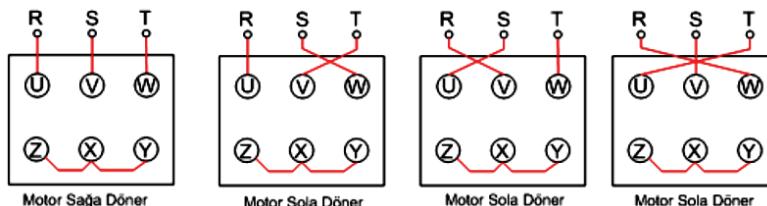
Asenkron motorlarda devir yönünü değiştirmek için statora gelen üç fazdan ikisinin bağlantısı, birbiri ile yer değiştirilir.. Bu durum Stator akımlarının faz sırasını ve döner alanının dönme yönünü değiştirir. Rotor daima döner alanla aynı yönde döndüğü için, yukarıda açıklanan değiştirme işlemi motorun ters yönde dönmesini sağlar.

*Asenkron motorda RST faz uçlarından herhangi ikisinin yer değiştirmesi devir yönünü değiştirmesini sağlar.*

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

Şekil 5.32'da uçların değiştirilmesi ile yön değiştirici şalterin bağlantıları görülmektedir. Yön değiştirme işlemi; sincap kafesli ve sargılı motorda da aynıdır.



Şekil 5.32 Üç fazlı asenkron motorlarda devir yönü değiştirme

*Bir asenkron motorun devir yönü nasıl değiştirilir?*

### 5.6.2. Asenkron motorlarda hız ayarı

#### 5.6.2.1. Sincap kafesli motorlarda hız ayarı

Bir asenkron motorun senkron hızı; kutup sayısı ile frekansa bağlıdır. Frekansı değiştirerek hızı değiştirmek mümkünse de, şebeke frekansı sabit olduğundan, ayrıca frekans değiştirici tertiplere gerek vardır. Bu hız değiştirme işlemi pratik değildir.

Kısa devre rotorlu motorların hızı hemen hemen sabittir. Ancak bazı özel sargılı asenkron motorlarda kutup sayısını değiştirerek 2, 3 veya 4 çeşit hız elde edilebilir. Burada en uygun hız değiştirme; 1/2 oranındaki kutup sayısında (Mesela 2 ve 4 kutuplu, 4 ve 8 kutuplu gibi) kolay olur. Özel bir şalterle stator sargıları öyle bağlanır ki, hızlardan birisi 3000 ise diğer 1500 d/d veya ilk hız 1500 ise diğer 750 d/d. olur.

#### 5.6.2.2. Rotoru sargılı motorlarda hız ayarı

Rotoru sargılı asenkron motorların hızı, rotor devresine bağlanan dirençlerle ayarlanabilir. Ancak bu dirençler, devamlı devrede kaldıklarından yol verme dirençlerine göre daha dayanıklı yapılandırılır.

Rotoru sargılı motora yol verirken, hız ayarlayıcı dirençler devreye sokularak, motorun az akım ve yüksek yol alma momenti ile yol alması sağlanır. Motor yolunu aldıktan sonra, istenilen devir elde edilinceye kadar, rotor devresindeki dirençlerin bir kısmı devre dışı edilir.

Rotoru sargılı motorlarda hız ayar kademeli olmayıp sürekli dir.

## **DEĞERLENDİRME SORULARI**

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

1. ( ) Asenkron motorların devir sayıları yük ile çok az değişmektedir.
2. ( ) Az bakım gerektirmelerinden dolayı çok tercih edilir.
3. ( ) Motor gövdesi üzerindeki kanatçıklar motor hızını arttırmır.
4. ( ) Aynı adlı kutuplar birbirini çeker; zıt kutuplar birbirini iter.
5. ( ) Bir asenkron motor sargasında U giriş ucu ise V de çıkış ucudur.
6. ( ) Sincap kafes bir rotor çeşididir.
7. ( ) Motor etiketinde  $\Delta$  380 Volt yazan motorlar üçgen bağlanırlar.
8. ( ) Yıldız bağlantıda hat akımı faz akımına eşittir.
9. ( ) Üçgen bağlantıda faz akımı hat akımının  $\sqrt{3}$  katıdır.
10. ( ) Otomatik kumanda devreleri, kumanda devresi ve güç devresi olmak üzere iki kısımdan meydana gelir.
11. ( ) Kumanda devresi çizilirken dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de işi biten devre elemanın devreden çıkartılmasıdır.
12. ( ) TSE normuna göre kumanda devrelerinde e1 sigortayı ifade eder.
13. ( ) Otomatik kumanda devre şemalarında kullanılan elemanların resimleri yerine elemanların yerini tutacak semboller kullanılır.
14. ( ) Stator, asenkron motorların duran kısmıdır.
15. ( ) Asenkron motorları soğutmak amacıyla pervane kullanılır.
16. ( ) Büyük güçlü asenkron motorlar, direk olarak şebekeye
17. ( ) Flanşlı tip asenkron motor, direkt olarak bir makineye bağlanamaz.