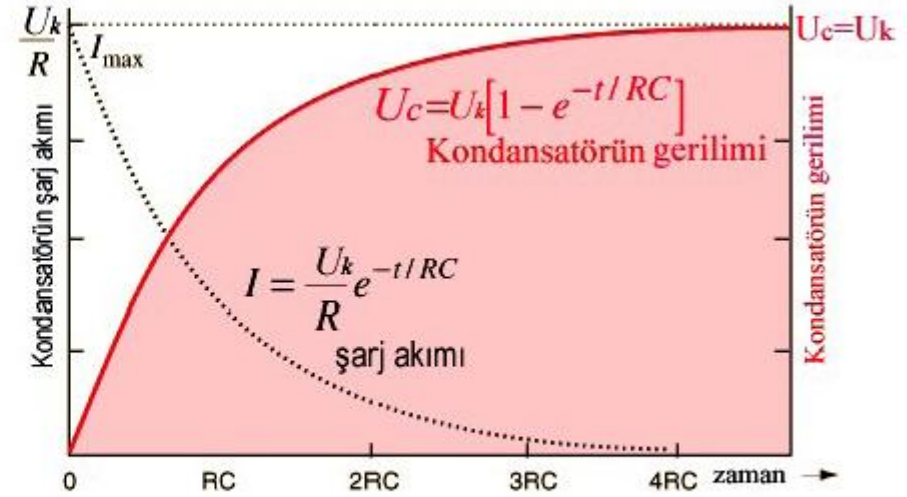
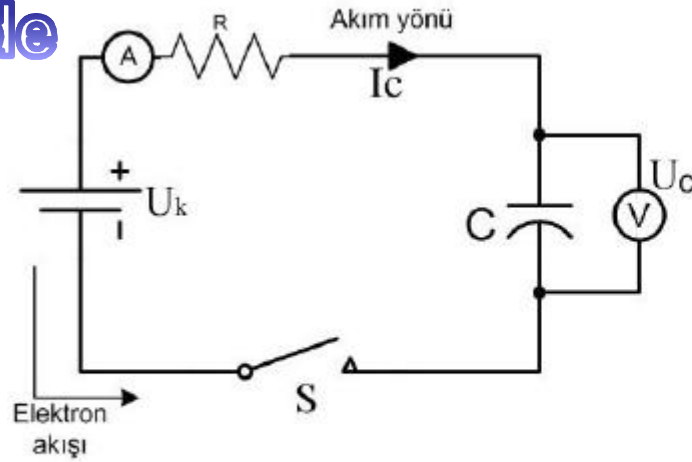
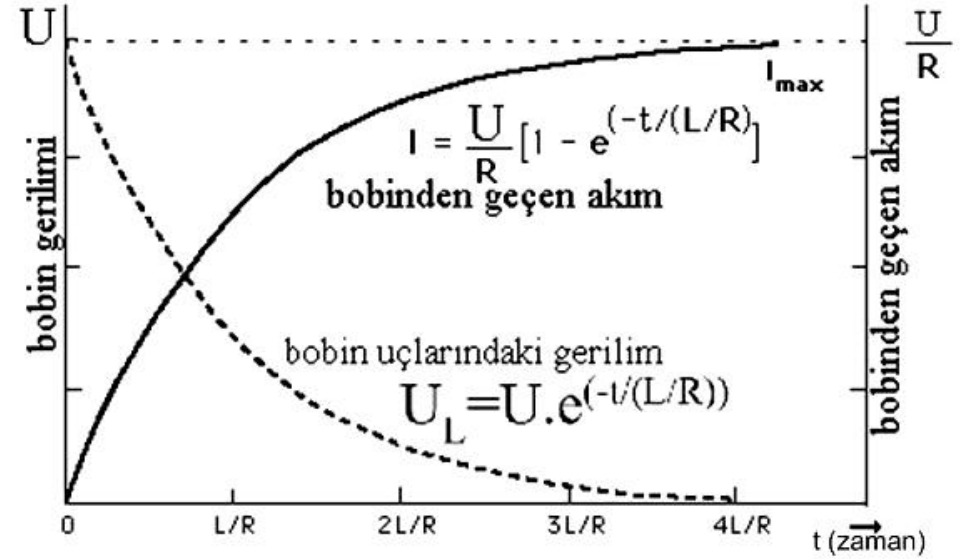
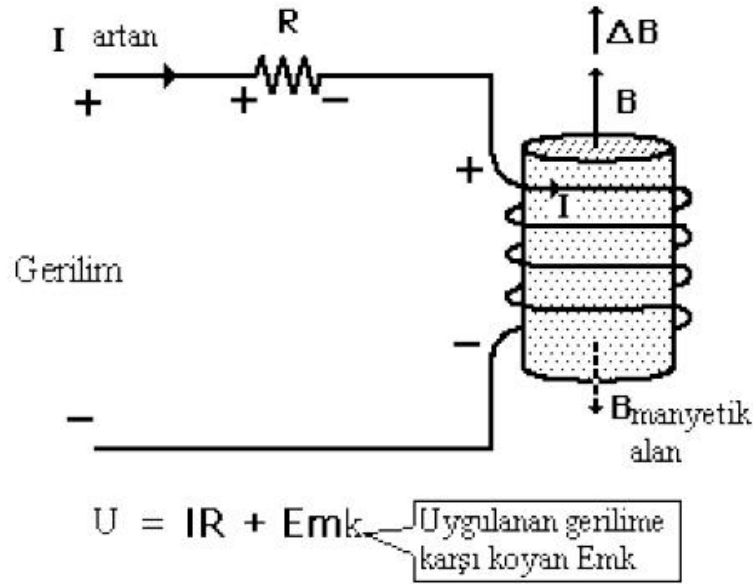


DC'de



Şekil 1.16 : a) Kondansatörün Doğru Akıma Bağlanması
b) Kondansatörün Şarjı (Zaman Diyagramı)



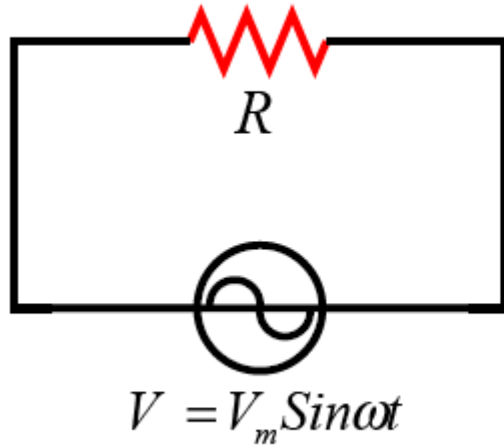
Şekil 1.14: a) Bobinin DC Bağlanması b) Bobinden Geçen Akım ve Bobinin Gerilimi



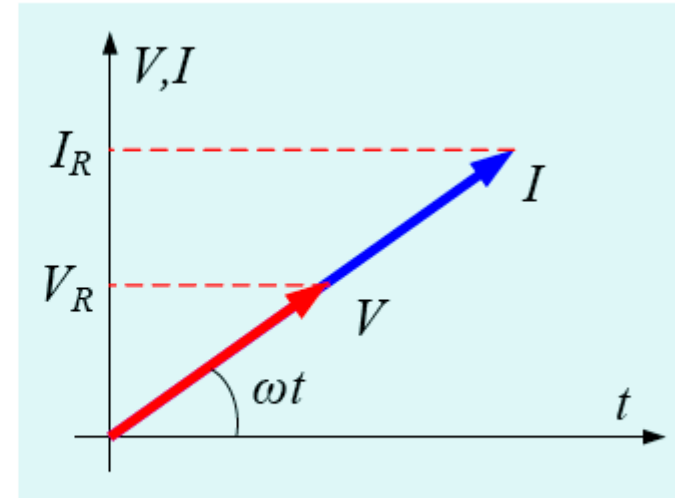
ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ

2.1. Sadece Dirençli Devre (R)

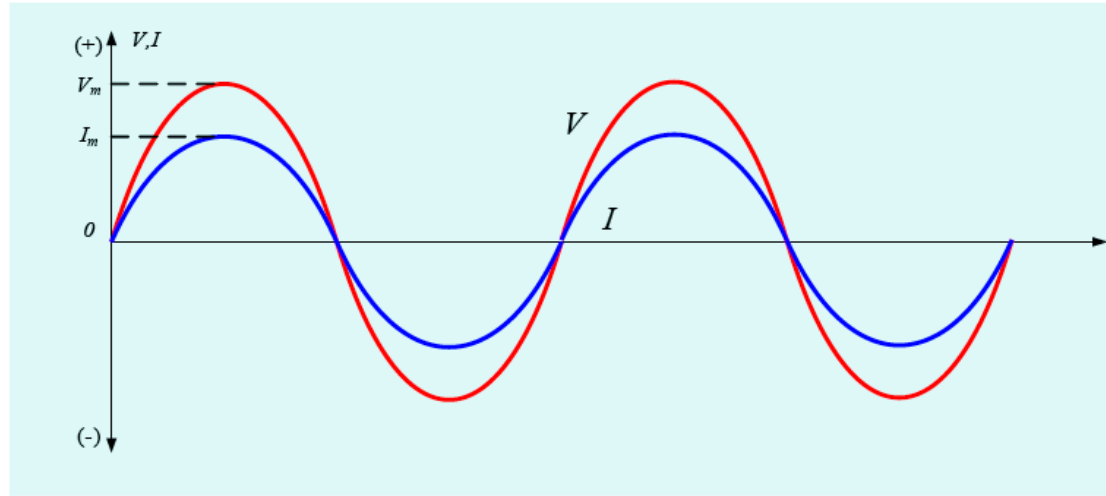
Sadece R direnci bulunan bir devreye şekil 2.1'deki gibi bir alternatif akım uygulayalım. Bu durumda direncin iki ucu arasındaki potansiyel farkı $V = V_m \sin \omega t$ ve dirençten geçen alternatif akım şiddeti $i = i_m \sin \omega t$ olur. Bu durumda akım ile gerilimin zamana bağlı grafikleri çizildiğinde, her ikisinin de aynı anda maksimum değerleri aldıkları ve aynı anda sıfır oldukları görülür. Şekil 2.2'deki grafik yorumlanacak olursa akım ve gerilimin aynı fazda oldukları sonucuna varılır.



Şekil 2.1



Şekil 2.2



Şekil: 2.3

2.2. Sadece Bobinli Devre (L)

Direnci ihmal edilebilen bir bobine şekil 2.4'deki gibi bir alternatif akım uygulanacak olursa bobinde, akımın değişmesinden dolayı bir özindüksiyon emk'sı meydana gelir. Akım gerilimden 90° veya $\frac{\pi}{2}$ kadar geridedir. Akım ve gerilimin zamana bağlı değişimi şekil 2.6'da görülmektedir. Bobinden geçen akımın zamana bağlı olarak değiştiği ve maksimum akım şiddeti $i_m = \frac{V_m}{\omega L}$ olduğu görülmektedir. Bobinden geçen akımın şiddeti $i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ olarak yazılabilir. Bobinden geçen akımın etkin değeri ise $i_e = \frac{V_e}{\omega L}$ dir.

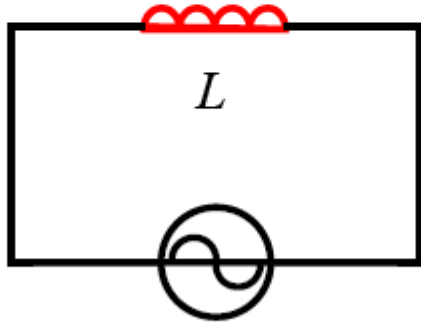


$\omega L = \frac{V_e}{I_e}$ yazılırsa ωL nin biriminin Volt/Amper veya Ohm olduğu görülür. ωL bobinin alternatif akıma karşı göstermiş olduğu dirençtir. Buna bobinin **endüktif reaktansı** denir. X_L ile ifade edilir.

$$X_L = \omega . L$$

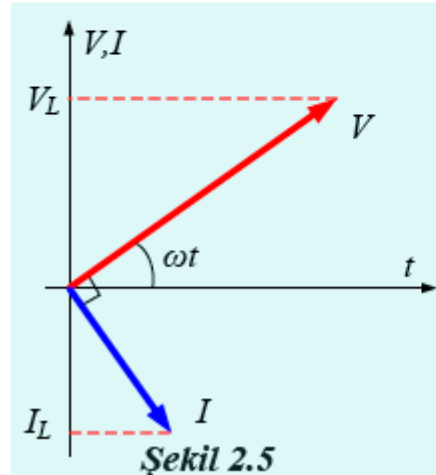
veya

$$X_L = 2\pi . f . L$$

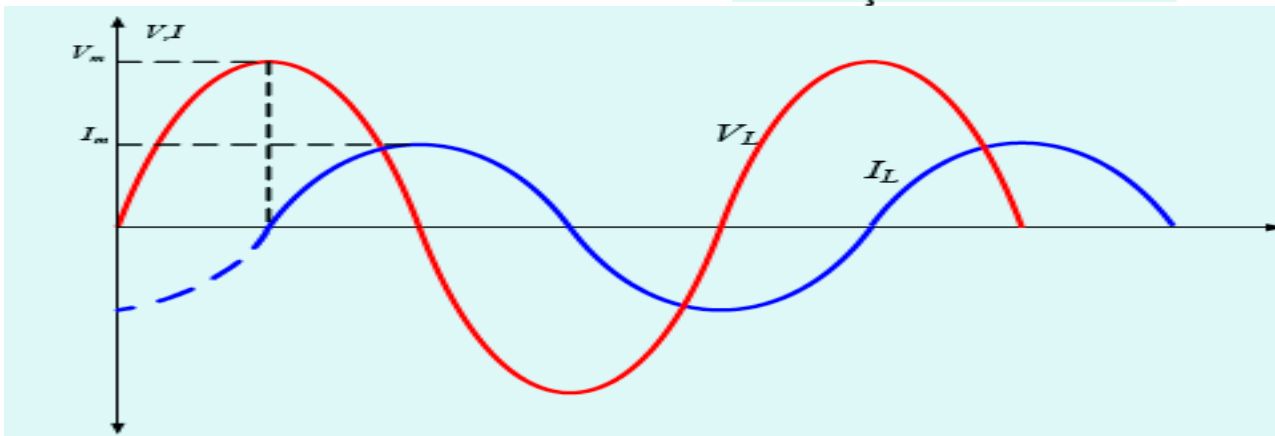


$$V = V_m \sin \omega t$$

Şekil 2.4



Şekil 2.5





Örnek: İndüktansı 0,5 H olan bir bobinin, frekansı 50 Hz olan 157 V bir alternatif akıma karşı göstereceği endüktif reaktansı ve devreden geçen akımı bulunuz.

Çözüm: $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,5 = 157\Omega$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{157}{157} = 1 \text{ Amper}$$

2.3. Sadece Kondansatörlü Devre (C)

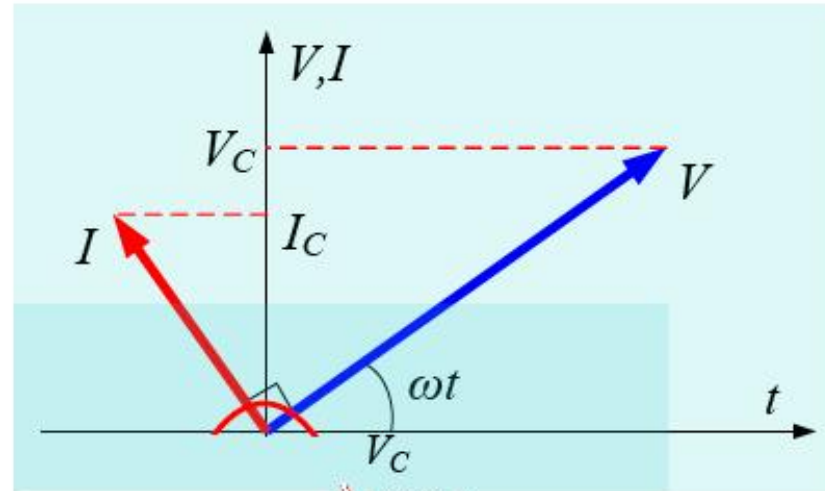
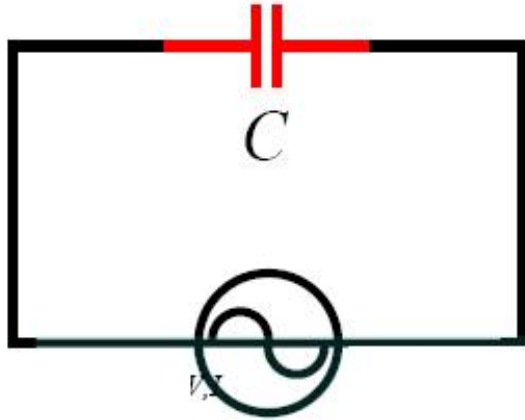
Bir kondansatörlü devreye doğru akım kaynağı bağlandığında belli bir süreden sonra akım geçmezken, alternatif akım uygulandığında devreden yönü ve şiddeti değişen bir akım geçtiği görülür. Şekil 2.7'deki gibi, bir kondansatöre alternatif akım uygulandığında gerilim artarken akım azalmakta ve gerilim maksimum değerini aldığı anda akım sıfır değerine inmektedir. Bu durumda kondansatör yüklenmesini tamamlamıştır. Gerilim azaldıkça kondansatör devreye akım vererek boşalmaya başlar. Devreye uygulanan gerilim sıfır olduğunda akım en büyük değerini alır. O halde akım ile gerilim arasında 90° veya $\pi/2$ radyanlık faz farkı vardır. Bu faz farkı kadar akım gerilimden öndedir. $I_m = V_m \cdot \omega C$ ise

$i = i_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ olur. $I_m = \frac{V_m}{1/\omega C}$ olduğunu görürüz. Burada direnç gibi davranan $(1/\omega C)$ ye **kapasitif reaktans** denir ve X_C ile gösterilir.■

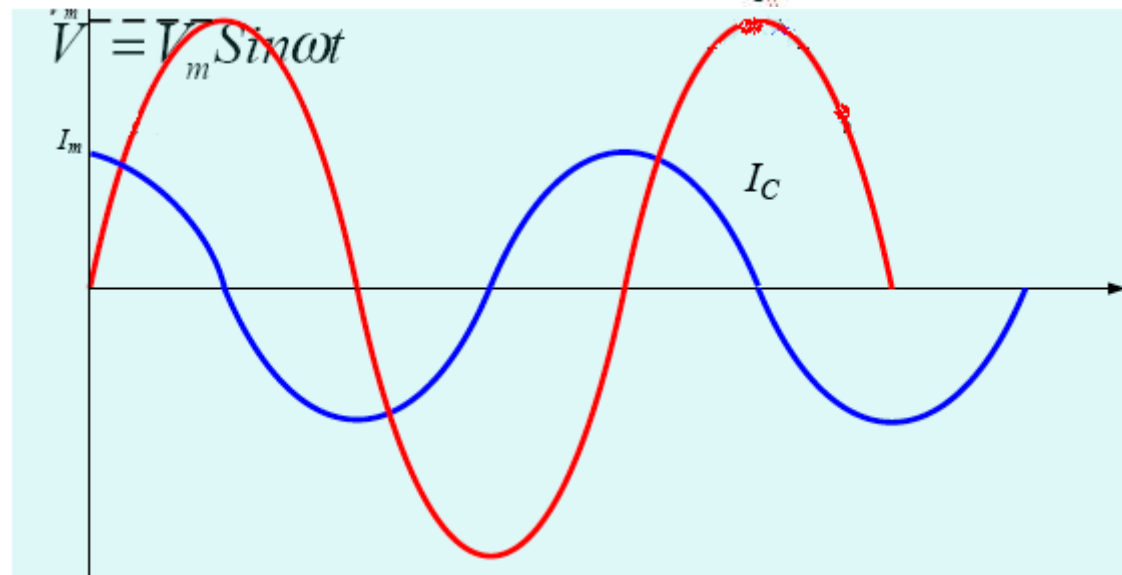


$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



Şekil 2.8

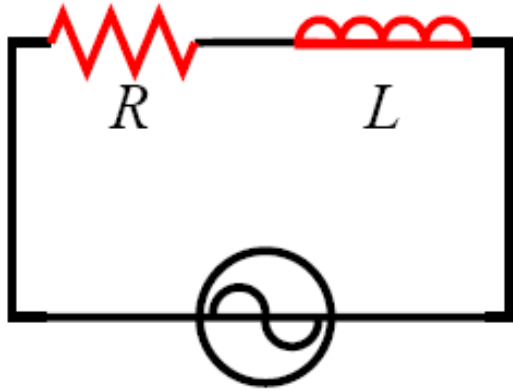




Örnek: Kapasitesi $50\mu\text{F}$ olan bir kondansatöre 50 Hz frekanslı 220 V alternatif gerilim uygulanmıştır. Devreden geçecek akımı bulunuz.

Çözüm: $X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 63,7\Omega$ $I_c = \frac{V}{X_c} = \frac{220}{63,7} = 3,45 \text{ Amper}$

2.4. Dirençli ve Bobinli Devre (R-L)



Şekil 2.10'daki bir direnç ve bobinden oluşan devreye V_1 geriliminde doğru akım uygulandığında geçen akım şiddeti I_1 olsun. Bu devreye aynı V_1 gerilimini sağlayan alternatif akım uygulandığında devreden geçen akım şiddetinin daha küçük olduğu görülür. Devreye alternatif gerilim uygulandığında akımın küçülmesi, devrenin direncinin artması ile açıklanabilir.

Devrede akım ile gerilim arasında bir faz farkı vardır. Akım gerilimden geridedir. Akım ile gerilim arasındaki faz farkına φ dersek akım şiddetini

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$V = i \cdot Z$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$



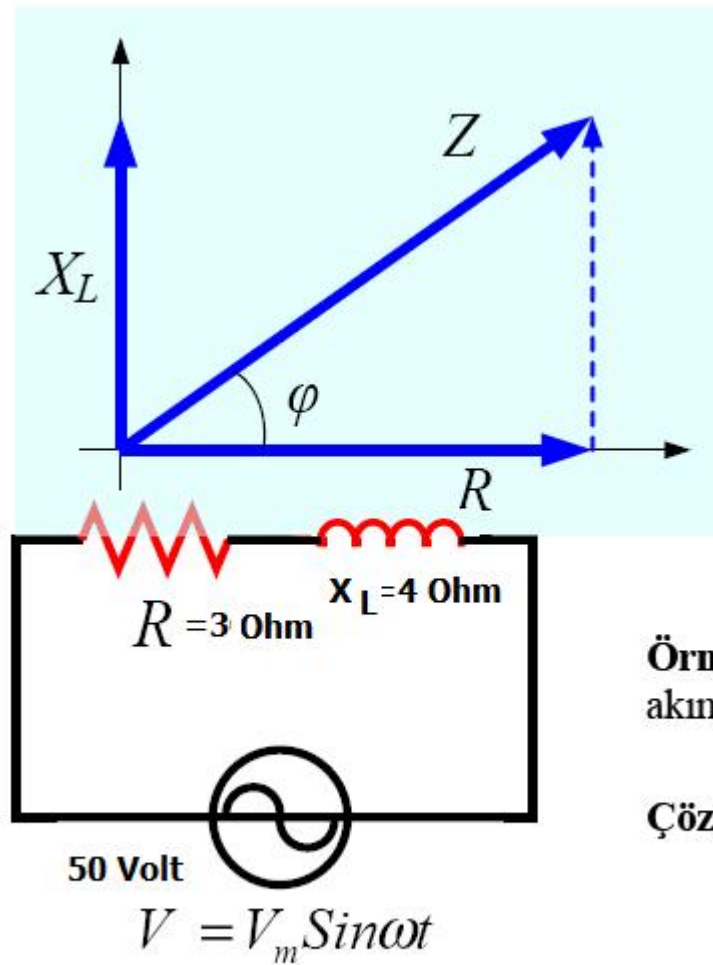
$i = i_m \sin(\omega t - \varphi)$ şeklinde yazabiliriz.

Alternatif gerilim ile akım arasında

$V_e = i_e \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2}$ bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıdaki

$\sqrt{R^2 + X_L^2}$ büyüklüğü RL devresinin alternatif akıma karşı göstermiş olduğu dirençtir. Bu dirence R-L devresinin **empedansı** denir ve Z ile gösterilir.

X_L ve R yi birbirine dik vektörlere benzetirsek Z bunların bileşkesi olur. Akım ile gerilim arasındaki faz farkı φ , Z ile R arasındaki açıdır.



Şekil 2.11

Örnek: Şekil 2.11'deki devrenin; empedansını, devre akımını ve faz açısını bulunuz?

Çözüm: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \Omega$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{50}{5} = 10 \text{ Amper}$$

$$\cos \varphi = \frac{3}{5} = 0,6$$

2.5. Direnç ve Kondansatörlü Devre (R-C)

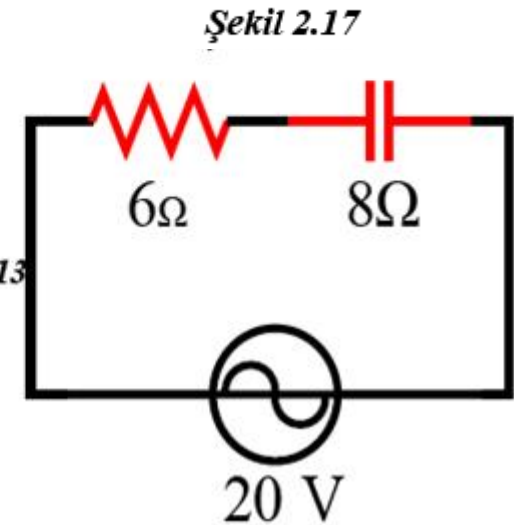
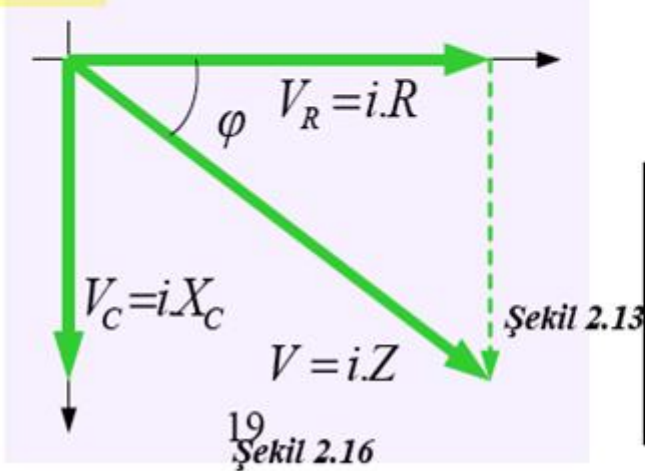
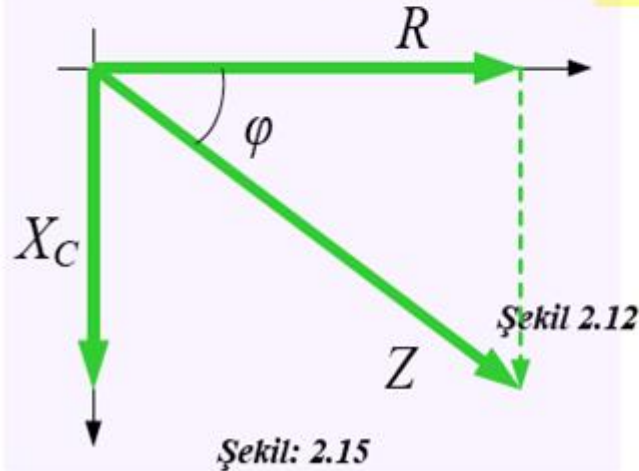
Şekil 2.14'deki gibi seri bağlı direnç ve kondansatörlü bir devrede etkin akım ile etkin gerilim arasında $V_e = i_e \cdot \sqrt{R^2 + X_c^2}$ bağıntısı vardır. Buradaki X_c kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdiği dirençtir. RC devresinin alternatif akıma karşı gösterdiği direnç empedanstır. Z ile gösterilir.

X_c ile R yi birbirine dik vektörlere benzetirsek Z bunların bileşkesi olur. Akım ile gerilim arasındaki faz açısı ϕ , Z ile R arasındaki açıdır.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

$$V = i \cdot Z$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$





Örnek: Şekil 2.17'deki devrenin empedansını, devre akımını ve faz açısını bulunuz?

Çözüm: $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \Omega$

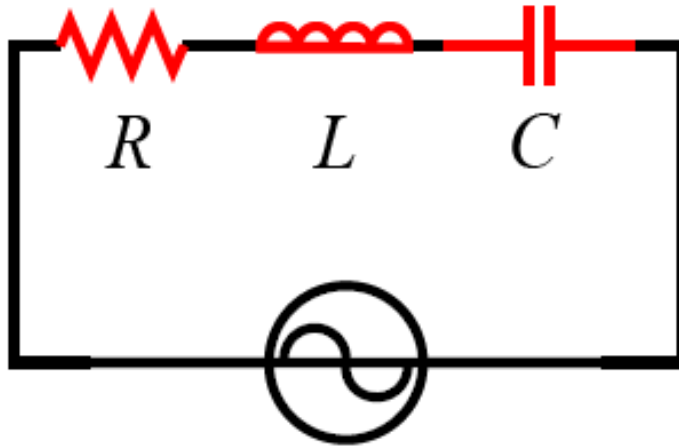
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{20}{10} = 2 \text{ Amper} \quad \cos \varphi = \frac{12}{20} = 0,6$$

2.6. Direnç Bobin Ve Kondansatörlü Devre (R-L-C)

Birbirine seri bağlanmış RLC elemanlarından oluşan devreye alternatif gerilim uygulanmış olsun. Bu devrenin etkin akım ve gerilimi arasında aşağıdaki bağıntı bulunur.

$$V_e = i_e \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Buradaki $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ büyüklüğü devrenin empedansıdır ve Z ile



$$V = V_m \sin \omega t$$

Şekil : 2.18

gösterilir. Bir RLC devresinin empedansı, devre elemanlarının dirençlerinin şekil 2.19’de görüldüğü gibi vektörel toplamı düşünülerek hesaplanır. Devredeki bobin ve kondansatörden meydana gelen faz farkları birbirine zıt yöndedir. Akım ile gerilim arasındaki ϕ faz farkı $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ veya $\tan \phi$

$$= \frac{X_L - X_C}{R} \text{ olur.}$$



Akım ile gerilim arasındaki faz farkı X_L ile X_C nin birbirine göre büyüklüklerine bağlıdır.

$X_L > X_C$ ise ϕ pozitif ve akım gerilimden geridedir.

$X_L < X_C$ ise ϕ negatif ve akım gerilimden ileridedir.

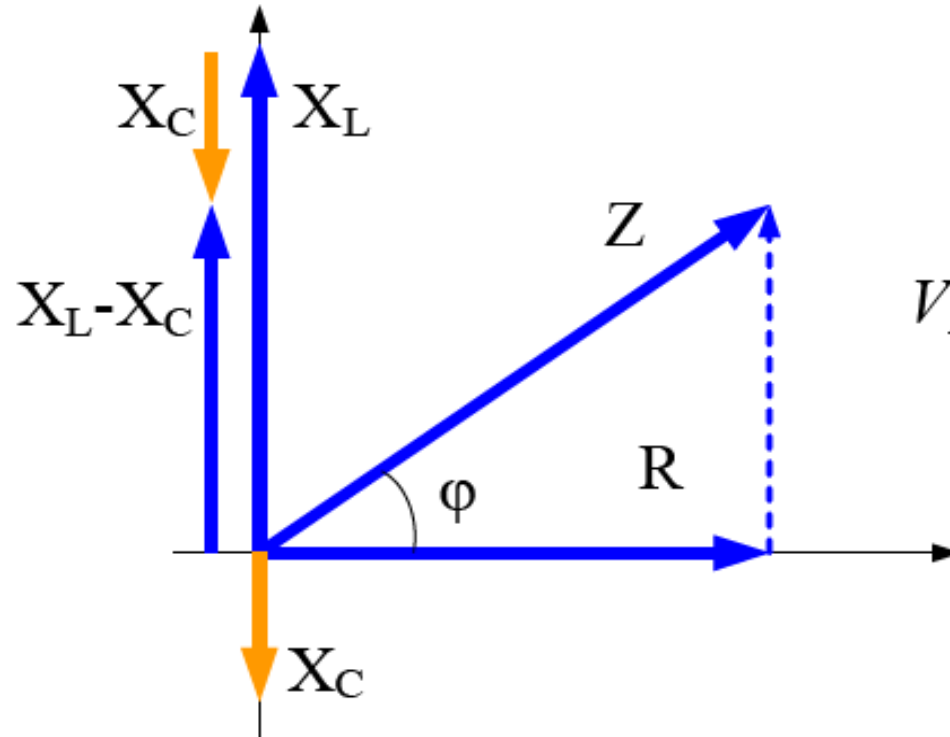
$X_L = X_C$ ise $\phi=0$ olup akım ile gerilim aynı fazdadır.

Bir RLC devresinde $X_L = X_C$ olduğunda $Z=R$ olur. Bu duruma devrenin rezonans hali denir.

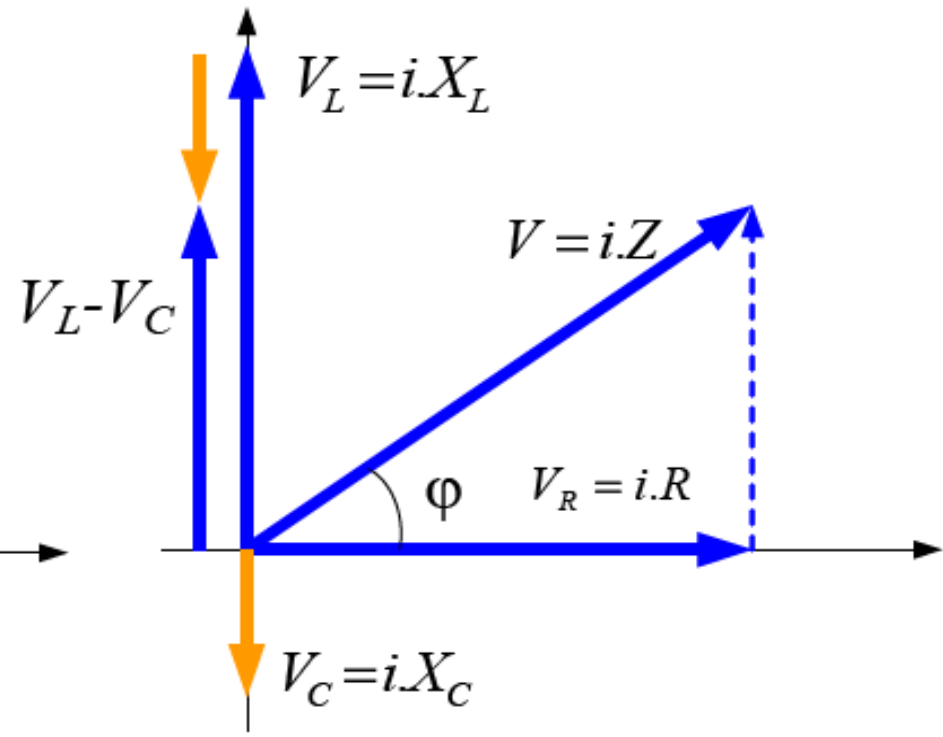
Devrenin rezonans frekansı aşağıdaki formülle bulunur.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bir RLC devresinde rezonans halinde empedans en küçük değerini, devre akımı en büyük değerini alır. Bir RLC devresinde akımın en büyük değerini alabilmesi için ya kaynak frekansı değiştirilerek $X_L = X_C$ yapılır ya da frekans sabit tutulup L veya C ya da her ikisi birden değiştirilerek devre rezonansa getirilebilir.



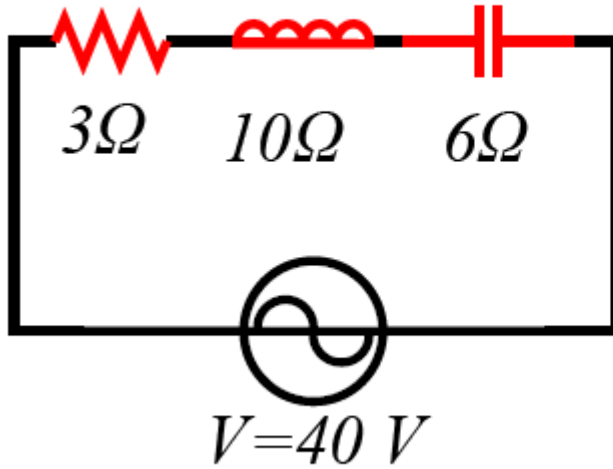
Şekil : 2.19



Şekil : 2.20



Örnek: Şekil 2.21'deki devrenin empedansını, devre akımını ve faz açısını bulunuz?



Şekil : 2.21

Çözüm: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$$Z = \sqrt{3^2 + (10 - 6)^2} = 5\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{40}{5} = 8\text{ Amper}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{3}{5} = 0,6$$

seri devrenin rezonans frekansını bulunuz?

Örnek: $R=15\Omega$ $L=0,2\text{ H}$ ve $C=30\mu\text{F}$ olan

Çözüm: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,2.30.10^{-6}}} = 65\text{ Hz}$



3. ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ

Bir doğru akım devresinde kullanılan güç, bu devreye uygulanan gerilim ile devreden geçen akımın çarpımıdır. Alternatif akımda ise gerek devreye uygulanan gerilim gerekse devreden geçen akım zamana bağlı olarak değişirler. Akım ve gerilimin çarpımı olan güç de zamana bağlı olarak değişik değerler alır. Doğru akım devrelerinde olduğu gibi, alternatif akım devrelerinde güç her zaman $U \cdot I$ değildir.

Bir alternatif akım devresinde gerilim ve akım;

$$V = V_m \sin \omega t \text{ ve } i = i_m \sin(\omega t - \varphi) \text{ dır.}$$

Alternatif akım devrelerinde herhangi bir andaki güç $P = V_m i_m \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi)$ dir. P değerine gücün ani değeri veya ani güç denir.



Resim 3.1

3.1. Aktif Güç

Devrenin ortalama gücü ise olarak bulunur. Ortalama güce aktif güç de denir. Buradaki kullanılan cihazın güç faktörü veya güç katsayısıdır. Bir devre elemanının gücünü arttırmak için $\cos \varphi$ yi büyütmek yani φ yi küçültmek gerekir. Elektrik enerjisi üretiminde güç faktörünün 1' e yakın olması istenilir.

$$P = V_R \cdot i$$

$$P = V \cdot i \cdot \cos \varphi$$



3.2. Reaktif Güç

Saf bobinli bir devrede (sadece L) gücün ortalama değeri sıfırdır. Gücün ortalama değerinin sıfır olması yani aktif gücün sıfır olması bobinin kaynaktan bir enerji çekmediğini gösterir. Ani gücün pozitif ve negatif değerleri birbirine eşittir. Pozitif alternansta kaynaktan çekilen güç, negatif alternansta kaynağa geri verilmektedir. Bobinler enerji harcayan değil enerji depo eden elemanlardır.

Aynı şekilde kondansatörlü bir devrede de (Sadece C) gücün ortalama değeri sıfırdır. Çünkü güç eğrisinin ortalama pozitif ve negatif alternansları birbirine eşittir. Kondansatörün dolması anında kaynaktan çekilen güç, kondansatörün boşalması anında kaynağa geri verilmektedir. Kondansatörler de bobinler gibi güç çekmeyip, enerji depo eden elemanlardır.

Saf bobin ve kondansatör devrelerinde $\phi = 90^\circ$ olduğu için güç katsayısı sıfırdır ($\cos 90^\circ = 0$). $P = V \cdot i \cdot \cos \phi$ formülüne göre $P=0$ olur. Görüldüğü gibi bobinde yada kondansatörde her hangi bir güç kaybı olmamaktadır ancak şaşırtıcı bir şekilde bir alternatif akım devresinde harcanan güç, tıpkı bir doğru akım devresinde olduğu gibi ısı şeklinde açığa çıkar.

Saf bobinde ve saf kondansatörde gerilim ve akımın etkin değerinin çarpımına **reaktif güç** denir.



$Q = V.i$ Burada Q devrenin Reaktif gücüdür.

$$V = i.X_C \quad Q_C = U.i = i^2 X_C = \frac{V^2}{X_C}$$

$$V = i.X_L \quad Q_L = U.i = i^2 X_L = \frac{V^2}{X_L}$$

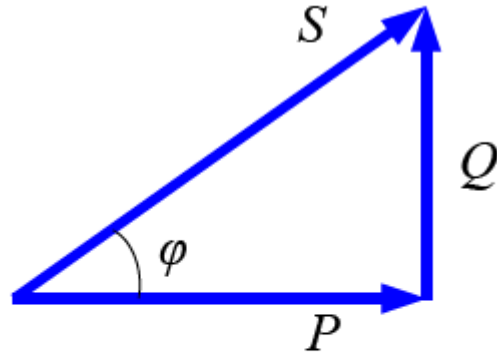
$$Q = V.i.\sin \varphi$$

3.3. Görünür Güç

Aktif gücü dirençler, reaktif gücü ise endüktif ve kapasitif reaktanslar çeker. Eğer bir devrede hem direnç hem de reaktans bulunuyorsa bu devrede aktif ve reaktif güçler bir arada bulunur. Bu devre hem aktif hem de reaktif güç çekecektir. Böyle bir devrede $V.i$ değeri ne aktif gücü ne de reaktif gücü verir. Direnç ve reaktanstan oluşan bir devrede $V.i$ çarpımına, **görünür güç** denir. S harfi ile gösterilir.

$$S = V.i = i^2 .Z = \frac{V^2}{Z}$$

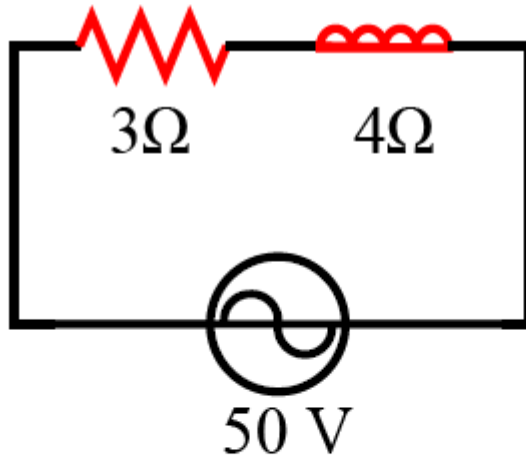
$$S = V.i$$



Şekil: 3.1

Aktif Güç	Reaktif Güç	Görünür Güç
P	Q	S
Watt	Var	VA

Şekil: 3.2



Şekil: 3.3

Örnek: Şekil 3.3'deki devrenin aktif,reaktif ve görünür güçlerini bulunuz.

Çözüm: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \Omega$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{50}{5} = 10 \text{ Amper}$$

$$\cos \varphi = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$P = V.I.\cos \varphi = 50.10.0,6 = 300W$$

$$Q = V.I.\sin \varphi = 50.10.0,8 = 400VAR$$

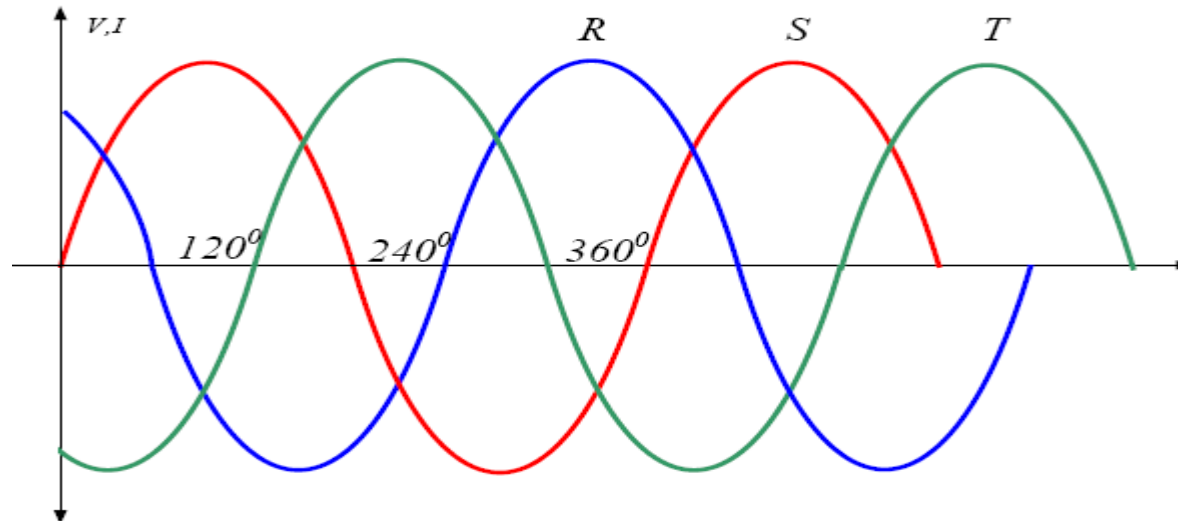
$$S = V.I = 50.10 = 500VA$$



3.4. Üç Fazlı Sistemler

Çok fazlı sistem, gerilimlerinin arasında faz farkı bulunan iki veya daha fazla tek fazlı sistemin birleştirilmiş halidir. Çok fazlı sistemlerin bazı özelliklerinden dolayı elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı çok fazlı olarak yapılır. Çok fazlı sistemlerin en çok kullanılanı üç fazlı sistemlerdir.

Tek fazlı sistemlerde güç dalgalı olduğu halde, çok fazlı sistemlerde oldukça düzgündür. Böylece çok fazlı motorların momenti, tek fazlılara göre düzgün olmaktadır. Üç fazlı motorlar, tek fazlılara göre daha basit yapılı olup daha az bakım gerektirir ve verimleri de yüksektir. Üç fazlı enerji iletiminde gerekli olan iletken miktarı, aynı uzaklık aynı kayıplar ve aynı gerilim için bir fazlı sisteme göre azalma gösterir. Bir fazlı yükler, üç fazlı sistemin bir fazını kullanarak çalışabilirler. Üç fazlı sistemlerin tek fazlı sistemde doğrudan çalışması mümkün değildir.

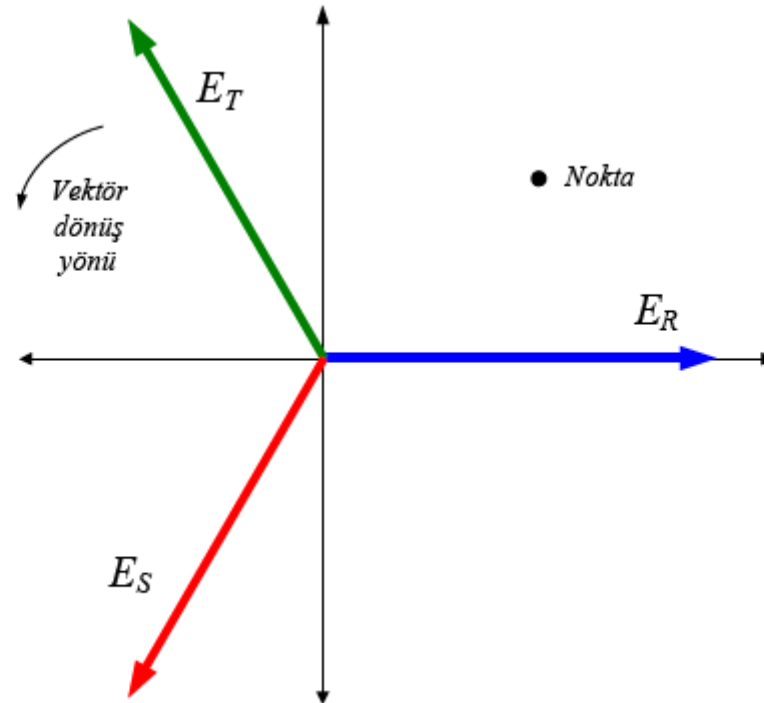


3.5. Faz Farkları



Üç fazlı emk'nın üretimi, bir fazlı emk'nın üretimine benzer. Yalnız burada manyetik alan içerisinde dönen bir iletken yada bobin yerine üç adet bobin vardır. Bu bobinler birbirleri ile 120° 'lik açı ile yerleştirilmiştir.

Şekil 3.5'deki vektörlere dikkat edilirse E_T emk'nın fazının 120° , E_S emk'nın -120° , E_R emk'nın 0° olduğu görülmektedir. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi bir nokta alınır, vektörler bu noktanın önünden E_R E_S E_T sırasıyla geçeceklerdir. Bu sıraya faz sırası veya faz dönüş yönü denir. Şu halde faz sırasının RST olması, R fazının sıfır fazlı, S fazının 120° geri fazlı ve T fazının 120° ileri fazlı olması demektir.





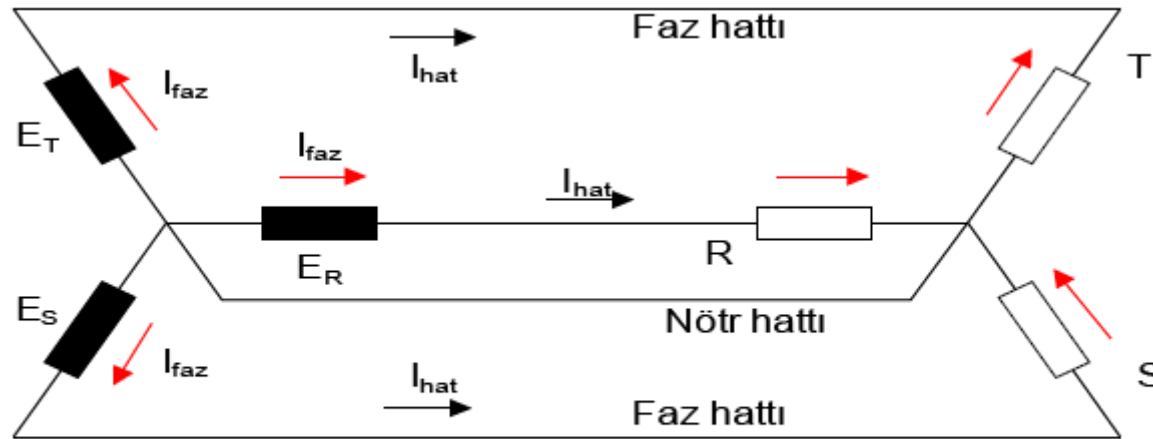
3.6. Dengeli ve Dengesiz Üç Fazlı Sistemler

Üç fazlı bir sistemin her üç faz hattındaki akımların büyüklükleri birbirine eşit ve aralarında da 120° faz farkı varsa üç fazlı sistem dengelidir denir. Dengeli sistemi dengeli yükler oluşturur. Dengeli yüklerin her bir fazının empedansı büyüklük ve faz yönünden birbirine eşittir. Üç fazlı dengeli yüklerle örnek olarak, üç fazlı motorları verebiliriz.

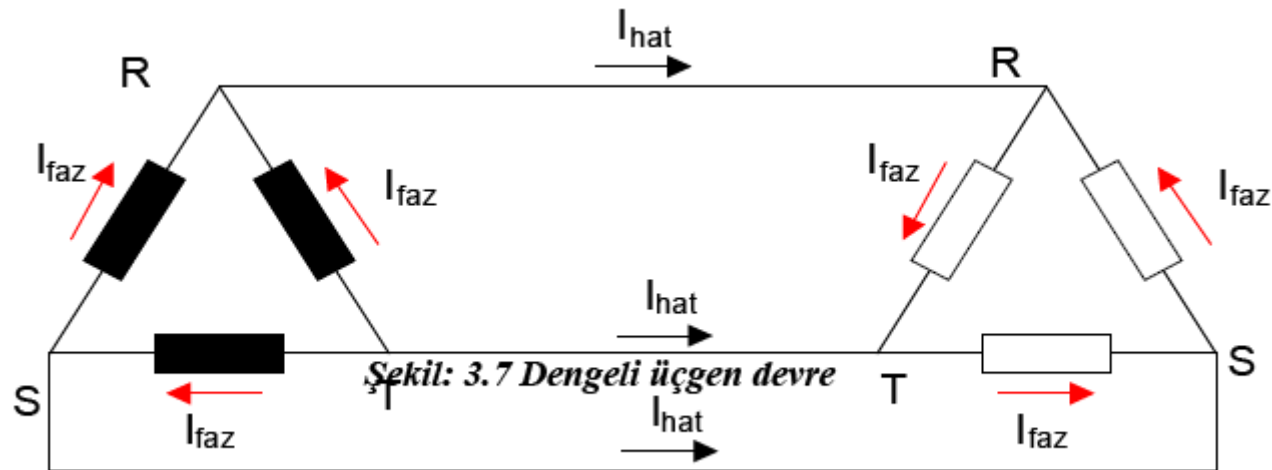
Dengesiz sistemlerin faz empedansları birbirine eşit değildir. Bunun sonucu olarak her bir fazın veya hattın akımları da farklı değerdedir. Dengesiz devrelerde faz sırası önemlidir. Faz sırasının değişmesi ile yükün akımlarında değişebilir. Dengesiz sistemlere örnek olarak üç fazlı ve bir fazlı alıcıların birlikte bulunduğu apartmanları, iş yerlerini ve fabrikaları verebiliriz.

Üç fazlı sistemler yıldız ve üçgen olarak bağlanırlar

bağlantı üçgen ise;	$V_{Hat} = V_{Faz}$	$I_{Hat} = \sqrt{3} \cdot I_{Faz}$
bağlantı yıldız ise;	$V_{Hat} = \sqrt{3} \cdot V_{Faz}$	$I_{Hat} = I_{Faz}$ olur.



Şekil: 3.6 Dengeli yıldız devre



Şekil: 3.7 Dengeli üçgen devre

3.7. Üç Fazlı Sistemlerde Güç

Üç fazlı sistem ister dengeli ister dengesiz olsun, her bir fazın güçlerinin toplamı, devrenin gücünü verir.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Dengeli devrelerde faz güçleri birbirine eşittir. Bir fazın gücü P_{faz} ile gösterilirse, üç fazlı devrenin gücü $P = 3.P_{faz}$ olur.

Dengeli devrede bir fazın gücü $P_{faz} = V_{faz} \cdot i_{faz} \cdot \cos \varphi$ olur. Üç fazlı devrenin gücü için $P_{faz} = 3.V_{faz} \cdot i_{faz} \cdot \cos \varphi$ bulunur.

Dengeli yıldız devrelerde $V_{faz} = \frac{V_{hat}}{\sqrt{3}}$ ve $i_{faz} = i_{hat}$ olduğundan

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{hat} \cdot i_{hat} \cdot \cos \varphi \text{ formülü bulunur.}$$

5. AC MOTORLARI

5.1. DC Motorlarla Karşılaştırılması



Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makineye elektrik motoru denir. Elektrik motorları doğru ve alternatif akım motorları olarak ikiye ayrılır.

Alternatif akım motorları içerisinde en çok kullanılan asenkron motorlardır. Motor sargılarına verilen alternatif akımın meydana getirdiği döner manyetik alanın dönme hızı ile rotor dönme hızı aynı olmayan motorlara asenkron motor denir.

Resim 5.1

Alternatif akım motorları, ucuz olmaları, az bakım gerektirmeleri ve çalışma sırasında ark oluşturmamaları, momentlerinin yüksek olması, frekansı değiştirilerek devir sayılarının büyük sınırlar içerisinde değiştirilebilmesi nedeniyle doğru akım motorlarına göre daha çok tercih edilirler.



5.2. AC Motor Çeşitleri

5.2.1. Bir Fazlı Motor

Ac motorlar bir fazlı olarak da imal edilirler. Bir fazlı AC motorların bir çok çeşidi vardır.Genellikle elektrikli ev aletlerinde çok kullanılırlar.



Resim 5.2

5.2.2. Üç Fazlı Motor

Üç fazlı sistemlerde en çok kullanılan motor asenkron motorlardır. Bir fazlı olarak da imal edilirler. Asenkron motorlar stator, rotor, gövde ve yan kapaklardan oluşur. Alternatif akımın uygulanarak döner manyetik alanın oluştuğu sabit kısma stator denir. Motorda mekanik enerjinin elde edildiği kısma rotor denir.

Stator üç fazlı motorun hareket etmeyen kısmıdır. DC makinelerin indüktörüne benzer. Üç fazlı döner manyetik alan sargıları burada bulunur. Şekil 3.2’de değişik statorlar görülmektedir.



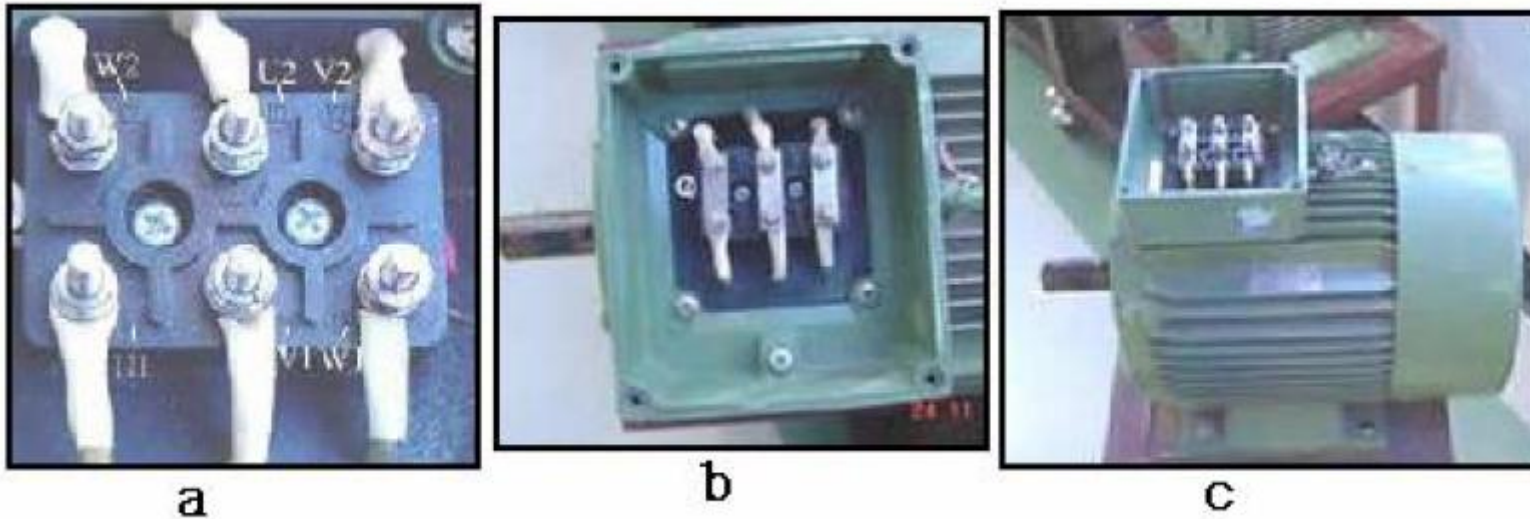
Şekil 3.2: Değişik statorlar

Üç fazlı alternatif akımın oluşturduğu döner alan içerisinde hareket eden sincap kafesli rotor Şekil 3.4’te gösterilmiştir.

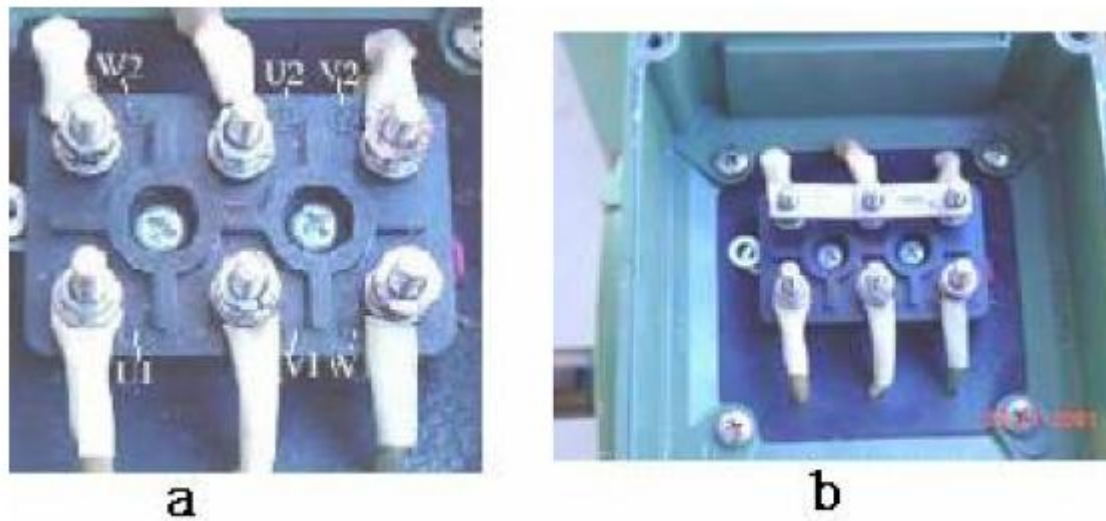


Şekil 3.4: Sincap kafesli rotor

Sincap kafesli [animasyonu](#)



Şekil 3.11: Üçgen bağlantı klemens kutusu



Şekil 3.9: Üç fazlı AC motor klemens kutusu (a), yıldız bağlantı şekli



Üç fazlı asenkron motorlarda stator sargıları motor içerisinde değişik şekillerde bağlandıktan sonra, motor dışına genellikle altı uç çıkartılır. Sargı giriş ve çıkış uçlarının motor dışına çıkartıldığı bölüme klemens bağlantı kutusu denir. Kutu içerisinde altı uçtan oluşan klemens bulunur ve sargı giriş-çıkış uçları bu klemense bağlantı yapılır. Klemensin üç ucuna sargı giriş uçları, diğer üç ucuna da sargı çıkış uçları bağlanır.

Bilindiği gibi üç fazlı asenkron motorlarda sargı uçları,

L₁ Fazı için.....Giriş Ucu : U₁ Çıkış Ucu : U₂

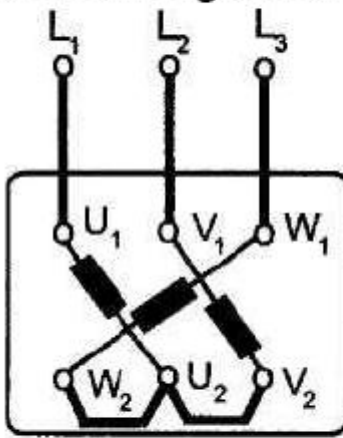
L₂ Fazı için.....Giriş Ucu : V₁ Çıkış Ucu : V₂

L₃ Fazı içinGiriş Ucu : W₁ Çıkış Ucu : W₂ harfleri ile belirtilir.

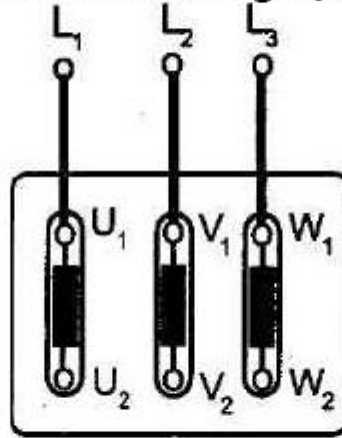
Klemens uçlarına giriş uçları soldan sağa doğru U₁ - V₁ - W₁ sırası ile, çıkış uçları ise W₂ - U₂ - V₂ sırası ile bağlanır.



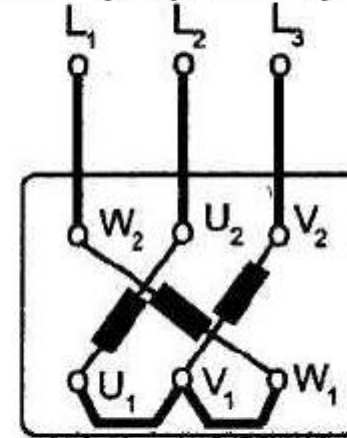
Çıkış uçları W2 - U2 - V2 sırası yerine U2 - V2 - W2 sırası ile bağlanırsa, motorun yıldız çalışması durumunda bir sorun olmaz. Ancak motorun üçgen bağlanması durumunda her fazın giriş ve çıkış uçları bağlantı köprüleri tarafından kısa devre edildiğinden, sargılardan akım geçmez ve motor çalışmaz. (Şekil 8.1.).



Doğru bağlantı



Yanlış bağlantı

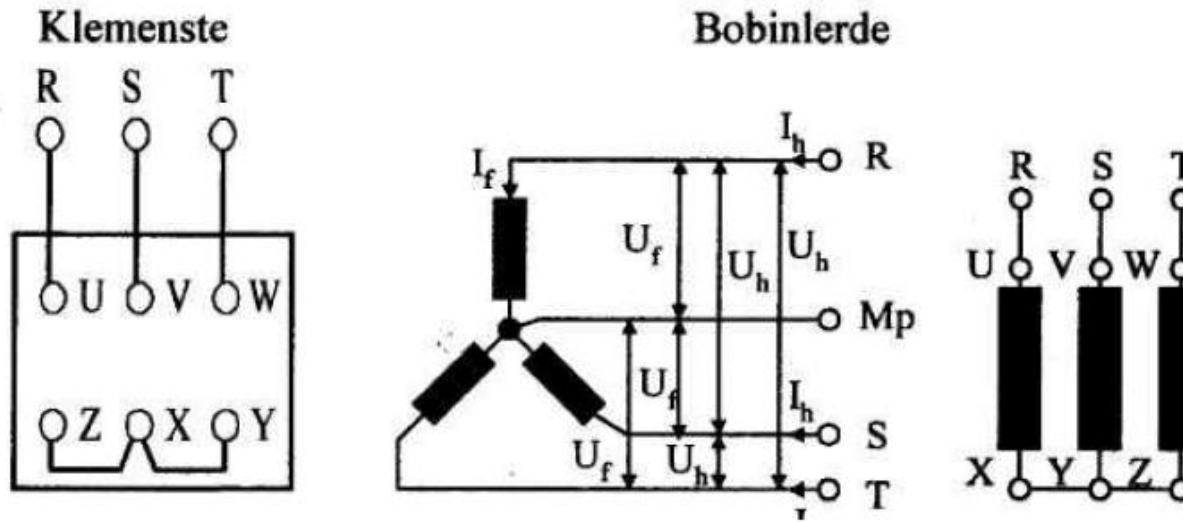


Doğru bağlantı

Şekil 8.1. Klemens bağlantıları

4-Yıldız bağlantısı ve özelliği:

Stator sargılarının giriş uçları olan U- V-W 'ye üç faz (RST) gerilim uygulanıp, sargıların çıkış uçları olan Z-X-Y kısa devre edilirse, bu bağlantıya Yıldız Bağlantı denir (Şekil 8.2.). Yıldız bağlantı A şeklinde gösterilir.



Aynı şekilde yıldız bağlantı, sargıların ZXY uçlarına şebeke gerilimi uygulanıp UVW uçları kısa devre edilerek de yapılabilir. Bu durum, motorun çalışmasında herhangi bir değişiklik meydana getirmez.

Yıldız bağlantıda sargılar arasında 120° faz farkı olduğundan, hat gerilimi faz geriliminin $\sqrt{3}$ katıdır. Bu durum, faz gerilimi hat geriliminin $1 / \sqrt{3}$ 'ü şeklinde de belirtilir. Diğer yandan faz gerilimi, hat geriliminin %58 ' i dir denilebilir ($380 \cdot 0,58 = 220$ V). Hat akımı ise faz akımına eşittir.

5-Üçgen bağlantı ve özellikleri:

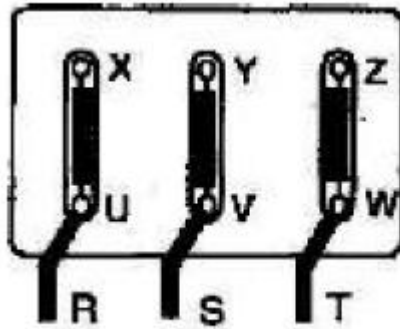
Motor klemensi üzerindeki birinci fazın çıkış ucu ikinci fazın giriş ucu ile, ikinci fazın çıkış ucu üçüncü fazın giriş ucu ile, üçüncü fazın çıkış ucu da birinci fazın giriş ucu ile bağlanırsa, bu şekildeki bağlantıya Üçgen Bağlantı denir.

Klemens bağlantı kutusu konusunda uçların karşılıklı gelmemesi gerektiği söylenmişti. Uçların karşılıklı gelmesi, yıldız bağlantı durumunda sorun çıkarmamasına rağmen üçgen bağlantı durumunda sakıncalıdır.

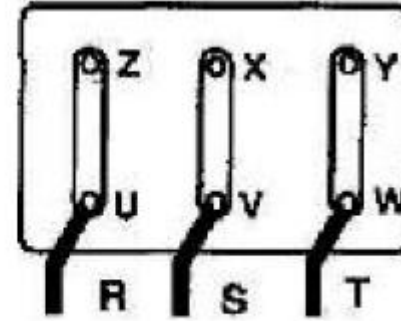
Çünkü Şema 1.4-a 'da da görüldüğü gibi uç bağlantıları pirinç köprülerle yapılırken U-X, V - Y, W - Z uçları birleştirilirse, sargı uçları kısa devre edilir ve birer uçları boş bırakıldığından herhangi bir akım geçişi olmaz ve motor çalışmaz. Bu nedenle uçlar UVW, ZXY sırası ile bağlanır ve pirinç köprülerle UZ ,VX , WY uçları kısa devre edilir.

Üçgen bağlantı A şeklinde sembolize edilir. Bu bağlantıda hat akımı faz akımının

$\sqrt{3}$ katıdır. Bu orana, faz akımı hat akımının $1/\sqrt{3}$ 'ü de denilebilir. Aynı zamanda faz akımı, hat akımının %58'idir. Üçgen bağlantıda hat gerilimi faz gerilimine eşittir.

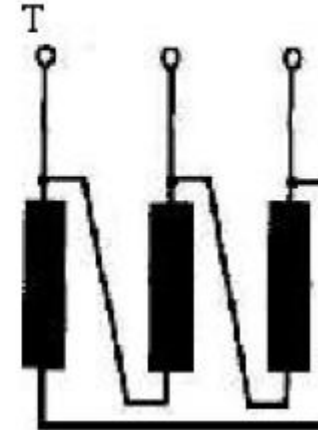
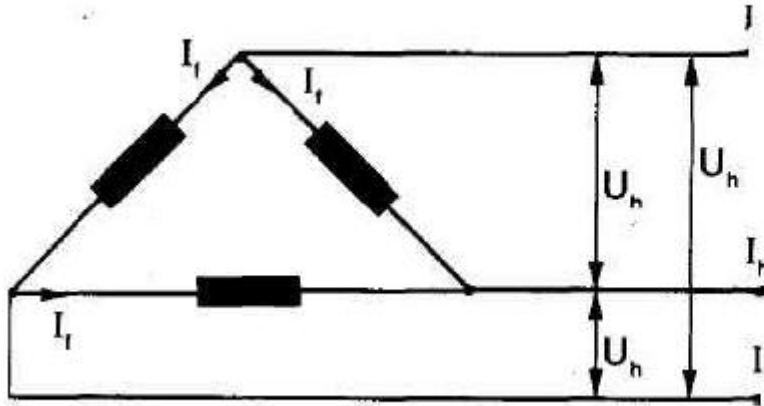


a

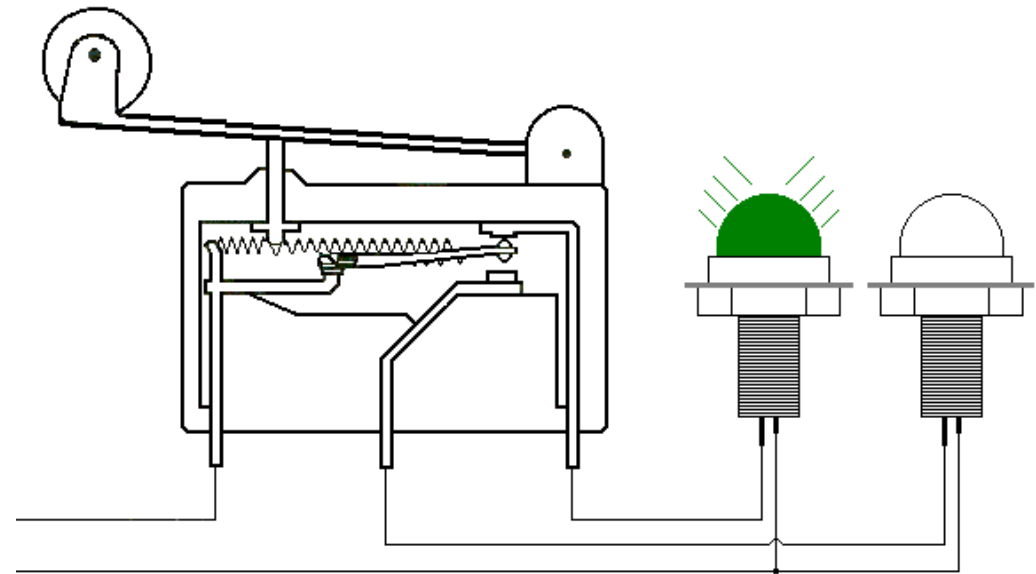
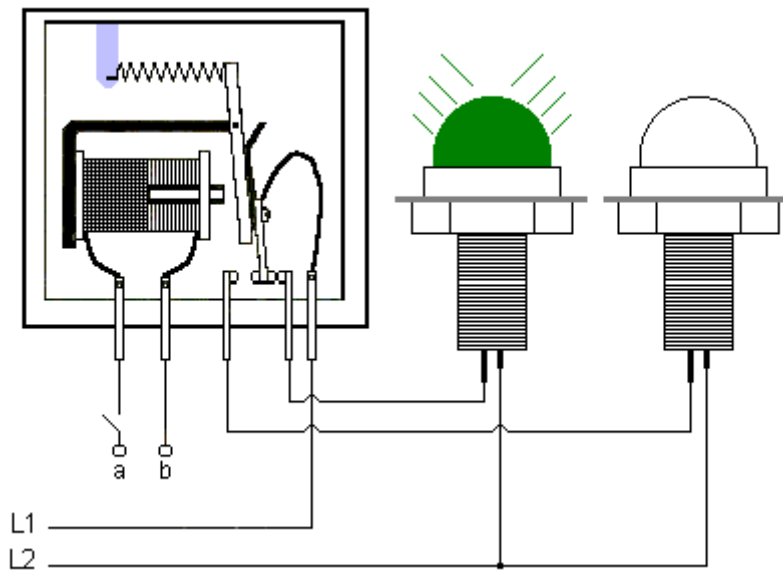
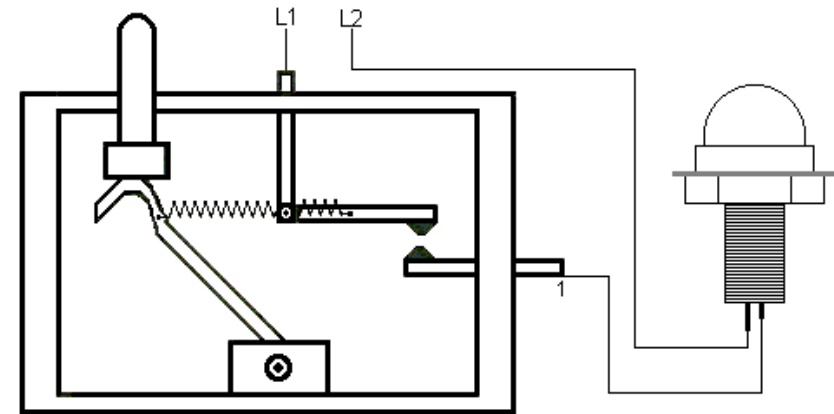
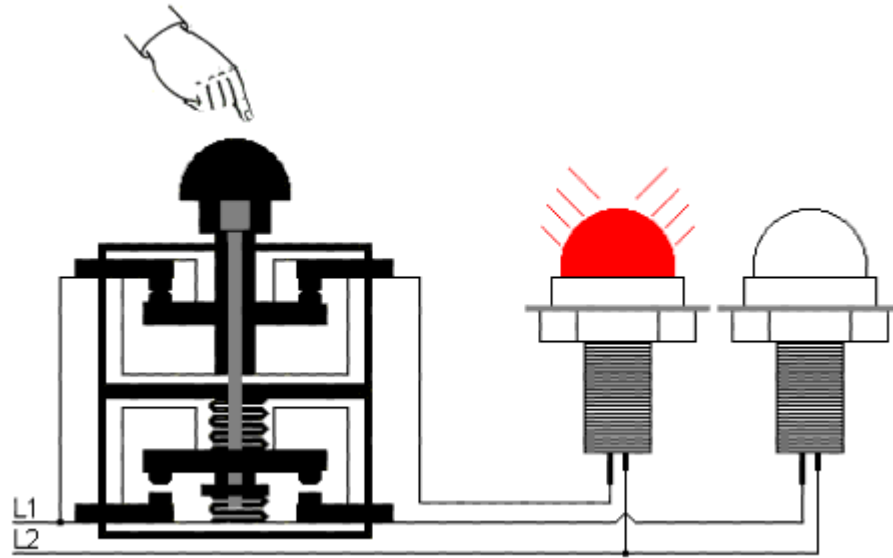


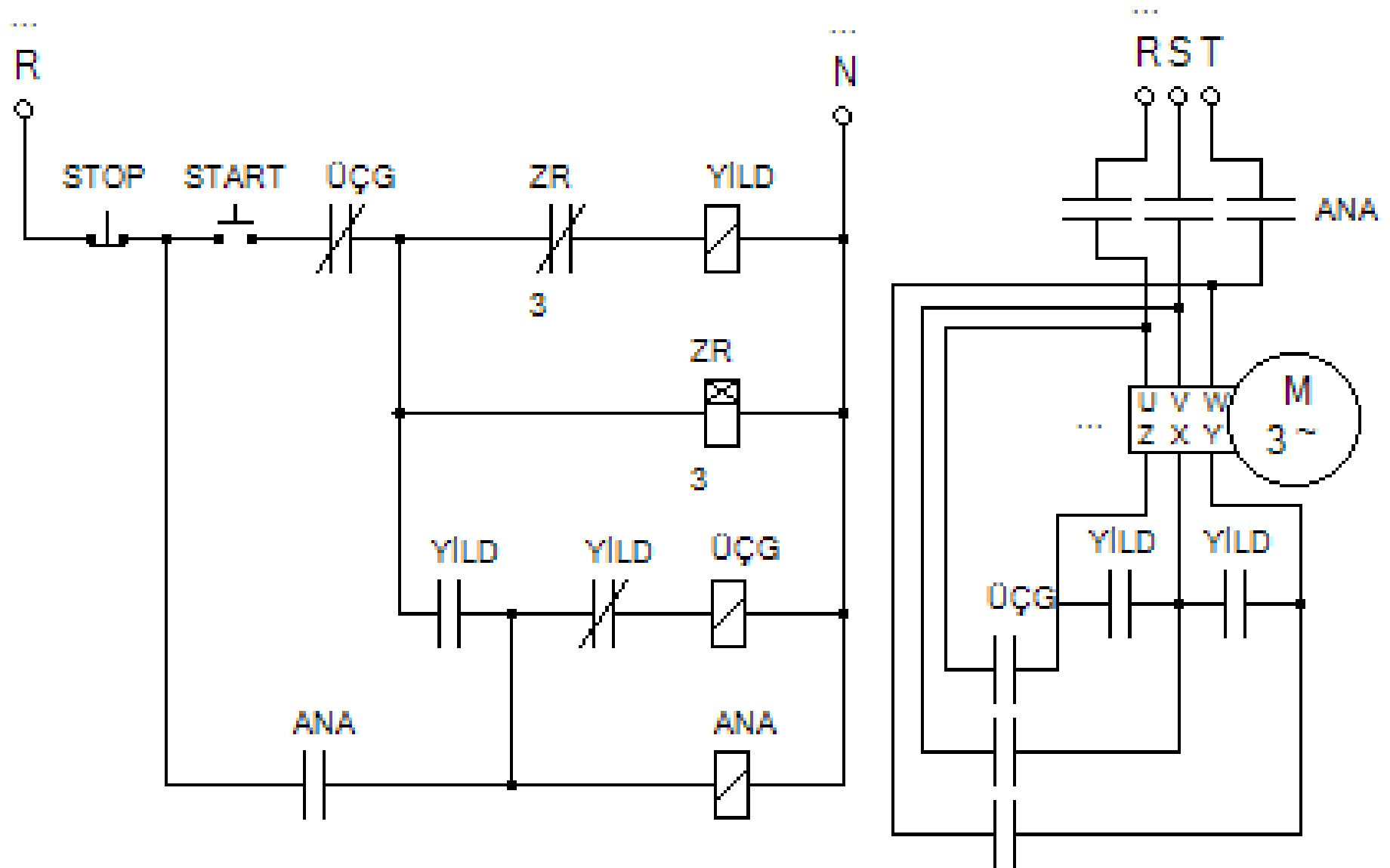
b

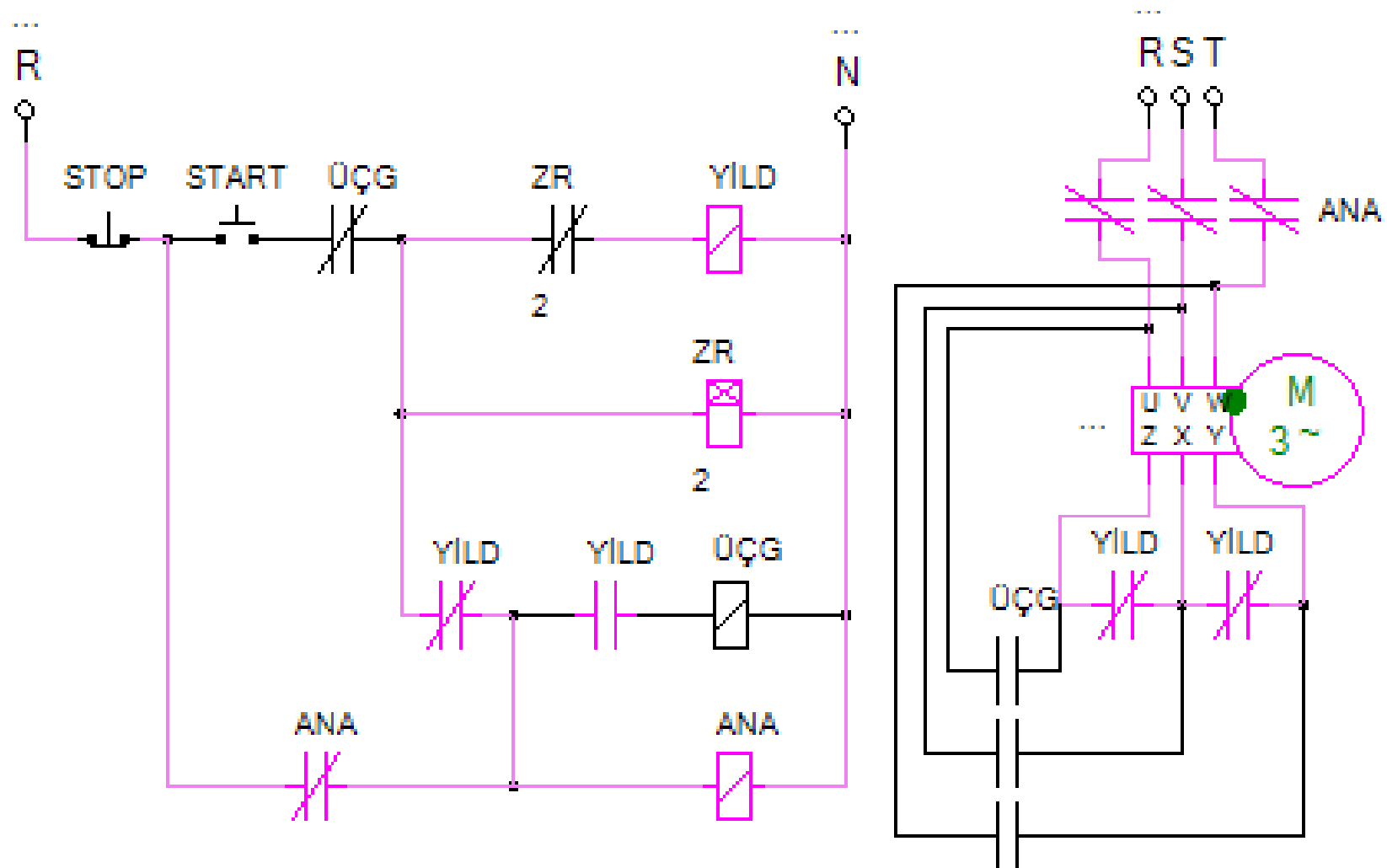
a) Yanlış bağlantı, b) Doğru bağlantı



Motor etiketinde A380 V yazan motorlar üçgen bağlanır. Motor etiketinde 220/380 volt yazması, bir faz sargısına yıldız çalışması durumunda 220 volt, üçgen çalışması durumunda ise 380 volt uygulandığını belirtir.



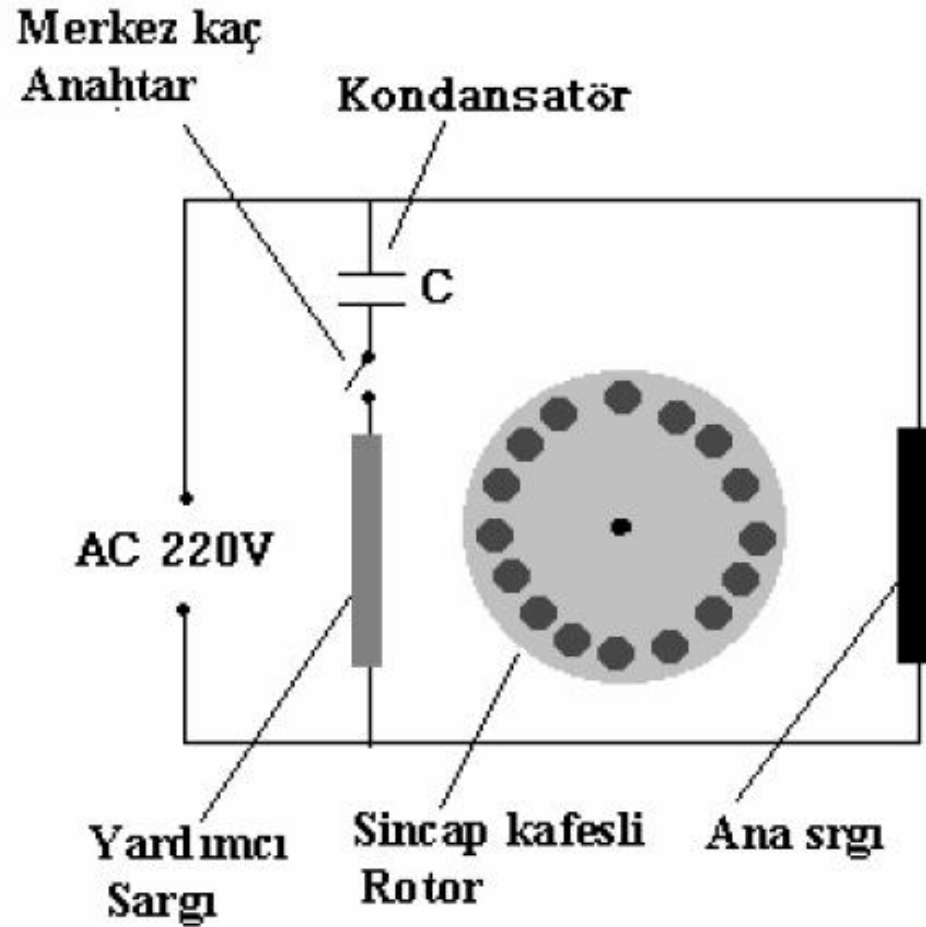






3.13. Yardımcı Sargılı Kalkış Kondansatörlü Bir Fazlı Motorlar

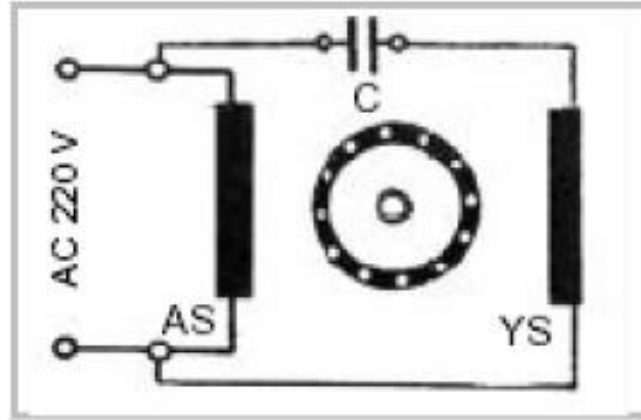
Motor gücüne göre seçilen bir kondansatörün yardımcı sargı devresine seri bağlanması ile elde edilir. İlk kalkınma momentleri normal yük momentlerine göre 3,5-4,5 kat yüksektir.



Şekil 3.21: Yardımcı sargılı kalkış kondansatörlü bir fazlı motor

3.15. Yardımcı Sargılı Daimi Kondansatörlü Bir Fazlı Motorlar

Kondansatör kalkışta ve çalışmada yardımcı sargıyı sürekli devrede tutar. Kondansatör değeri, kondansatör başlatmalıya göre onda bir kadardır. Bu motorlarda merkezkaç anahtarı yoktur. Genellikle bir Hp'den küçük ev aleti, çamaşır makinesi, havalandırma fanı, vantilatör motorları bu tiptir. Şekil 3.24'te daimi kondansatörlü motorun prensip şeması verilmiştir.



Şekil 3.24: Yardımcı sargılı daimi kondansatörlü bir fazlı motor



Asenkron motorlar; Manyetik alan içerisinde bulunan ve içerisinde akım geçen iletkeni etkileyen kuvvet prensibine göre çalışırlar. Asenkron motorlarda rotor iletkenlerinden akım geçişi endüksiyon yolu ile gerçekleşir. Bu nedenle bu motorlara endüksiyon motorları da denir. Çalışma prensibi transformatörlere hemen hemen aynıdır.

Şekil 5.2’de eğrisi verilen üç fazlı alternatif gerilim, stator oluklarına 120 derece faz farklı yerleştirilmiş üç adet bobine uygulanırsa üç fazlı döner alan meydana gelir. Stator sabit olmasına rağmen manyetik alan dönmektedir.

Asenkron motorlarda döner alan hızına **senkron hız** denir. (n_s) ile gösterilir.

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{2p}$$

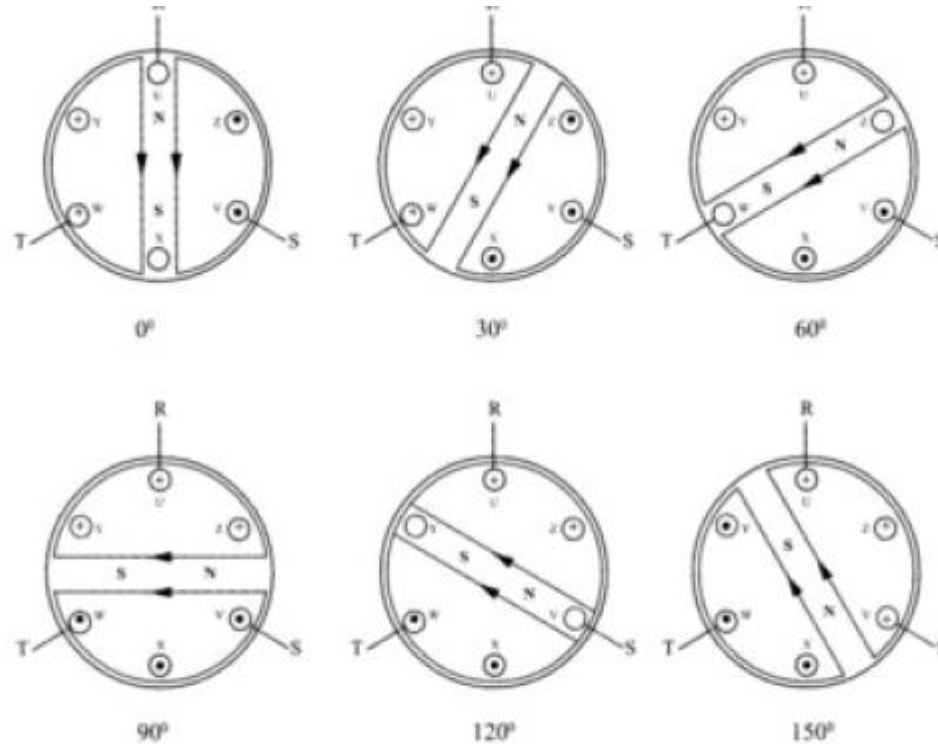
bulunur.

formülü ile

n_s : Senkron devir sayısı

f : Çalışma frekansı

$2p$: Kutup sayısı



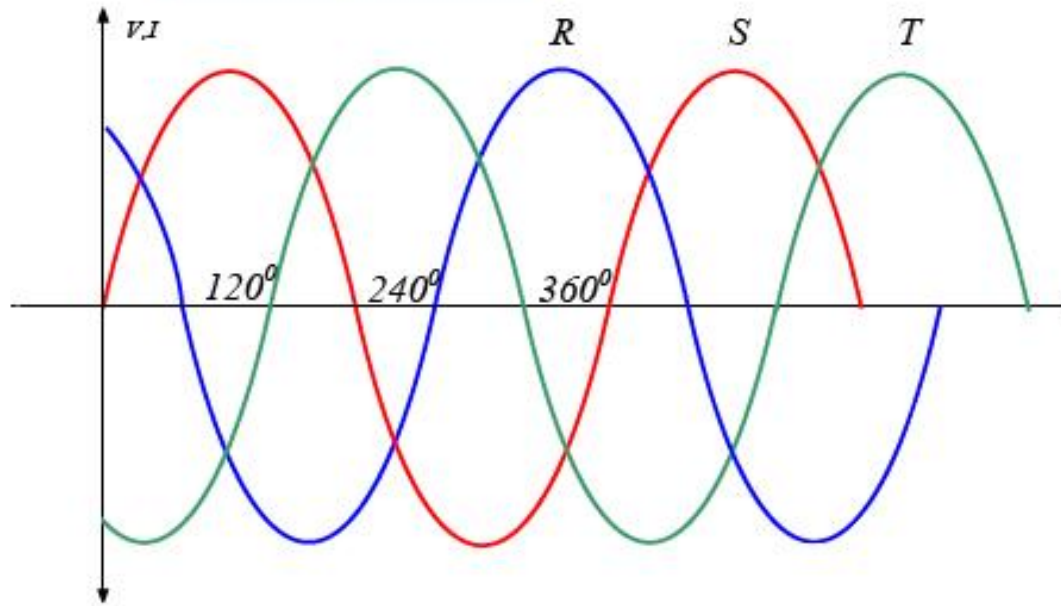
Resim 5.3

Döner manyetik alanın etkisi ile hareket eden rotorun hızına asenkron hız denir. (n_r) ile gösterilir.

Senkron hız ile asenkron hız arasındaki farka kayma denir. Devir cinsinden kayma (n), yüzde cinsinden kayma (s) ile gösterilir.

$$n = n_s - n_r$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \cdot 100$$



Resim 5.4



Örnek: 2 kutuplu 50 Hz frekanslı asenkron motorun senkron devrini hesaplayalım.

Çözüm: $n_s = \frac{120 \cdot f}{2p} = \frac{120 \cdot 50}{2} = 3000 \text{ devir/dk.}$

Örnek: 6 kutuplu 60 Hz frekanslı asenkron motorun rotor devri 1140 d/dk. olduğuna göre devir ve yüzde cinsinden kaymayı bulunuz.

Çözüm: $n_s = \frac{120 \cdot f}{2p} = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1200 \text{ devir/dk.}$

$$n = n_s - n_r = 1200 - 1140 = 60$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \cdot 100 = \frac{1200 - 1140}{1200} \cdot 100 = \%5$$

Aşırı Akım Röleleri

DC ya da AC ile çalışan motorlar, herhangi bir nedenle normal değer in üzerinde akım çektiğinde sargıların ve tesisatın zarar görmemesi için akımın en kısa sürede kesilmesi gerekir. Motorun akımını kesme işleminde kullanılan aşırı akım röleleri manyetik ve termik esaslı olmak üzere iki çeşittir (Resim 2.9). Şimdi bunların yapısını ve özelliklerini inceleyelim.

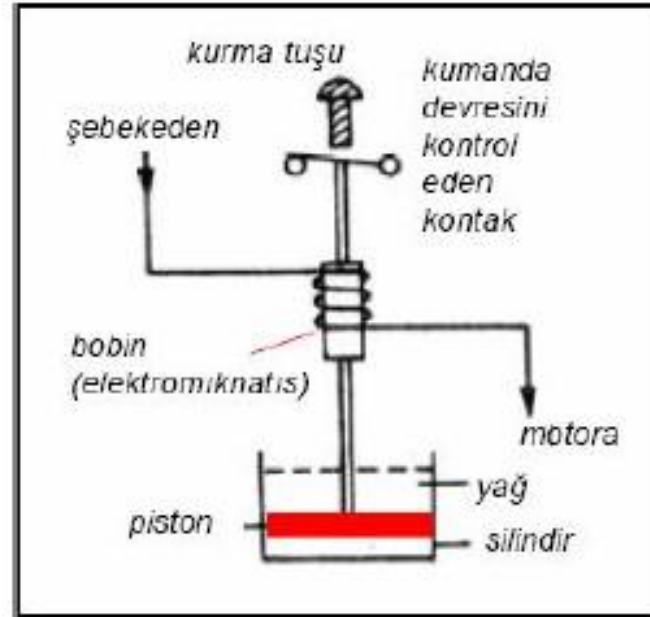


Resim 2.9: Aşırı akım rölesi

➤ Manyetik Aşırı Akım Rölesi

Elektrik akımının manyetik alan etkisiyle çalışan rölelerdir.

Bu elemanlar şekil 2.12’ de görüldüğü gibi elektromıknatıs, kontak ve geciktirici düzenek olmak üzere üç kısımdan oluşur.



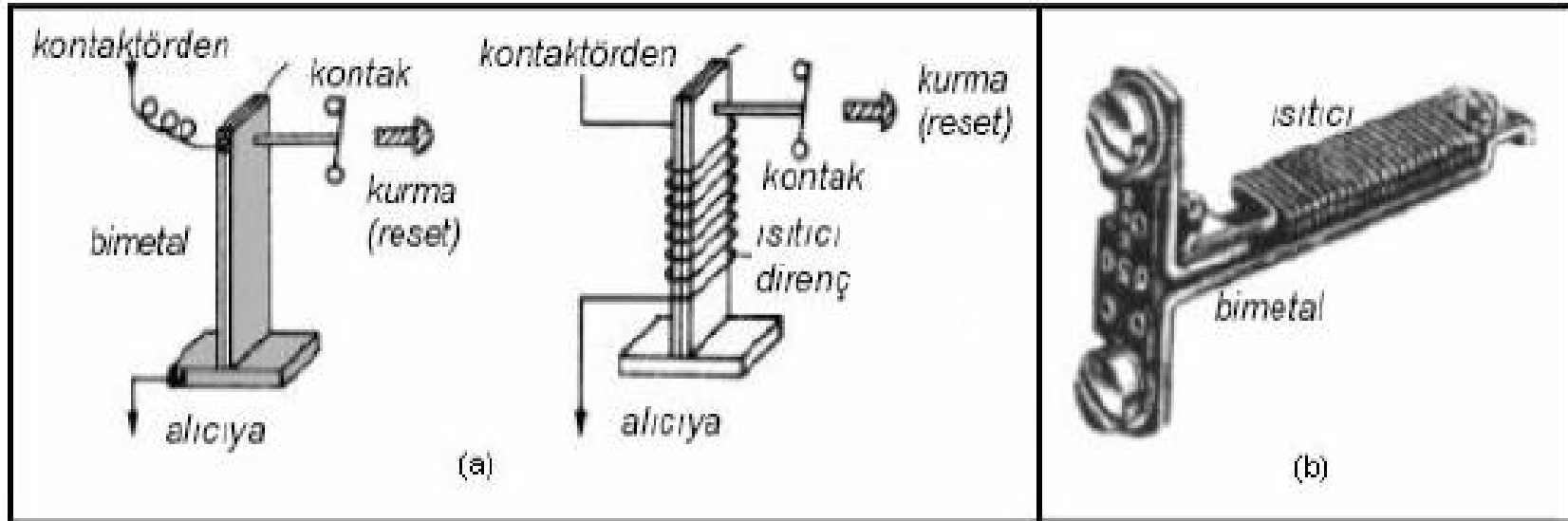
Şekil 2.12: Manyetik aşırı akım rölesinin yapısı

Röle devredeyken elektromıknatısın bobininden motorun akımı da geçer. Motor herhangi bir nedenle normalin üzerinde akım çekmeye başlarsa, bobinin oluşturduğu mıknatısiyet artar ve nüveyi yukarı doğru çekmek ister. Nüve, içinde yağ bulunan pistondan oluşmuş yavaşlatıcı bir düzeneğe frenlendiğinden hemen yukarı doğru hareket edemez. Alıcının çektiği aşırı akım, 1–2 dakika boyunca sürecekle olursa piston düzeneği yukarı doğru kaymayı sürdürür. Sonuçta nüve yukarı çıktığından kumanda kontaktları konum değiştirilerek motoru çalıştıran kontaktörün akımının kesilmesine yol açar. Reset (yeniden kurma) butonuna basıldığı takdirde motor yeniden çalıştırılabilir.

➤ Termik Aşırı Akım Rölesi

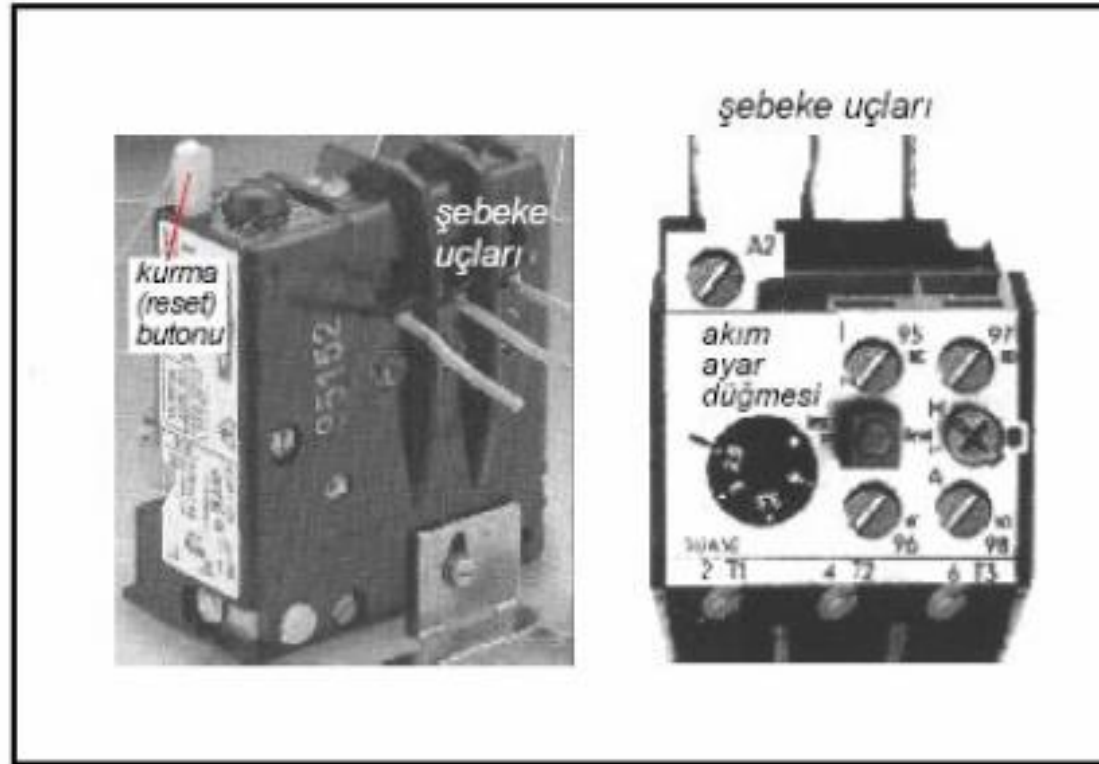
Her metalin ısı karşısındaki davranışı farklıdır.

Bazı metaller sıcakta çok genişlerken, bazıları da az genişler. Bu davranış farkından yararlanılarak bimetal adı verilen düzenekler geliştirilmiştir. Bimetal, ısındığında farklı uzunlukta genişleyen ayrı cins iki metal şeridin birleştirilmesiyle oluşmuştur (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: a) Direkt ve endirekt termik aşırı akım rölesinin yapısı

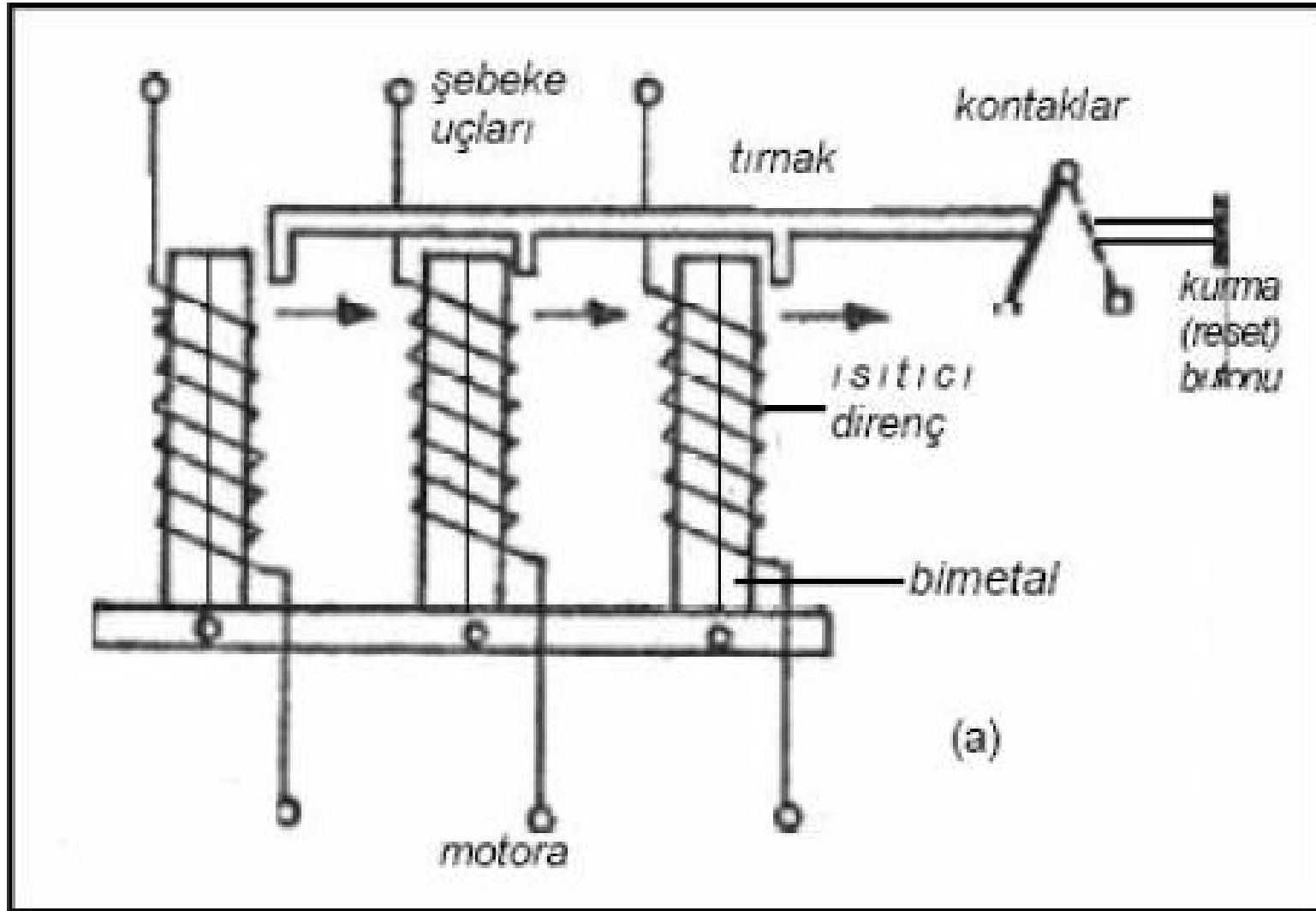
b) Bimetalin yapısı



Resim 2.10: Termik aşırı akım rölesi

Bir fazlı alıcılar için tasarlanan termik koruyucular, motor akımı aşırı derecede arttığında ısınarak konum değiştiren bimetal düzeneğinden oluşmaktadır.

Üç fazlı alıcılar için tasarlanan röleler, motorun akımı resimde görüldüğü gibi üç bimetal üzerine sarılmış krom-nikel direnç tellerinden geçmektedir (şekil 2.14).



Şekil 2.14: Termik aşırı akım rölesinin uç bağlanması



2.2.4. Gerilim Koruma Rölesi

➤ Aşırı Gerilim Koruma

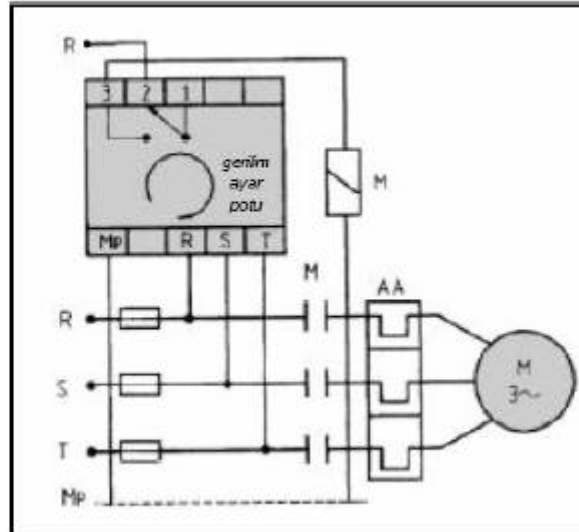
Asenkron motorlara uygulanan gerilim $+ \% 10'$ u aştığında sargılarda oluşan ısı artar. Bu da istenmeyen durumdur ve motora zarar verir. Bunu önlemek için gerilimin $\% 10$ aştığı durumlarda aşırı gerilim koruma rölesi kullanılır.

➤ Düşük Gerilim Koruma

Asenkron motorlara uygulanan gerilim $\% 10$ nun altına düştüğü durumlarda motoru korumak için düşük gerilim koruma rölesi kullanılır.

➤ Aşırı-Düşük Gerilim Koruma

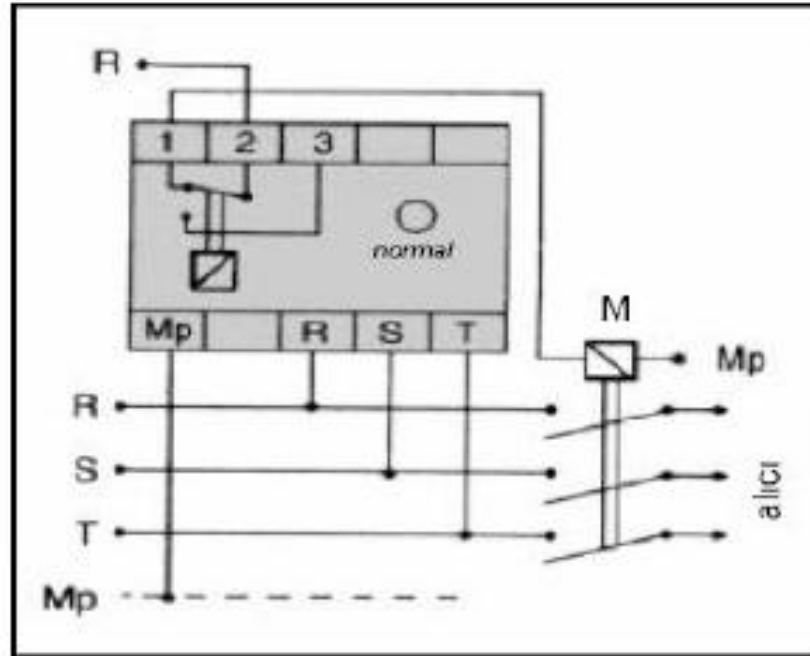
Asenkron motorlar, $\pm \% 10$ 'luk gerilim değişimlerinde normal çalışırlar. Gerilimin daha fazla yükselmesi ya da düşmesi hâlinde motor akımı artar. Bu durum, sargılarda oluşan ısıyı artırır. Düşük gerilim rölesi, gerilimin, anma değerinin $\% 10$ altına düşmesi hâlinde aşırı gerilim rölesi ise gerilimin $\% 10$ fazla artması hâlinde devreyi açar (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Aşırı ve düşük gerilim koruma rölesinin bağlantı şeması

2.2.5. Faz Sırası Rölesi

Üç fazlı asenkron motorlar da fazların ikisi yer değiştirdiğinde rotorun dönüş yönü değişmektedir. Motorun dönüş yönünün istem dışı olarak değişmesinin istenmediği tesislerde (asensör, kompresör... vb.) elektronik yapıli faz sırası rölesi kullanılır. Bu röleler, motoru iki faz yer değiştirdiğinde devreden çıkartır (şekil 2.16'da devre bağlantısı verilmiştir).



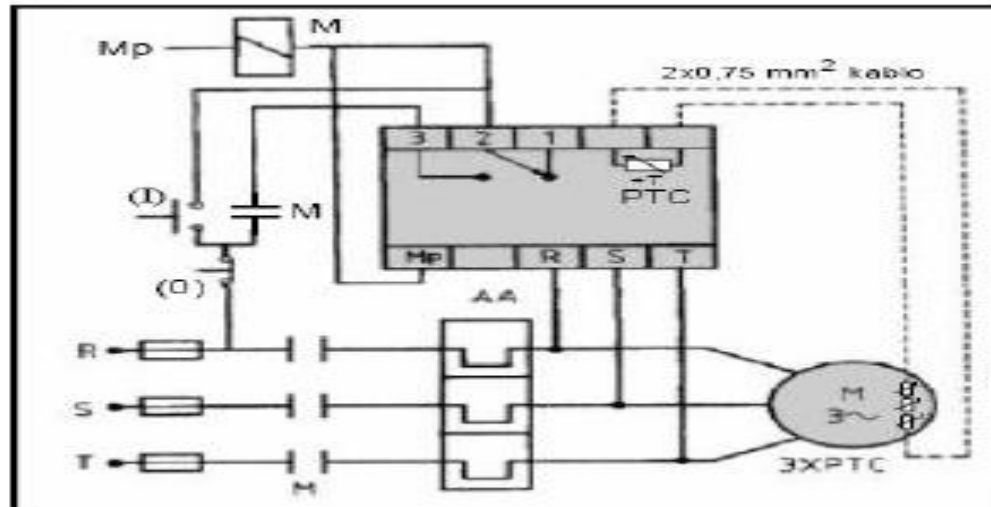
Şekil 2.16: Faz sırası rölesinin devreye bağlanması

2.2.6. Faz Koruma Rölesi

Üç faz ile çalışan motorlarda R-S-T fazlarından birisi kesildiğinde motor çalışmaya devam eder. Ancak bu çalışma şekli, son derece tehlikeli ve istenmeyen bir durumdur. Çünkü üç faz ile çalışacak şekilde üretilmiş motor, iki faza kaldığı zaman şebekeden yüksek akım çekmeye başlar. Yüksek akım ise sargıları ısıtır. Isınan sargılarının izolesi (vernik) eriyerek kısa devreye neden olur. Kısa devre ise motorun bozulmasına yol açar.

İşte bu durumu önlemek için sigorta, termik vb. gibi koruyuculara ilave olarak elektronik yapıli faz koruma röleleri üretilmiştir (Şekil 2.17).

Günümüzde üretilen faz koruma röleleri hem çok ucuzlamış hem de çok işlevli hâle gelmiştir. Şöyle ki, faz koruma röleleri motoru faz kesilmesine, fazların geriliminin $\pm\% 10 - 20$ değişmesine ve sargıların aşırı ısınmasına karşı koruma yapabilmektedir.



Şekil2.17: Faz koruma rölesinin devreye bağlantısı

2.2.7. Frekans Koruma Röleleri

Asenkron motorların stator sargılarında oluşan manyetik akının değeri, bütün yüklerde gerilimle doğru, frekansla ters orantılıdır. Anma gerilim ve anma frekansında çalışan motorun momenti anma değerindedir. Gerilimi sabit tutarak frekans azalırsa manyetik akı artar, frekans artırılırsa manyetik akı azalır. Bu sebeplerden dolayı frekans koruma röleleri kullanılmaktadır.

➤ Aşırı Frekans Koruma

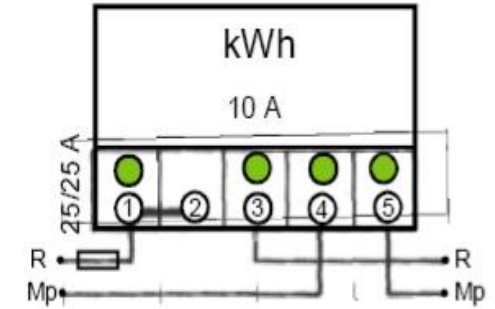
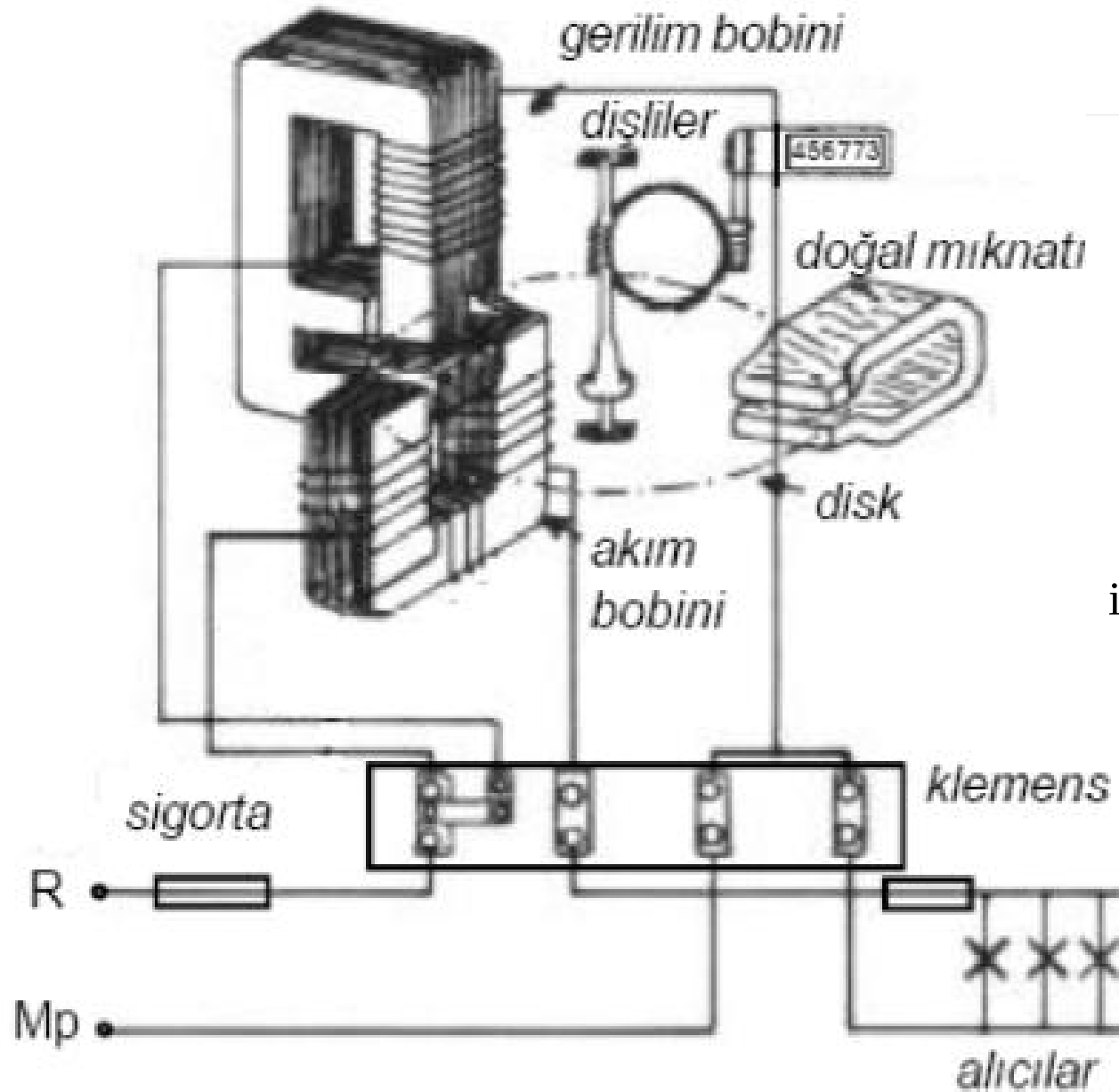
Asenkron motor, artan frekanslarda anma hızının üzerindeki hızlarda motor, anma momenti ile yüklenmez. Artan frekanslarda demir kayıpları, hızın yükselmesinden sürtünme ve rüzar kayıpları artar. Bunun sonucu kayıplar arttığından verim düşer. Bu gibi durumlar için aşırı frekans koruma röleleri kullanılır.

➤ Düşük frekans koruma

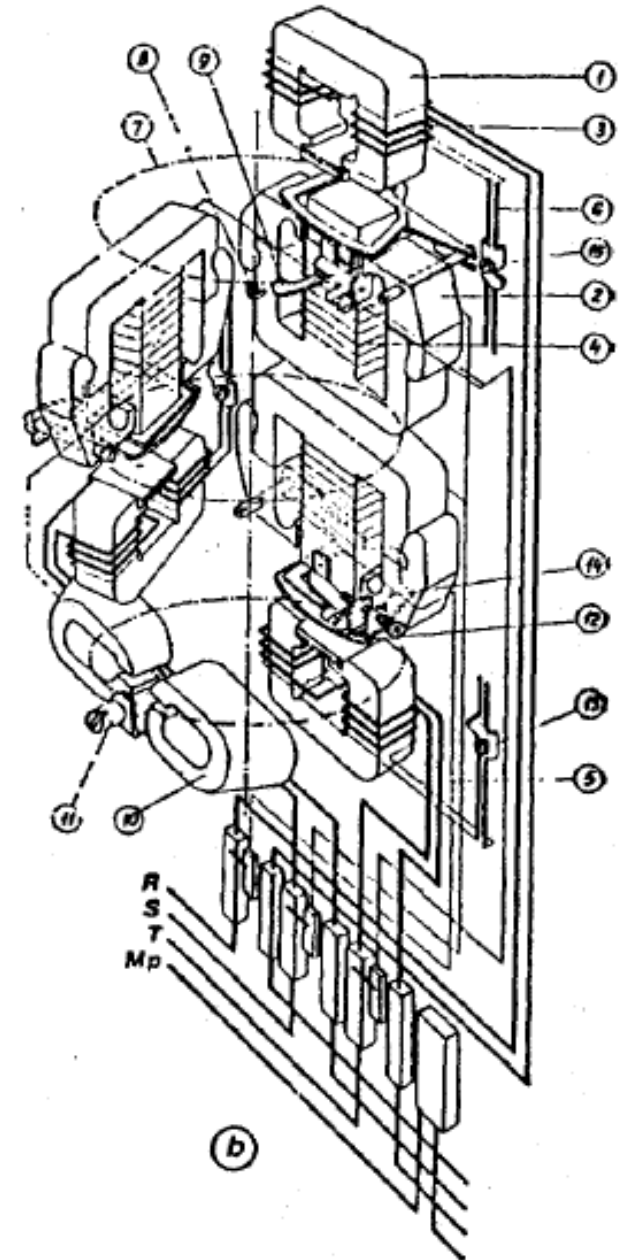
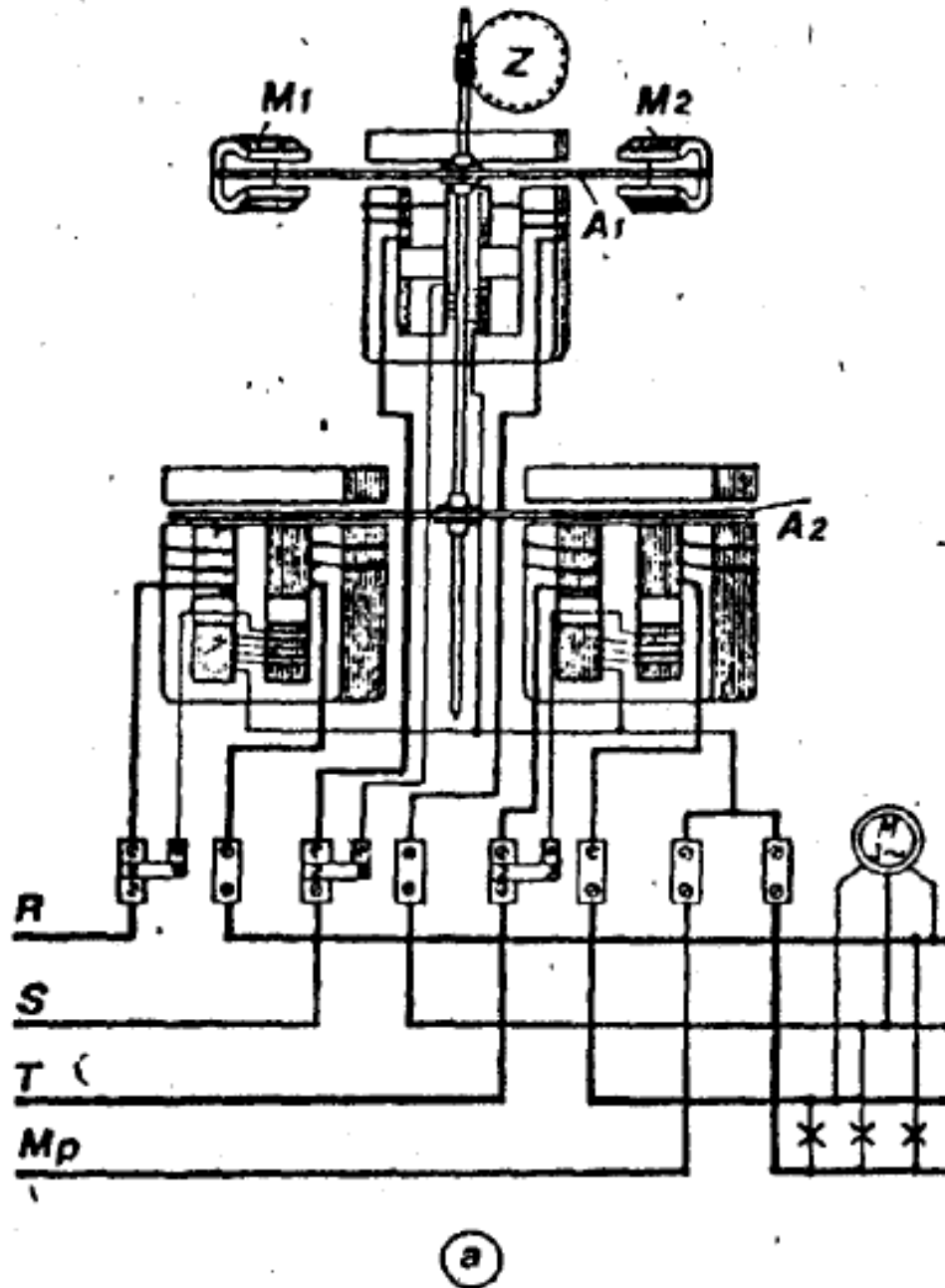
Asenkron motorun, düşük frekansta çalışmada hız azaldığından soğutma pervanesinin soğutması yetersiz kalır ve motor ısınır. Dolayısıyla bu durum motora zarar verebilir. Bu sakıncalı durumu önlemek için düşük frekans koruma rölesi kullanılır.

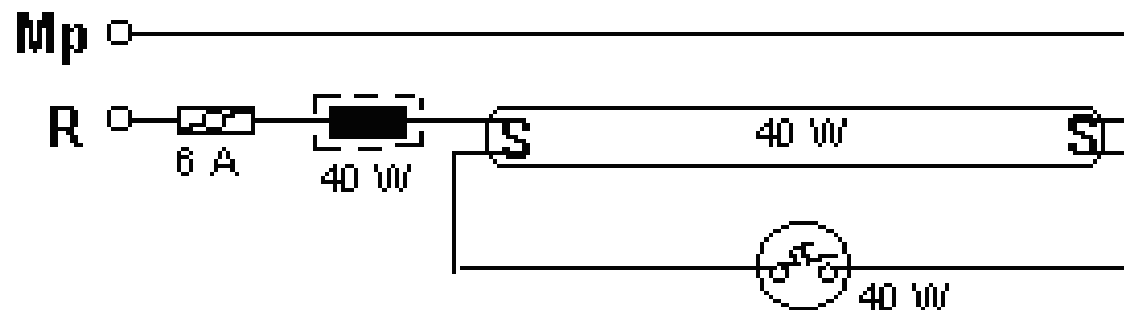
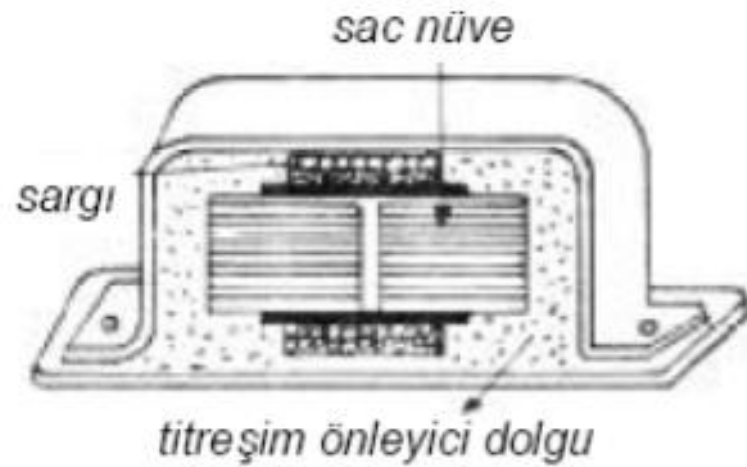
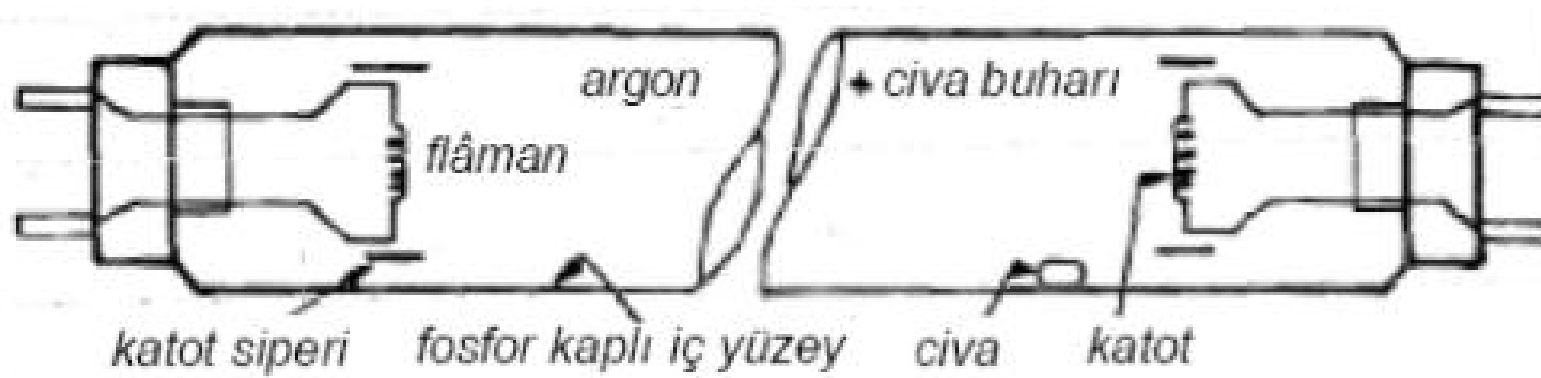


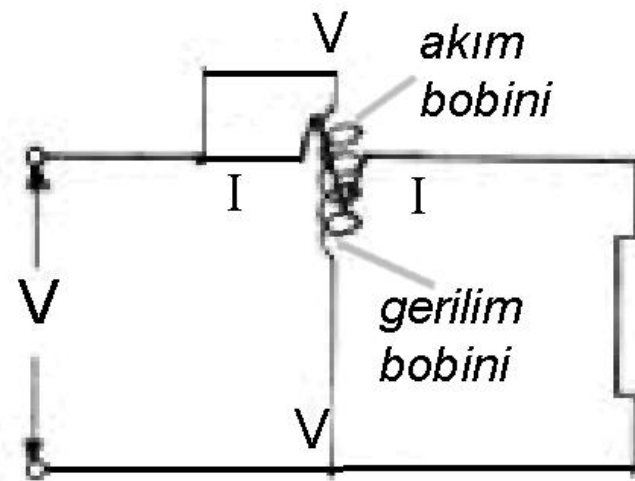
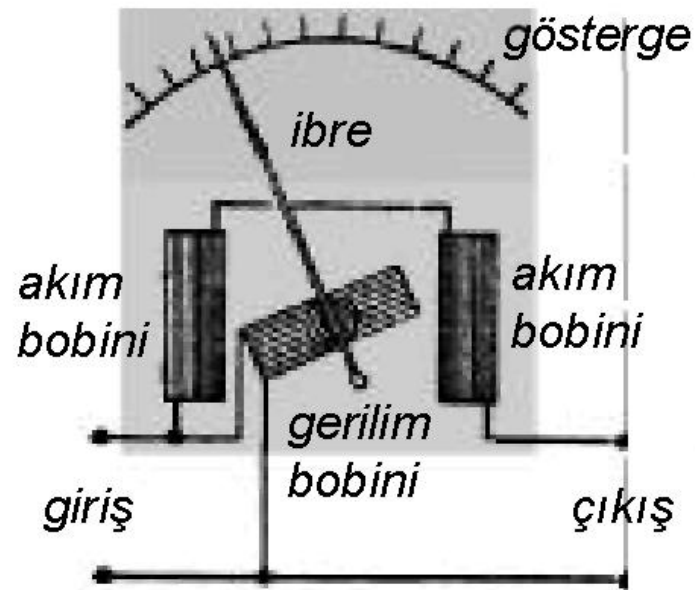
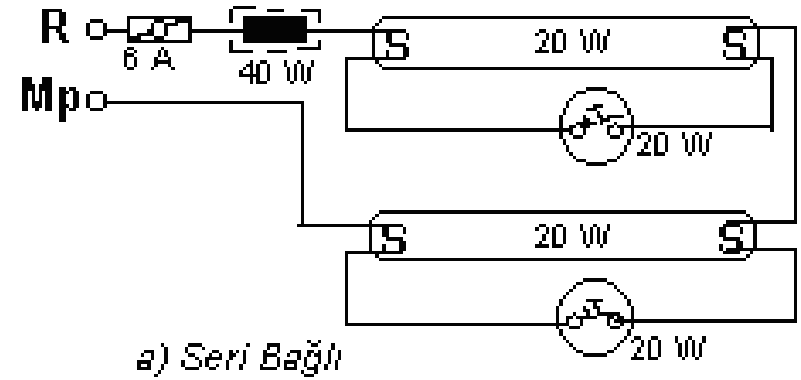
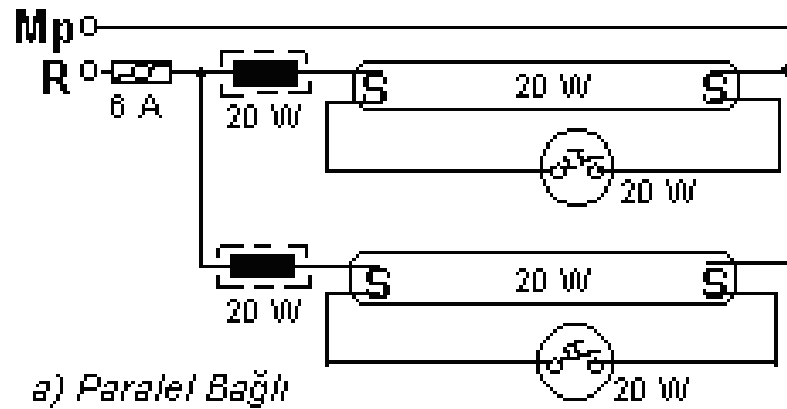




Bir fazlı aktif sayacın
iç yapısı ve bağlantısı







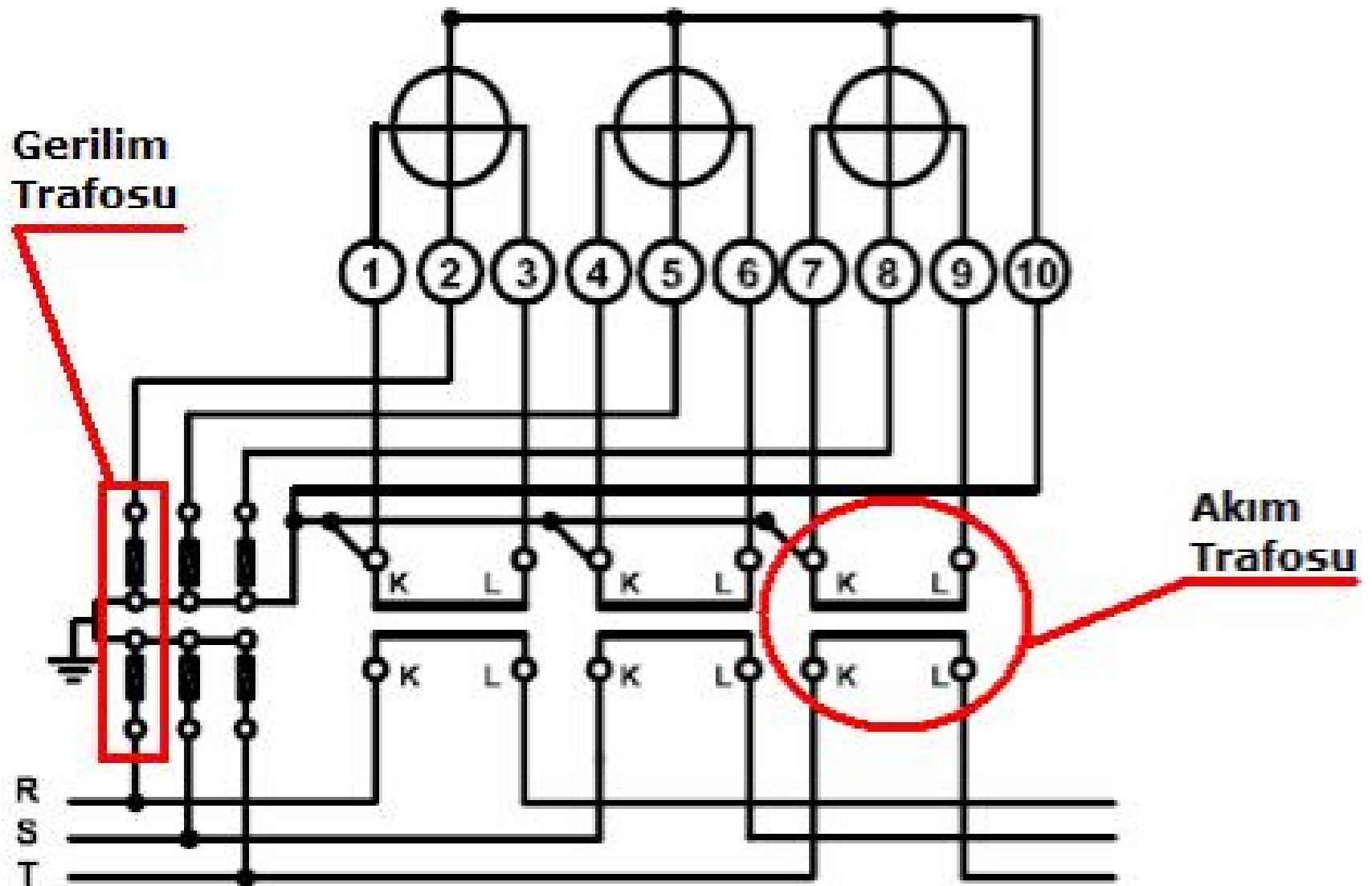
Şekil 7.9. Wattmetrenin iç yapısı.



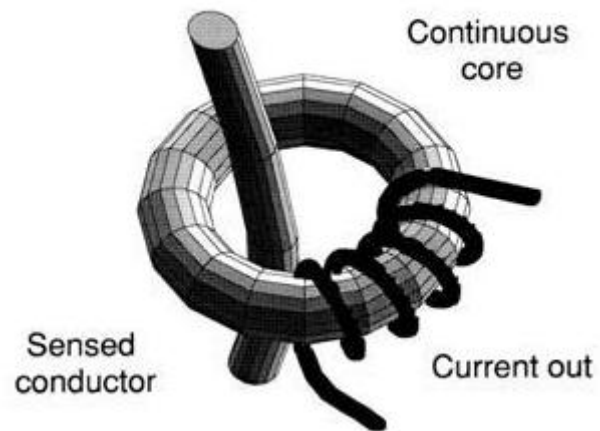
Şekilde gösterilen sayacı tesisata bağlayacak şemayı çiziniz

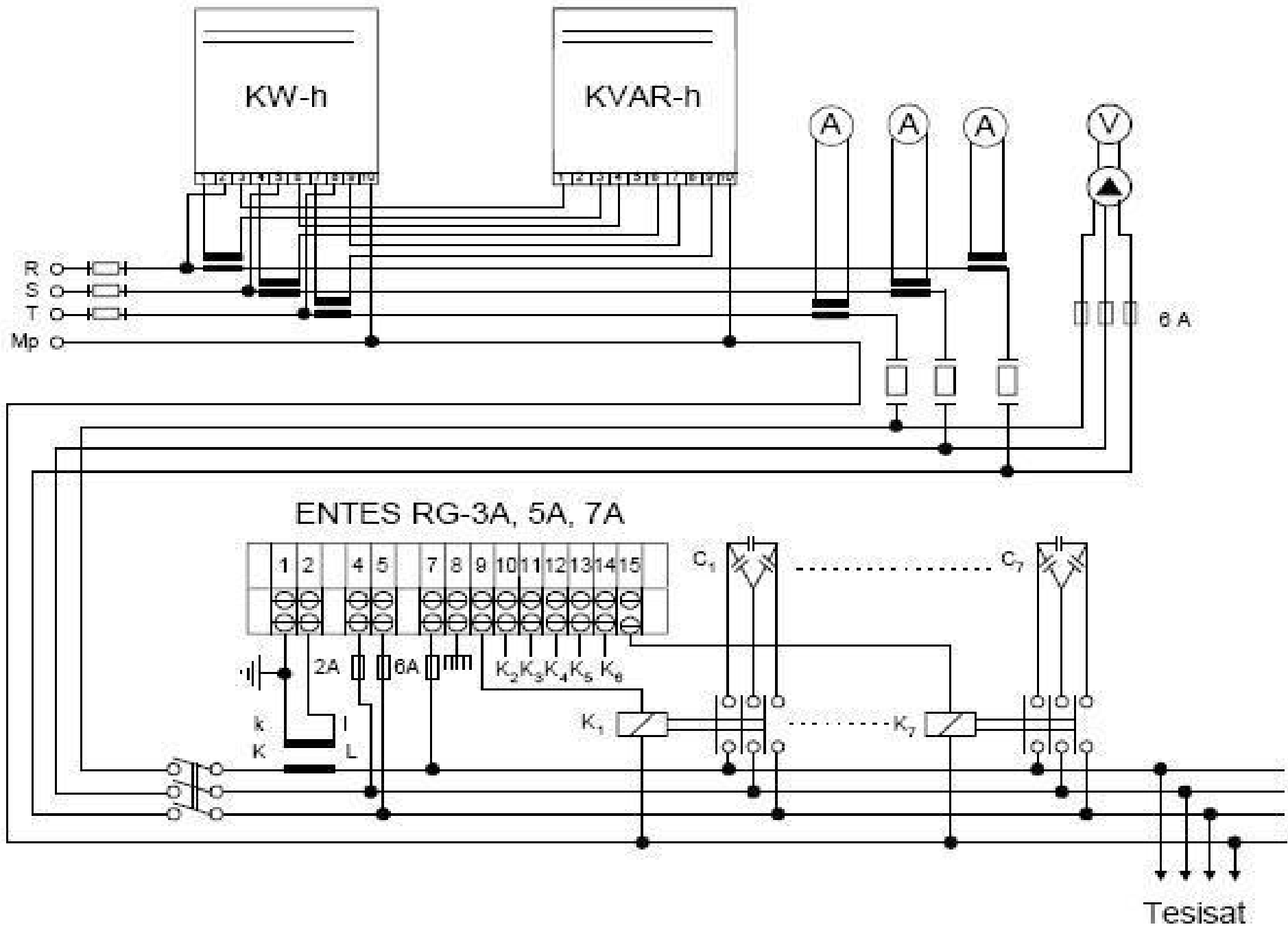


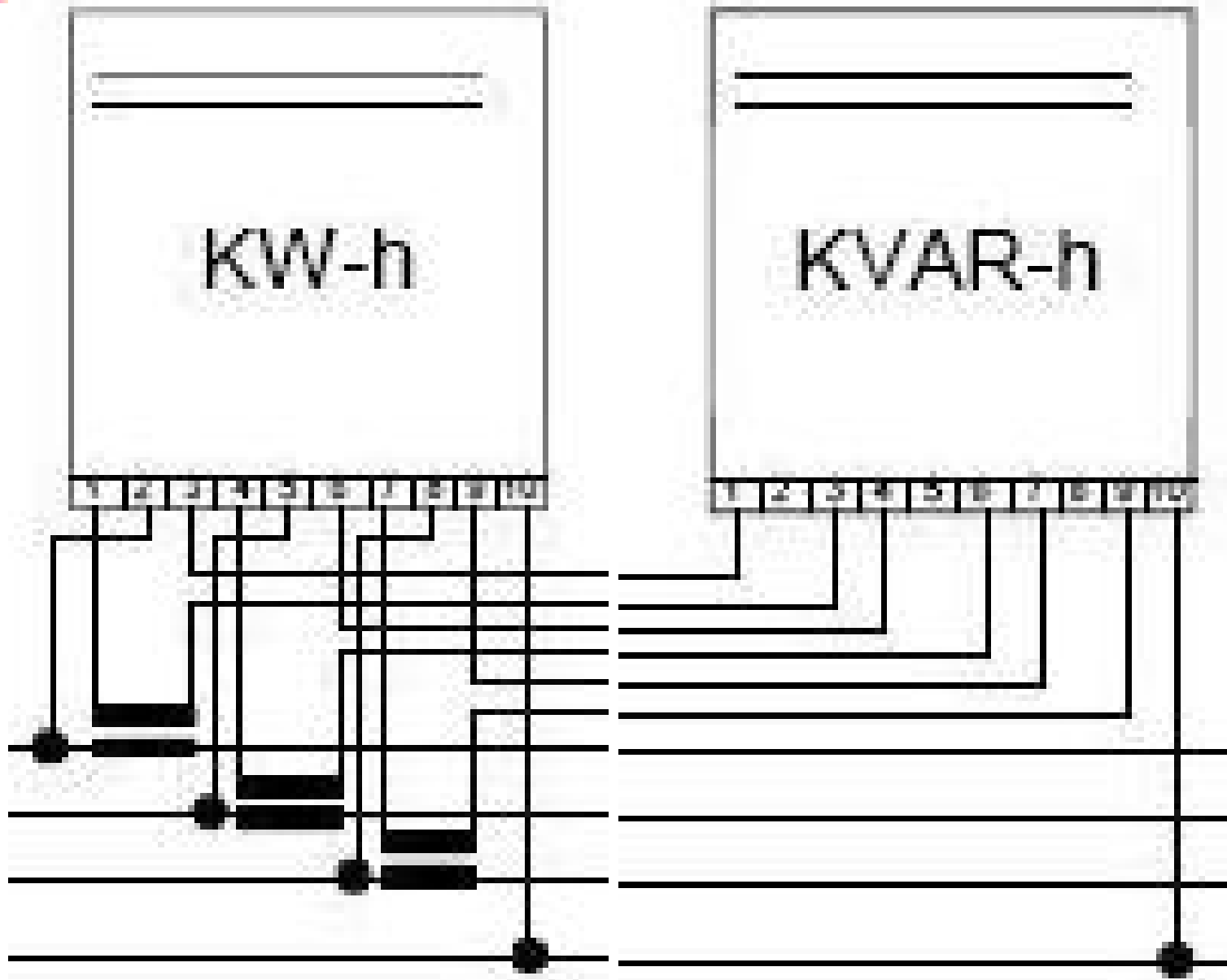
Şekilde gösterilen sayacı tesisata bağlayacak şemayı çiziniz

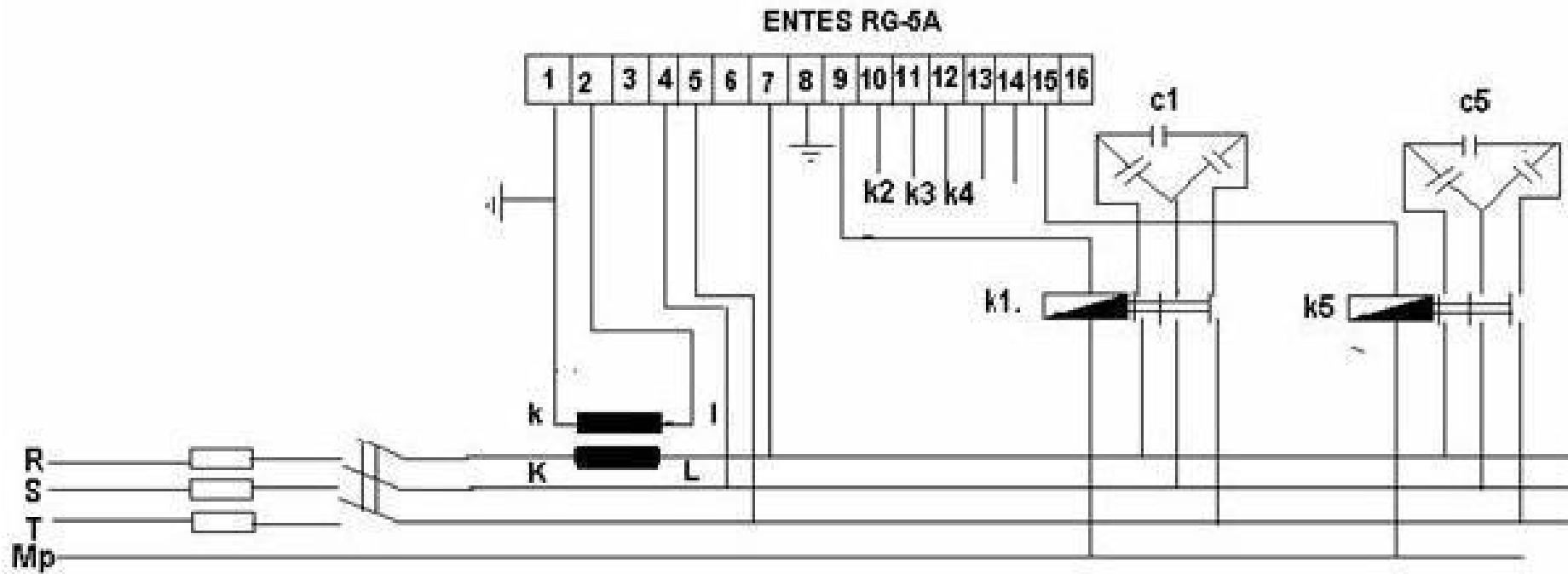


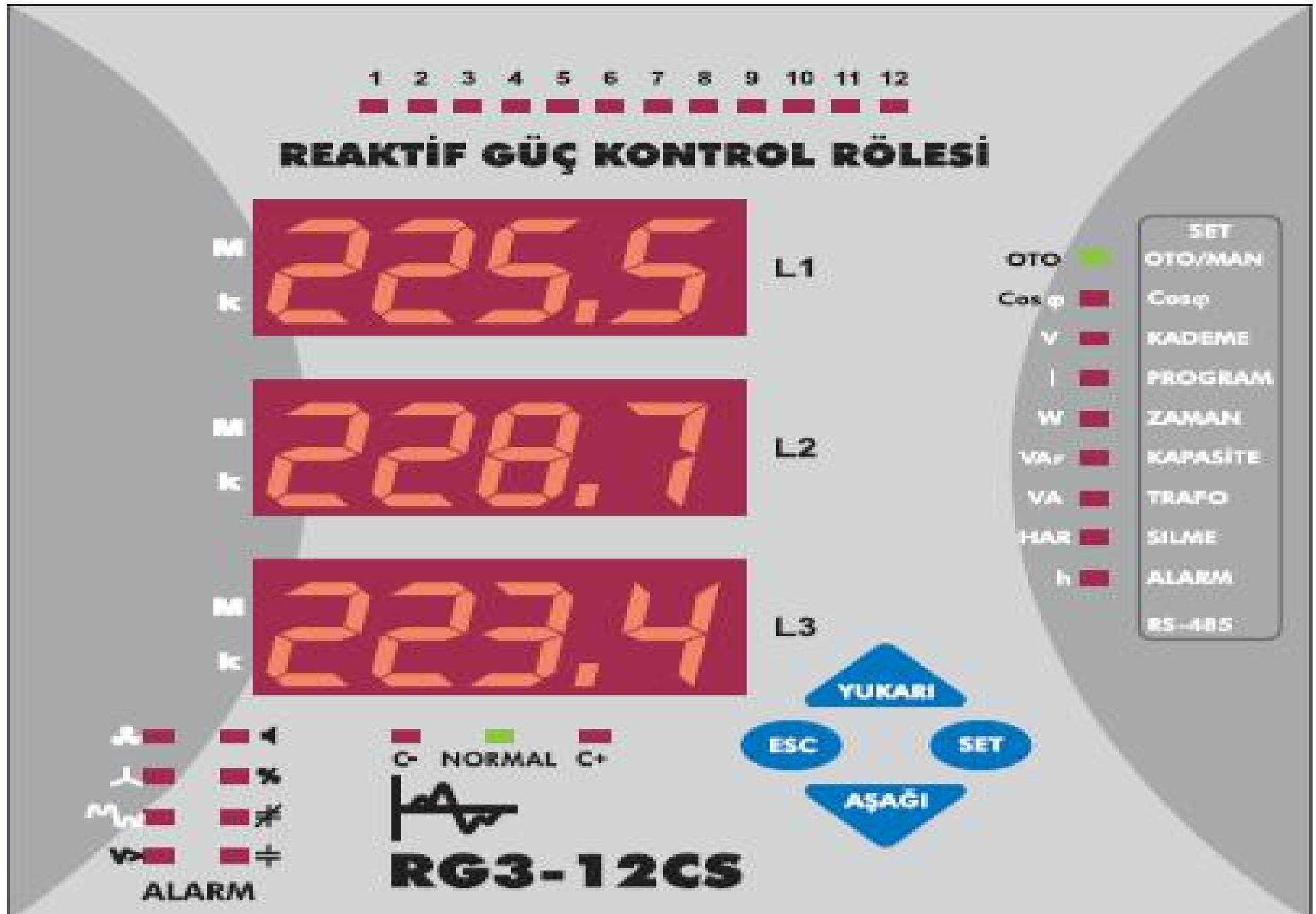


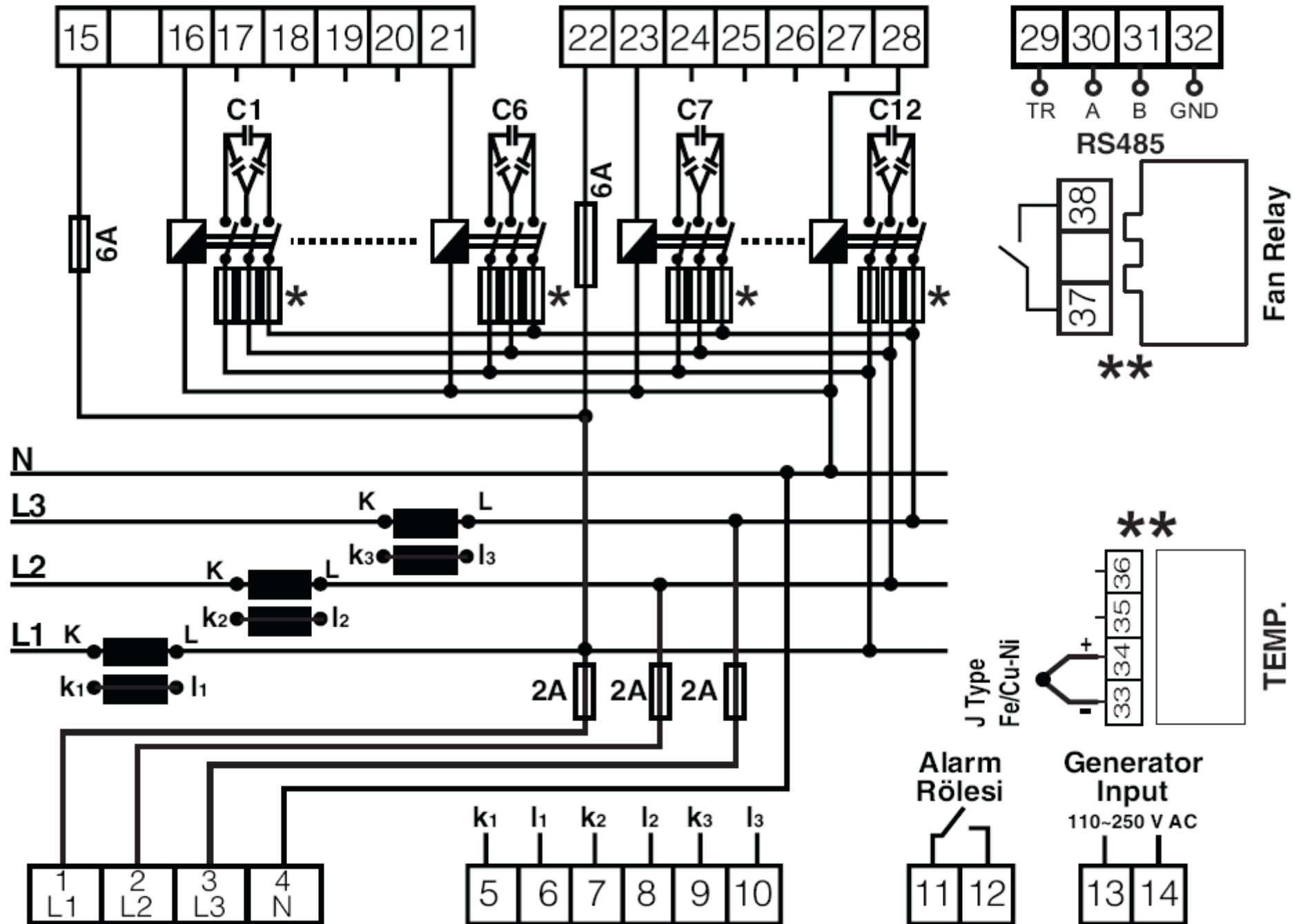














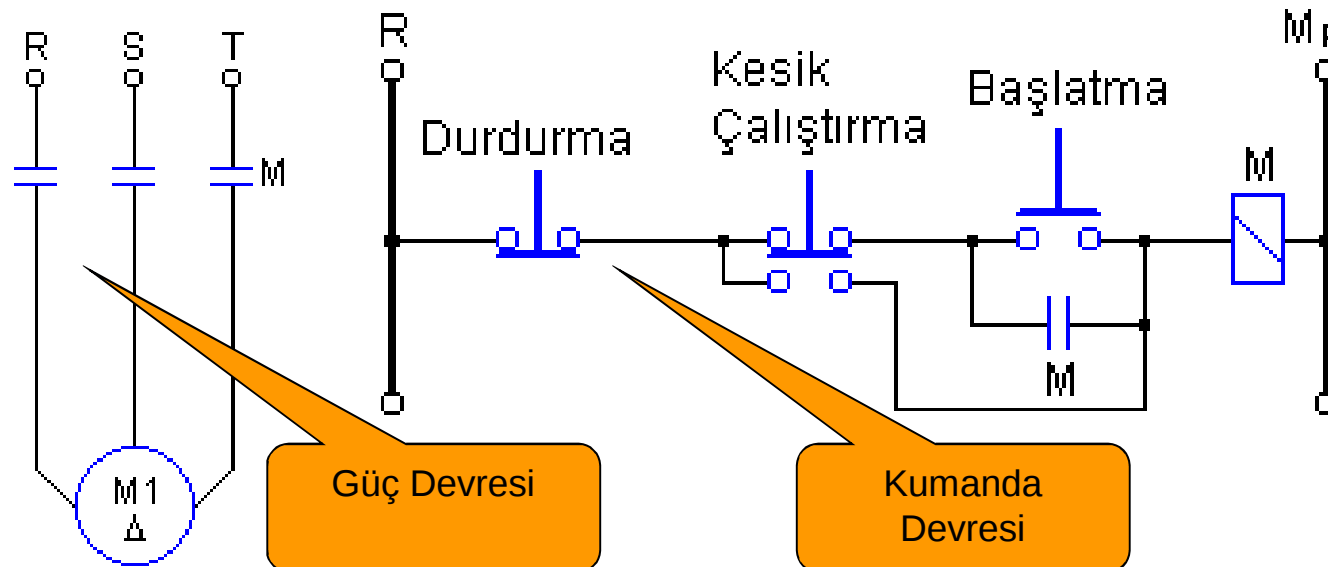






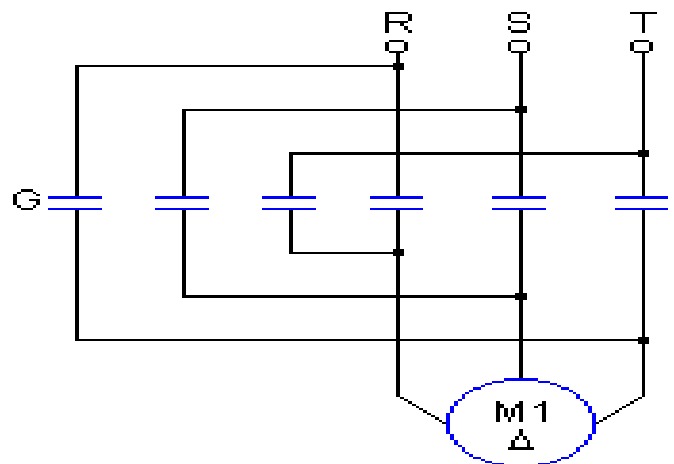
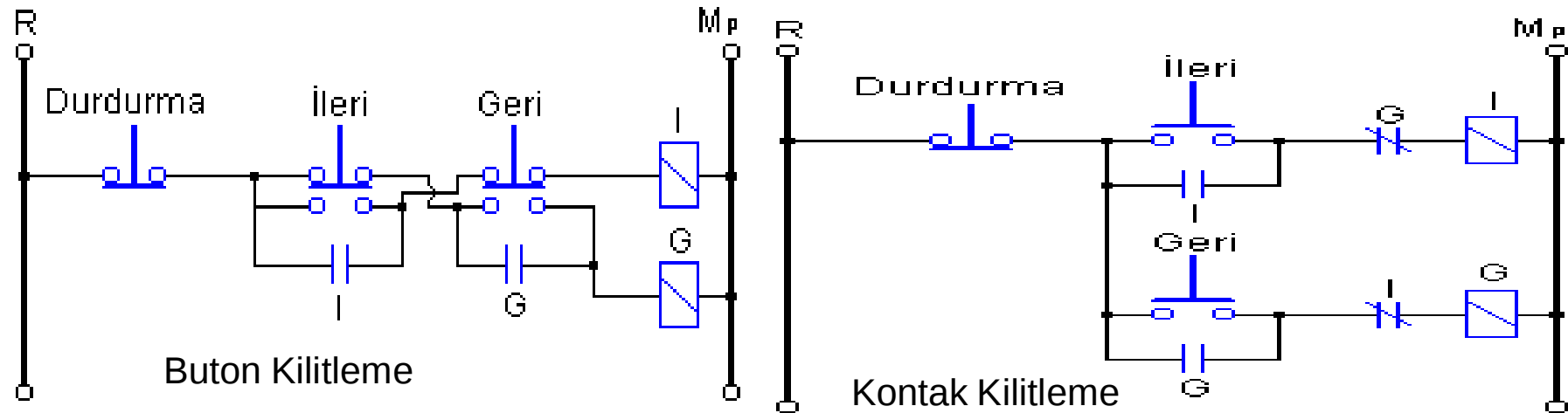
ELEKTRİK KUMANDA TEKNİĞİ

- HAREKET SİSTEMLERİ
- *Güç ve kumanda devresinde tek kontaktör olan kesik ve sürekli çalıştırma devresi*
- Şekilde motorları kesik ve sürekli çalıştırabilecek bir kumanda devresi görülmektedir. Bu devrede Başlatma butonuna basıldığında, M kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde normalde açık M kontakları kapanır. Kumanda devresinde kapanan M kontağı, Başlatma butonunu mühürler. Durdurma butonuna basılıncaya kadar M kontaktörü ve motor sürekli olarak çalışır.





■ Dönüş Yönünün Değiştirilmesi

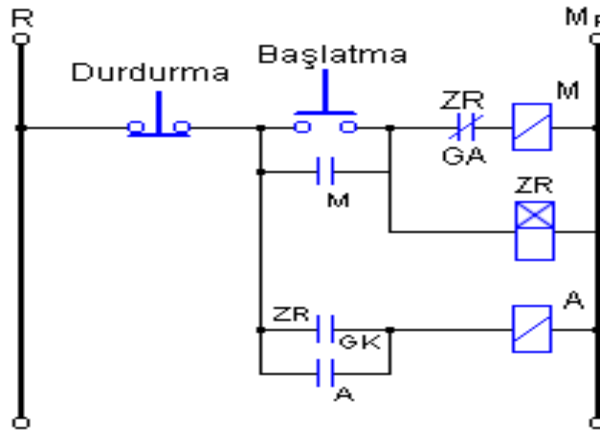




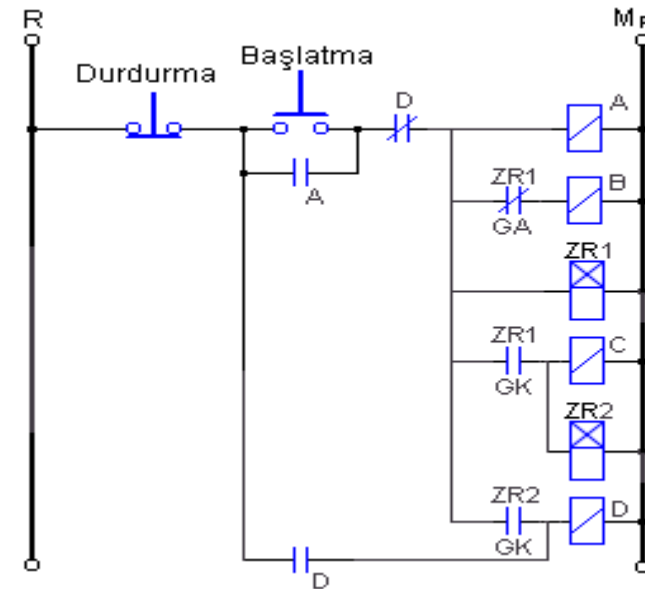
■ YOLVERME YÖNTEMLERİ

- 3 fazlı asenkron motorlar ilk kalkış anında nominal akımlarının 6-7 katı fazla akım çekerler. Aşırı yol alma akımı şebekede, devrede ve motorda birçok sakınca yaratır. Çok fazla derecedeki bu elektriksel yüklenme enerjiyi satan kesim tarafından istenmeyen bir durumdur. Yol alma akımının güvenli sınırlar içinde kalması, motora düşük gerilimle yol vermeyle sağlanır. Bu şekilde yumuşak bir kalkışı sağlamak amacıyla yol verme işlemleri uygulanır. Türkiye'de 4-5 kW'tan sonraki güçlerde bulunan motorlara yol vermek zorunludur. Düşük gerilimle başlatma, yalnız boşta çalışan motorlara uygulanır.
- a) Direnç veya reaktörle yol verme (bir aracı eleman gerektirir)
- b) Oto transformatörüyle yol verme (bir aracı eleman gerektirir)
- c) Yıldız-üçgen şalterle yol verme (bağlantı şekli değiştirilerek yapılır)
- d) Rotoru sargılı 3 fazlı asenkron motora yol verme
- e) Yardımcı sargılı 1 fazlı asenkron motora yol verme

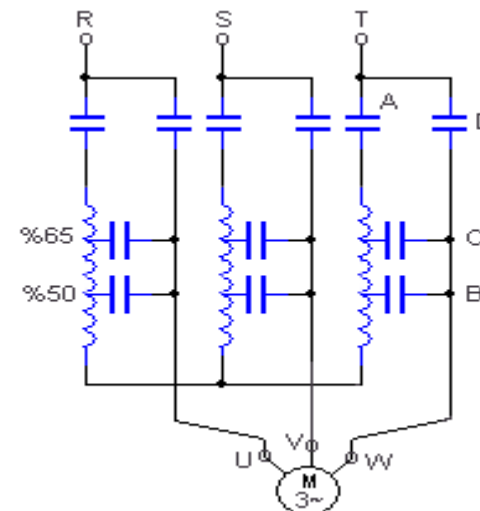
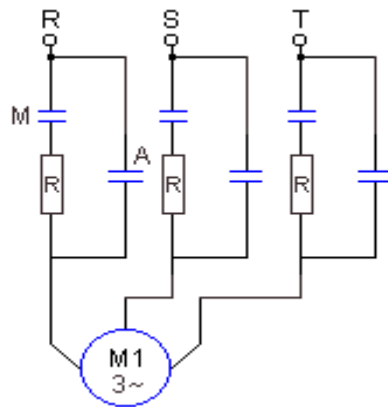
Yol verme



Dirençle Yol verme



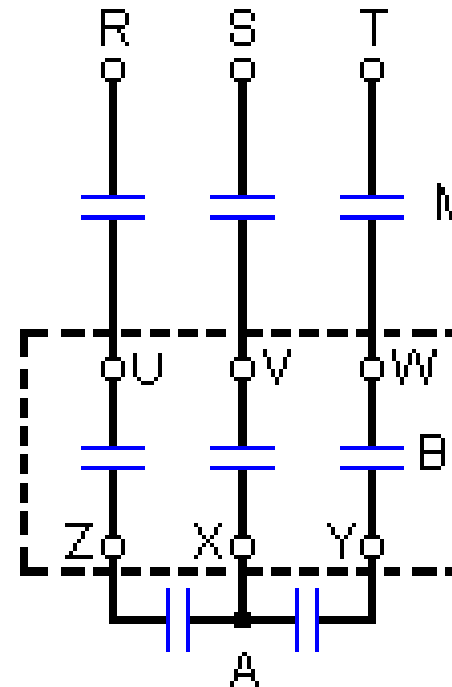
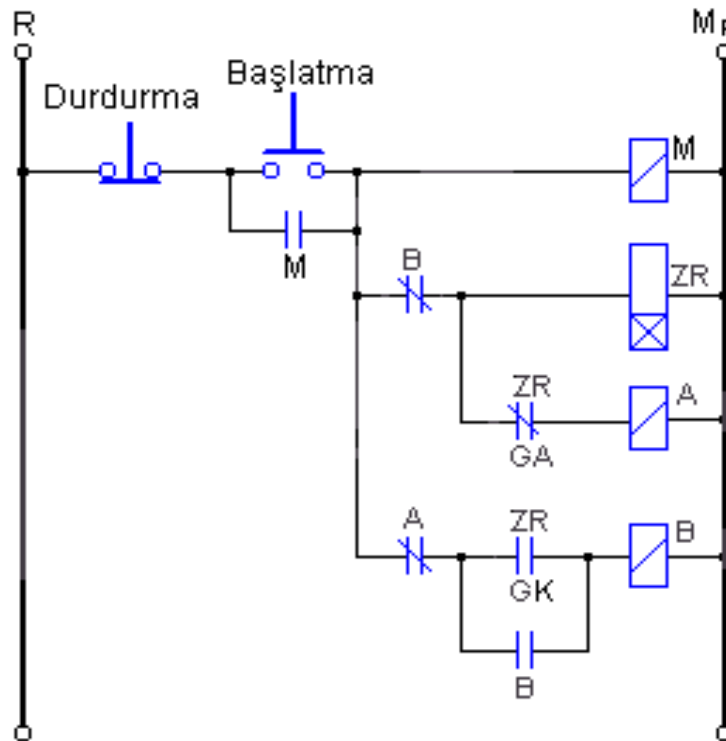
Ototransformatörle Yol verme





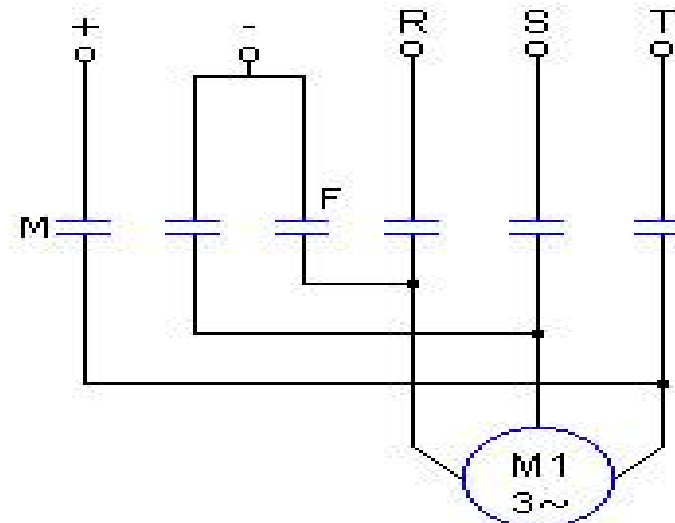
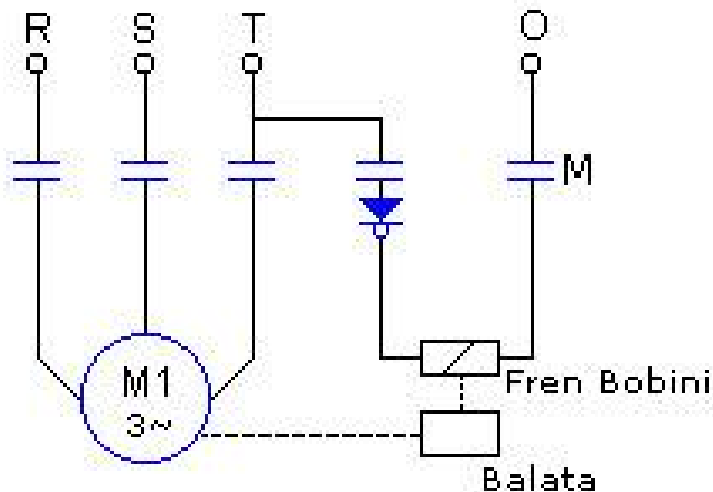
Bir diğer Y-Ü devresi

■ Yıldız – Üçgen Yolverme



■ **FRENLEME**

- Durdurulacak motoru daha kısa zamanda durdurmada veya yükün yer çekimi nedeniyle motorun devrinin artmasına sebep olduğu anlarda elektriksel frenleme yapılır. Elektriksel frenleme de mekanik, dinamik ve ani frenleme olarak üçe ayrılır.
- Mekanik frenleme, motor kasmağının iki balata ile sıkılması nedeniyle balatalı frenleme olarak da anılır. Ani frenleme ve dinamik frenleme ise tamamen elektriksel yolla gerçekleştirilir. Alt kesimde her iki yöntemle ait güç devreleri görülmektedir.



Motorları Nereelerde Kullanıyoruz ?

POMPALAR



FANLAR



PRESLER



KOMPRESÖRLER

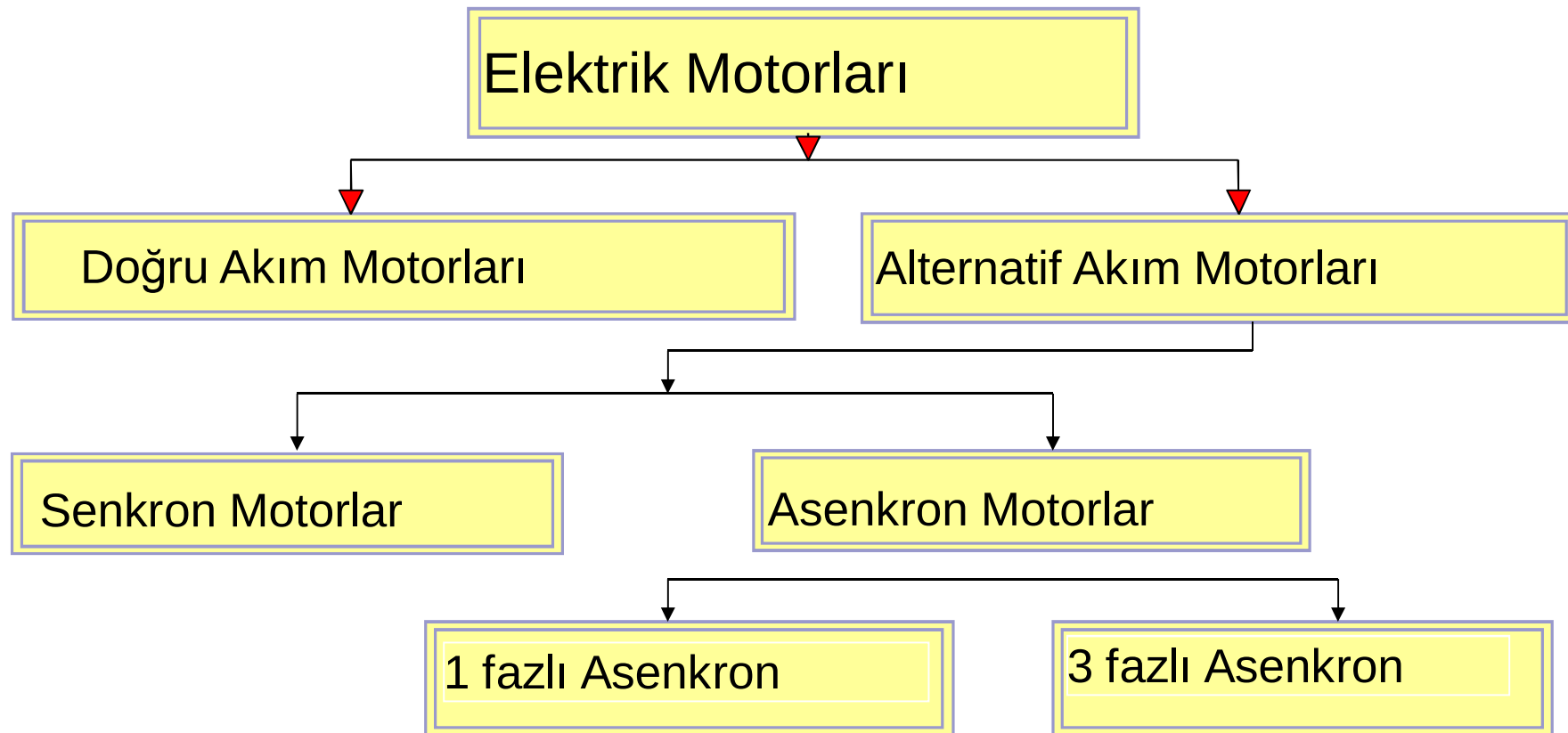


DEĞİRMENLER



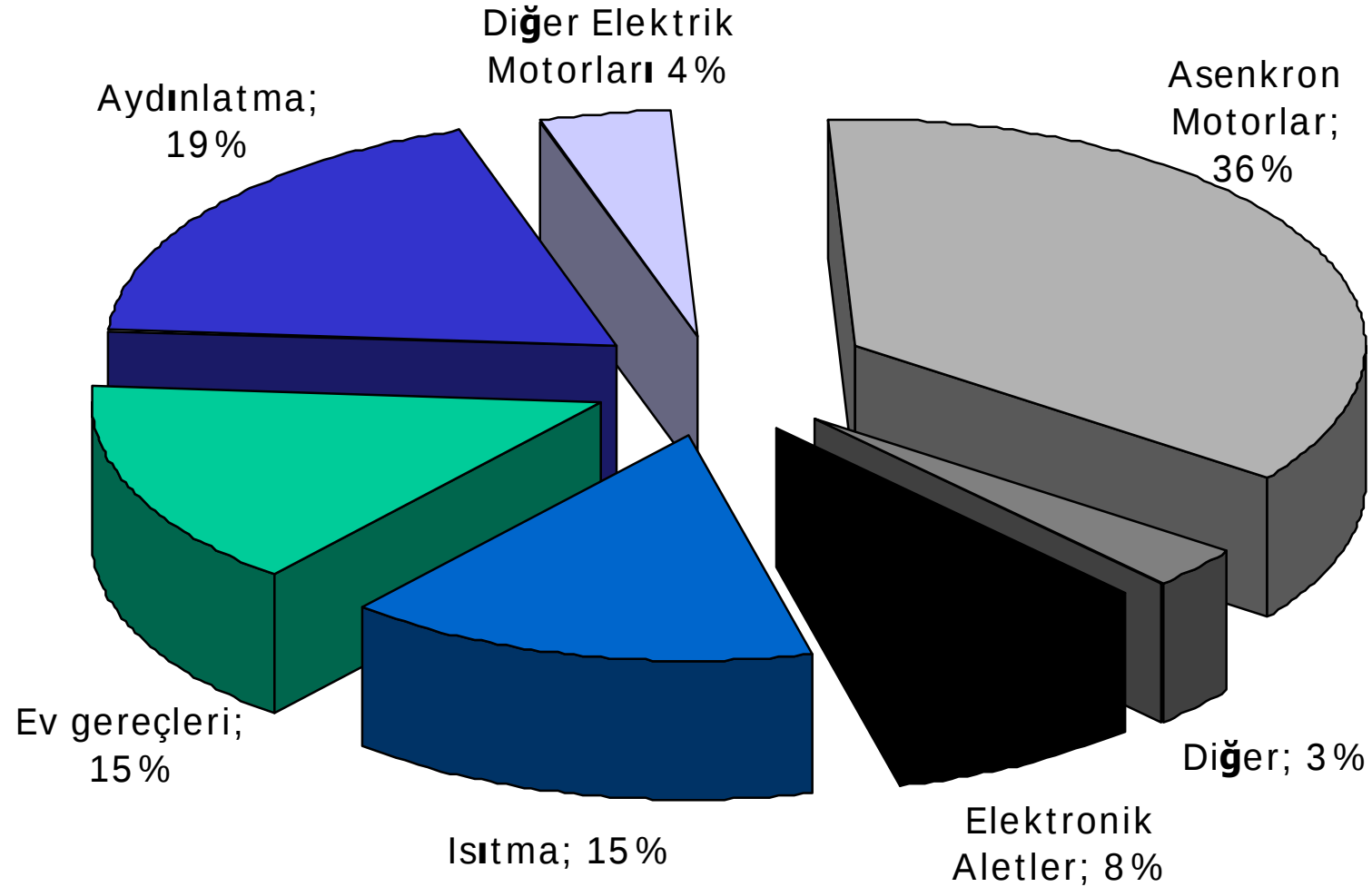


Motorların Sınıflandırılması





Talep Tarafında Elektrik Kullanımı



Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü

Enerji Verimliliğinde Elektrik Motorları



Türkiye’de; toplam net elektrik tüketiminin yaklaşık %36’sı, sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık %70’i üç fazlı AC indüksiyon elektrik motor sistemlerinde kullanılıyor.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ’nin artırılması ile tasarruf edilen enerji en ucuz kaynak ise, elektrik motor sistemlerinde verimliliğin artırılması ile elde edilecek kaynak 2 KEBAN santralı üretimine eşdeğerdir.



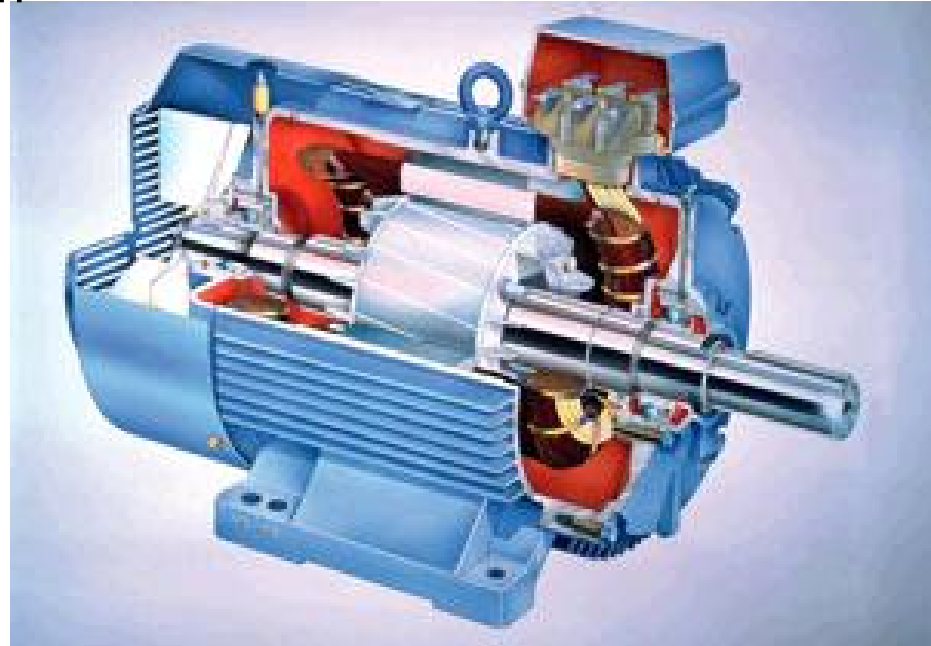
3 Fazlı Asenkron Motorlar

Türkiye’de elektrik motorlarında kullanılan enerjinin % 90’ı bu motorlarda harcanıyor.

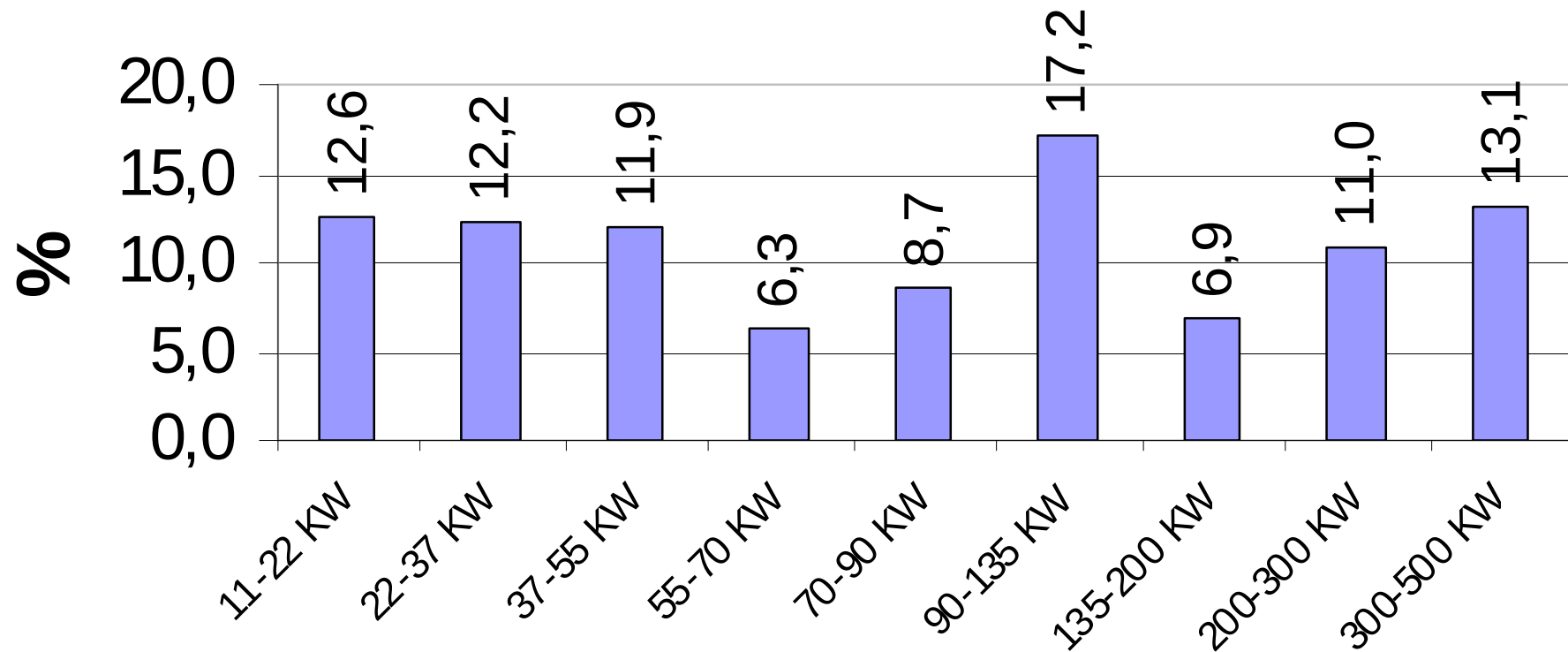
⇒ Sanayide en yaygın kullanılan motorlardır.

⇒ Avantajları

- Tasarımları basittir.
- Ucuzdur.
- Güç/Ağırlık oranları yüksektir.
- Bakımları kolaydır.
- AC Güç kaynağına doğrudan bağlanırlar.

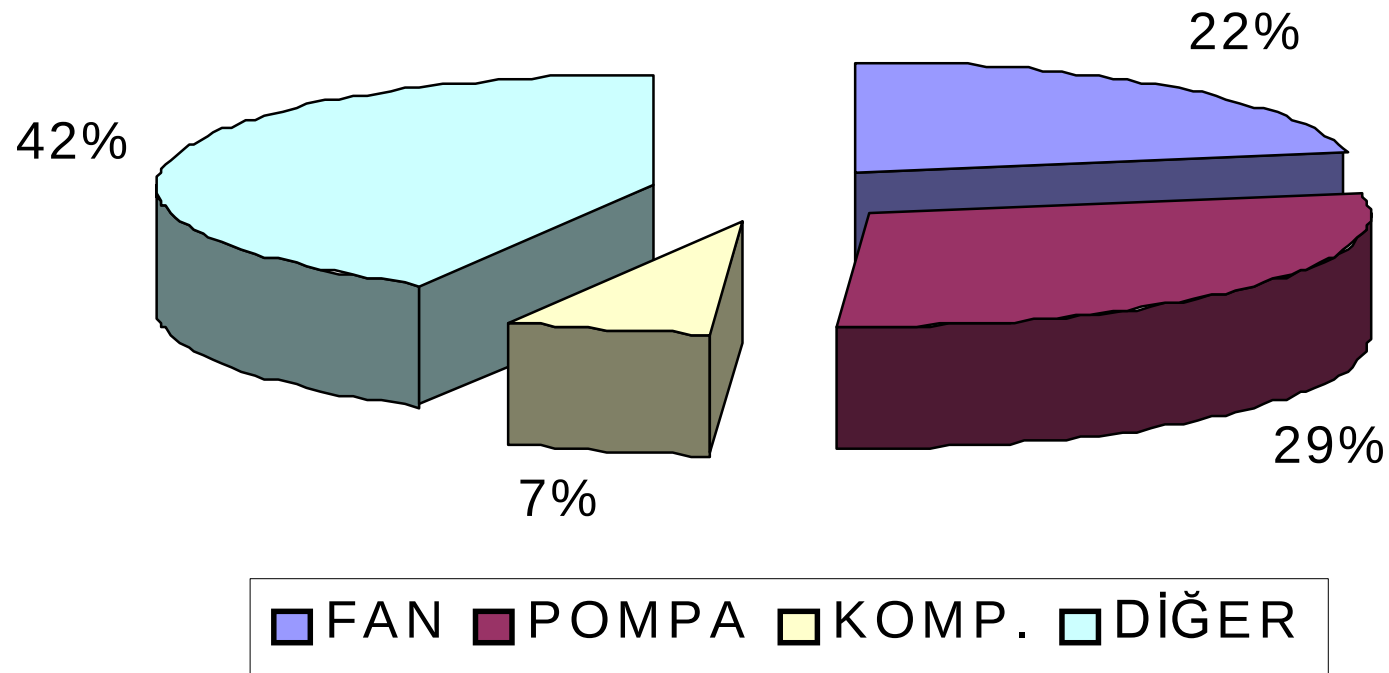


Sanayide Kullanılan Elektrik Motorlarının Güç Dağılımları





Sanayide Kullanılan Elektrik Motorlarının Kullanım Yerleri



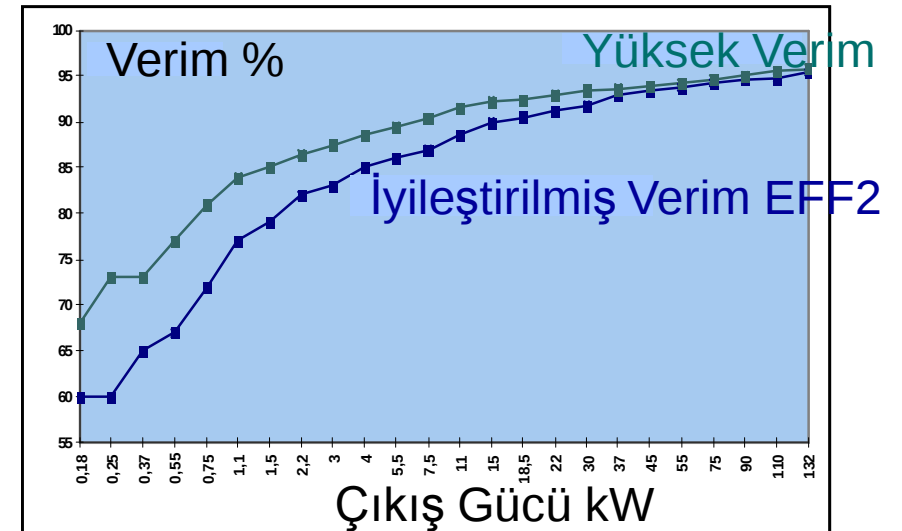


Yüksek Verimli Motorlar

- Daha fazla ve daha kaliteli malzeme
- Daha az tolerans.

Ekonomik ömrünü tamamlamış düşük verimli (EFF3) motorları yüksek verimli motor (EFF1) ile değiştirelim, en fazla 2 yılda kâra geçelim.

Yanan motorların tekrar sardırılması ile motor veriminin %4'e kadar düşebileceğini unutmayalım !



Yüksek Verimli Motorlar



Yüksek Verimli Motorların Tasarımları

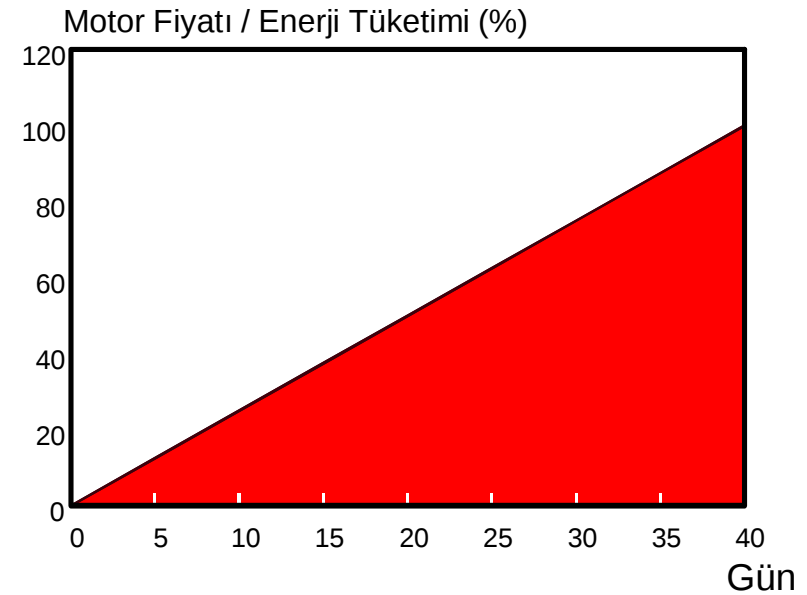
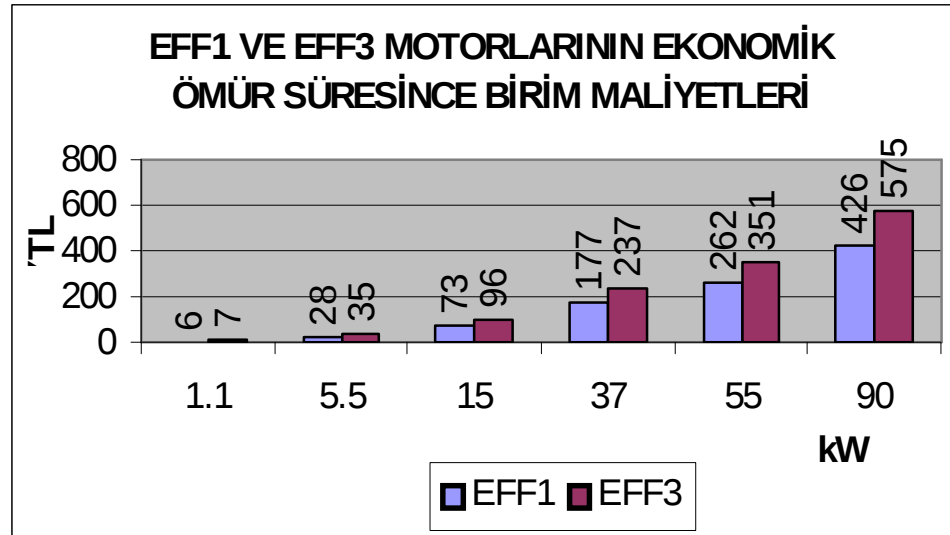
- Sargıda %20 – 60 daha fazla bakır
- Gövdede %35 daha fazla çelik
- Daha ince çelik laminentler
- Yüksek kalitede elektriksel çelik
- Daha verimli rotor tasarımı
- Düşürülmüş sargı ve sürtünme kayıpları ve ek kayıplar
- Daha uzun gövdeden dolayı düşürülmüş direnç (I^2R) kayıpları
- Rotor ve stator arasında optimum hava boşluğu
- Daha az mekanik tolerans



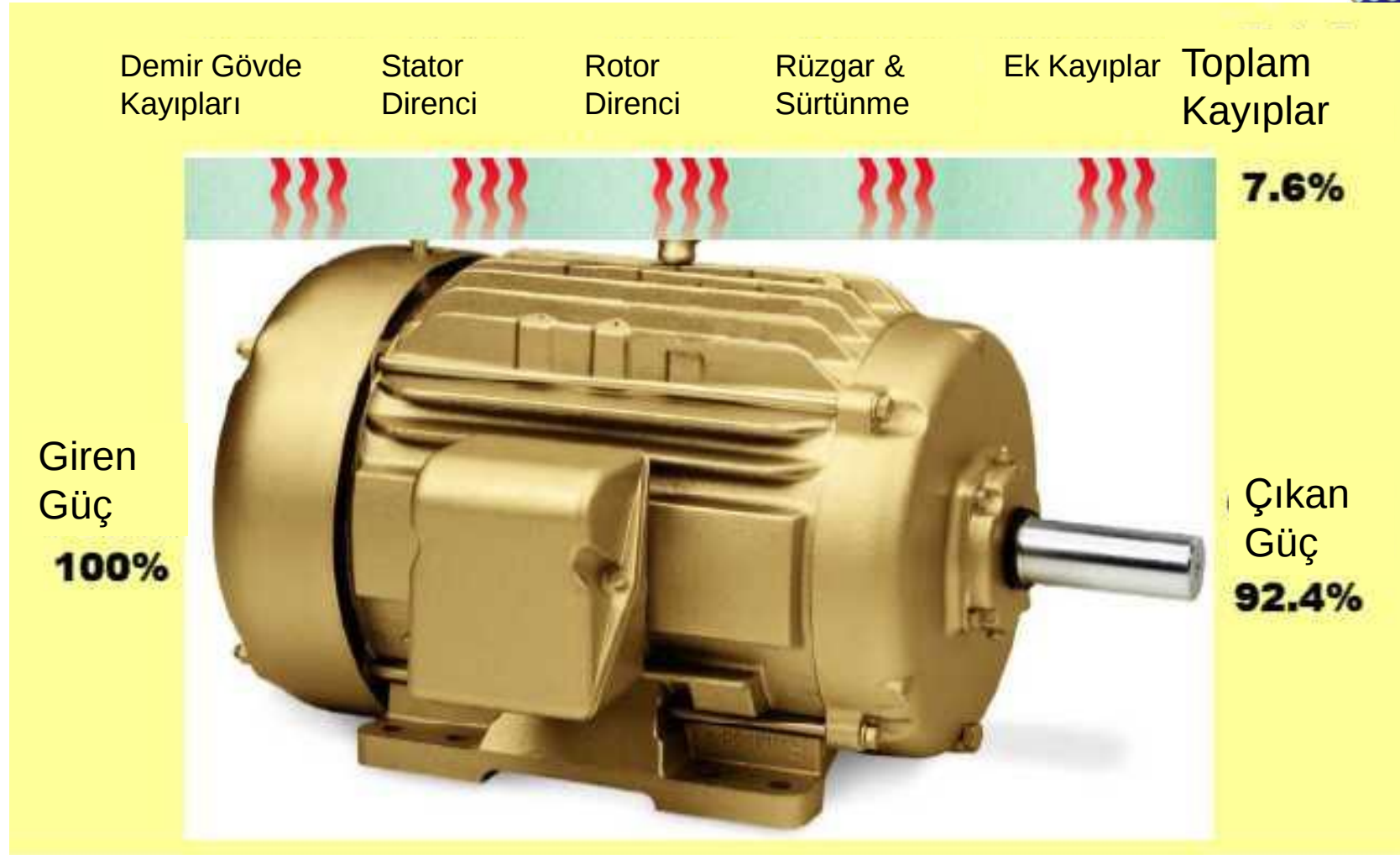


Neden Yüksek Verimli Motor ?

90 kW'lık bir motoru alırken verdiğimiz 1 TL, motorun ekonomik ömrü süresince cebimizden; enerji verimlisi (EFF1) 426 TL, verimsizi (EFF3) 575 TL götürüyor.



Motor Verimini Etkileyen Faktörler





Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP)'e Göre Motor Verim Sınıfları

Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	$\geq 82,8$	$\geq 76,2$	$< 76,2$	$\geq 83,8$	$\geq 76,2$	$< 76,2$
1,5	$\geq 84,1$	$\geq 78,5$	$< 78,5$	$\geq 85,0$	$\geq 78,5$	$< 78,5$
2,2	$\geq 85,6$	$\geq 81,0$	$< 81,0$	$\geq 86,4$	$\geq 81,0$	$< 81,0$
3	$\geq 86,7$	$\geq 82,6$	$< 82,6$	$\geq 87,4$	$\geq 82,6$	$< 82,6$
4	$\geq 87,6$	$\geq 84,2$	$< 84,2$	$\geq 88,3$	$\geq 84,2$	$< 84,2$
5,5	$\geq 88,6$	$\geq 85,7$	$< 85,7$	$\geq 89,2$	$\geq 85,7$	$< 85,7$
7,5	$\geq 89,5$	$\geq 87,0$	$< 87,0$	$\geq 90,1$	$\geq 87,0$	$< 87,0$
11	$\geq 90,5$	$\geq 88,4$	$< 88,4$	$\geq 91,0$	$\geq 88,4$	$< 88,4$
15	$\geq 91,3$	$\geq 89,4$	$< 89,4$	$\geq 91,8$	$\geq 89,4$	$< 89,4$
18,5	$\geq 91,8$	$\geq 90,0$	$< 90,0$	$\geq 92,2$	$\geq 90,0$	$< 90,0$
22	$\geq 92,2$	$\geq 90,5$	$< 90,5$	$\geq 92,6$	$\geq 90,5$	$< 90,5$
30	$\geq 92,9$	$\geq 91,4$	$< 91,4$	$\geq 93,2$	$\geq 91,4$	$< 91,4$
37	$\geq 93,3$	$\geq 92,0$	$< 92,0$	$\geq 93,6$	$\geq 92,0$	$< 92,0$
45	$\geq 93,7$	$\geq 92,5$	$< 92,5$	$\geq 93,9$	$\geq 92,5$	$< 92,5$
55	$\geq 94,0$	$\geq 93,0$	$< 93,0$	$\geq 94,2$	$\geq 93,0$	$< 93,0$
75	$\geq 94,6$	$\geq 93,6$	$< 93,6$	$\geq 94,7$	$\geq 93,6$	$< 93,6$
90	$\geq 95,0$	$\geq 93,9$	$< 93,9$	$\geq 95,0$	$\geq 93,9$	$< 93,9$



Değişken Hız Sürücüsü (DHS)

Yüküne göre alternatif akımın frekansını ve dolayısıyla motorun dönüş hızını ve elektrik gücünü kontrol ederek motoru uygun devirde tutan değişken hız sürücüleri %50'yi aşan tasarruf fırsatı sunabilir.

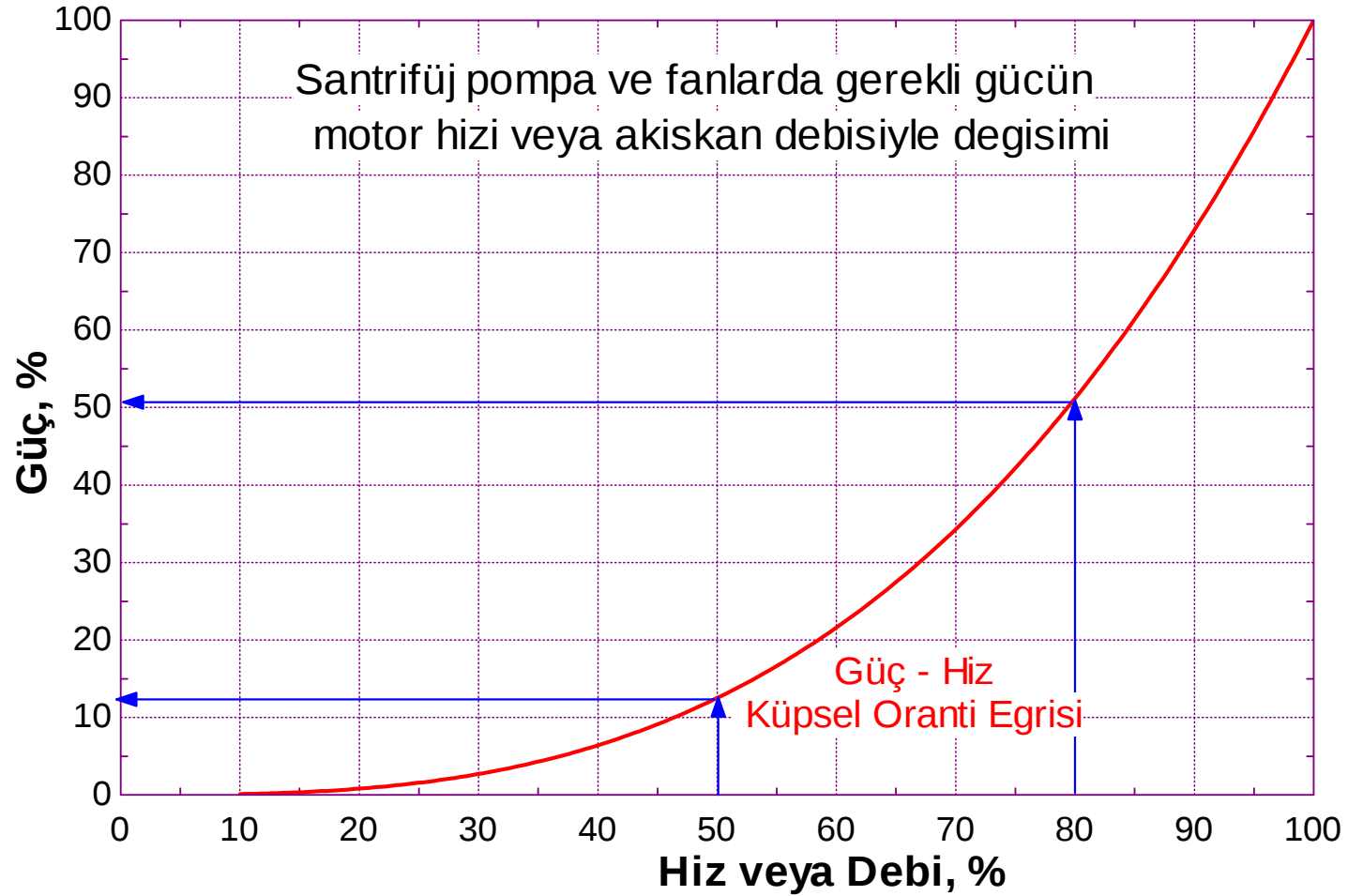
Kendini sağladığı tasarruflarla 2 yıldan daha az süre içerisinde ödeyebilen bu sürücüler;

- Yerleşim bölgelerinin su şebekesinde kullanıldığında %50,
- 40 beygir gücünde motor kullanan bir yürüyen merdivende %36 tasarruf sağlayabiliyor.



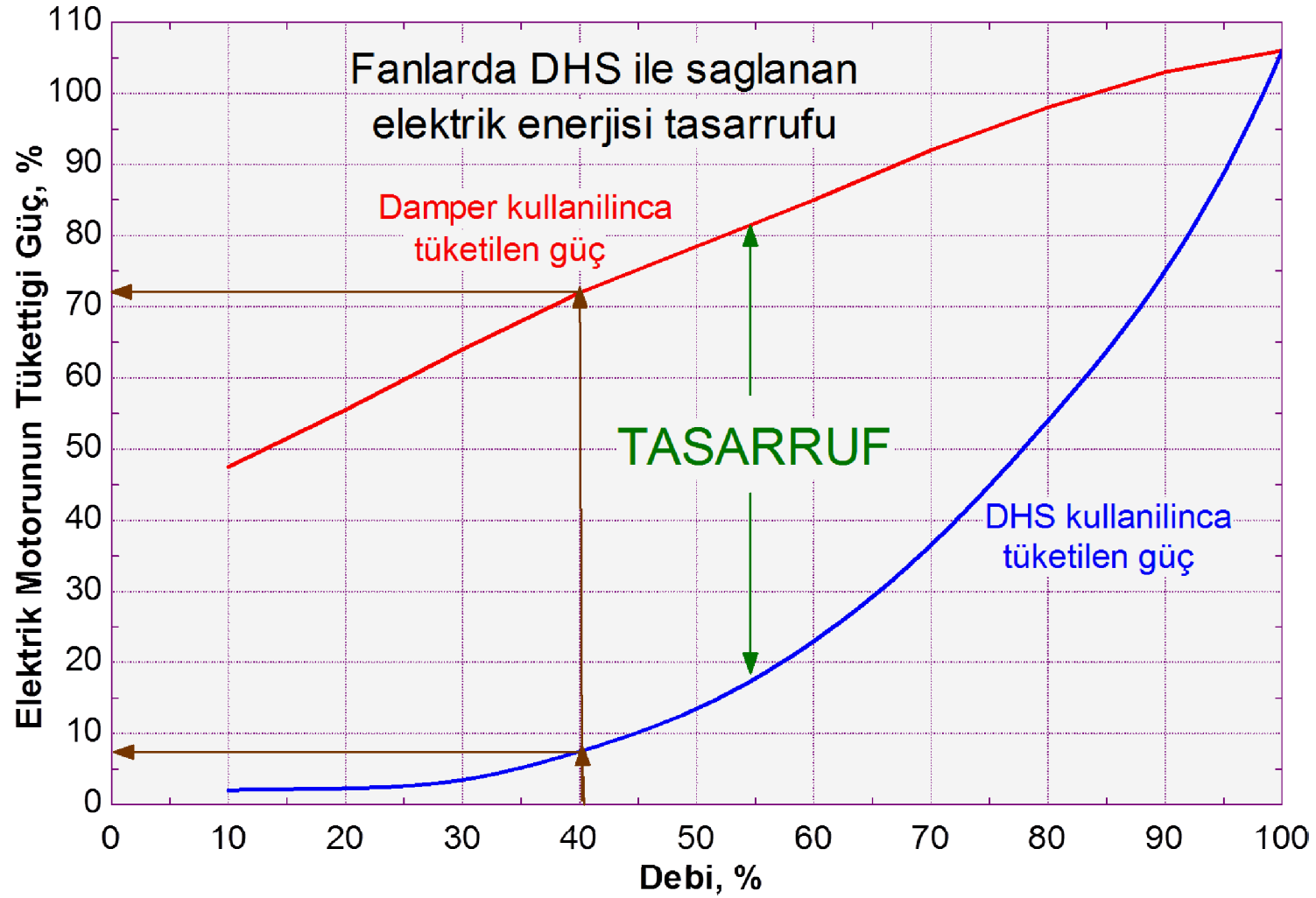


Pompa ve Fanlarda DHS Kullanımı

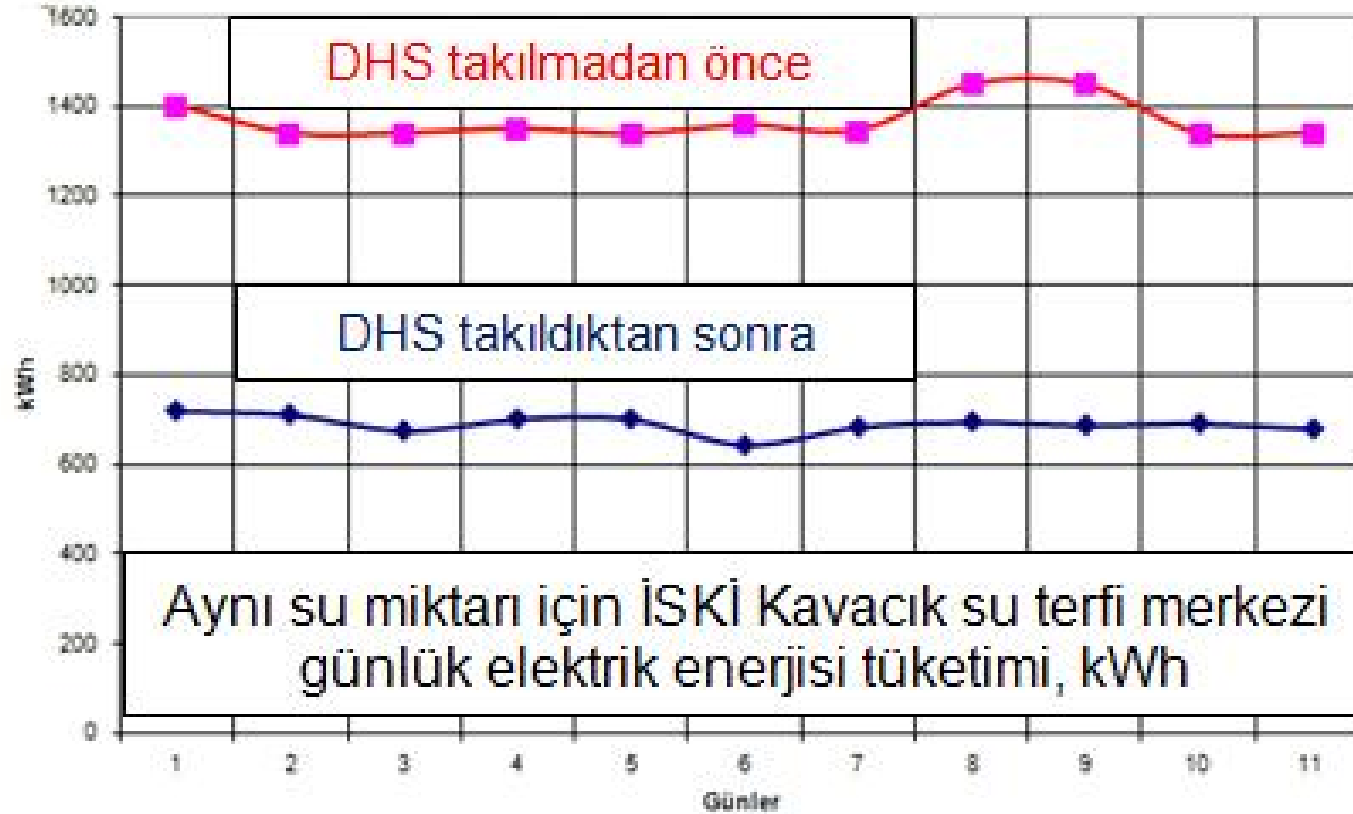




Fanlarda DHS Kullanımı



DHS Kullanımında Örnek Uygulamalar



Tasarruf 40.000 YTL/Yıl (%49,6)

Uygulamalardan Örnekler

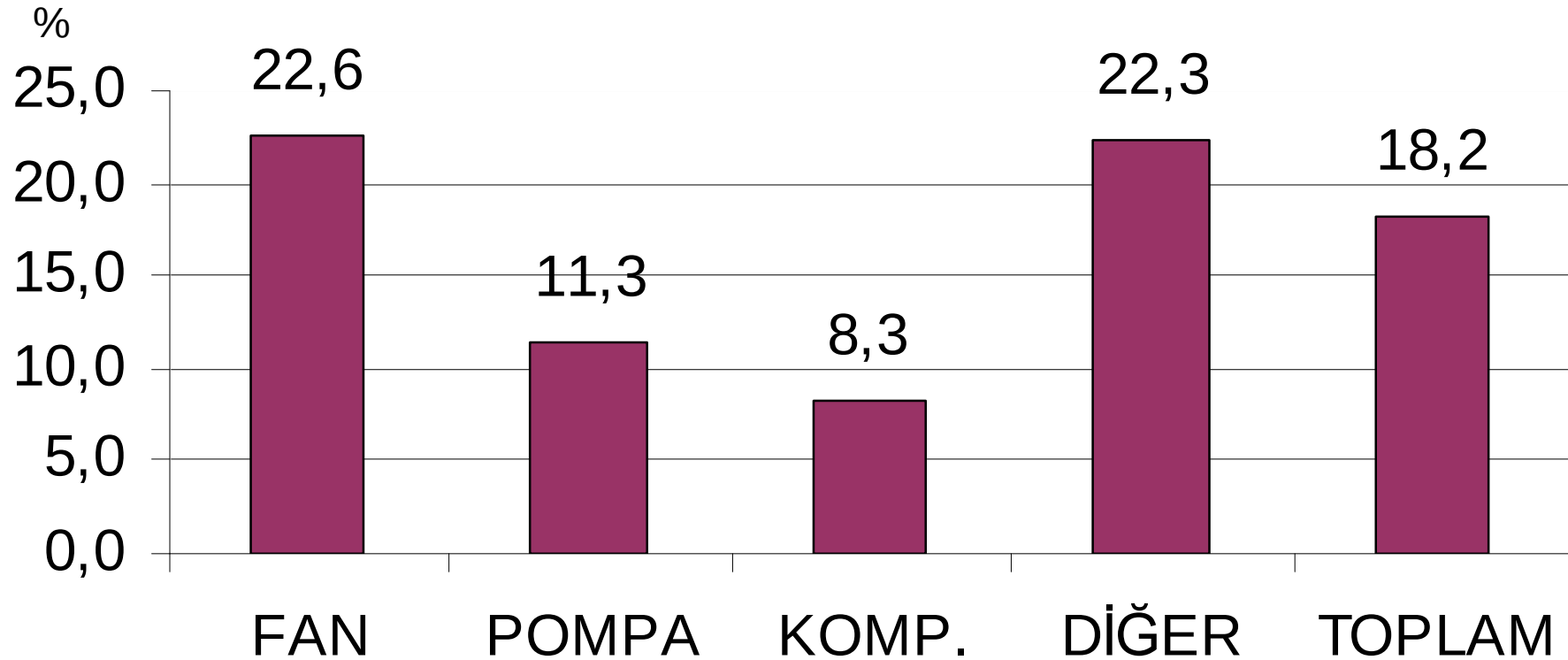


Uygulama	Güç (kW)	Tasarruf (%)	Tasarruf (YTL)	Yatırım Tutarı (Avro)	Geri Ödeme (Ay)
Dalgıç Pompa	130	40	31.200	8.000	6
Pompa	110	50	44.500	7.000	4
Kompresör	200	30	40.400	8.500	5

Kaynak,: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü



Sanayide DHS Kullanım Oranları



Kaynak,: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü



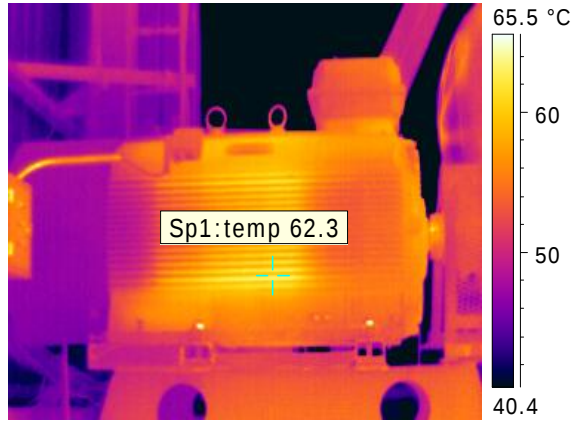
Motor Seçimi

Motorlar yüke uyumlu olarak seçilmeli ve aşırı ihtiyatlı davranıp gereğinden büyük motor seçme alışkanlığından vazgeçilmelidir. Böylelikle motorların plakalarında yazılı anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayısı ile düşük verimde çalışmaları önlenmelidir.

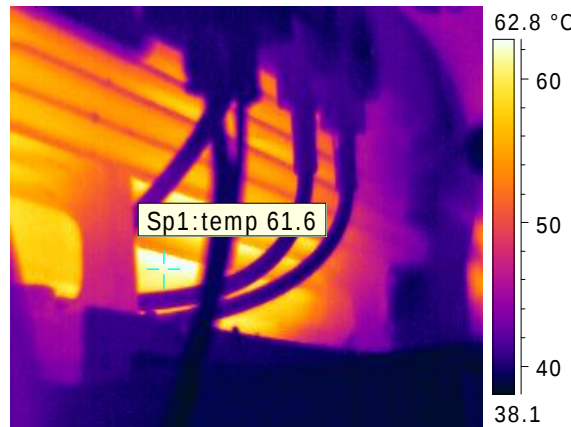
Motorlarda genellikle %75 yükte motor verimi azami seviyeye ulaşır.

Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan arıza riskini arttırıp motorun ömrünü kısaltır.

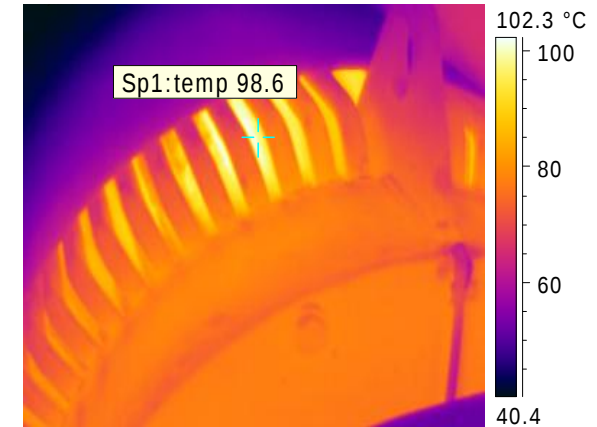
Motorlarda Isınma



Baca Fanı Motoru (Yüksek Verimli Motor – EFF1)
 $P = 360 \text{ kW}$
 $n = 743 \text{ d/dk}$ (479 d/dk)



Kömür Değirmeni Filtre Fan Motoru (Verimi İyileştirilmiş Motor – EFF2)
 $P = 380 \text{ kW}$ – EFF2)



Baca Fanı (2) Motoru (Düşük Verimli Motor – EFF3)
 $P = 300 \text{ kW}$
 $n = 592 \text{ d/dk}$

Güçleri birbirine yakın motorlar seçilmeye çalışılmıştır. EFF3'ün bariz sıcaklık farkı vardır.



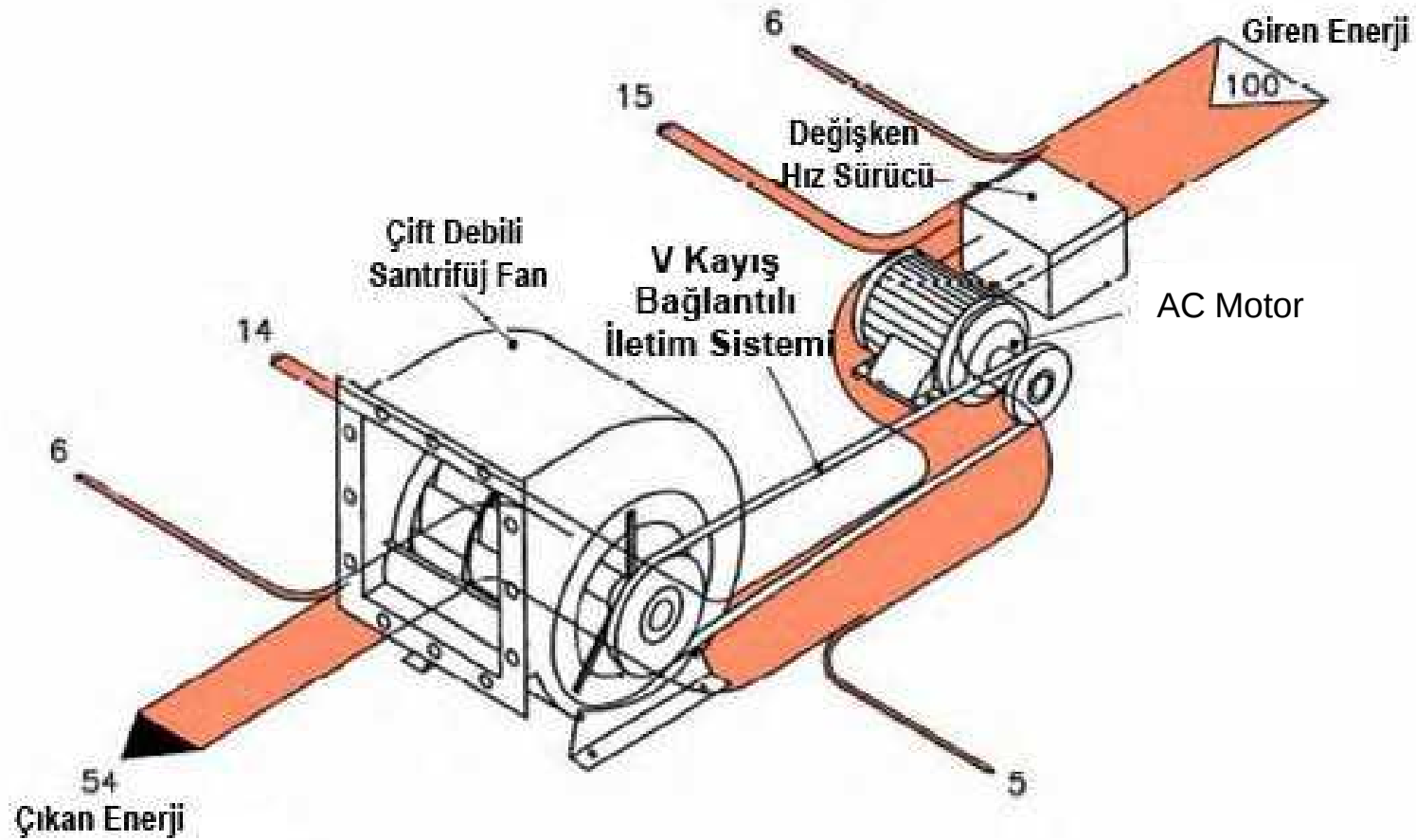
Güç İletim Sistemleri

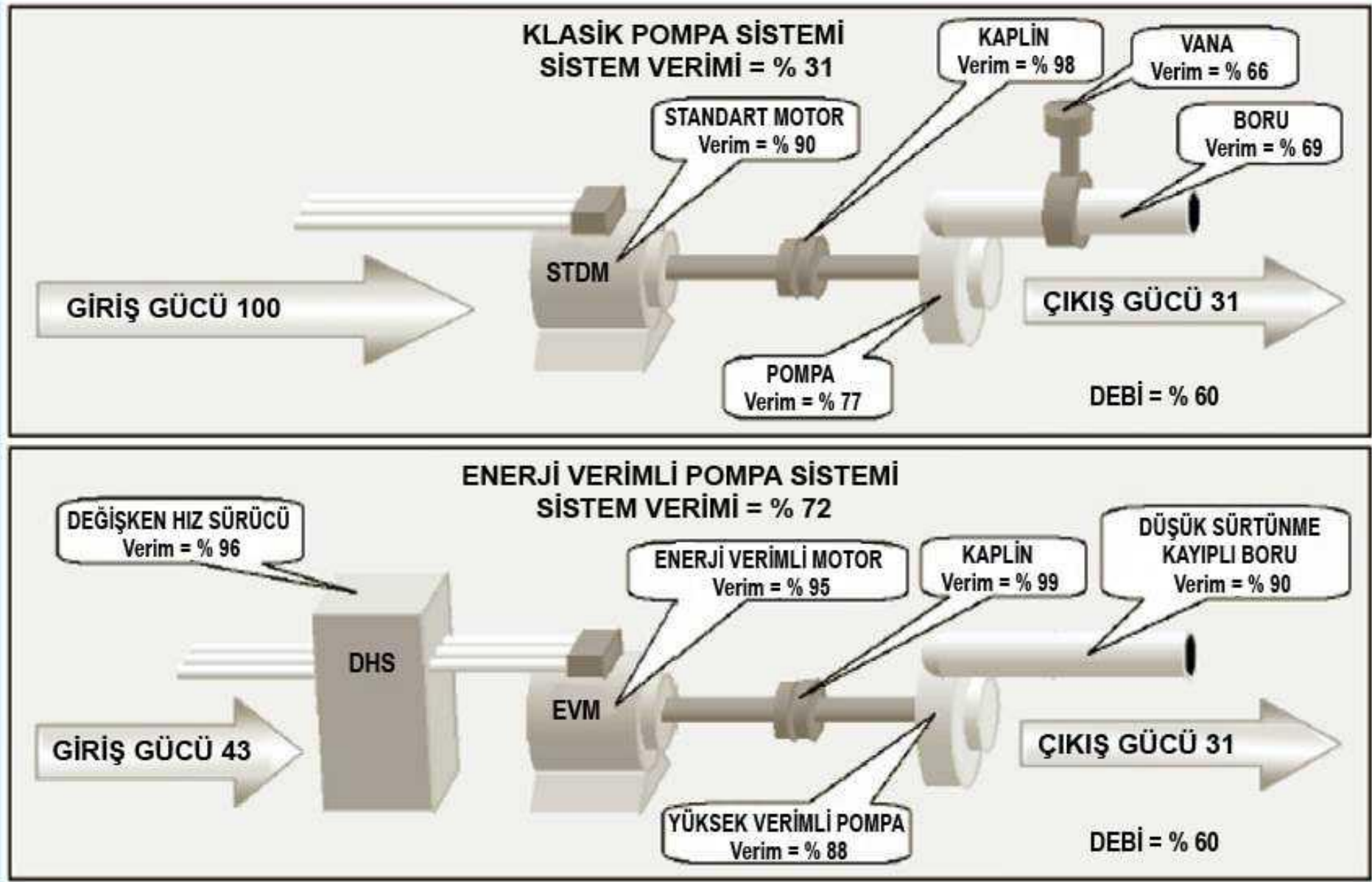
Motor gücünün direk bağlantı yerine indirek olarak düz kayış veya standart V- kayışları ile iletildiği sistemlerde kayış kayması ve sürtünmeden dolayı %2 ile %8 arasında kayıplar oluşur.

Bu kayıplar ve ortaya çıkan kayış ısınması standart kayışların tırtıllı yüksek verimli V-kayışları ile değiştirilmesiyle önlenabilir.

FAN SİSTEMLERİNDE BİR FANDAN DAHA FAZLASI VARDIR

- Fan Tasarruf Potansiyeli % 5 --> % 10;
- Fan Sistem Tasarruf Potansiyeli ~ % 17,5

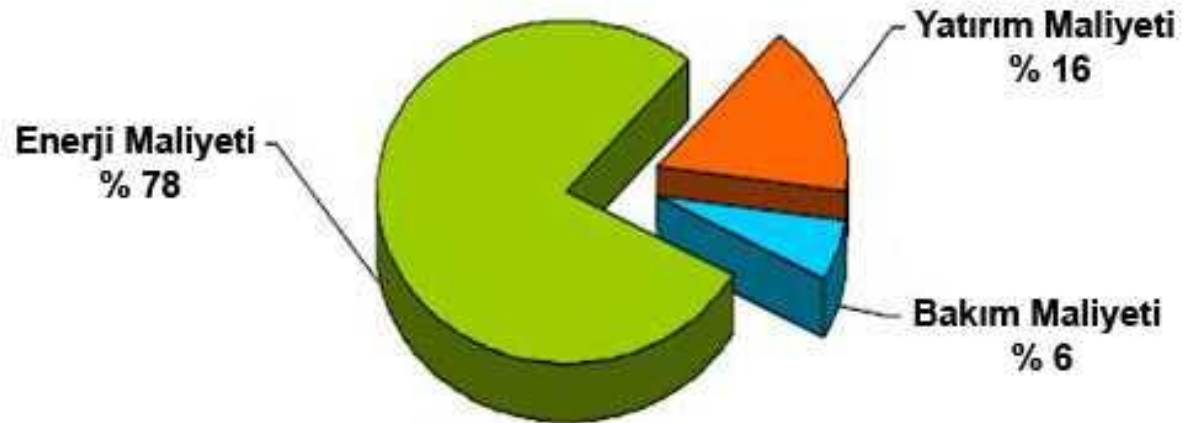






Basınçlı Hava Sistemleri (BHS)

- Basınçlı hava sistemlerinin elektrik tüketimi, sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır.
- Basınçlı hava sistemlerinin verimi genellikle düşüktür. Enerji **tasarrufu potansiyeli %5 ile %50** arasındadır.



Motor İhtiyacımızı Nasıl Belirlemeliyiz? (1/3)



Motor ihtiyaçlarımızı uygun belirlersek, hem enerji tasarrufu sağlarız hem de arıza riskini azaltırız.

➡ Motor ihtiyacının belirlenmesinde dikkat edilecek hususlar

- Yük momentinin sabit, değişken, şok ve şok değişken olma durumları
- Aşırı yüklenme durumlarına göre uygun emniyet (servis) faktörü
- Motorun yapısına bağlı olarak uygun yol verici düzeneği
- Çalışma süresinin sürekliliği

Motor İhtiyacımızı Nasıl Belirlemeliyiz? (2/3)



- Mekanik yükün tip ve özelliklerini tespit edin.
- Tespit edilen mekanik yük tip ve özelliklerine göre motor shaft gücünü belirleyin.
- Motor sınıfının ve karakteristiğinin seçiminin yapın.
- Üretici kataloglarından ihtiyacınızı karşılayacak uygun motoru seçin.
- Seçilen motorun ekonomik analizini yapın.

Motor İhtiyacımızı Nasıl Belirlemeliyiz?

(3/3)

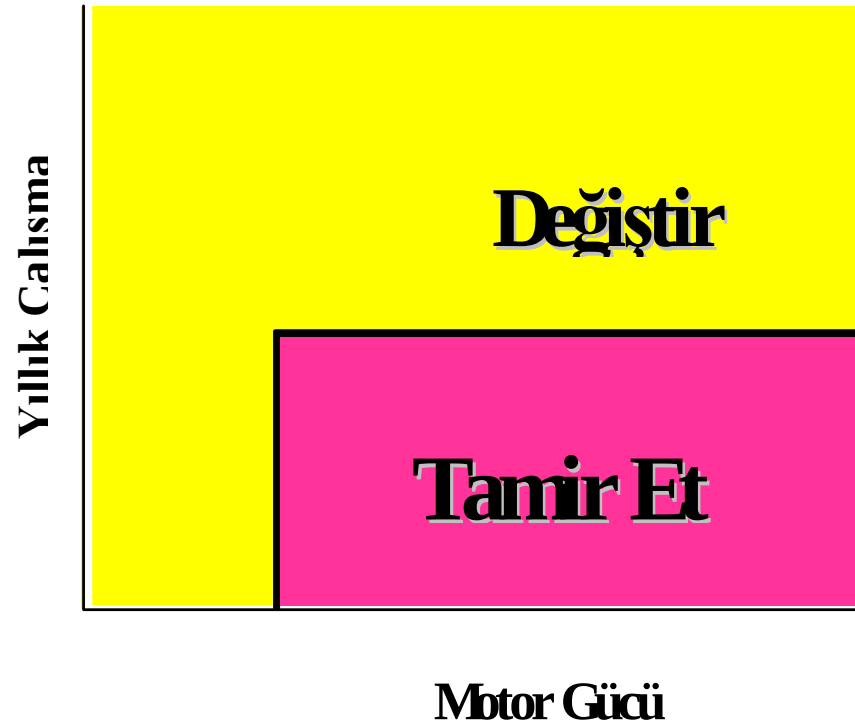


- Motor gücünün küçük seçilmesi halinde, aşırı ısınma, kaymanın artması, devrin düşmesi ile işin kapasitesi ve iş verimi düşer.
- Motor gücünün yüksek seçilmesi halinde, kuruluş ve işletme masrafları artar, motor verimi ve güç katsayısı düşeceğinden enerji giderleri gereksiz yere artar.
- Motor koruma türünün uygun seçilmemesi halinde, tozlu ortamlarda sargılarda ve biyeler üzerinde biriken toz, sulu ortamlarda ise rulmanların paslanması ve sargıların yalıtım özelliğini yitirmesi motorun yanmasına sebep olur.
- Soğutma türünün uygun seçilmemesi halinde, yeterli derecede soğutulmayan motor kısa sürede yanar.



Motorlarımızı Ne Zaman ve Nasıl Onarmalıyız ? (1/5)

“DEĞİŞTİR” veya “TAMİR ET”
NASIL KARAR VERMELİYİZ ?



Faktörler...

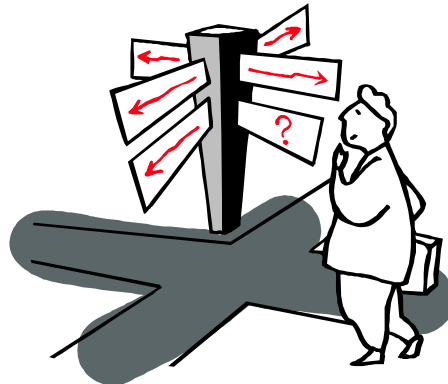
- Çalışma zamanı
- Yük
- Motor Gücü
- Elektrik birim fiyatı
- Yeni motor maliyeti
- Motor tamir maliyeti

Motorlarımızı Ne Zaman ve Nasıl Onarmalıyız ? (2/5)



Enerji Verimli Motor satın alınması veya standart motorun tamir edilmesinde karar aşamaları

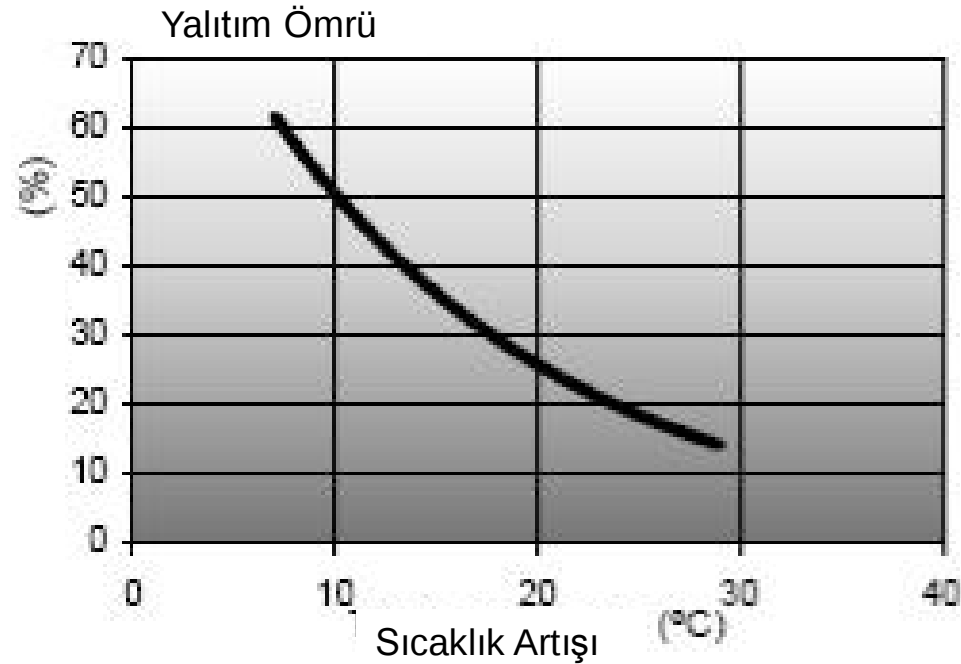
- Verimlilik artışını hesaplayın.
- Yeni motor ortalama maliyetini belirleyin.
- Ortalama onarım maliyetini tespit edin
- Yıllık tasarruf miktarını hesaplayın
- Geri ödeme süresini hesaplayın





Motorlarımızı Ne Zaman ve Nasıl Onarmalıyız ? (3/5)

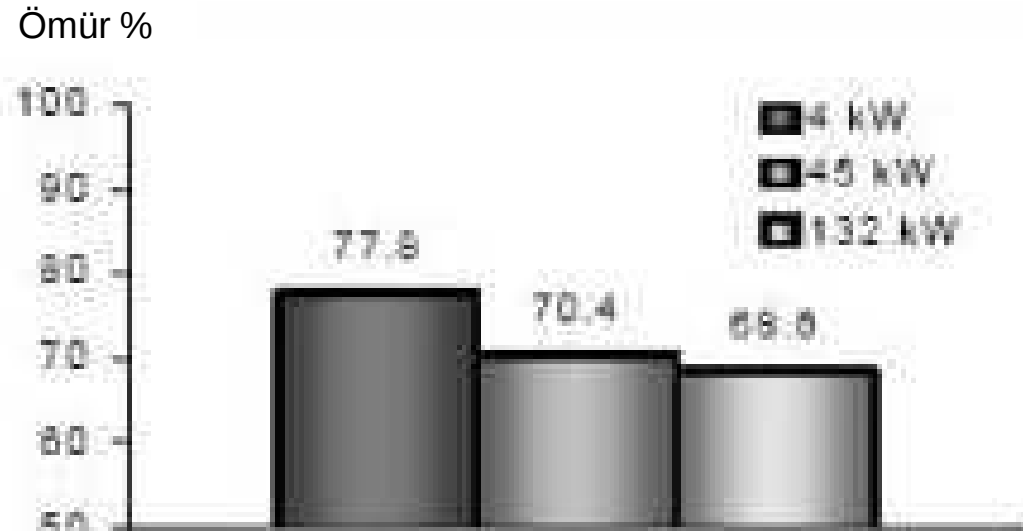
Motorda iyi soğutma yapılamadığı takdirde veya çalışma sıcaklığının kullanılan malzeme için kabul edilebilir sıcaklık seviyesinin üstüne çıkması halinde motor sargılarının yalıtımlarının ömrünün ve dolayısıyla motor ömrünün kısaldığı anlaşılr.





Motorlarımızı Ne Zaman ve Nasıl Onarmalıyız ? (4/5)

Ortalama verim esas alınmak suretiyle seçilen farklı güçlerdeki motorlarda (4, 45 ve 132 kW) kötü bir tamirat sonucunda (verimde % 1 azalma) (tam yükte çalışma durumunda) motorların beklenen ömürlerinin kısaldığını gösterir.



Motorlarımızı Ne Zaman ve Nasıl Onarmalıyız ? (5/5)



- ✚ Elektrik motorlarının bilgilerinin bulunduğu sicili tutulmalıdır.
- ✚ Elektrik motorlarına akuple edilen güç aktarma elemanlarının ayarları (kaplin, kayış ve kasnak vb.) ve şasesi tekniğine uygun yapılmalıdır.
- ✚ Elektrik motorlarının planlı bakımı üç aylık, altı aylık ve yıllık periyotlarda yapılmalıdır. (vibrasyon aşırı ısınmalar ve yağlama sistemi periyodik olarak gözlenmelidir.)
- ✚ Yanan elektrik motorlarının sarılması halinde, sarım sonrası elektrik ve mekanik testleri yapılmalıdır.

Sonuç



- Düşük verimli (EFF3) motorlarımızı yüksek verimli (EFF1) motorlar ile değiştirelim.
- Değişken yük durumlarında değişken hız sürücüleri kullanalım.
- Motor sistemlerinde verimliliği artırmak üzere bir programı hemen başlatalım.
- Pilot uygulamalar yapalım ve sonuçlarını paylaşalım.

UNUTMAYALIM

Her yıl, motorların uygun yükte çalıştırılması ile 400 GWh, yüksek verimli motor kullanımı ile 1.300 GWh, DHS Kullanımı ile 2.000 GWh, yanmış motorların sarılmaması ile 600 GWh tasarruf sağlanabilir.



Bitti...

SÜRÜCÜ DEVRELER



- **Alternatif Akım Kıyıcıları**
- Alternatif akım kıyıcıları girişindeki sabit etkin değerli ve frekanslı alternatif gerilimi, frekansı sabit kalacak şekilde etkin değeri değiştirilebilen alternatif gerilime dönüştüren çeviricilerdir. Kontrollü yarı iletken elemanların birbirlerine ters bağlanması ile yapılırlar. Değişken gerilimi elde edebilmek için kontrollü yarıiletken elemanların tetikleme açıları değiştirilir. Böylece çıkış gerilimi kaynak değerinin altında bir değere ayarlanabilir. Çıkışlarındaki güç değerlerine göre 1 ya da 3 fazlı olarak yapılırlar. Uygulama alanları arasında endüstriyel ısıtma, aydınlatma, transformatörlerin gerilim değiştirme bobinlerinin denetimi ve asenkron motorların yol verilmesi ve sürekli halde çalıştırılmasında kullanılırlar.

SÜRÜCÜ DEVRELER



■ Doğrultucular

- Doğrultucular girişindeki alternatif gerilimi çıkışında doğru gerilime dönüştüren çeviricilerdir. Ancak, elde edilen doğru gerilim düzgün olmayıp alternatif bileşenleri vardır. Çıkış doğru gerilimin dalgalılığını en aza indirmek amacıyla süzgeç (filtre) devreleri kullanılır. Bu durumda doğrultucunun bağlı olduğu alternatif kaynaktan çekeceği akım sinüs olmaktan uzaklaşacaktır. Doğrultucular kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Kontrolsüz doğrultucular kontrolsüz yarıiletken güç elektroniği elemanları olan diyotların kullanılması ile sağlanırken, kontrollü doğrultucular tristör, IGBT'ler gibi kontrollü yarıiletken güç elektroniği elemanların kullanılması ile sağlanır. Doğrultucu çıkışında bağlı olan yük değerine göre 1 fazlı ya da 3 fazlı alternatif kaynağa bağlanırlar. Kaynak sinüs dalgasının hem pozitif hem de negatif yarım dalgasını doğrultan doğrultuculara tam dalga ya da köprü, sadece bir yarım dalgasını yüke aktaran doğrultuculara da yarım dalga doğrultucular denilmektedir.

SÜRÜCÜ DEVRELER

■ Doğru Akım Kıyıcıları

- Doğru akım kıyıcıları girişindeki sabit genlikli bir doğru gerilimi değişken değerli bir doğru gerilime dönüştüren çeviricilerdir. En basit şekliyle devrenin çalışması, doğru gerilim kaynağı ile yük arasına kontrollü yarıiletken elemanın yerleştirilmesi ve belirli bir düzende açma kapama yapmasıdır. Anahtarın açma kapama aralarında sürenin değiştirilmesi ile doğru gerilimin değeri değiştirilir. Genelde, yükün beslenmesine göre A tipi (akımı daima yüke doğru ileten), B tipi (akımı hem yüke hem de kaynağa doğru ileten) ve C tipi (yük gerilimini ve akımı her iki yönde de olan) olmak üzere 3 tipte sınıflandırılırlar. Uygulama alanları arasında doğru akım motorlarının sürülmesi ve yüksek frekanslı olan buck, boost, buck/boost, forward gibi devrelerin anahtarlama güç kaynaklarında kullanılması bulunmaktadır.

■ **Eviriciler (Inverter)**

- Eviriciler girişindeki sabit genlikli doğru gerilimi, çıkışında istenilen etkin değere ve frekansa değiştirebilen çeviricilerdir. Değişik güç değerlerine göre 1 fazlı ya da 3 fazlı olarak yapılırlar. İlk evirici devrelerinde elde edilen gerilim dalga şekli kare dalgaydı. Ancak, yarıiletken ve mikroişlemci teknolojisinin gelişmesiyle evirici çıkışında sinüs gerilim dalgası elde edilmeye başlanmıştır. Böylece hem akım hem de gerilim harmonik distorsiyonu çok azaltılmıştır. Elde edilen sinüs dalga ile sürülen asenkron motorlar ve diğer alternatif akım motorlarının performansları ve verimleri yükseltilmiştir. Evirici devresinde), Isolated gate bipolar tranzistör(IGBT) elemanlar yüksek dv/dt ve di/dt dayanımları, iletme ve kesime gitme kolaylıkları nedeniyle tercih edilmektedir. Çıkışında sinüs dalga elde etmek için kapı devresine sinüs ve üçgen dalgaların karşılaştırılması sonucunda elde edilen darbe katarı uygulanır. Bu yöntemle sinüsoidal darbe genişlik modülasyonu denilmektedir.



Asenkron Motorlar

Bilindiği gibi asenkron motorlar mekanik yapılarının basitliği nedeni ile ucuz, bakım giderleri düşük ve yüksek güvenilirliğe sahip makinalardır. Temel mekanik yapılarına göre, sincap kafesli ve rotoru sargılı olmak üzere iki ana sınıfa ayrılırlar. Sincap kafesli asenkron motorların rotor devreleri, alüminyum çubuklar ve kısa devre halkalarından oluşup, oldukça basit bir mekanik yapıdadır. Bu nedenle günümüzde, küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşlarında %80'e varan bir kullanım hacmine sahiptir. Doğru akım makinalarındaki fırça-kollektör düzeneği gibi bir yapısı da olmadığından, çalışması esnasında ark oluşmaz. Bu nedenle de rafineri, yakıt depoları vb. yanıcı, parlayıcı ortamlar ile tozlu, kirli, nemli ve ıslak yerlerde güvenle kullanılabilirler.

Asenkron Motorlar

- Ancak, asenkron makine, basit mekanik yapısına karşılık, oldukça karmaşık bir matematiksel yapıya sahiptir. Matematiksel olarak ortaya çıkan sistem, lineer olmayan yapıdadır. Bu nedenle de asenkron makinanın hız ve akım kontrolü, oldukça karmaşık kontrol düzeneklerini gerektirir. Asenkron motorların kontrol edilebilme zorluğundan ve karmaşıklığından dolayı hız ve konum kontrolü gereken yerlerde uzunca bir süre doğru akım makinaları kullanılmıştır. Bilindiği gibi doğru akım makinaları lineer sistemler olup, konum ve hız kontrolünde oldukça elverişli yapıdadırlar. Bu nedenle de kontrol düzenekleri basit ve ucuzdur. Ancak doğru akım makine sistemlerinin kuruluş ve bakım giderleri oldukça yüksektir. Mekanik yapıları, asenkron motorlara göre çok daha karmaşık olup, her ortamda kolayca kullanılamazlar

Asenkron Motorlar

- Sabit stator gerilimi ve frekansı altında, asenkron motorun hız kontrolünün bir diğer şeklide, çift kutup sayısının(p) değiştirilmesidir. Ancak bu işlem için özel stator sargı düzeneği gereklidir. Bu yöntem ile yapılan hız denetimi kademeli olup, ancak iki farklı hız değerine ulaşmasını sağlar. Kademe değişimlerinde akım sıçramaları oluşur. Bu nedenle pek kullanışlı bir yöntem değildir.

Asenkron Motorlar

- Tristörlerle yapılan doğrudan frekans çeviricilerle asenkron motorun hız kontrolü yapılabiliyorsa da, kontrol sisteminin karmaşıklığı gerekse maliyet açısından bu tip kontrol sistemleri çok fazla uygulama alanı bulamamıştır. Günümüzde, güç elektroniği elemanlarındaki ve yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler sonucu Gate turn off thyristor (GTO), MOS Controlled thyristor (MCT), Isolated gate bipolar transistor (IGBT), Metal okside silicon field effect transistor (MOSFET)'ler diğer güç elektroniği uygulamalarında olduğu gibi asenkron motor hız kontrol işlemlerinde de GTO'larla 600 KVA'lık frekans çeviriciler yapılmaktadır

Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Hız Ayarı



- Asenkron motorların 1. çalışma bölgesinde devir hızı hemen hemen sabit kalmaktadır. Sanayide bir çok iş makinası kademeli veya sürekli hız ayarı gerektirmektedir. Bu nedenle asenkron motorlar için hız kontrol yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları ile yalnızca kademeli hız ayarı yapılabilmekte ve asenkron motor belirli iki veya üç değişik hızda çalıştırılabilmektedir. Devir hızı ayar yöntemlerini saptamak için:

- $$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad \text{ve} \quad n = n_1 - n_1 \cdot s = n_1(1 - s)$$

$$n = \frac{60 \cdot f_1}{p} \cdot (1 - s)$$

- gereğince devir hızı, şebeke frekansını, çift kutup sayısını, kaymayı değiştirmekle ayarlanabilir.

Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Hız Ayarı



Hız ayarı yöntemleri şunlardır;

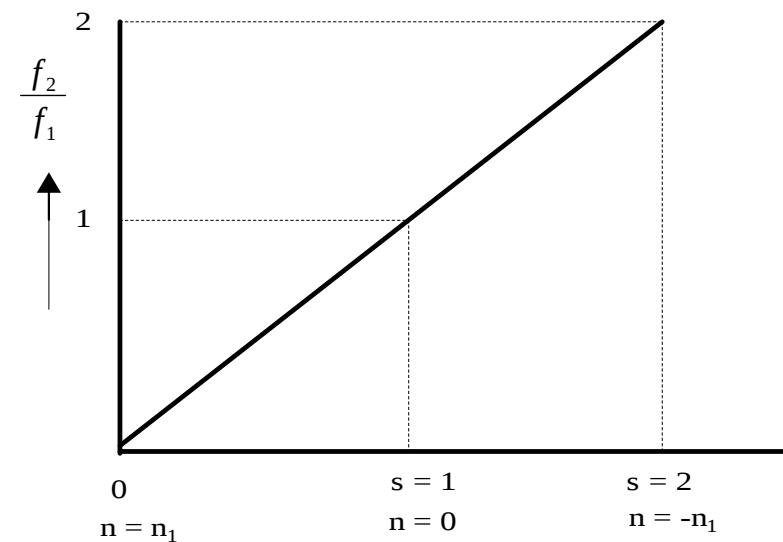
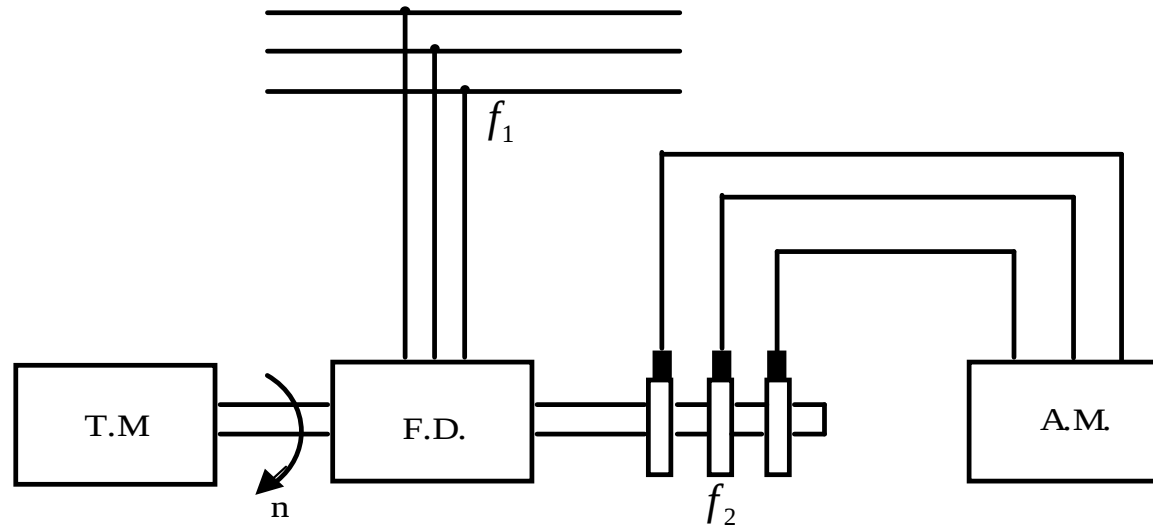
- 1.Şebeke Frekansını Değiştirerek
- 2.Çift Kutup Sayısı Değiştirilerek Hız Ayarı
- 3.Kaymayı Değiştirerek Yapılan Hız Ayarı
- 4.Asenkron Motorun Statoruna Uygulanan Gerilimin Değiştirilmesi İle Hız Ayarı
- 5.Rotor Direncinin Değiştirilmesi Yoluyla Hız Ayarı
- 6.Rotora Dışarıdan Değişken Frekanslı Gerilim Uygulayarak Devir Hızı Ayarı



Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Hız Ayarı

- **Şebeke Frekansını Değiştirerek**
- Primer frekansın değiştirilmesi ile pratik olarak kayıpsız bir devir sayısı ayarı elde olunur. Bu tür devir sayısı ayar yönteminde belirli sayıda motor veya motor gruplarının devir sayılarının ayarı, bunların frekansı ayar edilebilen özel generatörlerden veya frekansı ayar edilebilir şebekelerden beslenmeleri ile sağlanır.
- Bu gibi durumlara tekstil fabrikalarının bazı tezgahlarında, bazı ağaç işleme tezgahlarında ve gemi pervanesi tahrikinde rastlanır

Dinamik Frekans Değiştiricilerle Hız Ayarı



Dinamik Frekans Değiştiricilerle Hız Ayarı



- Bu şekildeki;
- T.M: Tahrik makinası (Devir sayısı ayar edilebilir bir motor, örneğin bir doğru akım şönt motor olabilir).
- F.D: Frekans değiştirici (Rotoru sargılı bilezikli bir asenkron motordur.Rotor bileziklerindeki gerilim devir sayısı ayarlanarak asenkron motorun stator sargısına bağlanmıştır.)
- A.M: Devir sayısı stator sargısı geriliminin frekansı değiştirilerek hız ayarı yapılacak üç fazlı kısa devre kafesli asenkron motor.
-

Dinamik Frekans Değiştiricilerle Hız Ayarı



$$f_2 = f_1 \cdot s \quad \text{ve} \quad s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

olduğundan;

1. Tahrik makinası, frekans değiştiricinin rotorunun senkron devir sayısında tahrik edecek olursa, yani;

$$n = n_1 \quad \text{ise} \quad s = \frac{n_1 - n_1}{n_1} = 0 \quad \text{olur.}$$

$$f_2 = f_1 \cdot s = 0 \quad \text{olur.}$$

$n < n_1$ olduğu sürece f_2 frekansı gittikçe büyür.

2. $n = 0$ ise yani tahrik makinası durunca

$$s = 1 \quad f_2 = f_1$$

olur.

3. Tahrik, makinası frekans değiştiricinin döner alanına ters yönde frekans değiştiriciyi tahrik ederse;

$$n = -n_1 \quad s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{2n_1}{n_1} = 2$$

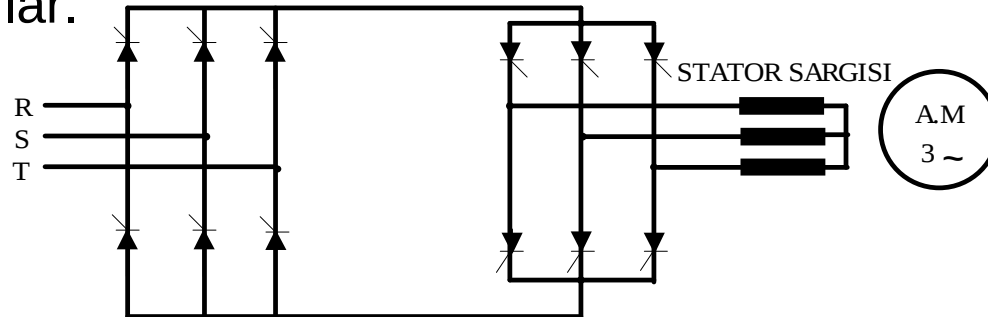
$$f_2 = f_1 \cdot s = 2 f_1 \quad \text{olur.}$$

Bu şekilde 0-100 Hz arasında frekans değiştirilebilir

Statik Frekans Çeviricilerle Hız Ayarı



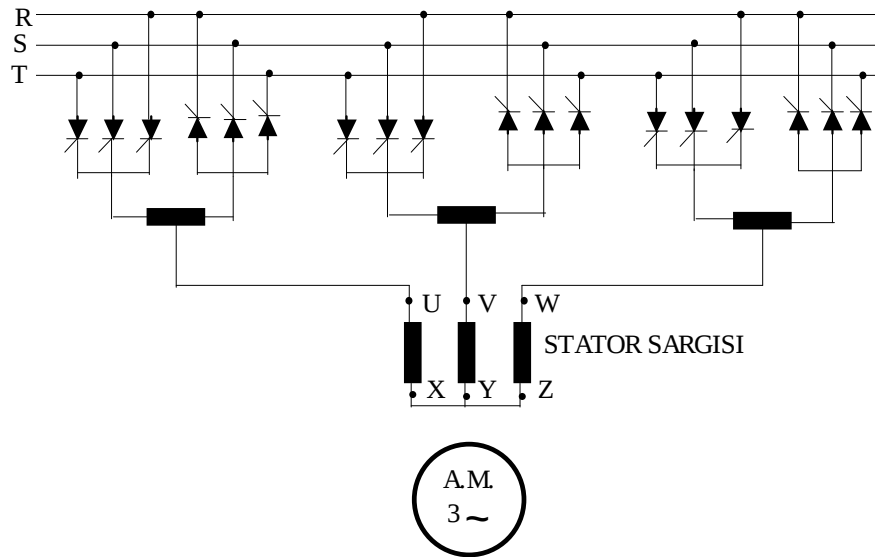
- Bu şekildeki hız kontrolünde tristörlü üç fazlı köprüler kullanılır. Bu düzende sabit frekanslı bir alternatif akım kaynağının gerilimi, üç fazlı tristörlü köprü ile doğru gerilime çevrilir sonra bu doğru gerilim yine tristörlü köprü ile üç fazlı frekansı değişik alternatif bir gerilime çevrilir. Bu şekilde 10 Hz ile 100 Hz arasında frekansı değişen alternatif gerilimler elde edilir. Tristörlerin kapılarına uygun işaretler verilerek kare dalgalı gerilimler elde edilir. Şebeke gerilimi olduğundan frekans değiştirildiği zaman örneğin frekans 50 Hz altında bir değere ayarlanmışsa faydalı akı çok büyür. Akıdaki bu büyüme sonucu makine doymaya girer. Bu nedenle motoru besleyen gerilimin frekansı küçülünce, motoru besleyen gerilimde küçülmelidir. Yani oranı frekans değiştirme sırasında daima sabit tutulmalıdır.
- *Bu yöntemin mahzuru:* Gerilim şeklinin kare şeklinde olması nedeni ile devir sayısı ayarı yapılacak motorun stator sargısında bu gerilime tekabül eden yüksek dereceli harmoniklerin olmasıdır. Bu harmonikler motorun çalışması üzerine olumsuz etki yaparlar.



Cycloconverterlerle Frekans Değiştirerek Hız Ayarı



- Bu durumda motoru besleyen gerilim direkt olarak çeviriciden motora uygulandığından frekans ayarı 0-40 Hz arasında ayarlanabilir. Bu usulle 10-10000 kW gücüne kadar motorlarda hız ayarı yapılır



Çift Kutup Sayısı Değiştirilerek Yapılan Hız Ayarı



- Bu yöntem genellikle kısa devre kafesli asenkron motorlarda uygulanır. Çünkü kısa devre kafesli asenkron motorlarda rotor frekansı f_r dir. Rotoru sargılı yani bilezikli asenkron motorlarda ise rotor kutup sayısının stator kutup sayısına uygun olması gereklidir. Bu ise bilezik sayısının artmasına neden olur. Dahlander sarımlı motorları buna örnek verebiliriz.

Kaymayı Değiştirerek Yapılan Hız Ayarı



- Bu şekildeki hız ayarında rotor dış devresindeki güç ayar edilerek kayma değiştirilir. Bu durum ise ancak bilezikli asenkron motorlarda söz konusu olur. Bilezikli asenkron motorlarda rotor devresine omik dirençler bağlayarak yani direnci değiştirilerek hız ayarı yapıldığı gibi rotor bileziklerine uygulanan gerilim değiştirilmek suretiyle de hız ayarı yapılabilir. Bu yöntemin mahsuru rotora bağlanan dirençler nedeni ile joule kayıplarının artması ve verimin düşmesidir.

Asenkron Motorun Statoruna Uygulanan Gerilimin Değiştirilmesi İle Hız Ayarı

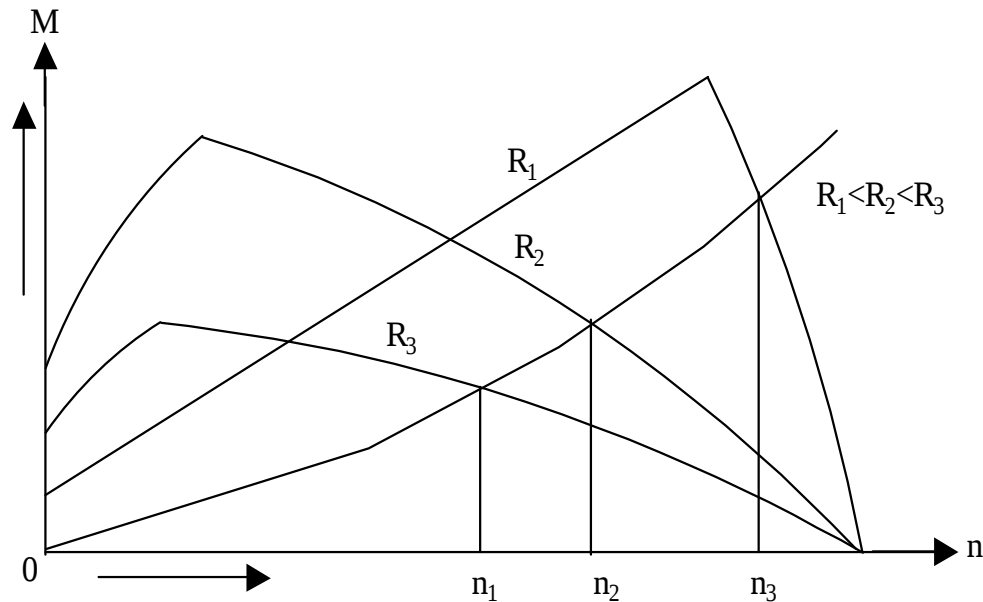


- Moment gerilimin karesiyle orantılıdır. Gerilimi ayarlayarak hız ayarı yapmak mümkündür. Ancak gerilim azaldığında örneğin yarı değere düşürüldüğünde moment dörtte bir değerine düşmektedir. Bu nedenle bu yöntem endüstride pek kullanılmaz.

Rotor Direncinin Değiştirilmesi Yoluyla Hız Ayarı



- Rotor sargısına direnç ekleyerek yapılan hız kontrolü, ancak bilezikli asenkron makinalarda uygulanabilir. Ancak düşük hızlarda direnç üzerindeki ısı kayıplarının ve ek kayıpların çok artmasından dolayı büyük güçlü asenkron makinalarda pek kullanılmaz.



Rotora Dışarıdan Değişken Frekanslı Gerilim Uygulayarak Devir Hızı Ayarı

- Dışarıdan gerilim uygulayarak hız ayarı yapma olanağı ancak bilezikli asenkron motorlarda vardır. Rotora dış kaynaktan uygulanacak gerilim her zaman kayma frekansında olmalıdır. Bilindiği gibi asenkron makinanın stator ve rotor döner alan güçleri arasındaki bağıntı

$$P_{d2} = s \cdot P_{d1}$$

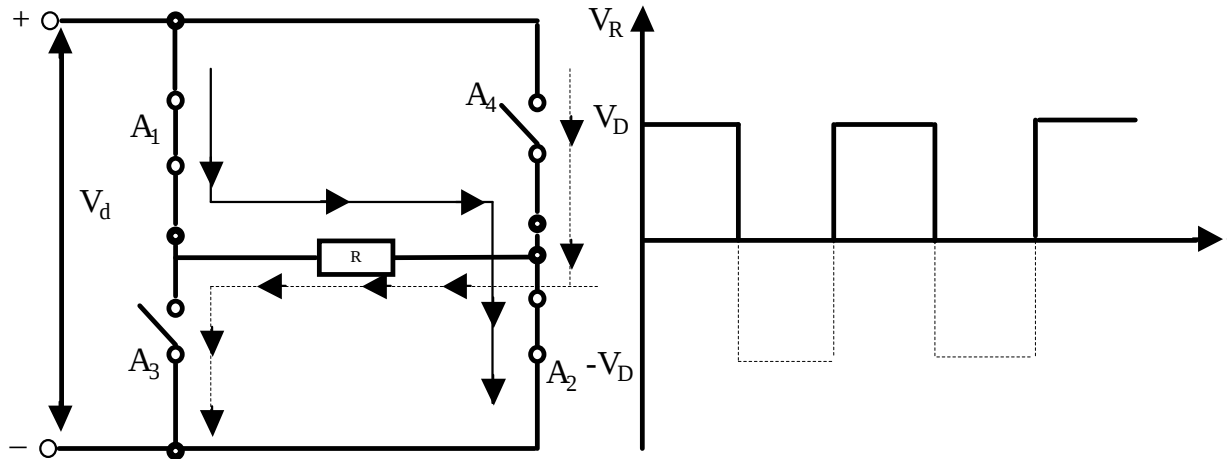
- şeklindedir. P_{d1} 'nin sabit kalması, M_{d1} 'nin sabit kalması demektir. Böylece kayma değiştirilmek istenirse, rotor döner alan gücünün ayar edilmesi gerekir. Bu ise rotor bileziklerine uygulanan gerilimin ayarı demektir.

Eviricilerin Çalışma Prensipleri



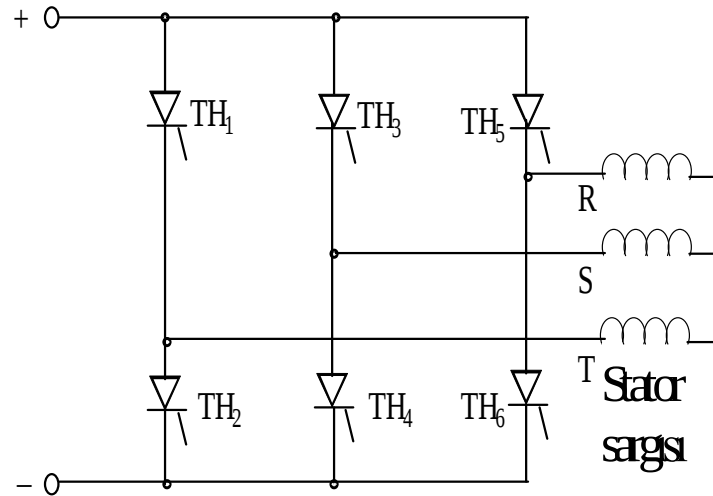
Eviriciler doğru akım enerjisini alternatif akım enerjisine çeviren güç elektroniği devreleridir. Şekil:de bir fazlı eviricinin prensip şeması görülmektedir.

A_1 , A_2 anahtarları kapalı, A_3 , A_4 anahtarları açık iken R yüküne uygulanan V kaynak gerilimi, yükten şekilde gösterilen yönde akım akmasını sağlar. A_3 , A_4 anahtar çifti A_1 , A_2 anahtar çiftinin tümleyeni olarak çalıştığından bu çiftlerden biri kapandığında diğ er çift açılır ve yüke uygulanan gerilimin yönü değişir. Anahtar çiftleri eşit sürelerde açılıp kapandığında yüke kare dalga biçiminde alternatif gerilim uygulanmış olur



TRİSTÖRLE YAPILMIŞ ÜÇ FAZLI EVİRİCİ

Şekilde görülen üç fazlı evirici aralarında olan 60° 'lik değişim nedeniyle tristörlerin devamlı üç tanesi iletimde kalacaktır. Yani birinci 60° 'de TH_1 , TH_5 , TH_4 ikinci 60° 'de TH_1 , TH_4 , TH_6 üçüncü 60° 'de TH_1 , TH_3 , TH_6 dördüncü 60° 'de TH_3 , TH_2 , TH_6 beşinci 60° 'de TH_3 , TH_5 , TH_2 altıncı 60° 'de TH_5 , TH_2 , TH_4 iletimde olacaktır. Yalnız geçiş anlarında kaynağın kısa devre olmaması için tristörlerin iki tanesi iletimde kalacaktır. Yani birinci 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_5 , TH_4 ikinci 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_1 , TH_4 üçüncü 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_1 , TH_6 dördüncü 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_3 , TH_6 beşinci 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_3 , TH_2 altıncı 60° 'nin ilk 10° 'sinde TH_5 , TH_2 iletimde olacaktır.

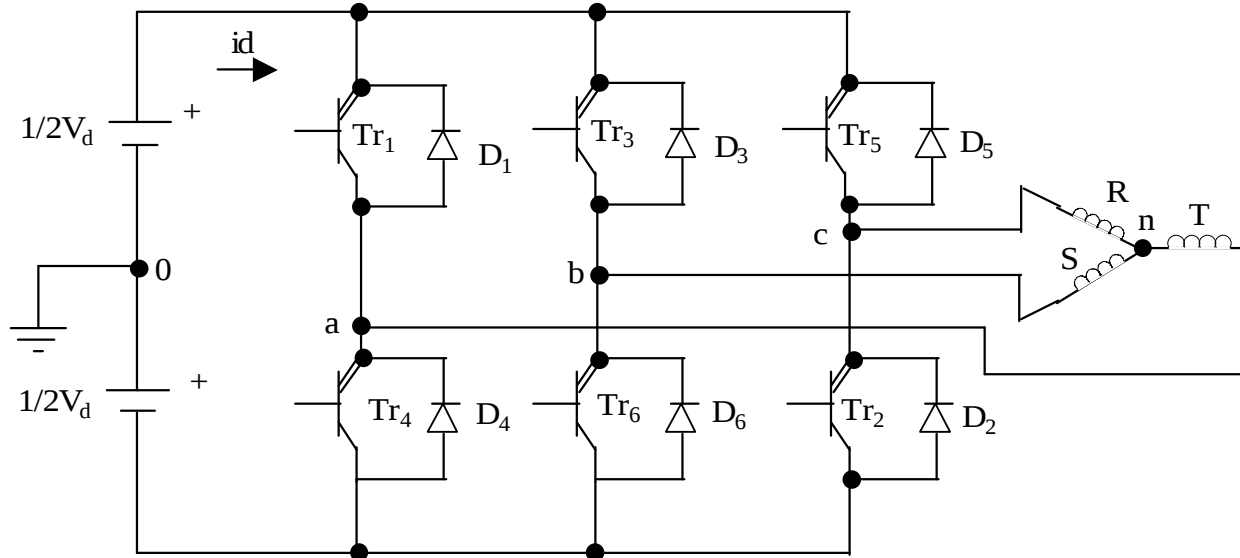


TRANSİSTÖRLE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ ÜÇ FAZLI EVİRİCİ



Devremizde kullanılan transistörlü eviricinin şeması Şekilde görülmektedir. Bir önceki tristörlü devre göz önüne alınarak $TH_1 \dots TH_6$ yerine $Tr_1 \dots Tr_6$ transistörleri kullanılmıştır. Bu devrenin çalışma prensibi tristörle yapılmış üç fazlı eviricinin çalışma prensibi ile aynıdır. Fakat maliyeti düşürmek amacı ile anahtarlama elemanı transistör olarak seçilmiştir. Gerçekleştirilmiş eviricide Darlington transistörü kullanılmıştır. Bunun nedeni ise gücünün yüksek olmasıdır.

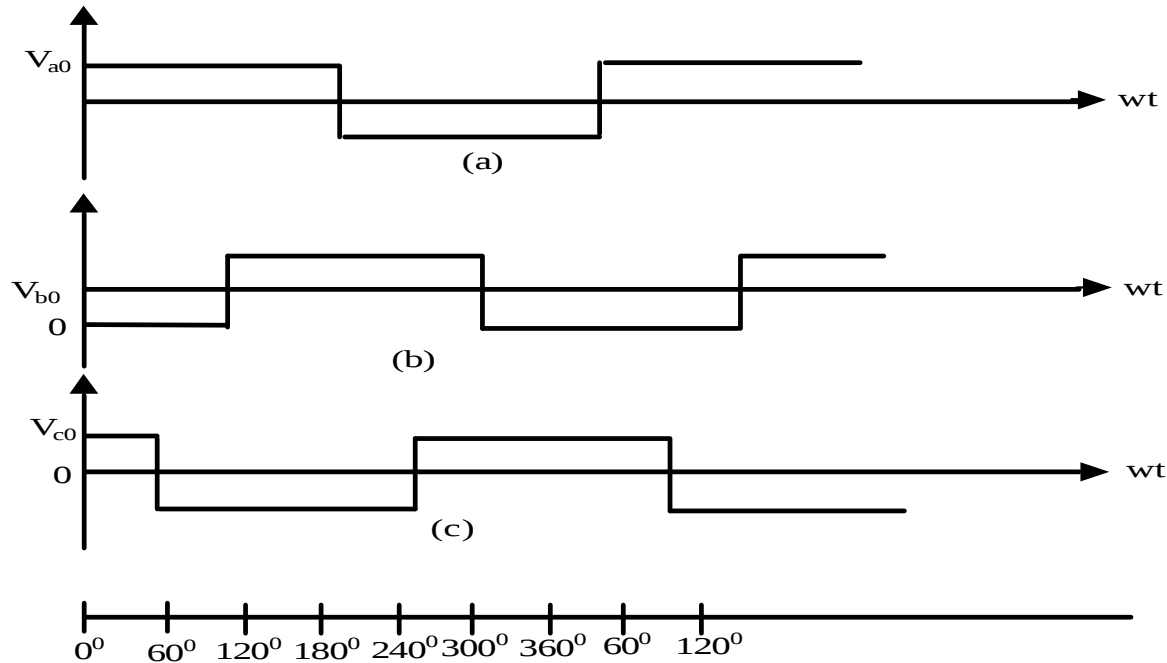
$D_1 \dots D_6$ diyotları Darlington transistörlerini korumak amacı ile konulmuştur. Darlington ters kutuplandığında diyotlar iletme geçerek transistörlerin üzerinden ters akım geçmesini engeller.



TRANSİSTÖRLE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ ÜÇ FAZLI EVİRİCİ



Transistör iletimde iken diyot yalıtmada, diyot iletimde iken transistör yalıtmadadır. Bu iletim ve yalıtım anlarındaki geçişlerde gecikmenin minimum olması gerekir. Aksi halde transistörler bozulabilir. Bunu engellemek için diyotların hızlı seçilmesi gerekir. Şekilde eviricinin dalga şekilleri görülmektedir. Şekil a, b, c'de görüldüğü gibi fazlar arasında 120° faz farkı ve üç fazlı gerilimde 60° 'lık aralıklarla değişim görülmektedir. Evirici devresinde bulunan transistörlerin hangisinin açık (1) ve kapalı (0) olduğu Şekilde verilmiştir.



Transistörle Tristörün Karşılaştırılması

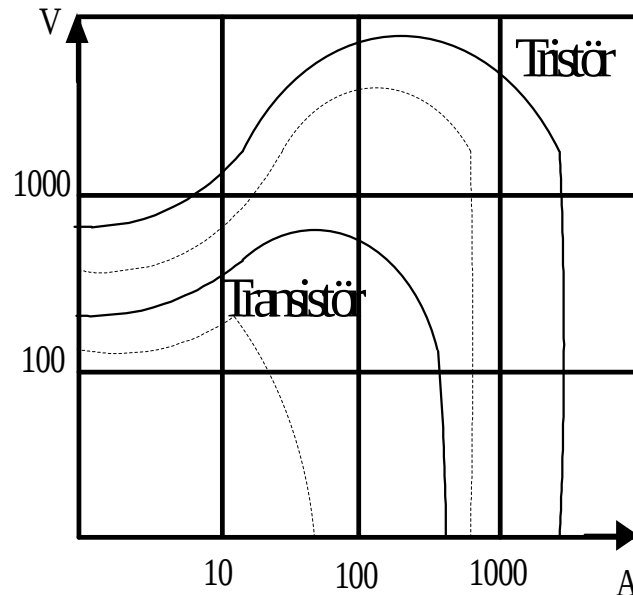


- Güç elektroniğı uygulamalarında kullanılan anahtarlama elemanlarının başında güç transistörü ve tristörü gelmektedir. Güç transistör ve tristör arasında seçimi etkileyebilecek bazı özellikler mevcuttur.
- Tristör yüksek gerilim ve akımlara kumanda edilebilen bir elemandır. Fakat kesim özelliğı yoktur. Tristörü açılan ve kapanan bir anahtar olarak kullanmak istediğimiz zaman bu tristörle birlikte yardımcı bir tristör ve komitasyon kondansatörü kullanmak gerekir. Kondansatörü ana tristör üzerinde deşarj ederek anahtarın açılması sağlanabilir. Bu işlem zorlamalı anahtarlama olarak bilinir ve bu durum devrelerin büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olur.
- Transistör düşük akım kademelerinde kullanıldığı zaman çok emniyetlidir. Günümüzde teknolojik gelişmeler transistörün anahtar olarak 100V, 150A veya 400V, 40A kademelerine kadar kullanılmasına imkan sağlamıştır. Yakın bir gelecekte daha yüksek güçlerde çalışması beklenmektedir. Transistör kesime sokulabileceğı için yardımcı elemanlar eklemeye gerek yoktur. Bu durum transistörün gelecekte bir çok güç uygulamasında anahtar olarak kullanılacağını göstermektedir.

Transistörle Tristörün Karşılaştırılması



- Şekilde görüldüğü gibi güç transistörleri henüz çok yeni bir elemandır. Bu nedenle gelişme yeteneğinin olduğunu göstermektedir. Tristör ise gelişmesini hemen hemen tamamlamış durumdadır.
- Günümüzde anahtarlama elemanı olarak transistörle, 1 kW'tan 5 kW'a kadar tasarımı yapılmaktadır. Gelecekte 550 kW kademesinde ki cihazlarda güç transistörlerinin kullanılması beklenmektedir.



FREKANS DEĞİŞTİRİCİLERLE HIZ AYARININ YAPILMASI



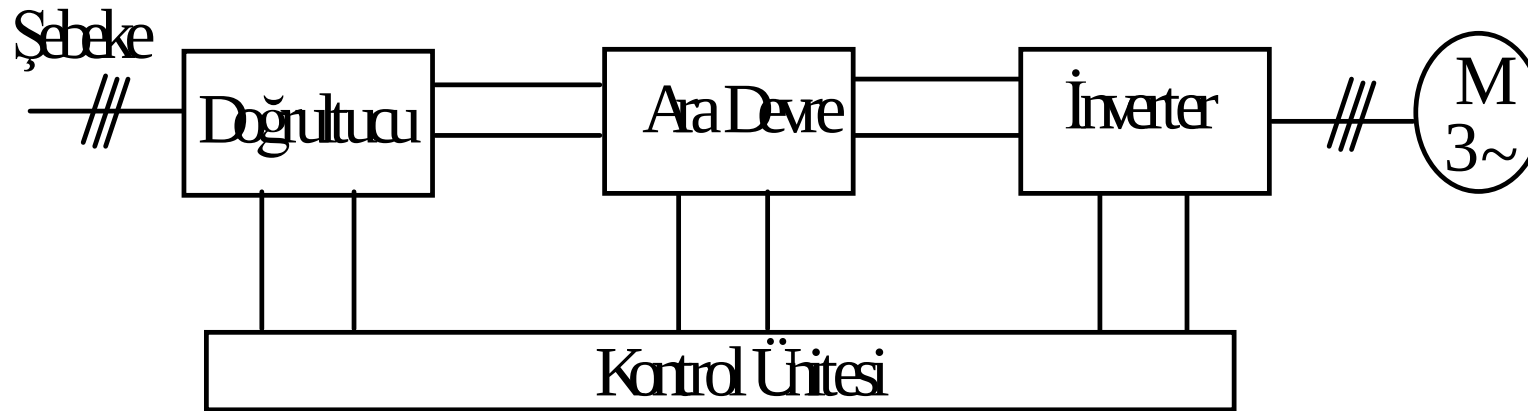
- **1.ARA DEVRELİ FREKANS DEĞİŞTİRİCİLER**
- **1-a) Akım Ara Devreli Frekans Değiştirici**
- **1-b) Gerilim Ara Devreli Frekans Değiştirici**
- *Değişken gerilim ara devreli frekans değiştiriciler(DGFD).
- ** Sabit gerilim ara devreli frekans değiştiriciler(SGFD).
- **2. DOĞRUDAN FREKANS DEĞİŞTİRİCİLER**

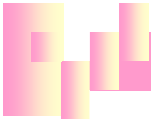
ARA DEVRELİ FREKANS DEĞİŞTİRİCİLER



Asenkron motorun beslenmesinde kullanılan frekans değiştiriciler, Şekilde gösterildiği gibi, dört kısımdan oluşur.

- 1-Doğrultucu
- 2-Ara devre
- 3-Evirici
- 4-Kontrol Ünitesi

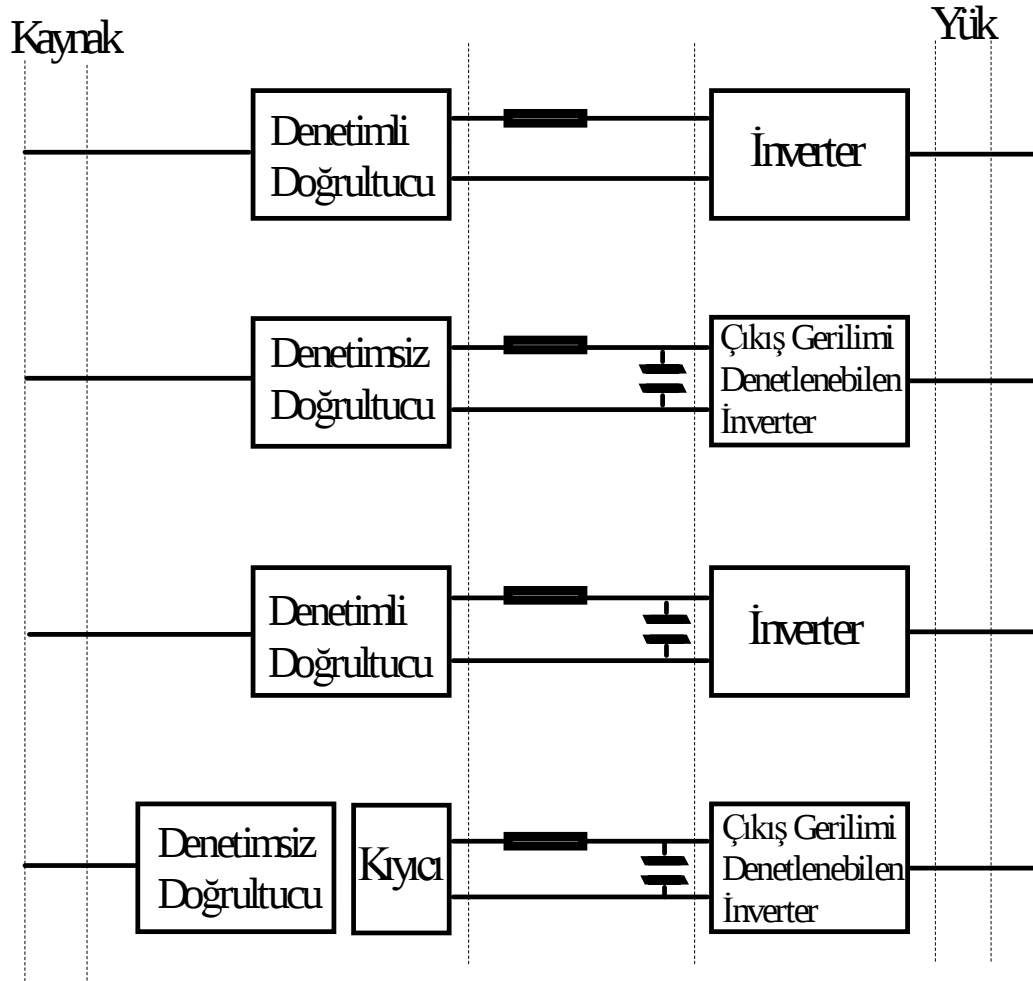




ARA DEVRELİ FREKANS DEĞİŞTİRİCİLER

- İlk ana bölüm doğrultucudur. Şebekenin alternatif geriliminin doğru gerilime çevrildiği bu bölümde kontrollü veya kontrolsüz bir doğrultucu bulunabilir. Ara devrede ise doğrultucuda elde edilen dalgalılığı fazla olan doğru gerilim seviyesinin süzülmesine yarayan L-C alçak geçiren filtresi ve aynı gerilimin ortalama değerini ayarlayan doğru akım kısıyıcısı bulunabilir. Üçüncü bölüm inverterdir ve ara devredeki doğru gerilim veya akımda efektif değeri ve frekansı ayarlanabilen bir alternatif gerilim elde edilmesinde kullanılır. Kontrol devresi ise frekans değiştiricisinin çalışmasını kontrol eder. Frekans değiştirici çeşitleri Şekilde gösterilmektedir.

ARA DEVRELİ FREKANS DEĞİŞTİRİCİLER

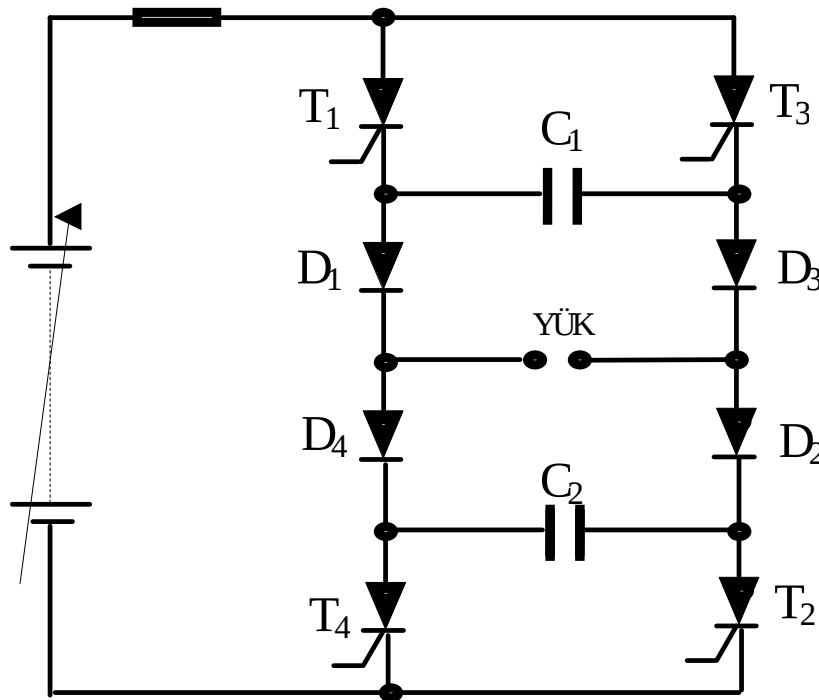


- a) Akım ara devreli.
- b) Sabit gerilim ara devreli (Darbe genişlik modülasyonu).
- c) Kontrollü doğrultucu ile denetlenen gerilim ara devreli.
- d) Doğru akım kıyıcı ile denetlenen gerilim ara devreli.

Akım Ara Devreli Frekans Değiştirici



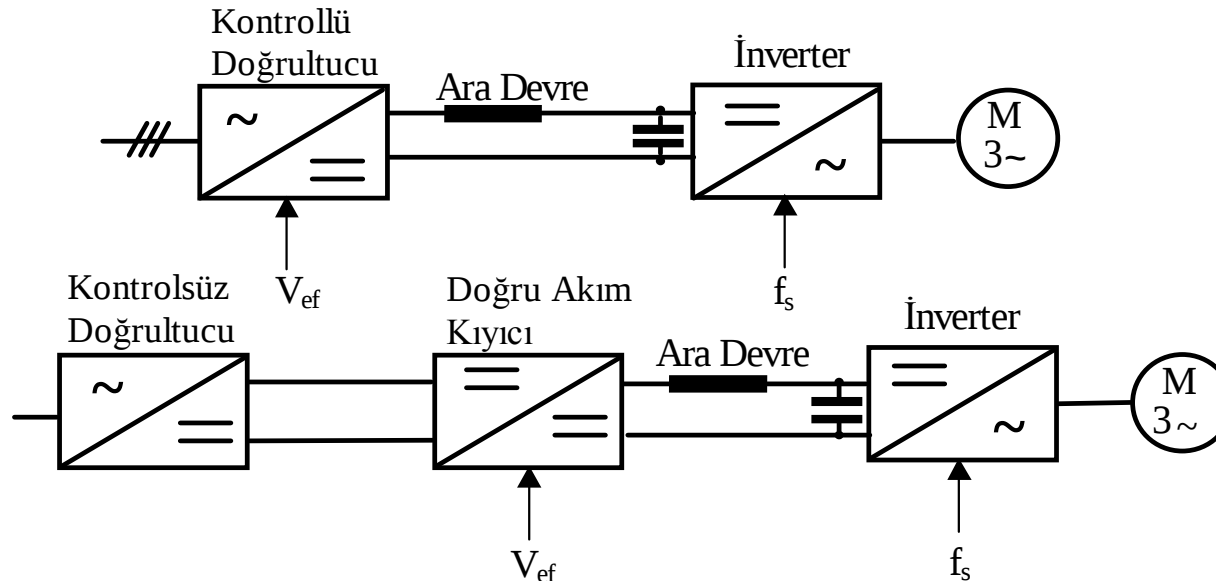
- Akım ara devreli frekans değiştiriciler, akımın genliğini kontrol edebilmek için girişte kontroll doğrultuculardan oluşmuştur. Ara devrede akımı süzmek için byk bir seri endüktans yer alır. Inverter, özellikle klasik tristörlerden oluşmuş devrelerde komütasyon olayının kolaylıkla gerçekleştirilebildiği için basittir. Inverterde sadece frekans değiştirilmektedir.



Gerilim Ara Devreli Frekans Değiştirici



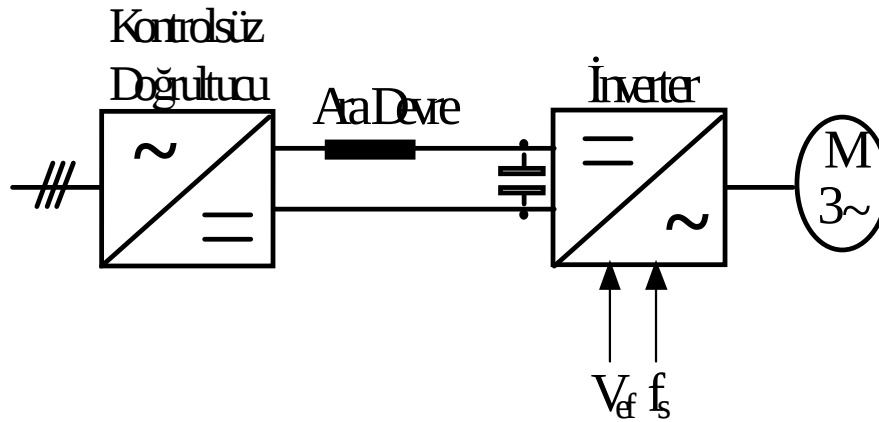
- Gerilim ara devreli frekans değiştiricilerde ara devrede endüktansı paralel bir kondansatör yer almaktadır. Ara devre gerilimi bu kondansatör yardımı ile süzölmektedir. Çok motorlu çalışmaya uygundur. Ayrıca komütasyon olayı yükten bağımsız olduğundan boşta da çalışabilir. Ara devre geriliminin durumuna göre genelde iki türödür.
 - a) Değişken gerilim ara devreli frekans değiştiriciler(DGFD).
 - b) Sabit gerilim ara devreli frekans değiştiriciler(SGFD).
- **Değişken Gerilim Ara Devreli Frekans Değiştiriciler(DGFD)**
- Kare dalga frekans değiştiriciler olarak da bilinirler. Devre girişi kontrollö bir doğrultucu ve buna ilave bir doğru akım kıyıcı olabilir. DGFD de ara devre gerilimi değişken olduğundan, harmonik distorsiyon geniş bir aralıkta değişir. Maksimum distorsiyonun olduğu ara devre gerilimini de süzebilmek amacıyla ara devrede yer alan kondansatör büyük seçilmelidir. Bu ise büyük zaman sabiti demek olup, istenen gerilim değişimlerine sistemin cevabı yavaştır.



Gerilim Ara Devreli Frekans Değiştirici



- **Sabit Gerilim Ara Devreli Frekans Değiştirici(SGFD)**
- Bu tür frekans değiştiricilerde ara devre gerilimi sabittir. şebeke tarafında kontrolsüz doğrultucular yer alır.Böylece hem küçük süzme elemanları kullanılır hem de devrenin güç faktörü daha iyidir.Gerilim ve frekans inverter üzerinden değiştirilmektedir.Gerilim değişimi darbe genişlik modülasyonu ile sağlanabilmektedir.Bu tür çalışma, aynı zamanda harmonikleride azaltmaktadır.Hatta inverterde yer alan anahtar elemanlarının uygun açılıp kapanmaları ile dalga şeklindeki harmonikler kontrol edilebilir.Uygun bir darbe dizisi ve sayısı ile istenilen harmonikler elimine edilebilir.Bunun sonucu olarak da çıkış dalga şekli sinüse yaklaşmakta, kayıplar ve moment salınımları azalmaktadır.Çıkış dalga şeklini mümkün oluğu kadar sinüse yaklaştırma, darbe sayısının arttırılması ile mümkündür.



Frekans Değiştirme Yöntemlerinin Motora Etkileri



Özellik	Akım ara devreli	Gerilim ara devreli (Kont. Doğ.)	Gerilim ara devreli (D.D. Kıyıcı)	Sabit ara devreli (D.G.M.)
Salınım momentleri	f, 5 Hz'de fazla	f, 5 Hz'de fazla	f, 5 Hz'de fazla	Minimum
Ağır yükte kalkış	iyi	Kötü	Kötü	Çok iyi
Ani yükte davranış	iyi	Orta	Orta	Çok iyi
Kontrol hızı	iyi	Orta	Orta	Çok iyi
Şebeke kesintisinde Kısa süreli çalışma	Olanaksız	Olanaklı	Olanaklı	Olanaklı
Frenleme	Ek devre gereksiz	Ek evirici ya da Frenleme direnci gerekli	Ek evirici ya da Frenleme direnci gerekli	Ek evirici ya da Frenleme direnci gerekli
Güç faktörü	0-0,9 Frekans ve yüke bağlı	0-0,9 Frekans ve yüke bağlı	Yaklaşık 1	Yaklaşık 1
Çok motorlu tahrik sisteminde uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun