

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

**ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**ASENKRON MOTORLARA YOL VERMEK**

ANKARA 2007

### Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

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

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1.....	3
1. ÇİFT DEVİRLİ ASENKRON MOTORLAR.....	3
1.1. Devir Sayısı Ölçme ve Takometre Çeşitleri .....	4
1.1.1. Analog Takometreler.....	4
1.1.2. Dijital Takometreler .....	4
1.2. Devir Sayısını Değiştirme Yöntemleri .....	5
1.2.1. Kutup Sayısını Değiştirerek Devir Ayarı .....	6
1.2.2. Frekansı Değiştirerek Devir Ayarı .....	9
1.2.3. Dişli Sistem (Redüktör) Kullanarak Devir Ayarı.....	9
1.3. Çift Devirli Asenkron Motorun Tanım ve Kullanım Alanları .....	10
1.4. Çift Devirli Asenkron Motorun Çalışma Prensipleri.....	10
1.5. Çift Devirli Asenkron Motorun Bağlantı Şekilleri.....	10
1.5.1. Seri Üçgen Paralel Yıldız ( $\Delta$ - YY)Bağlantı.....	13
1.5.2. Seri Yıldız-Paralel Yıldız ( Y-YY ) Bağlantı .....	15
1.6. Hat-Faz Akım ve Gerilim Değerleri Hesabı .....	17
1.7. Çift Devirli Asenkron Motor Çalıştırma Uygulaması .....	20
UYGULAMA FAALİYETİ.....	23
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	29
2. ASENKRON MOTORLARDA FREKANS DEĞİŞTİREREK DEVİR AYARI .....	29
2.1. İnvörtör Tanımı ve Yapısı.....	30
2.2. İnvörtör Çeşitleri .....	33
2.3. İnvörtör Bağlantı Şekli .....	34
2.4. İnvörtör ile Asenkron Motorun Devir Ayarı Uygulaması .....	37
UYGULAMA FAALİYETİ.....	39
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	40
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	41
ÖĞRENME FAALİYETİ-3.....	42
3. ASENKRON MOTOR YOL VERME YÖNTEMLERİNİ UYGULAMAK .....	42
3.1. Asenkron Motorun Kalkınma Sırasındaki Şebekeye Etkileri .....	43
3.2. Asenkron Motorlara Yol Verme Yöntemleri.....	43
3.2.1. Doğrudan Yol Vermek (Direkt Yol Verme).....	44
3.2.2. Düşük Gerilimle Yol Vermek .....	44
3.2.3. Mikro İşlemcilerle Yol Verme.....	65
UYGULAMA FAALİYETİ.....	68
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	74
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	75
ÖĞRENME FAALİYETİ-4.....	76
4. MOTOR İÇİN GEREKLİ FRENLEME SİSTEMİNİ KURMAK.....	76
4.1. Frenlemenin Önemi ve Çeşitleri .....	77
4.1.1. Balatalı Frenleme .....	77
4.1.2. Dinamik Frenleme.....	81
4.1.3. Ani Durdurma .....	88

UYGULAMA FAALİYETİ.....	90
PERFORMANS DEĞERLENDİRME.....	93
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	94
ÖĞRENME FAALİYETİ-5.....	95
5. PROJE ELEMANLARINI BELİRLENEN YERE MONTE ETMEK.....	95
5.1. Değişik İşletmeler İçin Hazırlanmış Projelerin Okunması.....	95
5.2. Proje Üzerinde Elemanların Yerleşimi ve Yerleşim Sırasında Dikkat Edilecek Hususların İncelenmesi.....	96
UYGULAMA FAALİYETİ.....	99
PERFORMANS DEĞERLENDİRME.....	100
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	101
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	102
CEVAP ANAHTARLARI.....	104
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	105
KAYNAKÇA.....	106

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0122</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Otomasyon Sistemleri</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Asenkron Motorlara Yol Vermek</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Asenkron motorlara yol vermekle ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Asenkron Motor Kumanda Teknikleri, modülünü tamamlamış olmak.
<b>YETERLİK</b>	Asenkron motor yol verme devrelerini kurmak.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<p><b>Genel Amaç</b></p> <p>Gerekli donanımına sahip atölye ortamı sağlandığında, öğretmen gözetiminde asenkron motor ya da motorlara yol vermek için gerekli yöntem ve teknikleri öğrenecek ve TSE, İç Tesisleri Yönetmeliği ile şartnamelerine göre uygulayabileceksiniz.</p> <p><b>Amaçlar</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Çift devirli asenkron motorun bağlantısını, koruma önlemlerini alarak kurup, çalıştırabileceksiniz.</li><li>2. Frekans değiştirme yöntemi ile asenkron motorun devrini değiştirerek istenen çalışmayı sağlayabileceksiniz.</li><li>3. Yıldız üçgen çalışmayı, uygun geçiş süresini tespit ederek, TSE, iç tesisat yönetmeliği ve şartnameye uygun olarak gerçekleştirebileceksiniz.</li><li>4. Motor için gerekli frenleme sistemini TSE, iç tesisat yönetmeliği ve şartnameye uygun olarak gerçekleştirebileceksiniz.</li><li>5. Proje elemanlarını belirlenen yerlere TSE, iç tesisat yönetmeliği ve şartnameye uygun olarak monte edebileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Atölye ortamı, takımhane, çift devirli asenkron motor, kumanda elemanları, koruma elemanları, bağlantı araç ve gereçleri, invertör, asenkron motor, bağlantı kabloları, takometre, yol verme elemanları, projede yer alan malzemeler, montaj malzemeleri.

**ÖLÇME VE  
DEĞERLENDİRME**

Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendinizi değerlendireceksiniz.  
Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Sanayinin birbirinden farklı kollarını düşündüğümüzde; en yaygın olan cihazın elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirip bize her türlü uygulamada en mükemmel çözümü sunan elektrik motorları olduğunu fark ederiz.

Bir an düşünürsek; sanayimizde milyarlarca kWh' lik elektrik enerjisinin yalnızca AA motorlar üzerinden tüketildiğini anlarız.

Asenkron motorların devir sayıları yükte çok az değişir, bu motorlar sabit devirli motorlar sınıfına girer. Asenkron motorların özellikle yapılarının basit ve ucuz olması, fazla arıza yapmamaları, bakıma az ihtiyaç duymaları, tamiratlarının basit ve kolay olması, çalışmaları sırasında elektrik arkı meydana getirmemeleri, sessiz çalışmaları gibi üstünlüklerinden dolayı endüstride en çok kullanılan motordur. Asenkron motorlar için “sanayinin atıdır” denebilir.

Bütün bu sebeplerden dolayı asenkron motorların çalıştırılması (yol verilmesi), kumanda tekniklerinin ve yol verme yöntemlerinin iyi bilinerek uygulamasının önemini arttırmıştır.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler ile asenkron motorlara yol verme yöntem ve tekniklerini öğrenecek, herhangi bir fabrikanın otomasyon içindeki motorunu kumanda edebileceksiniz. Bu modül kitapçığında Çift Devirli Asenkron Motorlar, İntertörler (Frekans Değiştiriciler), Asenkron Motora Yol verme Teknikleri, Asenkron Motorların Frenlenmesi ve Proje Elemanlarını Yerlerine Monte Etmekle ilgili konuları ve uygulama örneklerini bulacaksınız.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında çift devirli asenkron motorun bağlantısını, koruma önlemlerini alarak kurup çalıştırabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Ø Elektrik motorlarının devir sayılarını ölçen aletleri (takometreler ya da turmetreler) inceleyiniz.
- Ø İki devirli asenkron motor klemensini ve sarım şemalarını inceleyiniz.
- Ø Çeşitli işletmeleri gezerek asenkron motorların devir sayılarının nasıl değiştirildiğini araştırınız.
- Ø Üç veya dört devirli asenkron motor olup olmadığını araştırınız, varsa devir sayılarının nasıl elde edildiğini öğreniniz.

Araştırma işlemleri için internet ortamı, elektrik ile ilgili kitaplar ve çevrenizde bulunan elektrikle ilgili işletmelerden (bobinajcılar, fabrikalar vs.) yararlanabilirsiniz.

## 1. ÇİFT DEVİRLİ ASENKRON MOTORLAR

Günümüzde endüstride en çok kullanılan motorlar asenkron motorlardır.

Endüstride birçok elektrik makinesi, değişik birkaç dönme sayısı ya da çoğu zaman sürekli hız ayarı yapabilen motorlara ihtiyaç gösterir.

Doğru akım motorlarında devir sayılarını istenen sınırlar içinde ayarlamak mümkün iken asenkron motorlarda ise birkaç kademe dışında devir sayısı ayarı yapmak ilave cihaz ve tekniklerle mümkün olmaktadır.

Asenkron motorların devir sayısı, stator sargıları kutup sayısına veya motorlara uygulanan gerilimin frekansına göre değişir. Frekans sabit ise değişik devir hızları ya farklı kutup sayılı ayrı sargılardan veya aynı sargıda yapılan farklı kutup sayılı (Dahlender Bağlantı) bağlantıdan elde edilir.

## 1.1. Devir Sayısı Ölçme ve Takometre Çeşitleri

Döner makinelerin devir sayısını ölçmede kullanılan ağıtlara takometre (turmetre) denir. Sanıldığıının aksine hızı ölçmez, dakikadaki devir (tur) sayısını ölçer. Makine miline değerek devir sayısı ölçen turmetreler yaygın olarak kullanılan devir ölçme ağıtıdır. Genel olarak takometreler analog ve dijital olarak ikiye ayrılır.

Takometreler konusunda ayrıntılı bilgiyi fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi modülünde verilmişti. Gerekirse tekrar inceleyerek bilgilerinizi tazeleyiniz.

### 1.1.1. Analog Takometreler

Aletin uç kısmında bulunan parça plâstikten yapılmış olup devir sayısı ölçülecek makinenin miline değdirilir. Bu tip takometrelerin el tipi olduğu gibi, devri ölçülecek makinenin miline motajı yapılanlar da vardır. Analog takometrelere, arabalardaki devir ölçerler ile bisikletlerde kullanılan hız göstergelerini örnek olarak gösterebiliriz. Resim 1.1'de dokunmalı tip, dijital yapılı turmetre örneği görülmektedir.

### 1.1.2. Dijital Takometreler

Elektro-optik takometrelerdir. Elektro optik bir algılayıcıdan bir ışık huzmesi gönderilir. Döner cismin üzerindeki bir noktadan periyodik olarak geri dönen ışık toplanır. Bu yansıma elektronik devre tarafından algılanır. Bu ışığın periyodu döner cismin periyodu ile aynıdır. Frekansı gerilime çeviren devre sayesinde devir sayısı ölçülmüş olur. Resim 1.2'de optik tip, dijital yapılı turmetre örneği görülmektedir.



Resim 1.1: Dokunmalı tip, dijital yapılı turmetre



Resim 1.2: Optik tip dijital yapılı turmetre



Resim 1.3: Çeşitli takometre örnekleri

## 1.2. Devir Sayısını Değiştirme Yöntemleri

Asenkron motorların endüstride kullanılan diğer elektrik motorlarına göre birçok üstünlüğünün olması yanında devir sayısının ayarı birkaç kademeli ve küçük sınırlar içinde olması gibi dezavantajları da vardır.

$$\text{Asenkron motorlarda döner alanın devir sayısı } n_s = \frac{60 \cdot f}{P} \text{ d / dk veya } n_s = \frac{120 \cdot f}{2P} \text{ d /}$$

dk, rotor devir sayısında  $n_r = \frac{60 \cdot f}{P} (1 - s) \text{ d / dk}$  formülleri ile bulunur.

Formülde:

f: Şebeke frekansı (ülkemizde 50 hz.dir)

2p: Kutup sayısı

p: Çift kutup sayısı

$n_s$ : Asenkron hız veya döner alan hızı (d/dk)

$n_r$ : Rotor hızı veya milin devir sayısı (d/dk)

s: Kayma senkron hız ile rotor hızı arasındaki fark

Yukarıdaki formüller incelendiğinde asenkron motorun devir sayısının şebeke frekansına, kutup sayısına ve kaymaya bağlı olduğu görülür.

Şu halde asenkron motorun devir sayısını değiştirebilmek için stator sargılarının kutup sayısını ve şebeke frekansın değiştirmemiz gerekir.

Buna göre asenkron motorlarda devir ayarı aşağıdaki yöntemlerle yapılır.

- Ø Kutup sayısını değiştirerek devir sayısı ayarı:
  - Statora iki ayrı kutup sayılı sargı yerleştirerek devir ayarı
  - Statora bir sargı yerleştirerek (Dahlender sargılı-PAM sargılı) devir ayarı
- Ø Şebeke frekansın değiştirerek devir ayarı
- Ø Dişli sistemleri (redüktör) kullanarak devir ayarı

### 1.2.1. Kutup Sayısını Değiştirerek Devir Ayarı

Devir sayısı formülüne göre  $n_s = \frac{60 \cdot f}{P} \text{ d / dk}$  veya  $n_s = \frac{120 \cdot f}{2P} \text{ d / dk}$  frekans sabit kalmak şartı ile kutup sayısı artırılırsa devir sayısı düşer. Yani kutup sayısı ile devir sayısı ters orantılıdır.

Buna göre asenkron motorun devri, statoruna sarılan sargıların kutup sayısını değiştirerek yapılır. Aşağıdaki çizelgede değişik kutup sayılarındaki ve frekanstaki asenkron motorun devir sayıları gösterilmiştir.

Kutup Sayısı $2p$	Şebeke Frekansı	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

Çizelge 1.1: 50 ve 60 Hz şebekeler için çok kullanılan kutup sayılarındaki senkron hız değerleri

Kutup sayısını değiştirebilmek için asenkron motorun statoruna ya farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılır veya tek sargı sarılarak aynı sargıda yapılan farklı kutup sayılı (dahlender bağlantı) bağlantıdan elde edilir.

Buna göre iki devirli motorları iki grupta düşünebiliriz.

### 1.2.1.1. Farklı Kutup Sayılı İki Sargısı Bulunanlar

Aynı stator oluklarına, birbirinden bağımsız, farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılırsa, iki sargı iki devirli motor yapılmış olur. Bu sargıların birbirleri ile hiçbir elektriki bağlantısı yoktur. Böyle bir motorda, hangi sargıya üç fazlı gerilim uygulanırsa, o sargıya ait kutup sayısına uygun devir hızı elde edilir. Bu tip sarımlarda, sargının yıldız (Y) veya üçgen ( $\Delta$ ) bağlantısı, stator içinde yapılır. Klemens tablosuna, her sargıya ait üçer uç çıkarılır. Örneğin 6/4 kutuplu iki sargılı iki devirli motor için, 6 kutuplu sargı uçları 6U-6V-6W, 4 kutuplu uçları 4U-4V-4W gibidir.

İki sargılı iki devirli motorlar ekonomik değildir. Çünkü bir sargı için düşünülmüş stator oluklarına iki ayrı sargı yerleştirilmektedir. Dolayısıyla bir sargılı iki devirli motorlara göre daha küçük güç elde edilir. Başka bir deyişle, bir sargılı iki devirli motorlarda, iki ayrı sargılı iki ayrı sargılı iki devirli motorlara göre daha büyük güç alınır.

Ekonomik olmayışlarından, iki sargılı iki devirli motorların üretimleri sınırlıdır. Birbirinin katı olmayan kutup sayıları için tasarım ve bağlantıları kolay olduğundan uygulanır. Resim 1.4'te farklı kutup sayılı iki sargısı bulunan asenkron motorun etiketi görülmektedir. Etiketeye dikkat edilirse devir sayısı için iki değişik değer vardır. Aralarında da herhangi bir oran yoktur.

Tip	2013/12-4	H02064.	Nr
kW	2.5	8.2	3.5 11.1 PS
A	18	18.7	380 V
Dak	1445	1445	Faz 3 50 Hz
Dk	60	60	IP 54 F Iz. sn.
	0.86		TS 3067 T.M.

Resim 1.4: Farklı kutup sayılı iki sargısı bulunan asenkron motorun etiket değerleri

### 1.2.1.2. Tek Sargılı İki Devirli Motorlar

#### Ø Dahlender sargılı motorlar

Tasarımı ve bağlantıları kolaydır. Ancak bu bağlantı türünde kutup sayıları oranı  $\frac{1}{2}$ 'dir. Yani 4/2 kutuplu veya 8/4 kutuplu gibi... Çizege 1.2'de dahlender sargılı motorun kutup sayıları ve bu kutup sayılarındaki devirleri verilmiştir.

Devir Sayısı ( n )	Kutup Sayısı ( 2P )
3000 / 1500 d/dk	2 / 4
1500 / 750 d/dk	4 / 8
1000 / 500 d/dk	6 / 12
750 / 375 d/dk	8 / 16

**Çizelge 1.2: Dahlander sargılı motorun kutup sayılarına göre devirleri**

Eğer bir sargıdan birbirinin katı iki değişik kutup sayısı elde edilecek bir bağlantı yapılmışsa, bu bağlantıya “Dahlander bağlantı” ve bu tip motorlara da “Dahlander motorlar” denir. Dahlander bağlantıda sargı, küçük devir sayısı için yani büyük kutup sayısına göre tasarlanır. Her faz sargısının orta uçları bulunur. Faz sargıları giriş uçları 1U-1V-1W, orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Klemens tablosuna bu 6 uç çıkarılır.



**Resim 1.5: İki devirli dahlander motor etiketleri**

### Ø PAM sargılı motorlar

Dahlander sargının özel bir tipidir. Tasarımı sargının sarılması daha zordur. Dahlander sargıda hız oranı 1 / 2 iken, PAM sargıda birbirinin katı olmayan ve ardışık hızlı 2 hatta 3 hızlı olabilir. Örneğin 6/4, 8/6, 10/8 kutuplu gibi... PAM sargılı motorlarda kafes rotorlar kullanılır.

PAM sargıda, stator faz sargılarının bir yarısında akım yönleri değiştirilerek, kutup sayısı değiştirilir. PAM sözcüğü, Pole-Amplitude-Modulation (Kutup Geneliği Modilasyonu) sözcüklerinin ilk harflerinden gelmektedir.

Pam sargıda, sargının tasarımı büyük kutup sayısına göre yapılır. Ancak sargının bağlantısı değiştirilerek istenen küçük kutup sayısı da elde edilir. Tasarımı zor olmasına karşın; ayrı sarılı çok devirli motorlara göre bir sargıdan daha büyük güç elde edilebildiğinden tercih edilmesi gereken sargı örneğidir.

Bu yöntemin sargı şekilleri, Çift Devirli Asenkron Motorun Bağlantı Şekilleri konu başlığı altında incelenecektir.

### 1.2.2. Frekansı Değiştirerek Devir Ayarı

Asenkron motorun stator sargılarına tek kutup sayılı sargı yerleştiriliyor. Tek bir sargı sarılarak kutup sayısı sabitlenmiş oluyor.

Bu durumda devir sayısı formülüne  $n_s = \frac{120 \cdot f}{2P}$  d / dk göre motor sargılarına uygulanan AC gerilimin frekansı arttırıldığında motorun hızı artar. Frekans azaltıldığında ise motorun hızıda azalır. Yani asenkron motorun hızı şebeke frekansı ile doğru orantılıdır.

Günümüzde elektronik frekans değiştiricilerde (konvertisör) asenkron motorların devir ayarı geniş sınırlar içinde yapılabilmektedir.

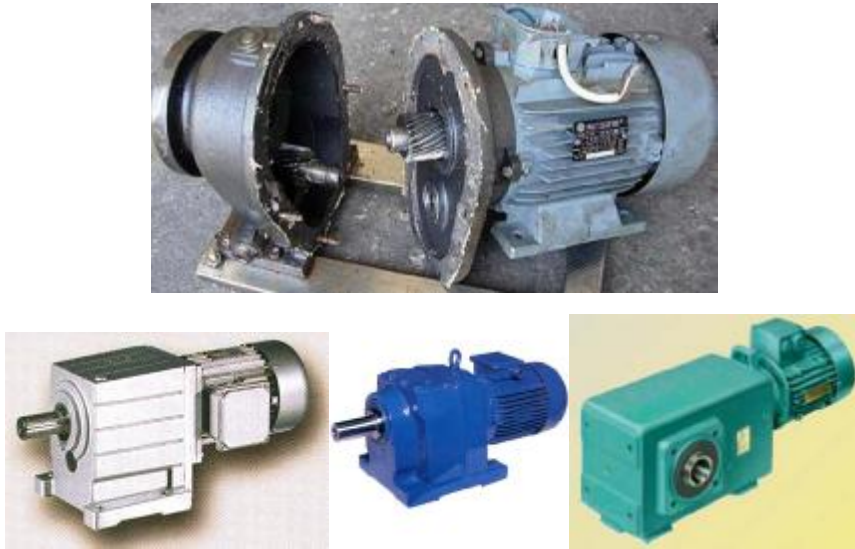
Frekans değiştirici devresiyle hız kontrolü yöntemi son derece yararlı ve otomasyonu kolaylaştırıcı niteliktedir.

Bu konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgi Öğrenme Faaliyeti-2'de incelenecektir.

### 1.2.3. Dişli Sistem (Redüktör) Kullanarak Devir Ayarı

Asenkron motorun miline bağlanan dişli sistemli redüktör ile motorun devri istenen sayıya indirilebilmektedir.

Devir sayısı düşükçe motorun momenti artar.



Resim 1.6: Redüktörlü motor resimleri

### **1.3. Çift Devirli Asenkron Motorun Tanım ve Kullanım Alanları**

Asenkron motorun statoruna iki veya tek sargı sarılarak rotorundan 2 veya 3-4 değişik devir elde edilebilen motorlara denir.

İki değişik devir için motor klemensine altı (6) uç çıkarılır. Teorik olarak, üç değişik devir için motorun statoruna farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılır. Sargılardan biri dahlander bağlantılı yapılır. Klemens kutusuna ise dokuz (9) uç çıkarılır. Dört değişik devir için yine statora farklı kutup sayılı, dahlander bağlantılı iki sargı sarılır. Klemens kutusuna on iki (12) uç çıkarılır. Bu tip sarımlarda, klemens kutusunda fazla uç olması, karışıklığa ve kumanda etme güçlüğü oluşturduğundan kullanılmaz.

Çift devirli asenkron motorların endüstride pek çok kullanım alanı mevcuttur. Genel olarak, tek devirli asenkron motorun kullanıldığı her yerde kullanılabilir. Özellikle farklı birkaç devir gerekli olan yerler için kullanılır.

Sanayinin her kolunda yerini almıştır. Pistonlu pompalarda, kompresörlerde, bant konveyörlerinde, vantilatörlerde, körüklerde, santrifüj pompalarında, torna, freze, matkap tezahlarında, aspiratörlerde, ağaç işleri makinelerinde, tekstil endüstrisinde, matbaa makinelerinde çok devirli asenkron motorlar için geniş bir uygulama sahası vardır.

### **1.4. Çift Devirli Asenkron Motorun Çalışma Prensibi**

Daha önceki modüllerde asenkron motorların çalışma prensipleri detaylı olarak incelenmişti. Çift devirli asenkron motorlar, yapı ve çalışma özelliği bakımından tek devirli asenkron motorlarla aynıdır. Sadece tek devirli asenkron motorların statorunda tek kutup sayılı bir sargı varken çift devirli asenkron motorların statorunda ise farklı kutup sayılı iki veya tek sargı bulunur.

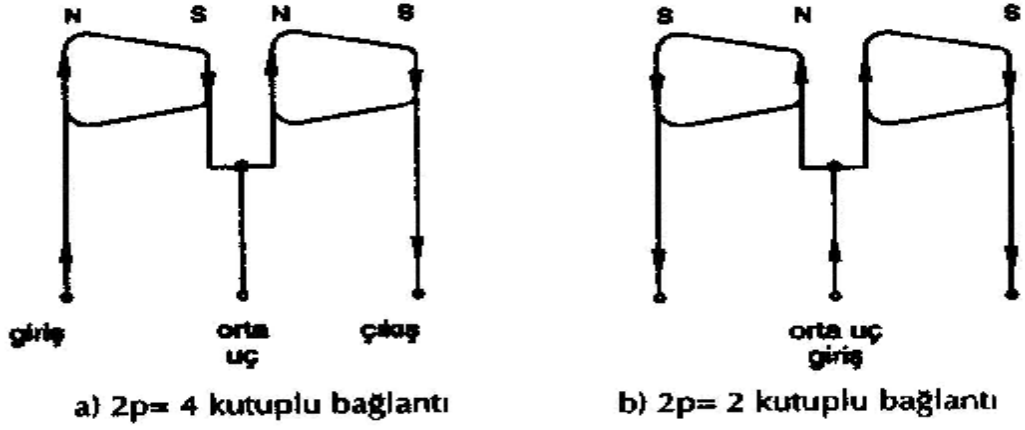
Sonuç itibarı ile, her iki motorun statorunda 3 faz sargısı bulunur ve aralarında 120°'şer derecelik açı olan döner alan oluşturur. Bu döner alanların etkisi ile rotor dönmesini sürdürür. Düşük devirde çalışırken, büyük kutup sayılı sargının oluşturduğu manyetik alan rotoru yavaş döndürür. Yüksek devirde çalışırken de, küçük kutup sayılı sargının manyetik alanıyla rotor hızlı döndürür.

### **1.5. Çift Devirli Asenkron Motorun Bağlantı Şekilleri**

Çift devirli asenkron motorların bağlantı şekillerine geçmeden önce stator sargılarının motor içinde nasıl bir sarım yapıldığı konusunda bilgi sahibi olacaksınız.

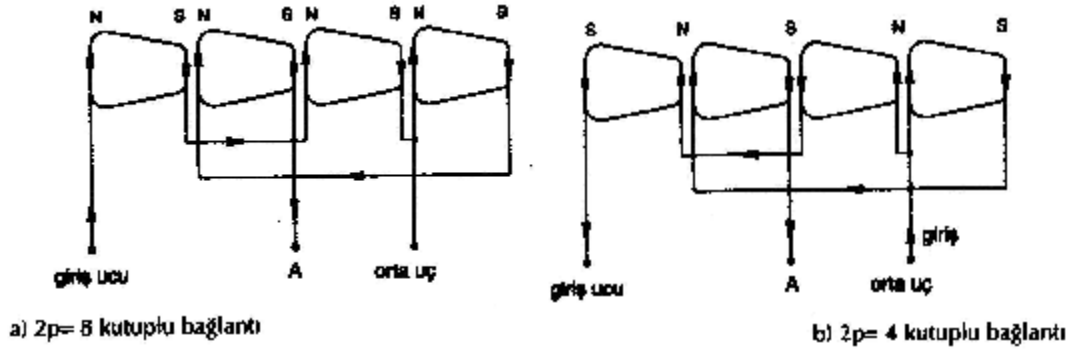
4/2 kutuplu Dahlander bağlantıda; her fazın 2 bobin grubu vardır. Şekil 1.1.a'da faz gruplarının 4 kutuplu bağlantısı, Şekil 1.1.b'de 2 kutuplu bağlantısı gösterilmiştir.





Şekil 1.1: 4/2 kutuplu Dahlander bağlantının 1 faz grubu bağlantısı

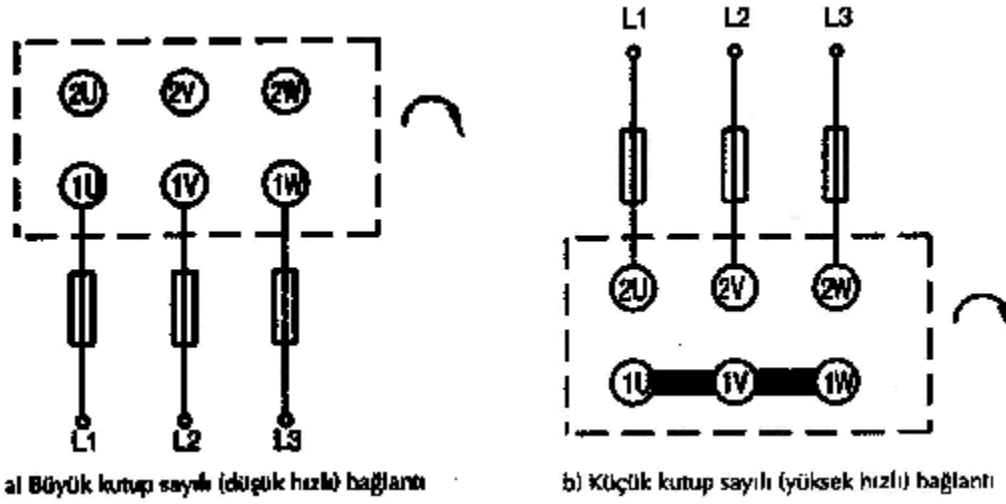
8/4 kutuplu Dahlander bağlantıda, her fazın 4 bobin grubu vardır. Şekil 1.2’de 8 ve 4 kutuplu bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 1.2: 8/4 kutuplu Dahlander bağlantının bir faz grubu bağlantısı

Faz grupları giriş uçları, 1U-1V-1W ile orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Her faz grubundaki üçüncü uçlar (A uçları), stator içinde yıldız veya üçgen bağlantıda kullanılır. Bu bağlantı şekillerini ayrı ayrı göreceksiniz.

Dahlander bağlantılı sargıların uçları, klemens tablosunda Şekil 1.3’teki gibi bağlanır.



Şekil 1.3: Dahlander bağlantıda klemens tablosu ve iki değişik hızlı bağlantı

Dahlander bağlantıda, Şekil 1.3'teki gibi motorun her iki hızdaki dönüş yönü aynı olmalıdır. Aynı dönüş yönünü elde edebilmek ve klemens tablosunda 2U-2V-2W uçlarını aynı sırada bağlayabilmek için faz grupları orta uçları işaretlerinde, iki fazda değişiklik yapılmalıdır. Örneğin, 1U birinci fazın orta ucu 2U yerine 2W, 1 W üçüncü fazın orta ucu 2W yerine 2U gibi...

Dahlander sargılı motorlar, tam kalıp sargılıdır. Yarım kalıp sargılı uygulamada, küçük kutup sayılı (yüksek hızlı) çalışmada, kuvvetli harmonikler meydana gelmekte ve bu kuvvetli harmonikler, motorun yol almasına kötü etki yapmaktadır. Onun için yarım kalıp sargı uylaması kullanılmamaktadır.

Volt elektrik dahlander sargılı motorlar, tam kalıp sargılıdır. Motorlar 4/2 veya 8/4 kutupludur. Faz sargıları stator içinde üçgen ( $\Delta$ ) bağlıdır.

Dahlander sargılı motorlar güç ve momente göre değişik şekillerde yapılırlar. Bu motorların stator sargı (çıkış) uçları, motor içinde üçgen ( $\Delta$ ) veya yıldız (Y) bağlanır. Klemens tablosuna giriş (düşük hız  $2p=4$ ) ve orta (yüksek hız  $2p=2$ ) uçları çıkarılır. Motorun sabit güçlü mü? Sabit momentli mi? Veya değişik güç değişik momentli olduğunun tesbiti için klemens tablosuna bakılır. Aşağıda dahlander motorun çeşitleri ve bağlantı tabloları verilmiştir.

### Ø Sabit Güçlü İki Devirli Motorlar (Seri Üçgen - Paralel Yıldız Bağlantılı)

Sabit güçlü olduğundan etiketinde tek güç yazılıdır. Motor içinde üçgen ( $\Delta$ ) bağlıdır. Momet formülüne göre ( $M=975 \cdot P/n$ ) hızı artarken momentide azalır.

KUTUP(2P)	DEVİR ( n )	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	2U-2V-2W	İkili Paralel Yıldız
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	-----	Seri Üçgen

Çizelge 1.3: Sabit güçlü iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

#### Ø Sabit Momentli İki Devirli Motorlar (Seri Üçgen-Parelel Yıldız Bağlantılı)

Etiketinde iki değişik güç ve devir yazılıdır. Motor içindeki bağlantısı ( $\Delta$  - YY) dır. Klemens bağlantısı sabit güçlü motorunkinin tersidir. Momet formülüne göre(  $M=975*P/n$ ) Her iki devirde hızla birlikte gücü de artar. Bu yüzden moment sabit kalır. Resim 1.5’de sabit momentli dahlender motor etiketleri verilmiştir.

KUTUP(2P)	DEVİR ( n )	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	-----	Seri Üçgen
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	1U-1V-1W	İkili Paralel Yıldız

Çizelge 1.4: Sabit momentli iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

#### Ø Değişik Güçlü Değişik Momentli Motorlar (Seri Yıldız-Parelel Yıldız Bağlantılı)

Bu motorun stator sargı uçları, motor için yıldız ( Y ) bağlanır. Etiketinde iki değişik güç ve devir yazılıdır. Motor içindeki bağlantısı (Y-YY) dır. Yüksek hızda moment ve güç yüksek, düşük hızda moment ve güç de düşüktür.

KUTUP(2P)	DEVİR ( n )	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	-----	Seri Yıldız
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	1U-1V-1W	İkili Paralel Yıldız

Çizelge 1.5: Değişik güç ve momentli iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

#### 1.5.1. Seri Üçgen Parelel Yıldız (D - YY)Bağlantı

Dahlender sargılı motorlarda en çok uygulanan bağlantıdır. Her iki hızda motorun gücü ve akımı değişir. Yüksek hızda gücü büyüktür. Bu motorlar sabit momentli motorlardır.

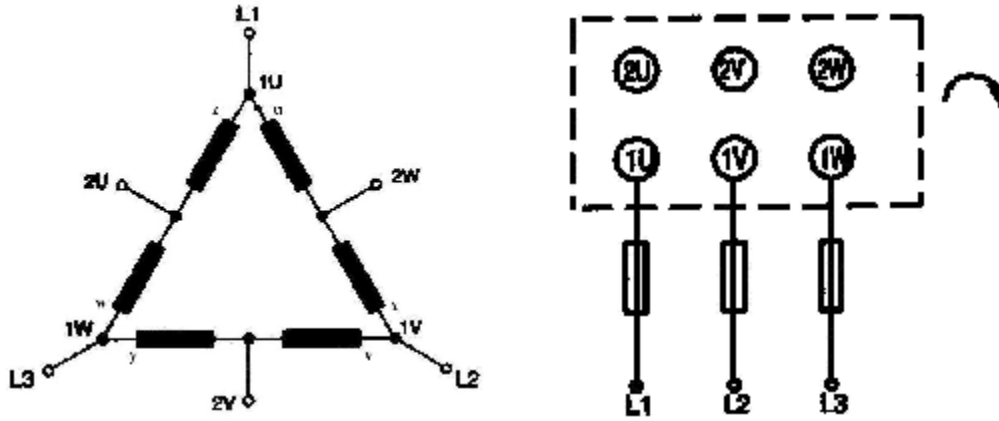
Moment formülüne göre(  $M=975 \cdot P/n$ ) moment sabit, düşük hızda güç de düşük olması gerekir. Güç düşükse akım da küçük demektir. Buna uygun bağlantı, seri üçgen bağlamadır. Faz bobinleri seri bağlı olduğundan faz direnci büyür. Dolayısıyla faz akımı da azalır.

Yüksek hızda ise motorun da gücü artar. Gücü arttırmak için faz akımını arttırmak dolayısıyla faz direncini azaltmak gerekir. Buna uygun bağlama paralel yıldız bağlamadır.

Bu tip bağlantıda sargı çıkış uçları motor içinde üçgen ( $\Delta$ ) bağlanır. Giriş uçları (1U-1V-1W) ve orta uçlar(2U-2V-2W) klemens tablosuna çıkarılır. Faz sargıları giriş uçlarına (1U-1V-1W), üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar seri üçgen bağlanır ve büyük kutup sayısı ile düşük hız elde edilir. 1U-1V-1W uçları köprü edilerek, faz sargıları orta uçlarına (2U-2V-2W) üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar paralel yıldız bağlanır ve küçük kutup sayısı ile motor, yüksek hızda döner.

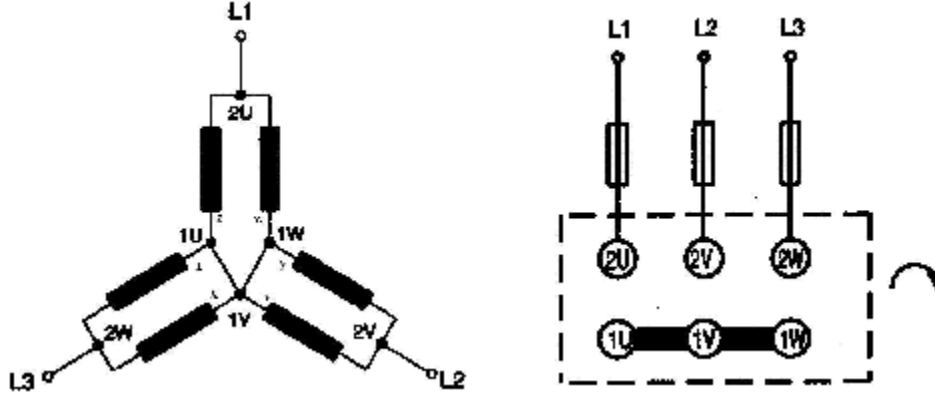


Resim 1.7: Eğitim amaçlı kullanılan seri üçgen dahlander motor klemensi ve etiket değerleri



Şekil 1.4: 2p=4 kutuplu seri üçgen düşük devir bağlantı

Şekil 1.4'te görüldüğü gibi faz sargıları giriş uçlarına (1U-1V-1W), üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar seri üçgen bağlanır ve büyük kutup sayısı ( $2P=4$ ) ile düşük hız elde edilir. Orta uçlar(2U-2V-2W) boş bırakılır.



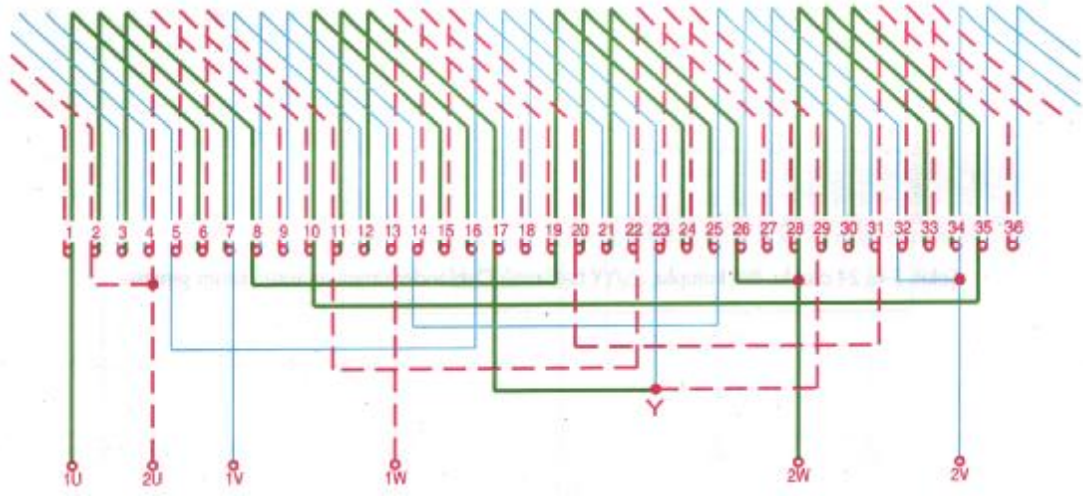
Şekil 1.5:  $2p=2$  kutuplu paralel yıldız, yüksek hızlı bağlantı

Şekil 1.5'te görüldüğü gibi, 1U-1V-1W uçları köprü edilerek, faz sargıları orta uçlarına (2U-2V-2W) üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar paralel yıldız bağlanır ve küçük kutup sayısı ( $2P=2$ ) ile motor, yüksek hızda aynı yönde döner.

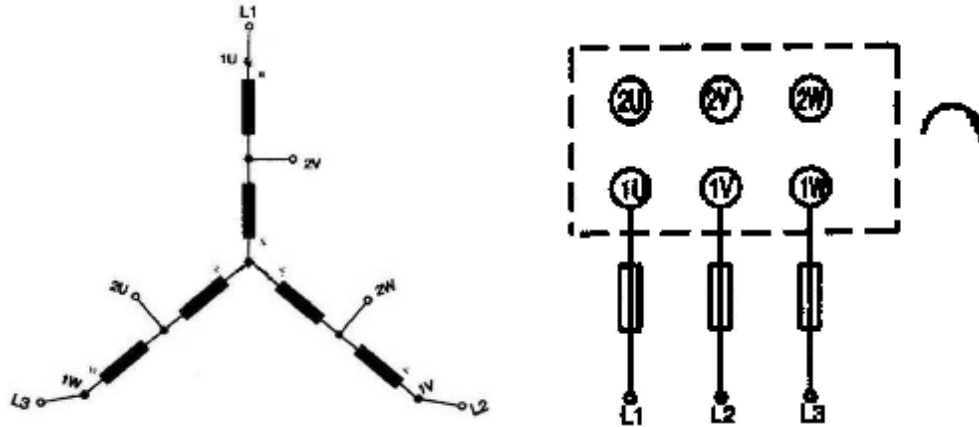
### 1.5.2. Seri Yıldız–Paralel Yıldız ( Y–YY ) Bağlantı

Dahlender sargılı motorlarda uygulanan diğer bir bağlantıdır. Stator içinde, her faz grubu bağlantısının çıkış uçları birleştirilerek yıldız ( Y ) bağlantı yapılır. Bu bağlantıda, motor gücü ve momentü orantılı olarak değişir. Bu motorlara değişik momentli motorlar denir.

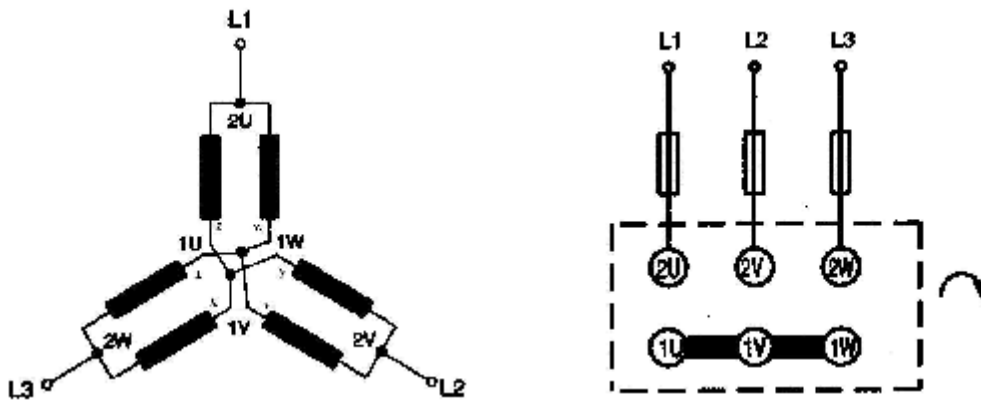
Şekil 1.6'da 36 oluklu stator sargısı 8 / 4 kutuplu, Y / YY bağlantılı dahlender motorun sarım şeması ve Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'de klemens bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 1.6: 36 oluklu stator sargısı 8/4 kutuplu, Y/YY bağlantılı dahlander motorun sarımı



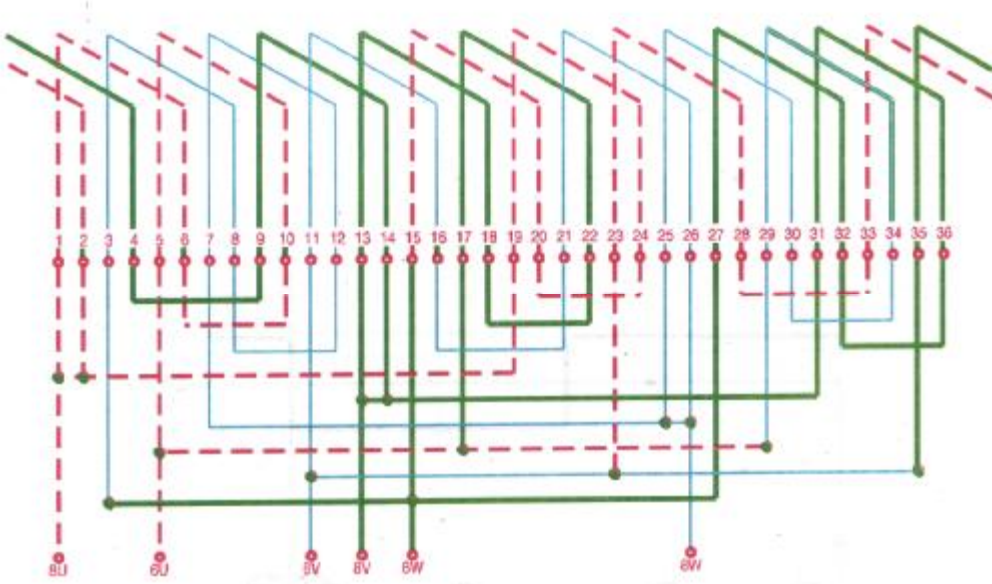
Şekil 1.7: 2p=8 kutuplu seri yıldız düşük hızlı bağlantı



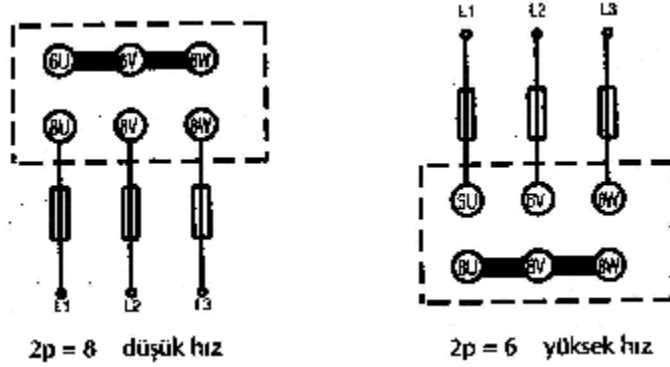
Şekil 1.8: 2p=4 kutuplu ikili paralel yıldız yüksek hızlı bağlantı

## Ø PAM Sargısı, Bağlantı Şekli

Şekil 1.9'da  $2P = 8 / 6$  kutuplu PAM sargısı gösterilmiştir. PAM sargılı motor düşük devirde ( $2P=8$ ) çalıştırıldığında, 8U, 8V, 8W uçları şebekeye bağlanır. 6U, 6V, 6W uçları ise köprü edilir. Yüksek devirde çalıştırıldığında ise, 6U, 6V, 6W uçları şebekeye bağlanır. Diğer uçlar 8U, 8V, 8W ise köprü edilir.



Şekil 1.9: PAM sargılı,  $2p = 8 / 6$  kutuplu dahlander motorun stator sarım şeması



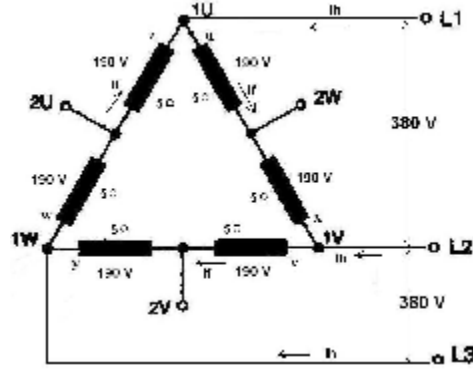
Şekil 1.10: PAM sargılı motorun düşük ve yüksek devir için klemens bağlantısı

## 1.6. Hat-Faz Akım ve Gerilim Değerleri Hesabı

Asenkron motorun stator sargıları, motor içinde iki şekilde bağlandığını görmüştünüz. Bunlar seri üçgen bağlantı ve seri yıldız bağlantılar idi. Klemens kutusunda ise bunlara ilaveten paralel yıldız bağlama yapıldığını gördünüz.

Bu üç bağlantı için akım gerilim ilişkisi ayrı ayrı incelenecektir. Aşağıdaki bağlantılarda Güç (P), moment (m) ve devir (n) ilişkisini  $P_{kW} = \frac{m \times n}{975}$  formülüne göre yorumlayınız. (P=U\*I) dir.

### Ø Seri Üçgen Bağlantıda Akım Gerilim İlişkisi



Şekil 1.11: Seri üçgen bağlı dahlender motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi

Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U = U_f = 380 \text{ V}$$

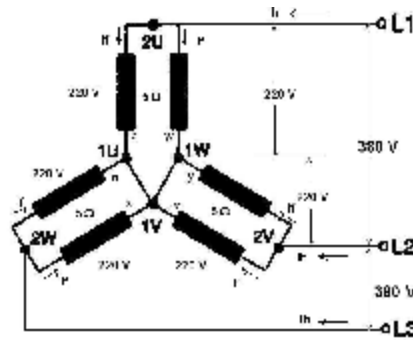
Seri iki bobinin her birine 190 V gerilim düşer.

$$I_f = \frac{190}{5} = 38 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f * \sqrt{3} = 38 * 1,73 = 65,74 \text{ A}$$

Şebekeden I\_h akımı kadar akım çekilir.

### Ø Paralel Yıldız Bağlantıda Akım Gerilim İlişkisi



Şekil 1.12: Paralel Yıldız bağlı dahlender motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi



Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V}$$

bobinin her birine 220 V gerilim düşer.

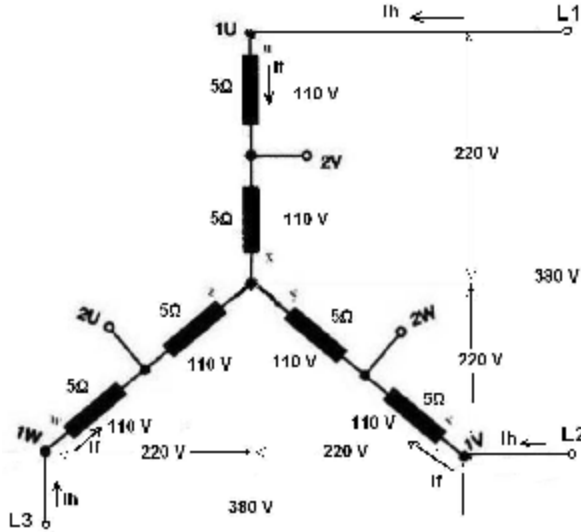
$$I_f = \frac{220}{5} = 44 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f + I_f = 44 + 44 = 88 \text{ A}$$

Şebekeden  $I_h$  akımı kadar akım çekilir.

Parelel yıldız bağlantıda, seri üçgen bağlantıya göre faz bobinlerinden geçen akım ve hat akımı artmıştır.

### Ø Seri Yıldız Bağlantıda Akım Gerilim İlişkisi



Şekil 1.13: Seri yıldız bağlı dahlender motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi

Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V}$$

bobinin her birine  $\frac{220}{2} = 110 \text{ V}$  gerilim düşer.

$$I_f = \frac{110}{5} = 22 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f = 22 \text{ A}$$

Şebekeden  $I_h$  akımı kadar akım çekilir.

“Yıldız-Üçgen Bağlama ve Özellikleri” konusu Öğrenme Faaliyeti-3’te ayrıntılı olarak işlenecektir.

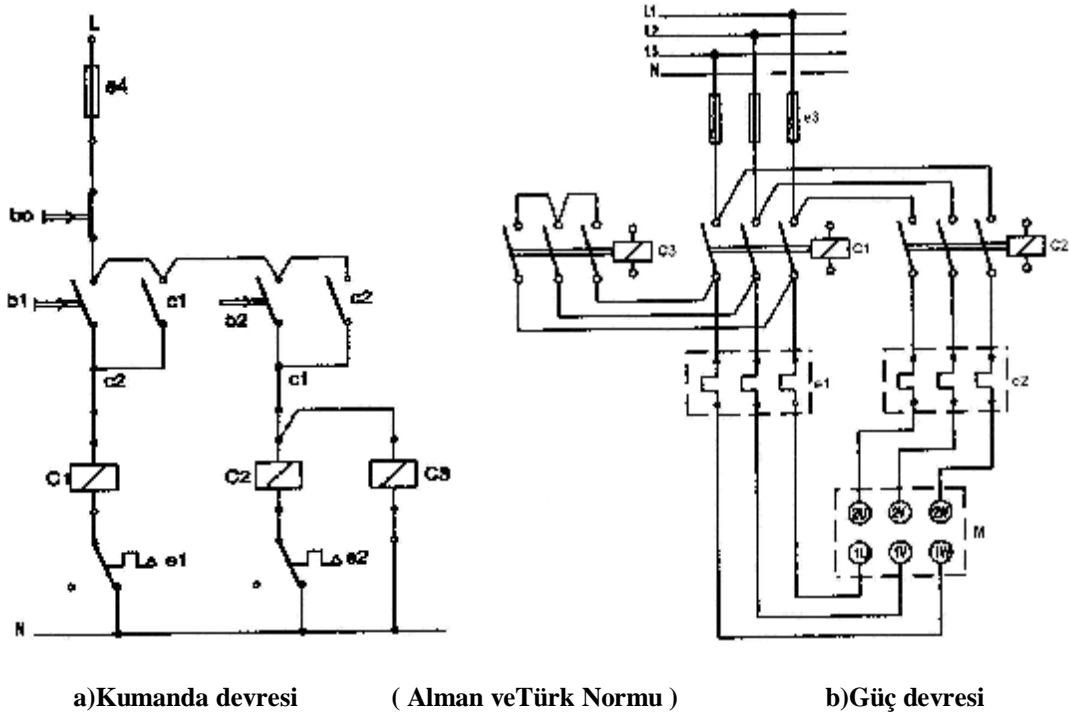
## 1.7. Çift Devirli Asenkron Motor Çalıştırma Uygulaması

Dahlender motorun etiketine bakılarak motorun sabit güç, sabit moment, değişik güç ve değişik momentli mi olduğu tesbit edilir. Çizelge 1.3, Çizelge 1.4, Çizelge 1.5’e göre bağlantı yapılarak yol verilir.

Genellikle Dahlender sargılı motorlarda, 1U-1V-1W uclarına enerji verilirse, motor düşük hızla, 2U-2V-2W uclarına enerji verilir, 1U-1V-1W ucları köprü (kısa devre) edilirse, motor yüksek hızla çalışır.

Düşük ve yüksek hızla çalışmada, aynı faz sırası için motorun faz sırası değişmemelidir. Bunun için kontaktör bağlantılarında, faz sırasının değişmemesine dikkat edilmelidir.

Şekil1.14’te Dahlender sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması gösterilmiştir. Bu şemaya göre; C1 kontaktörü motorun düşük hız gücüne göre, C2-C3 kontaktörleri motorun yüksek hız gücüne göre seçilmelidir. C3 kontaktörü C2 kontaktöründen bir küçük boy olabilir. e1 termiği düşük hızdaki anma akım değerine, e2 termiği, yüksek hızdaki anma akım değerine ayarlanmalıdır. Termik akım ayar değeri, anma akımının 1,2 katına kadar artırılabilir.

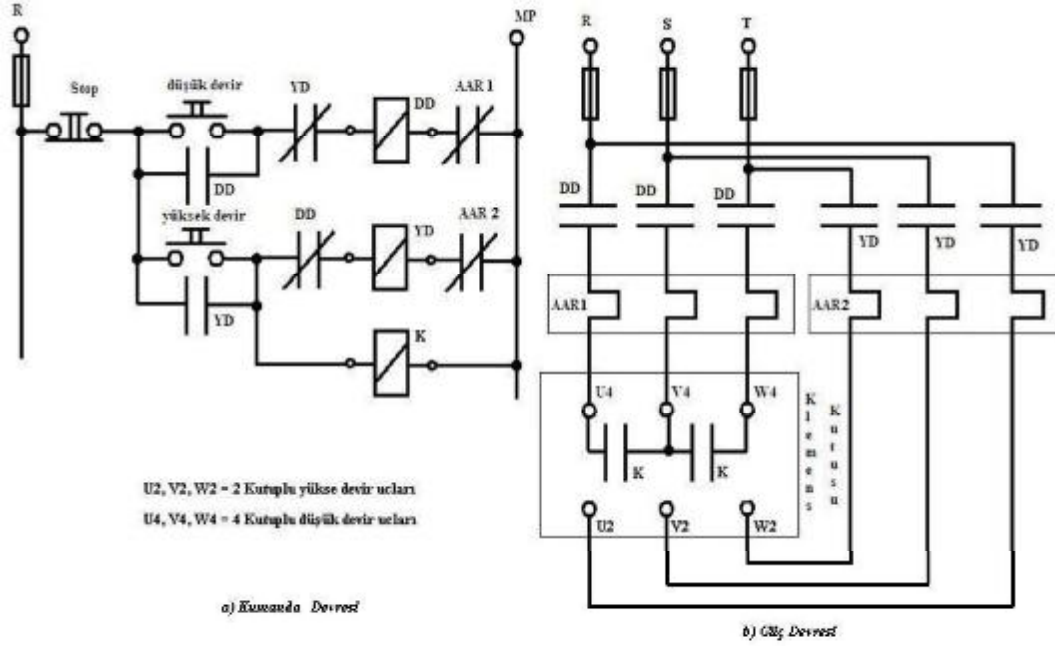


Şekil 1.14: İki devirli sabit momentli, dahlender sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması

Şekil 1.14'te  $b_1$  butonuna basılırsa,  $C_1$  kontaktörü enerjilenerek  $e_1$  termik rölesi üzerinden motor klemensindeki 1U-1V-1W uçlarına enerji verir. Böylece motor düşük devirli çalışmaya başlar. Elektriksel kilitlemeli olduğundan, yüksek devire geçirmek için önce stop butonuna basılarak motor durdurulur.  $b_2$  butonuna basıldığında ise  $C_2$  kontaktörü enerjilenerek  $e_2$  termik rölesi üzerinden motor klemensindeki 2U-2V-2W uçlarına enerji verir.  $C_3$  kontaktörüde,  $C_2$  ile birlikte enerjilenerek motor klemensindeki 1U-1V-1W uçlarını köprü yapar. Böylece motor yüksek devirli çalışmaya başlar. Durdurmak için  $b_0$  (stop) butonuna basılır.

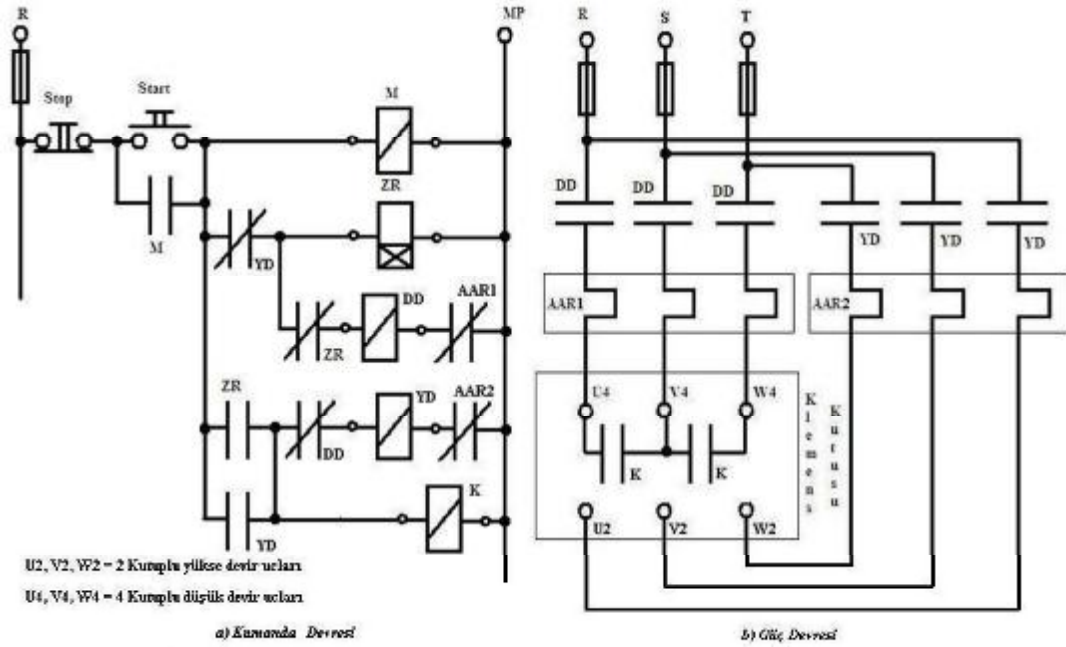
Hiçbir zaman  $C_1$  (düşük devir) ve  $C_2$  (yüksek devir) kontaktörleri aynı anda çalışmamalıdır. Aksi halde güç devresinde 3 faz birbiri ile çakışır. Yani, kısa devre olarak tehlike doğurabilir. İki kontaktörün aynı anda çalışmaması için elektriksel kilitleme yapılır. Bunu kontaktör bobinlerinin önüne diğerinin kapalı kontağı seri bağlayarak yaparız.

Şekil 1.15'te aynı devrenin Amerikan normu verilmiştir.



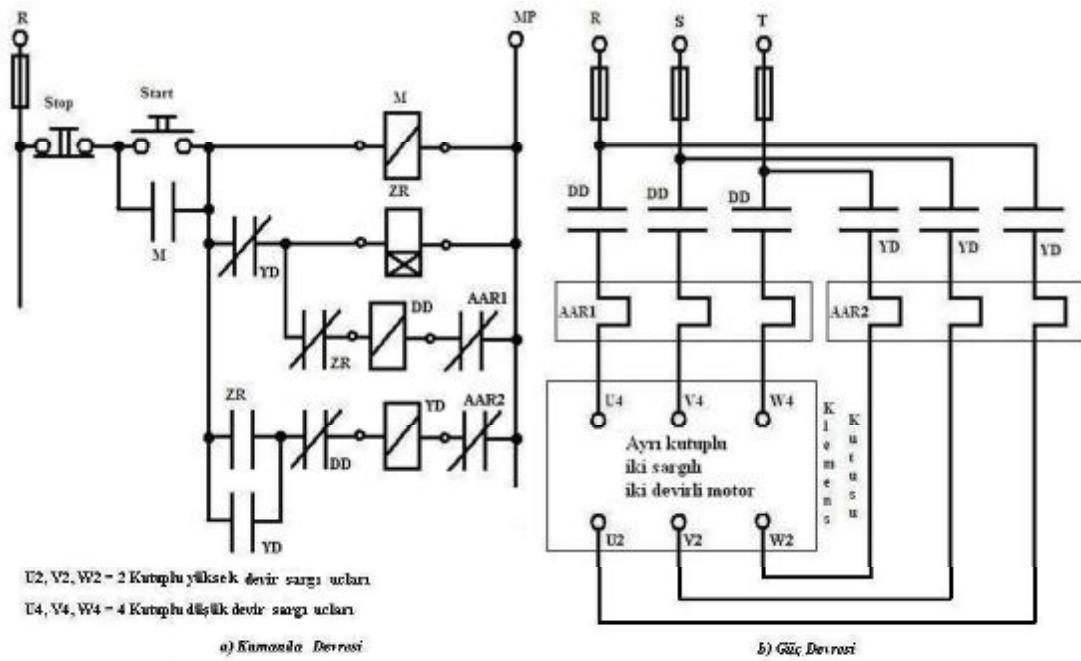
iki devirli sabit momentli dahlender motora yol verme şeması

Şekil 1.15: İki devirli sabit momentli, Dahlender sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması



İki devirli sabit momentli dahlender motorun düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

Şekil 1.16: İki devirli sabit momentli, Dahlender sargılı motora zaman röleli yol verme şeması



İki sarğılı, iki devirli, değişik momentli dahlender motorun düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

Şekil 1.17: İki sarğılı, iki devirli, değişik momentli, dahlender sargılı motora zaman röleli yol verme şeması

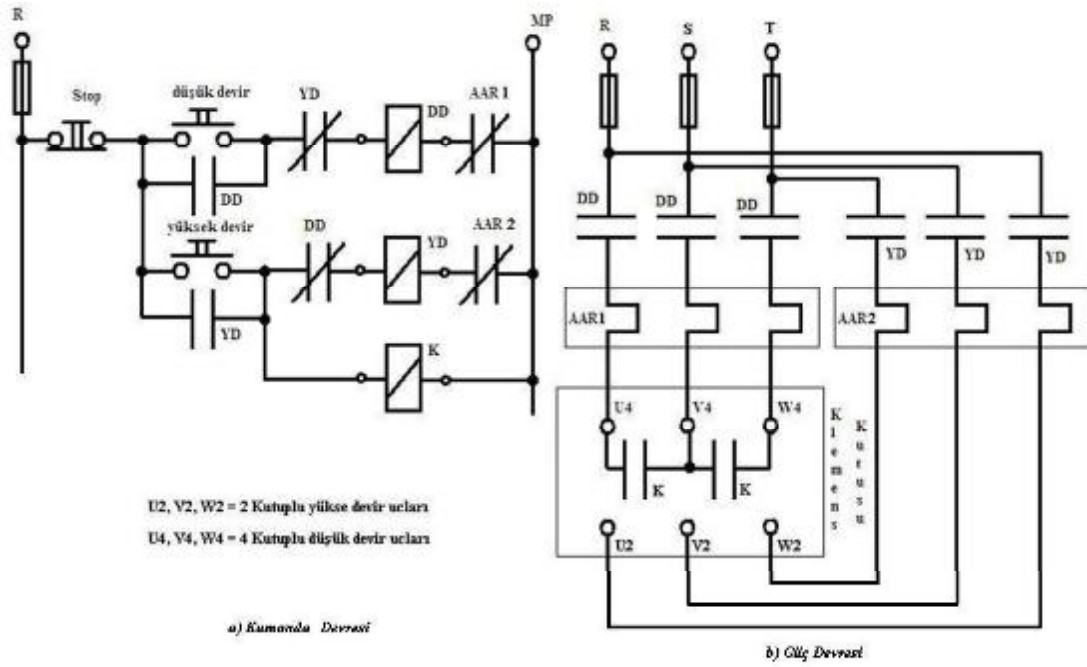
## UYGULAMA FAALİYETİ

Atölye ortamında, kumanda panosu üzerine aşağıdaki devreleri çalışma koşuluna uygun kumanda ve güç devresini kurup öğretmeniniz gözetiminde çalıştırınız.

### UYGULAMA FAALİYETİ-1

Çift devirli asenkron motor, düşük devir ve yüksek devirde ayrı ayrı start butonları ile çalıştırılacaktır.

#### Ø Devre Bağlantı Şekli



iki devirli sabit momentli dallı motorun vol ve hızına seması

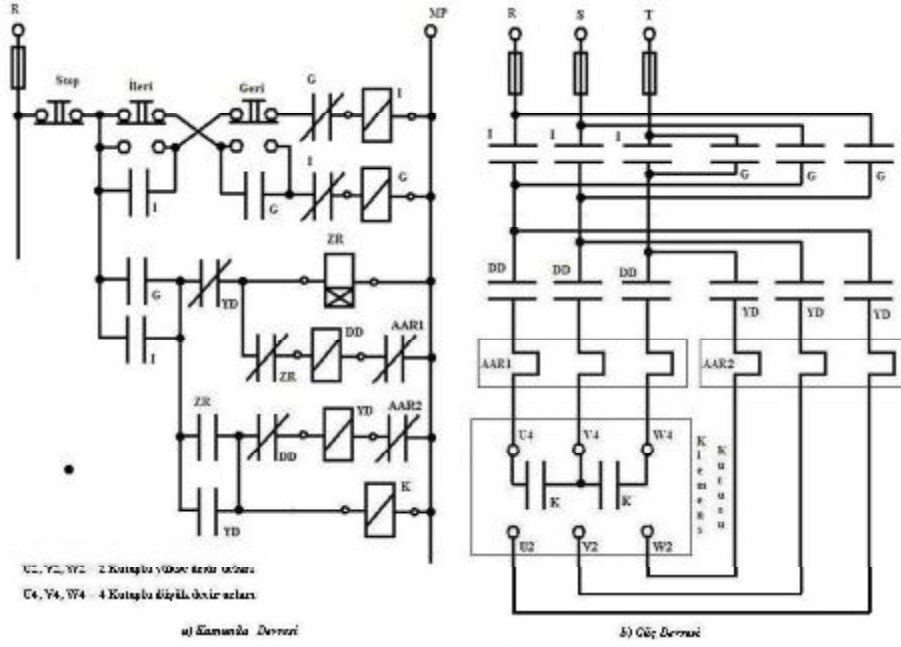
<b>İşlem Basamakları</b>	<b>Öneriler</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Şebekeye bağlayacağınız motoru seçiniz.</li><li>Ø Motorun çalışma akım ve gerilim değerlerini tesbit ediniz.</li><li>Ø Motorun çalışma şeklini tesbit ediniz.</li><li>Ø Devre şemasını inceleyerek kullanılacak elemanları uygun özellikte ve sayıda temin ediniz.</li><li>Ø Motorun çalışması için gerekli kumanda devresini kurunuz.</li><li>Ø Motorun çalışması için gerekli güç devresini kurunuz.</li><li>Ø Tüm kontrollerinizi tamamlayıp öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz.</li><li>Ø Motoru düşük ve yüksek devirde çalıştırınız.</li><li>Ø Motorun devrini her iki kademe için ölçünüz.</li><li>Ø İşlem sonunda devrenin enerjisini kesiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Seçtiğiniz motorun iki devirli olmasına dikkat ediniz.</li><li>Ø Motorun akım ve gerilimine göre kumanda devre elemanlarını seçiniz.</li><li>Ø Motoru korumak için gerekli önlemleri alınız.</li><li>Ø Kumanda devresi ve güç devresinde kullanılacak kabloların seçimine dikkat ediniz.</li><li>Ø Bağlantı mesafesine uygun uzunlukta kablo kullanınız.</li><li>Ø Devreyi kurmaya başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.</li><li>Ø Çalışmalarınız esnasında tertipli, düzenli ve titiz davranmaya gayret ediniz.</li><li>Ø Çalışırken arkadaşlarınıza karşı nazik ve saygılı olunuz.</li><li>Ø Atölye çalışma kurallarına uyunuz.</li><li>Ø Devir sayılarının farklılığına dikkat ediniz.</li><li>Ø Bu işlemler sırasında iş güvenliğine dikkat etmeyi unutmayınız.</li></ul>

## UYGULAMA FAALİYETİ-2

Çift devirli asenkron motor, butonsal kilitlemeli, ileri ve geri yönde, hem düşük hem de yüksek hızda çalışacak.

Çift devirli, sabit momentli asenkron motor kullanılacaktır.

### Ø Devre bağlantı şeması



İki yönde çalışan İki devirli sabit momentli dallıdevir motorunu düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

Şekil 1.18: İki yönde düşük ve yüksek devirde çalışan, sabit momentli motora yol verme şeması

<b>İşlem Basamakları</b>	<b>Öneriler</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Şebekeye bağlayacağınız motoru seçiniz.</li><li>Ø Motorun çalışma akım ve gerilim değerlerini tesbit ediniz.</li><li>Ø Motorun çalışma şeklini tesbit ediniz.</li><li>Ø Devre şemasını inceleyerek kullanılacak elemanları tespit ediniz.</li><li>Ø Motorun çalışması için gerekli kumanda devresini kurunuz.</li><li>Ø Motorun çalışması için gerekli güç devresini kurunuz.</li><li>Ø Tüm konrollerinizi tamamlayıp öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz.</li><li>Ø Motoru düşük ve yüksek devirde çalıştırınız.</li><li>Ø Motorun devrini her iki kademe ve yön için ölçünüz.</li><li>Ø İşlem sonunda devrenin enerjisini kesiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Seçtiğiniz motorun iki devirli olmasına dikkat ediniz.</li><li>Ø Motorun akım ve gerilimine göre kumanda devre elemanlarını seçiniz.</li><li>Ø Motoru korumak için gerekli önlemleri alınız.</li><li>Ø Kumanda devresi ve güç devresinde kullanılacak kabloların seçimine dikkat ediniz.</li><li>Ø Bağlantı mesafesine uygun uzunlukta kablo kullanınız</li><li>Ø Devreyi kurmaya başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.</li><li>Ø Çalışmalarınız esnasında tertipli, düzenli ve titiz davranmaya gayret ediniz.</li><li>Ø Çalışırken arkadaşlarınıza karşı nazik ve saygılı olunuz.</li><li>Ø Atölye çalışma kurallarına uyunuz.</li><li>Ø Devir sayılarının farklılığına dikkat ediniz.</li><li>Ø Bu işlemler sırasında iş güvenliğine dikkat etmeyi unutmayınız.</li></ul>



## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Devre semasını inceleyerek devrenin çalışmasını kavradınız mı?		
2. Devre için gerekli elemanları doğru ve eksiksiz tespit ettiniz mi?		
3. Kumanda devresini uygun bağlantı sırası ve tekniği kullanarak kurabildiniz mi?		
4. Güç devresini uygun bağlantı sırası ve tekniği kullanarak kurabildiniz mi?		
5. Devre bağlantısı tamamlandıktan sonra son kontrolleri yaptınız mı?		
6. Devreyi kurarken ve çalıştırırken gerekli iş güvenliği tedbirlerine dikkat ettiniz mi?		
7. Devreyi hatasız kurup çalıştırdınız mı?		
7. Motoru ileri yönde düşük ve yüksek devirde çalıştırdınız mı?		
8. Motoru geri yönde düşük ve yüksek devirde çalıştırdınız mı?		

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. Takometreler motorun dakikadaki tur sayısını ölçer.
2. Kutup sayısını değiştirerek devir sayısı ayarı yapılamaz?
3. Motorun devir sayısı, kutup sayısına ve frekansa bağlıdır.
4. Dahlender motorda iki ayrı sargı vardır.
5. Çift devirli asenkron motorun statoruna iki ayrı sargı sarılır.
6. Dahlender motor statorunda tek sargı bulunur.
7. Sabit güçlü, iki devirli motorların etiketinde tek güç değeri yazılıdır.
8. PAM sargıda kutup sayıları arasında herhangi bir oran olması şarttır.
9. Dahlender motorların sargıları, motor içinde seri üçgen ve seri yıldız bağlanır.
10. Motor etiketinde  $\Delta$ - YY yazılı motor değişik momentli motordur.

### DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında frekans değiştirme yöntemi ile asenkron motorun devrini değiştirerek istenen çalışmayı sağlayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Ø Çevrenizde asenkron motorların hız kontrolünü invertörlerle ayarlayan işletmelere gidip cihazın çalışması ve bağlantıları konusunda bilgi alınız.
- Ø İnternet ortamında, frekans değiştirerek hız kontrolü yapan cihazları araştırınız.
- Ø Çevrenizde bu cihazı satan firmalarla diyaloga girerek bilgi edininiz.
- Ø Modül sonunda, önerilen kaynaklardan bu cihazları araştırınız.

Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

## 2. ASENKRON MOTORLARDA FREKANS DEĞİŞTİREREK DEVİR AYARI

Bazı iş makinelerinin çalıştırılmasında, geniş sınırlar içinde ve kullanıcının denetiminde hız ayarı istenmektedir. Kafesli rotorlu asenkron motorlarda hız ayarı için motora uygulanan gerilimin frekansını değiştirmek gerekir. Bu amaçla frekans çeviriciler ( Hız kontrol cihazları) geliştirilmiştir.

Hız kontrol cihazları, üç fazlı asenkron motorlarda kullanılır. Bir fazlı kondansatörlü asenkron motorlarda, frekans değiştirerek hız ayarı yapılamaz. Frekans değişimi, kondansatör devresinin reaktansını değiştireceğinden yardımcı sargı devresinin özelliği değişir.

Bir önceki öğrenme faaliyetinde frekansın değişmesi, devir sayısını nasıl etkilediğine dair kısaca bilgi edindiniz. Buna göre motor sargılarına uygulanan AC gerilimin frekansı değiştirildiğinde motorun devir sayısında değişiyor idi. Frekans arttırıldıkça motorun hızının da arttığını formül ile gördünüz.

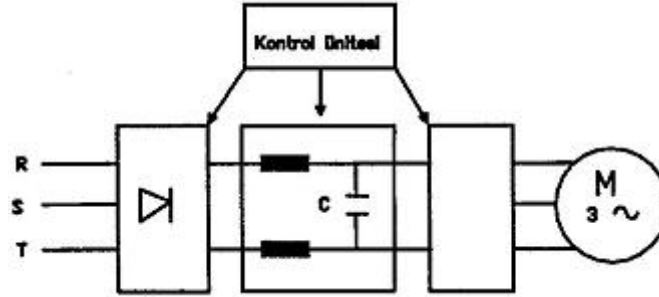
İşte bu öğrenme faaliyetinde, frekansı değiştirerek devir ayarı yapan cihazları inceleyeceksiniz.

## 2.1. İnvörtör Tanımı ve Yapısı

Doğru gerilimden değişken gerilimi dalga biçimine dönüştürülebilen, frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız ayarlayabilen düzeneklere invertör (evirici) denir.

Değişken frekans, ilk yıllarda motor jeneratör gruplarından elde edilirdi. Günümüzde, yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler, frekans çeviricilerin yapımını hızlandırmıştır. Genelde kafesli rotorlu asenkron motorlarda hız ayarı için düşünülen bu yöntemdeki amaç, motora uygulanan gerilimin frekansını ayarlayarak motor hızının değerini değiştirmektir.

En gelişmiş frekans çeviriciler doğru akım gerilim ara devreli olarak tasarlanmış olanlardır. Frekans ayarı 0.5-2000 Hz arasında yapılabilmektedir. Bu frekans çevirisi de önce şebeke gerilimi doğrultulur. Bu doğru gerilim ara devre bobinleri ve kondansatörle filitrelenir. Bu gerilim şebeke geriliminin yaklaşık 1.41 katıdır. Filtrelenmiş doğru gerilim, alternatif gerilim çeviricinin evirici bölümünde kontrol ünitesinde üretilen sinyaller ile ayarlanabilen gerilim ve frekans üretilir. Üretilen bu gerilim ve frekans sayesinde asenkron motorların geniş hız sınırları içinde verimli olarak çalıştırılır. Günümüzde mikro işlemcilerle motor hız kontrol aygıtı (sürücü), kullanımı her gün biraz daha artmaktadır.



Şekil 2.1: Frekans çevirici ile yol verme prensip şeması

Ara devreli frekans çeviricilerde, şebeke gerilimi modüler doğrultmaçlar ile doğrultulur. Doğrultulan gerilim, filtre edilerek düzleştirilir. Düzleştirilen doğru gerilim, üç fazlı dalgalayıcı ile PWM (Pulse Width Modulation= Darbe Genişlik Modülasyonu) yöntemiyle motoru besleyecek değişken, frekanslı üç fazlı alternatif erilime çevrilir. Şekil 2.1'de frekans çevirici ile yol verme prensip şeması verilmiştir.

Çıkış gerilimin etkin değeri, ara devre doğru gerilimine doğrudan orantılıdır. Örneğin, giriş gerilimi 3 fazlı 380 Volt olan frekans çeviricide doğrultulan maksimum gerilim  $U_d = 513$  Volt olur. Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) çeviricide, hem frekans, hem de gerilim ayarı dalgalayıcıda gerçekleştirilir.

Asenkron motorların stator sargılarında oluşturulan manyetik akımın değeri, bütün yüklerde gerilimle doğru frekansla ters orantılıdır. Anma gerilim ve anma frekansında çalışan motorun momenti anma değerindedir. Gerilim sabit tutularak frekans azalır, manyetik akım artar, frekans arttırılırsa manyetik akım azalır. Motorun döndürme momenti, faydalı akımın karesine orantılıdır. Bir motorun anma döndürme momentinde çalışması durumundaki manyetik akı değeri anma manyetik akısıdır. Motorun değişik devir hızlarında anma momenti ile çalışabilmesi ancak anma manyetik akısında çalıştırılırsa mümkündür. Motorun gücü ise, devir hızı ve momentinin çarpımı ile orantılıdır. Yani güç, hız ve moment değerine bağlı değişir.

Gerilim sabit tutularak frekans azaltılırsa, manyetik akı artarak doymaya girer. Bu nedenle frekansla beraber gerilimin de düşürülmesi zorunludur.

Akı bağıntısına göre, hava aralığı akısının ve döndürme momentinin sabit kalması için, gerilim-frekans oranı ( $U/f=k$ ) sabit tutulmalıdır. Frekans çeviricinin çıkış gerilimi, frekansa doğrudan orantılı ayarlanmalıdır. Bu oran, çok düşük frekanslarda yetersiz kalır. Hava aralığı akısı ve döndürme momenti çok düşer. Bu sakıncayı önlemek için, düşük frekanslarda gerilim biraz arttırılır. Böylece düşük frekans bölgelerinde aşırı uyarma önlenir ve motor anma momentini verebilir. Dolayısıyla frekans çeviricilerle yol vermede, motorun kalkış sorunu yoktur. Düşük frekansla çalışmada, hız azaldığından soğutma pervanesinin soğutması yetersiz kalır ve motor ısınır. Bu bakımdan azalan frekanslardaki çalışmada, motor dışardan bir tahrikle soğutulmalıdır.

Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) frekans çeviricilerde, hem frekans hem gerilim ayarı dalgalayıcıda gerçekleştirilir. Sabit momentle işletme  $U/f$  oranının sabit tutulması ile olur. Değişken momentle işletme,  $\frac{U}{f^{3/2}}$  oranının sabit tutulması prensibidir.

Motorların sargı yalıtımları, mekanik düzenleri, anma gerilim ve diğer anma değerlere göre tasarlanarak yapılmıştır. Pratikte motor, anma gerilim değerinin üzerinde çalıştırılmaz. Anma frekanstan sonra frekans artışı sürdürülürse, gerilim sabit tutulur. Gerilim-frekans sabit oranı ( $U/f=k$ ) bozulur. Artan frekansta manyetik akı ve döndürme momenti giderek azalır. Buna karşın hız arttığından güç sabit kalabilir.

Artan frekanslarda, anma hızının üzerindeki hızlarda motor, anma momenti ile yüklenemez. Artan frekanslarda devir kayıpları, hızın yükselmesinden sürtünme ve rüzgâr kayıpları artar. Bunun sonucu olarak kayıplar arttığından, motorun verimi de düşer.

**Sonuç olarak,** frekans çeviricilerle anma frekansının üzerindeki frekanslardaki çalışmada, motor veriminin ve momentinin düşeceği bilinmelidir. Bu durum dikkate alınarak motor gücü, belirlenen gücün bir üst değerinde seçilmelidir. Çok yüksek frekanslardaki çalışmada 50 Hz veya 60 Hz frekansa göre tasarlanmış standart motorlarda bazı olumsuzluklarla karşılaşılabilir.

## Ø Değişken Moment Yükler İçin İnvörtör Tasarımı

Fan ve pompa yükü, değişken moment yüküdür. Fan ve pompaların kontrolünde, klasik yöntem, basınç ya da debi kontrolü yapılabilir. Değişken moment yüklerinde, hızın karesiyle orantılı moment talebi vardır. Hız 1/2 kat düşer ise karesel orantıdan dolayı moment 1/4 katına iner.

Hız kontrol cihazlarında düşünülen standart inventör mantığında,  $U/f=$  sabit ilkesidir. Bu ilke, sabit moment yükleri için uygundur. Örneğin; 400 V 50 Hz motor için, rotor devrini %50 değerine düşürmek istendiğinde, frekans ve gerilimi 1/2 değerine yani;  $f= 25$  HZ,  $U= 200$  V değerlerine düşürmek gerekir.

Değişken moment yükleri için,  $\frac{U}{f^{3/2}} = \text{sabit}$  “ gerilim, frekans üssü 1,5 ile orantılı”

ilkesi kullanılır. Bu ilkeye uygun fonksiyonları olan hız kontrol cihazları vardır. Bu durumda 400 V, 50 Hz motor için, rotor devrinin 1/2 değerine karşılık, frekans 25 Hz, gerilim 141 V olur. Değişken moment yüklerinde, bu gerilim değerinde sistemin verimli çalışması sağlanır. Gerilim, frekans üssü 1.5 ile orantılı prensibi, hız kontrol cihazının yazılım gücüyle başarılmıştır.

## Ø Hız Kontrol Cihazlarının (Frekans Çevirici) Seçimi

Ekonomik nedenlerle, küçük ve orta güçlerde değişken frekansla besleme için standart motorlar kullanılır. Volt Elektrik motorlarının 2 ve 4 kutuplularında 3 kW (dahil), 6 kutuplularında 2,2 kW(dahil) kadar olanları  $\Delta$  220V/Y380V Gerilimlidir. Daha büyük güçlü olanlara  $\Delta$  380 V gerilimlidir.

Hız kontrol cihazları genel olarak 200-240 V AC bir faz girişli veya 380-480 V AC üç faz girişli olarak yapılır. Cihazın çıkış gerilimleri anma değerleri, giriş gerilimleri değeridir. Çıkış gerilimleri, dalgalayıcıda anma değerleri üzerine arttırılabilir.

Giriş gerilimi, bir faz 220 V 50 Hz’li cihazın, çıkış gerilimi anma değeri, üç faz 220 V, 50 Hz’dir. Bu cihazda; etiketinde  $\Delta$  220 V/Y 380 V, 50 Hz yazılı motorlar üçgen ( $\Delta$ ) bağlı olarak çalıştırılır. Böyle motorların klemens bağlantısı yıldız (Y) bağlıdır. Yıldız (Y) köprüsü sökülerek, üçgen ( $\Delta$ ) köprüleri yapılmalıdır.

Giriş gerilimi, üç faz 380 V 50 Hz’li cihazın, çıkış gerilimi anma değeri üç faz 380 V 50 Hz’dir. Bu cihazda etiketinde  $\Delta$  220V/Y 380 V 50 Hz, yazılı motorlar yıldız bağlı olarak; etiketinde  $\Delta$  380 V yazılı motorlar, üçgen bağlı olarak çalıştırılır.

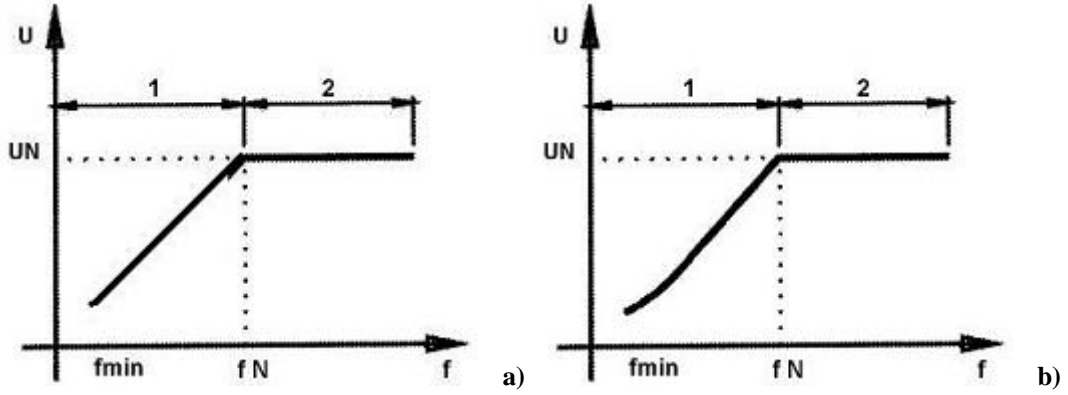
Hız kontrol cihazlarında, aşırı yük, aşırı akım, düşük ve aşırı gerilim, aşırı sıcaklık, kısa devre vb. korumalar bulunmaktadır. Böylece bir arıza anında cihaz devre dışı kalacağından, cihaz ve motor koruması yapılmış olur.

## 2.2. İnvörtör Çeşitleri

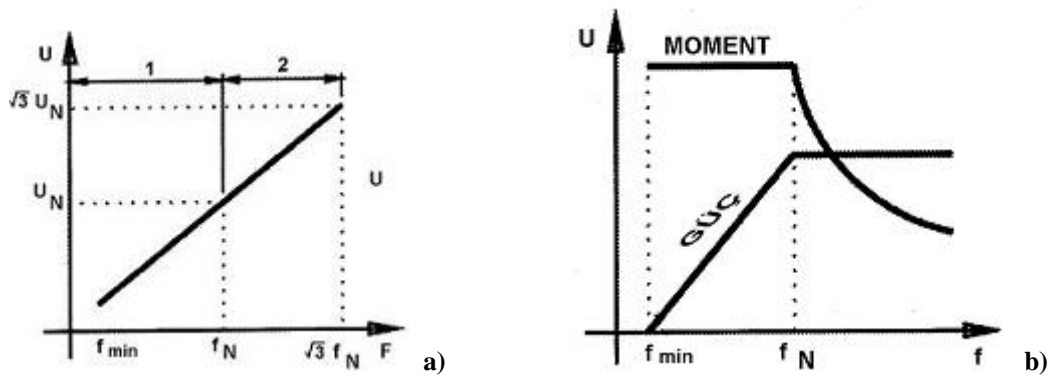
Frekans ve gerilim değişimi için mikro işlemci kumanda edilen temel inverter tasarımları geliştirilmiştir. Bu tasarımların başlıcaları şunlardır.

Ø Anma frekansının altındaki frekanslarda  $U/f$  sabit, anma frekansının üzerinde  $U$  sabit (Şekil 2.2.a'da 1-  $U/f$  sabit, 2-  $U$  sabit,  $f$  değişken)

Ø Anma frekansının altındaki frekanslarda  $\frac{U}{f^{3/2}}$  sabit, anma frekansının üzerine  $U$  sabit, (Şekil 2.2.b'de 1-  $\frac{U}{f^{3/2}}$  sabit, 2-  $U$  sabit,  $f$  değişken)



Şekil 2.2: Sabit ve değişken moment prensibi ile çalışan frekans invertörünün işletme bölgeleri



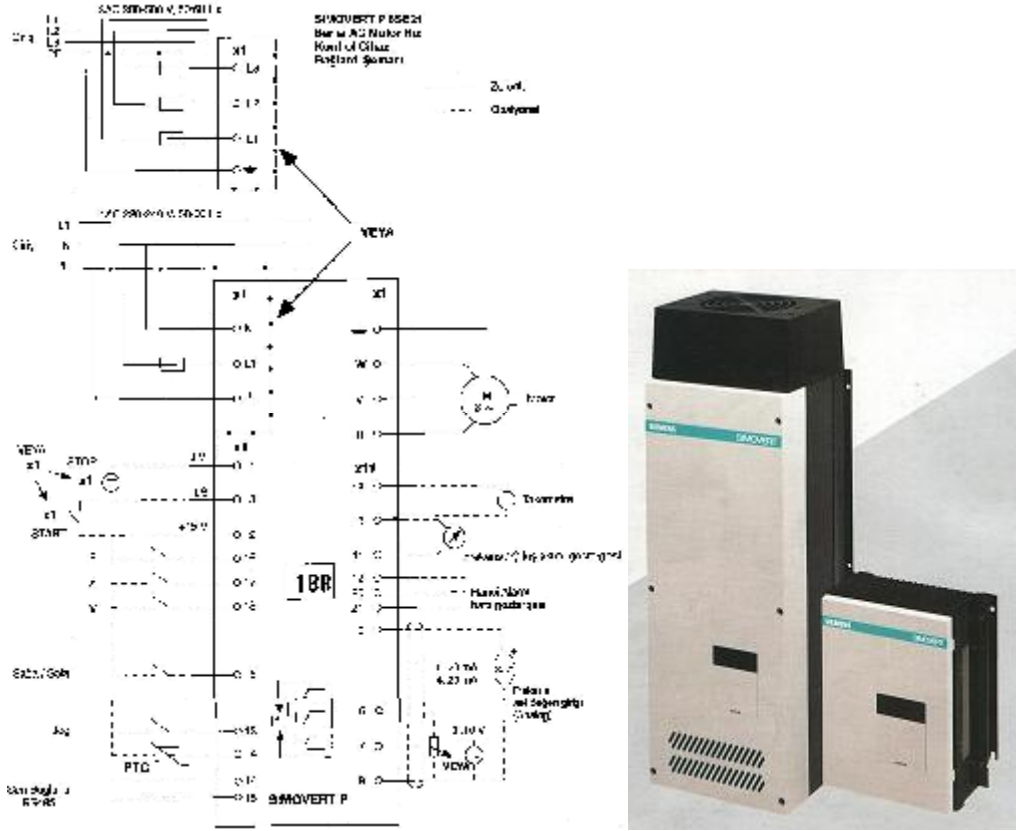
Şekil 2.3: Anma frekansının  $\sqrt{3}$  katına kadar sabit moment prensibi ile çalışan frekans invertörünün işletme bölgeleri ve momen güç değişimi

- Ø Ana frekansının  $\sqrt{3}$  katına kadar (örneğin  $f=50$  Hz ise,  $\sqrt{3} \cdot 50 = 87$  Hz) U/f sabit (Şekil 2.3.a)

En çok kullanılan tasarım, anma frekansına kadar “gerilim frekansla orantılı” U/f= sabit, anma frekansından sonra gerilim sabit kuralıdır. Sabit moment tasarımı olarak standartlaştırılmış bu ilkeye göre moment güç değişimi, Şekil 2.3.b’deki gibidir.

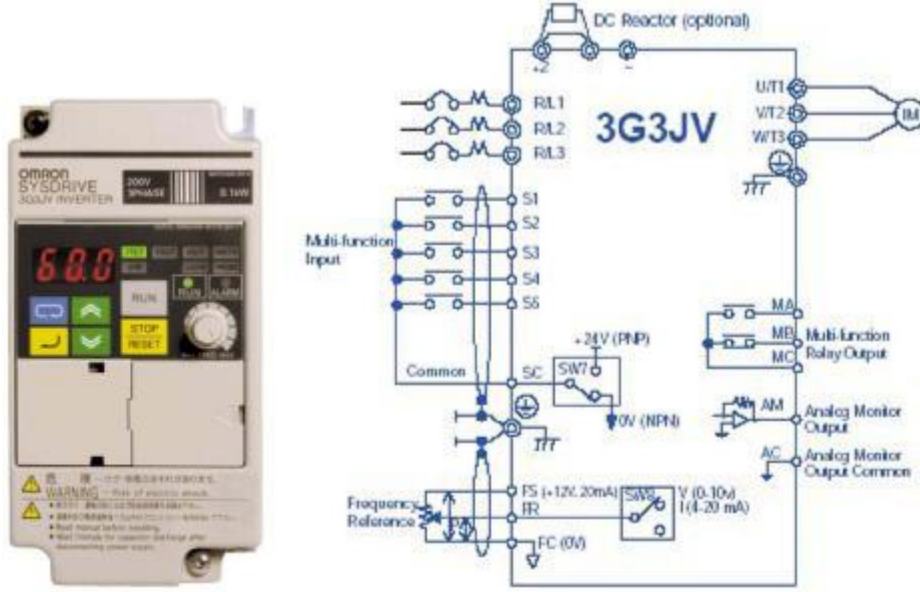
## 2.3. İnvvertör Bağlantı Şekli

Aşağıda değişik firmaların üretmiş olduğu frekans invertörleri ve bunlara ait bağlantı şemaları verilmiştir. Dikkat ederseniz hepsinde 1 faz ve 3 faz giriş uçları ile motor bağlantı uçları mevcuttur. Ara kumanda elemanına ihtiyaç göstermez. Üzerlerinde motor parametrelerinin girildiği ekran ve tuşları ile motorla ilgili çeşitli ayarlamaların yapıldığı potansiyometreler mevcuttur.

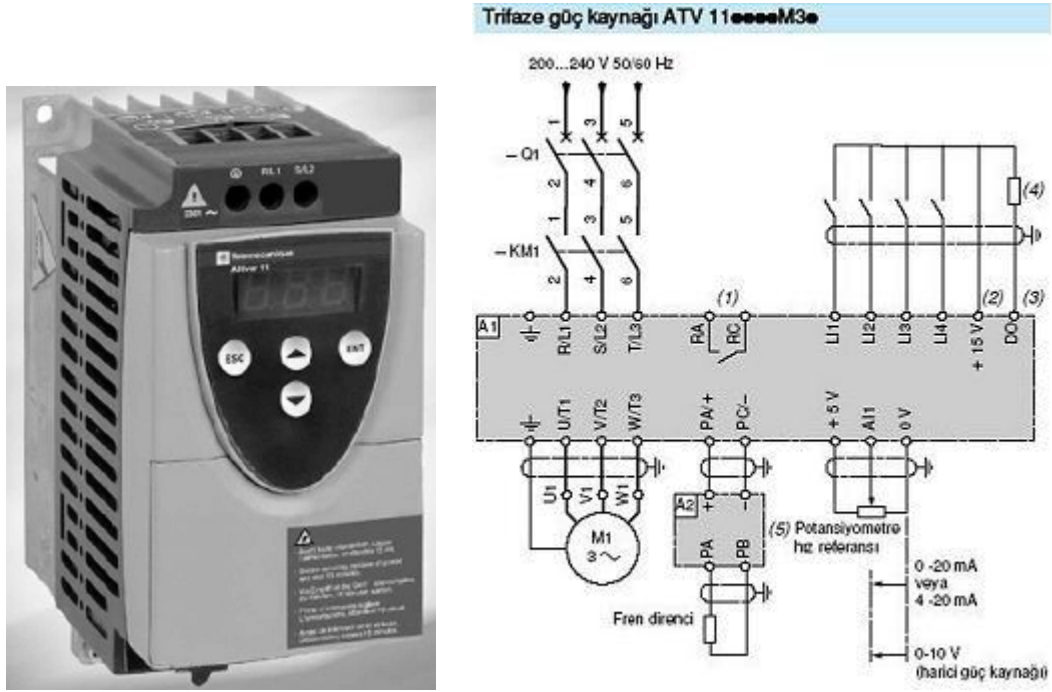


Şekil 2.4: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması

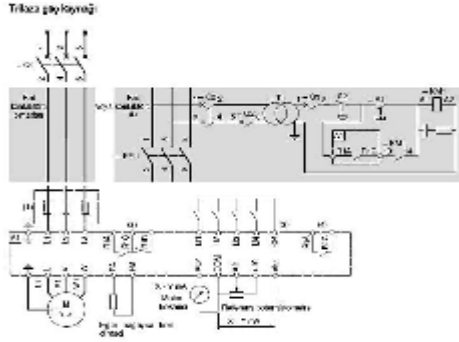




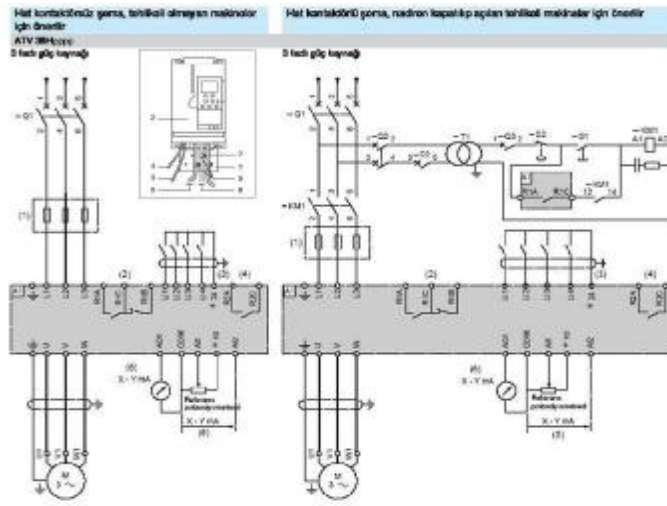
Şekil 2.5: AC Motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Şekil 2.6: AC Motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Şekil 2.7: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Şekil 2.8: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Resim 2.1: Değişik AC motor hız kontrol cihazları

## 2.4. İntertör ile Asenkron Motorun Devir Ayarı Uygulaması

Günümüzde, değişik firmaların üretmiş olduğu birçok invertör cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlar ile uygulama yapılacaksa, öncelikli olarak bu cihazların kullanım kitapçığına göre bağlantı ve ayarlar yapılmalıdır. Bu kitapçıklarda cihazın işlevsel ve yapısal özellikleri, montaj ve bağlantı şemaları, cihazla ilgili ayarlar ve giriş parametrelerinin listesi, kurulumunda ve çalıştırılmasında dikkat edilecek hususlar gibi birçok konuda bilgi bulunmaktadır.

İntertör ile asenkron motorun devir ayarı yapılırken, önce motor etiketine uygun invertör seçilmelidir. Standart çalışma şekli uygulanacak ise invertörün faz giriş uçlarından şebeke gerilimi uygulanır. Daha sonrada cihazla motor arasındaki iletkenler bağlanır. Çalışma şekline uygun olarak motorla ilgili parametreler, cihaza dikkatlice sırayla girilir. Resim 2.2 ve Resim 2.4'de asenkron motorun invertörlerle hız kontrol uygulamaları verilmiştir.



Resim 2.2: AC motor hız kontrol uygulaması



**Resim 2.3: AC Motor hız kontrol cihazı ve ön paneli**



**Resim 2.4: AC motor hız kontrol uygulaması**

## UYGULAMA FAALİYETİ

Atölye ortamında, elinizde bulunan invertör cihazıyla asenkron motorun devir ayarını yapacak bağlantıyı kurup motoru çalıştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
Ø Sistemde kullanılacak motorun gücünü tespit ediniz.	Ø Motor etiketine bakarak gücünü ve akımını tesbit ediniz.
Ø Motor gücüne uygun İvertör seçimini yapınız.	Ø Kullandığınız invertörün sırları bu motor için uygun olup olmadığını dikkat ediniz.
Ø Şebeke –İvertör, İvertör–motor bağlantısını yapınız.	Ø Şebeke bağlantısını yaparken enerjinin olmadığından emin olunuz.
Ø Çalışma için gerekli parametre ayarlarını yapınız.	Ø Bağlantı klemenslerini iyice sıkıştırınız.
Ø Enerji vererek motoru çalıştırınız.	Ø Motor bağlantısını yaparken etiketine göre köprülerini kontrol ediniz.
	Ø İvertör ekranında ki yönlendirmelere göre parametreleri doğru giriniz.
	Ø Öğretmen gözetiminde devreye enerji vererek motoru çalıştırınız.
	Ø Cihaz üzerindeki frekans ayarı ile frekansı değiştirerek motorun devrinin değiştiğini turmetre ile ölçünüz.

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Kullanılacak motor gücü ve invertör gücünün uygunlugunu kontrol ettiniz mi?		
2. İntertörün bağlantı şeklini faz sayısını ve çalışma gerilimini tespit ettiniz mi?		
3. İntertörün bağlantısını kendi bağlantı şekline göre hatasız yaptınız mı?		
4. İntertöre enerji vererek manuel olarak frekans değiştirerek devir ayarı yaptınız mı?		
5. İntertörün istenen süre içinde belirli frekansa çıktığı çalışma şekli için gerekli parametre ayarlarını yaptınız mı?		
6. İntertörün istenen süre içinde çalışma frekansından sıfır frekansa düşürüp durması için gerekli parametre ayarlarını yaptınız mı?		

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. İnvörtörler akım sınırlayıcı cihazlardır.
2. Frekans gerilimin değerine göre invörtörler üç şekilde tasarlanır.
3. Anma frekansı üzerinde çalıştırılan motorların verimi ve momenti düşer.
4. İnvörtörle kumanda edilecek motorun yıldız veya üçgen çalışıyor olması önemlidir.
5. İnvörtör cihazı üzerinde koruma düzenekleri olmadığı için motor ayrıca korunmalıdır.

### DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında yıldız – üçgen çalışmayı, uygun geçiş süresini tesbit ederek, TSE, iç tesisat yönetmeliği ve şarnameye uygun olarak gerçekleştirebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Ø Çevrenizde bulunan işletmelerde, asenkron motorlara nasıl yol verildiğini araştırınız.
- Ø Oto trafosunu araştırarak yapısı ve çalışması hakkında bilgi edininiz.
- Ø Elektrik malzemesi satan firmalardan, yıldız-üçgen paket şalterler ve yıldız-üçgen rölesi konusunda katalog, broşür isteyiniz. Ellerinde bu cihazlar var ise bağlantıları ve kullanımı hakkında bilgi alınız.
- Ø Çevrenizde bulunan işletmelerdeki değişik yol verme kumanda panolarını ve bunların kumanda ettiği motorların etiketlerini inceleyiniz.

## 3. ASENKRON MOTOR YOL VERME YÖNTEMLERİNİ UYGULAMAK

Asenkron motorlar kalkışları (ilk dönmeye başlaması) sırasında şebekeden normal akımlarının 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasındaki çekilen bu akım kısa sürelidir. Küçük güçlü motorlarda kısa süreli fazla akımın, şebeke üzerinde olumsuz etkisi fazla olmaz.

Ancak büyük güçlü motorların, direkt yol almaları sırasında, şebekeden çektikleri kalkış akımları, şebeke gerilim düşümlerine ve gerilim düşmeleri hem çalışmakta olan motorun hem de çalışan diğer alıcıların çalışma özelliklerini etkiler.

Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri belli güçlerden büyük motorların (3KW 'nın üstündeki) çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirir. Bu öğrenme faaliyetinde, motorların ilk kalkış akımlarını düşürücü önlemleri ve uygulamalarını göreceksiniz.



### 3.1. Asenkron Motorun Kalkınma Sırasındaki Şebekeye Etkileri

Asenkron motorların çalışmaya başladıkları ilk anda şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı, yol alma akımı veya kalkış akımı denir. Bu akım, motorun gücüne ve kutup sayısına bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak anma akımların 3-6 katı kadardır.

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

Rotor dönmeye başlayınca stator döner alan hızı (ns) ile rotor hızı (nr) arasındaki fark azalmaya başlar. Bunun sonuncu zıt emk'in değeri yükseleceğinden, şebekeden çekilen kalkınma akımı gittikçe azalır.

Yukarıda belirttiğimiz değerlerden dolayı küçük güçlü motorların çektiği kalkınma akımı, gittikçe azalan bir durumda olduğundan sargılar ve şebeke için bir sorun oluşturmaz. Ancak 3 kW'ın üzerindeki büyük güçlü motorların kalkınma akımları, hem şebeke için hem de motor sargıları için zararlıdır. Zira bu fazla akım motor sargılarında aşırı ısınmalara, şebekede ise gerilim düşümlerine ve gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bunun sonucunda da gerilim düşümü, motoru ve şebekeden beslenen diğer alıcıları etkiler. Ayrıca kumanda devresindeki anahtarlama elemanlarının çabuk yıpranmasına ve arıza yapmasına yol açar.

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

### 3.2. Asenkron Motorlara Yol Verme Yöntemleri

Asenkron motorların kalkınma (kalkış-yol alma) akımlarını azaltmak için aşağıdaki yol verme yöntemleri uygulanır.

- Ø Doğrudan Yol Vermek (Direkt yol verme)
- Ø Düşük Gerilimle Yol Vermek
  - Yıldız-üçgen yol verme
  - Oto trafosu ile yol verme
  - Dirençle yol verme
  - Rotorlu sargılı asenkron motorlara yol verme

## Ø Mikro İşlemcilerle Yol Verme

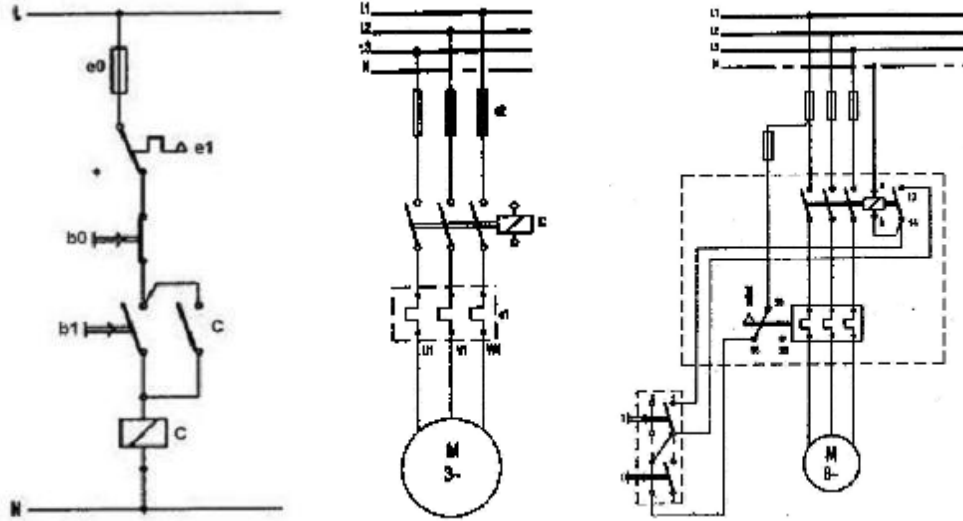
- Yumuşak Yol Verme: (Softstarter ile Yol verme)
- Frekans değıştirici (Sürücü) ile Yol Verme

### 3.2.1. Doğrudan Yol Vermek (Direkt Yol Verme)

Asenkron motorlar, kalkış sırasında şebekeden 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasında çekilen bu fazla akımın süre kısadır. Küçük güçlü motorlarda, kısa süreli fazla akımın, şebeke üzerinde olumsuz etkisi olmaz. Ancak büyük güçlü motorlarda, kalkış akımının etkisi önemlidir. Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri, belli güçlerden büyük motorların çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirmiştir.

Bir fazlı motorlar, küçük güçlü motorlar olduğundan bu motorlara ve yine 3-4 kW'ye kadar küçük güçlü üç fazlı asenkron motorlara doğrudan yol verilir.

Motorlara yol verme işleminde, paket veya kollu tip mekanik şalterler veya kontaktör kombinasyonu ile oluşturulan manyetik şalterler kullanılır.



Şekil 3.1: Asenkron motora doğrudan yol verme kumanda, güç ve montaj şeması

### 3.2.2. Düşük Gerilimle Yol Vermek

Bu yöntem ilk çalışmaya başlama, boşta çalışan motorlarda uygulanır. Yük altındaki kalkınan motora uygulanmaz. Çünkü motora düşük gerilim verildiğinde döndürme momentinde azalır. Yükü karşılayabilmek için motor şebekeden daha fazla akım çeker ve kalkınmaz.

Düşük gerilimle yol verme yöntemleri:

- Ø Yıldız-üçgen yol verme
- Ø Oto trafosu ile yol verme
- Ø Dirençle yol verme

Üç fazlı asenkron motorlara uygulanan yol verme yöntemlerinden en çok kullanılanı, düşük gerilimle yol vermedir. Ancak bu yöntem yalnızca boşta kalkınan motorlara uygulanır. Zira yüklü kalkınan bir motora kalkınma anında düşük gerilim uygulandığında motor, yükü karşılamak için şebekeden daha da fazla akım çeker ve kalkınamaz. Halbuki düşük gerilimle yol vermenin amacı kalkış akımını azaltmak olduğundan, yüklü kalkınan motorlara düşük gerilim yöntemi ile yol verilemez.

### 3.2.2.1. Yıldız-üçgen Yol Verme

Kalkış akımını düşürmede en ekonomik yöntemdir. Üç kontaktör ile bir zaman rölesinden oluşan kontaktör kombinasyonudur. Bu yöntemle yol verebilmek için motorun üçgen bağlı çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşit olmalıdır. Örneğin, ülkemizde şebeke gerilimi 380 Volt olduğuna göre yıldız-üçgen yol verilecek motorun etiketinde  $\Delta 380$  V veya  $\Delta 380$ V/Y660V yazılı olmalıdır. Volt elektrik motorlarında, 2 ve 4 kutuplularda 3 kW (dâhil), 6 kutuplularda 2.2 kW(dâhil) den daha büyük güçlü motorlar bu özelliktedir. Yani 380 V şebekede üçgen bağlı çalıştırılırlar.

Yıldız-üçgen yol vermede amaç, motoru kalkış süresince yıldız bağlı çalıştırmak ve kalkışını tamamlayan motoru hemen normal bağlantısı olan üçgen bağlı olarak çalıştırmaktır. Bu şekilde yol verilecek motorun klemens tablosundaki üç adet üçgen köprüleri sökülmelidir.

Motor, kalkış sırasında yıldız bağlı çalıştırıldığından, motor sargılarına uygulanan gerilim  $U/\sqrt{3}$  değerine, motorun şebekeden çektiği akım ise  $1/3$  değerine düşer.

Motorun sargılarına uygulanan gerilim azaldığından, momenti önemli ölçüde küçülür. Yıldız-üçgen yol vermenin kusursuz olması için, motorun yük momentinin, yıldız bağlamadaki motor momentinden büyük olmaması ve yıldız bağlamadaki sürenin uygun olması gerekir. Bu geçiş süresi çok önemlidir. Motor, yıldız bağlantıda iken anma devir sayısına ulaştığı anda üçgen bağlantıya geçilmesi ve fazla aralık verilmemesi gerekir. Böyle olursa, yıldızdan üçgen bağlantıya geçişteki üçgen kontaktörünün kapamama akımı küçük ve yıldızdan üçgene geçiş darbesiz olur. Aksi halde, üçgen bağlantıya geçişte akımda geçici artışlar görülür. Bunun sonucu kontaktörün kontakları ani yüksek ısı nedeniyle kaynak olabilir.

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

### **3.2.2.1.1. Yıldız Çalışma Süresinin Önemi**

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

Motor yüksüz olarak kalkınmaya başladığında devir sayısı sıfırdan itibaren anma devir sayısına kadar bir artış gösterir. Devir sayısı anma devrine yaklaştığında ise yıldızdan üçgen bağlantıya geçilir. Devir sayısı anma devrine yaklaştığında 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 yaklaşıncaya kadar bir sürenin geçmesi gerekir. Bu süre motorun gücüne göre değişiklik gösterir ve maksimum 8-10 saniye civarındadır.

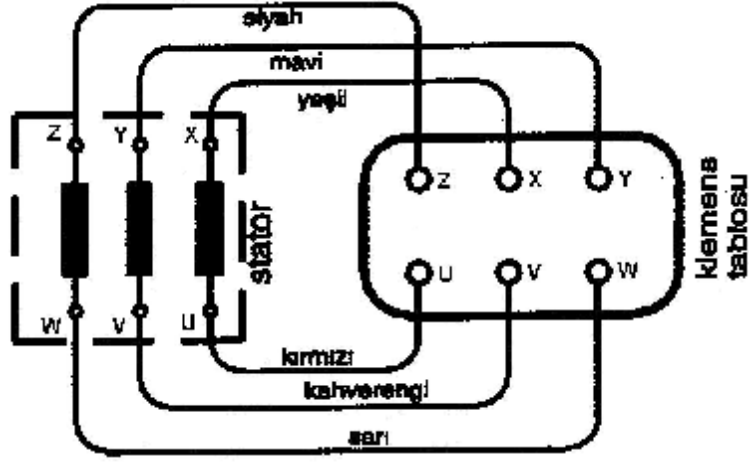
Diğeri yandan yıldız bağlı iken normal devrine ulaştığı halde üçgen bağlantıya geçilmezse motor, normal çalışma momentinin 1/3'ü oranında bir momentle çalışır. Eğer anma yükü ile yüklenecek olursa motor yük momentini karşılayamaz.

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.

Motorların yıldız çalışma süresi genelde şu şekilde saptanır; motor yüksüz durumda üçgen bağlı olarak çalıştırılır. İlk anda yüksek akım çekecektir. Normal devrine ulaştınca bu akım normal çalışma akımını düşecektir. Motorun ilk çektiği yüksek akımdan normal çalışma akımına düşüncüye kadar geçen zaman motorun yıldız-üçgen yol vermedeki yıldız-üçgen çalışma süresidir. Bu süre bir ampermetre ve kronometre ile belirlenir.

### **3.2.2.1.2. Yıldız-üçgen Çalışma Tekniği**

Öncelikle asenkron motorun statoruna sarılan üç faz sargısının dışarı ( klemens tablosuna ) nasıl alındığını göreceksiniz. Daha sonra çıkarılan bu uçların yıldız (Y) ve üçgen ( $\Delta$ ) bağlantılarının nasıl gerçekleştirildiği konusunda bilgi edineceksiniz.



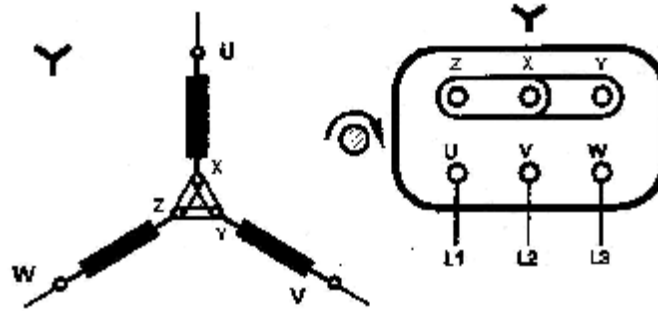
Şekil 3.2: Stator sargı uçlarının klemens tablosuna bağlanması

Statordaki üç faz sargısı uçlarının motor klemens tablosuna bağlanması Şekil 3.2'deki gibidir. Bu bağlantıda, giriş uçları (U, V, W) klemens tablosunda aynı sıraya, çıkış uçları (X, Y, Z) aynı fazın çıkış ucu giriş ucu karşısındaki klemense gelmeyecek şekilde bağlanır. Volt elektrik üç fazlı motorlarında stator faz sargıları giriş ve çıkış uçlar, renkli kablolarla kodlanmıştır. Bu kodlama, klemens bağlantısında ve sargı uçları belirlenmesinde kolaylık sağlar. Renk kodları, Şekil 3.2'de gösterildiği gibidir.

### Ø Yıldız Bağlantı ve Özelliği

Üç fazlı asenkron motor stator sargıları yıldız veya üçgen bağlanır. Volt elektrik motorları; 2 ve 4 kutuplarda 3 kW (dâhil), 6 kutuplarda 2.2 kW (dâhil) güce kadar olanları 380 V şebekede yıldız bağlanacak şekildedir.

Yıldız bağlantı; stator sargılarının çıkış veya giriş uçlarının birleşmesi ile elde edilen bağlantıdır. Klemes kutusunda üç uc ( Z, X, Y) köprü edilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Stator sargılarının yıldız (Y) bağlanması

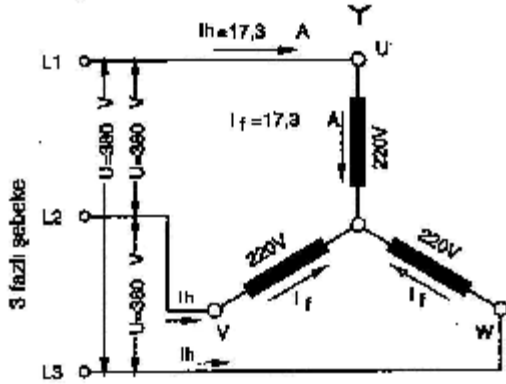
Yıldız bağlantı için, klemensdeki Z, X, Y uçları birleştirilmiştir. Üç fazla şebeke de, U, V, W uçlarına bağlanır.

Yıldız bağlantıda, gerilim akım ilişkileri, Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

VOLT ELEKTRİK®					
3 ~ MOTOR	TIP VM 90L-2	TS	CE	EFF2	
⊕ S1	IM B3	IP 55	1.CL F	⊕	
V	Hz	A	kW	cos φ	1/min
Δ220/Y380	50	8,6/5,0	2,2	0,85	2840
Y440	60	5,0	2,54	0,84	3380
Seri No.					TS 3067

TIP : GM 132520	
3 - AC MOTOR	Nr : 1065179
Δ 380 V	14,8 A
10 HP 7,5 kW	cos φ: 0,9
2880	D/D 50 Hz
2-985	Iz K1 B B 3 IP 44

Çizelge 3.1: Yıldız bağlanacak motor etiketi ile üçgen bağlanacak motor etiketi



$U$  = Şebeke gerilimi

$U_f$  = Motor sargı gerilimi (faz gerilimi)

$I_h$  = Şebekeden çekil akım

$I_f$  = Faz akımı (Motor sargılarından geçen akım)

$U = \sqrt{3} \cdot U_f$  veya  $U_f = U / \sqrt{3} = 0,58 \cdot U$

$I_h = I_f$

$U = 380$  V ise

$U_f = 0,58 \cdot 380 = 220$  V olur.

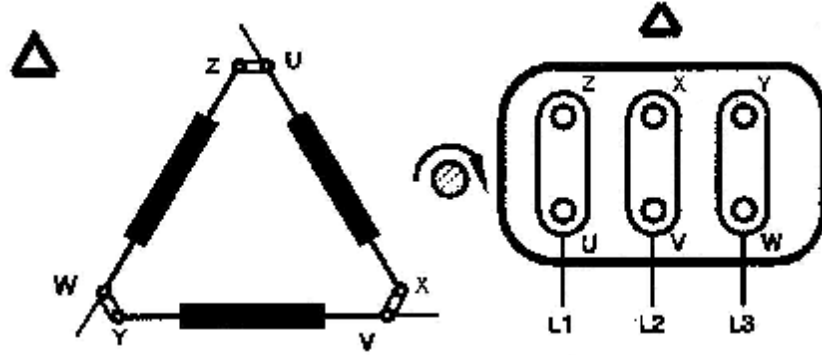
Şekil 3.4: Yıldız bağlantıda gerilim, akım ilişkileri

Sargı gerilimi 220 Volt olarak yapılan 3 fazlı motorlar, 3 fazlı 380 Volt şebekede yıldız (Y) bağlanır. Bu durum, motorların etiketlerinde Δ 220 V/Y 380 V Veya sadece Y 380 V şeklinde belirtilir. Çizelge 3.1'de yıldız bağlanacak motorun etiketi, örnek olarak verilmiştir.

### Ø Üçgen Bağlantı ve Özelliği

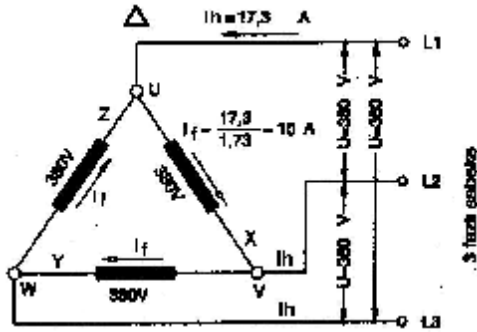
Üçgen bağlantı, faz sargısı çıkış uçlarının (Z, X, Y) diğer faz sargısı giriş uçları (U, V, W) ile birleştirilmesi sonucu elde edilen bağlantıdır (Şekil 3.5).

Motor klemensinde karşılıklı uçlar birleştirilirse üçgen bağlantıda yapılmış olur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Stator sargı uçlarının üçgen (D) bağlanması

Üçgen bağlı motor, üç fazlı şebeke gerilimi uygulanırsa, motorun bir faz sargısına uygulanan gerilim, üç fazlı şebeke gerilimine eşittir. Şekil 3.5'te üçgen bağlantının özelliği görülmektedir. Motorun bir faz sargısından geçen akım, şebekeden çekilen akımın ( $1/\sqrt{3}$ ) yani % 58'i olur.



$$U = U_f$$

$$I_h = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ veya}$$

$$I_f = I / \sqrt{3} = 0,58 \cdot I$$

$$U = 380 \text{ V ise}$$

$$U_f = U = 380 \text{ V olur.}$$

Şekil 3.6: Üçgen bağlantıda gerilim-akım ilişkileri

Üç fazlı 380V şebekede, sargı gerilimi 380 V olan motorlar üçgen bağlanır. Bu özellikteki motorun tanıtım etiketinde,  $\Delta 380 \text{ V}$  veya  $\Delta 380\text{V}/Y660\text{V}$  yazılır. Volt elektrik genel maksat motorlarının, 2 ve 4 kutuplarda (3000 ve 1500 devirlerde) 3 kW'den, 6 kutuplarda (1000 devirlerde) 2.2 KW'den büyük olanları üçgen ( $\Delta$ ) bağlar. Çizelge 3.1'de üçgen bağlanacak motorun etiketi, örnek olarak verilmiştir.

Yukarıda yıldız ve üçgen bağlantılarını ayrı ayrı gördünüz. Bütün bu anlatılanların ışığında Yıldız-üçgen (Y/ $\Delta$ ) Çalışma özelliği daha iyi anlayacaksınız.

Bir şebekede üçgen ( $\Delta$ ) bağlı çalışacak motor, aynı şebekede yıldız (Y) bağlı çalıştırılabilir. Örneğin etiketinde  $\Delta 380\text{V}$  yazılı motor, 380V şebekede üçgen bağlı çalışır. Şekil 3.6' da gösterildiği gibi üçgen bağlı çalışan bu motorun sargılarına 380 V uygulanmış olur. Bu durumda sargılarından geçen faz akımı  $I_f$  ise, şebekeden çekilen akım  $I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$  olur.

Üçgen bağlı çalışacak ve sargılarına 380 V uygulanacak motor, Şekil 3.4'teki gibi yıldız (Y) bağlı çalıştırılırsa, faz sargılarına  $380/\sqrt{3} = 220$  V uygulanmış olur. Yani faz sargılarına uygulanan gerilim % 42 azalır. Üçgen bağlı çalışırken faz sargılarından geçen akım  $I_f$  ise, yıldız bağlı çalışmada faz sargılarından geçen akım, gerilimdeki azalma oranı kadar azalarak  $I_f/\sqrt{3}$  olur. Yıldız bağlantıda şebekeden çekilen akım ( $I_h$ ), faz sargılarından geçen akıma ( $I_f$ ) eşit olduğundan, şebekeden çekilen akım değeri  $I_f/\sqrt{3}$  değerindedir.

Dikkat edilirse, üçgen bağlantıda şebekeden çekilen akım  $I_f \cdot \sqrt{3}$  değerinde iken, yıldız bağlantıda  $I_f/\sqrt{3}$  değerine düşer. Yıldız bağlantıda çekilen akımı, üçgen bağlantıda çekilen akıma oranlarsak:

$\lambda$  bağlantıda çekilen akım/  $\Delta$  bağlantıda çekilen akım =

$$= \frac{I_f/\sqrt{3}}{\sqrt{3} \times I_f} = \frac{I_f}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3} \times I_f} = \frac{1}{3} \quad \text{olur}$$

Şu halde, üç fazlı şebekede üçgen bağlı çalıştırılacak üç fazlı motor, aynı şebekede yıldız bağlı çalıştırılırsa, üçgen bağlı iken şebekeden çekilen akımın 1/3 değerinde akım çeker. İşte bu özellikten yararlanarak, asenkron motorların kalkış anında çektiği fazla akım azaltılabilir. Yani şebekede üçgen bağlı çalışacak üç fazlı motor, kalkışını tamamlayacak süre kadar yıldız bağlı çalıştırılır ve kalkışı yapan motor, normal bağlantısı olan üçgen bağlantıya geçirilir. Buna “yıldız-üçgen” yol verme denir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli özellik, yıldız bağlantıda motorun momentinin azalmasıdır. Çünkü yıldız bağlantıda sargıya uygulanacak gerilim %42 azaldığından motorun momenti de azalır. Dolayısıyla üçgen bağlı çalışacak motorun aynı şebekede yıldız bağlı çalışma süresi önemlidir (Bu konuda ayrıca bilgi verilecektir.). Ayrıca yıldız bağlantıdaki kalkış momenti, motordaki yükü karşılayabilmelidir.

Sonuç: Bir şebekede üçgen bağlı çalışacak motor, aynı şebekede yıldız bağlı (Y) olarak çalıştırılabilir. Ancak bu durumda motorun gücü ve momenti düşer. Bu özellikten yararlanarak asenkron motorların kalkış anında çektikleri fazla akımı azaltmak için yıldız-üçgen yol verme uygulanması yapılabilir. Bu konu, sonraki bölümde bağlantı şemaları çizilerek incelenmiştir.

Önemli Not:

Şebekede yıldız bağlı çalıştırılması gereken motor, yanlışlıkla üçgen bağlı çalıştırılırsa sargılarına  $\sqrt{3}$  katı büyük gerilim uygulanmış olur. Gerilimdeki artış oranı kadar sargı akımı büyüyeceğinden, motor aşırı akım çeker ve kısa sürede artacak ısı sonucu sargılar yanar. Onun için yıldız bağlı çalışması gereken motor, kesinlikle aynı şebekede üçgen bağlı çalıştırılmaz.



### 3.2.2.1.3. Yıldız-üçgen Çalışmada Termik Sigorta Kontaktör Seçimi

Yıldız-üçgen yol vermede, çok önemli bir konu da kontaktör seçimi ve termik ayar akım değeridir. Büyük seçilen kontaktörlerle yapılan oluşum ekonomik olmaz. Termik, uygun ayar akım değerinde değilse görev yapamaz.

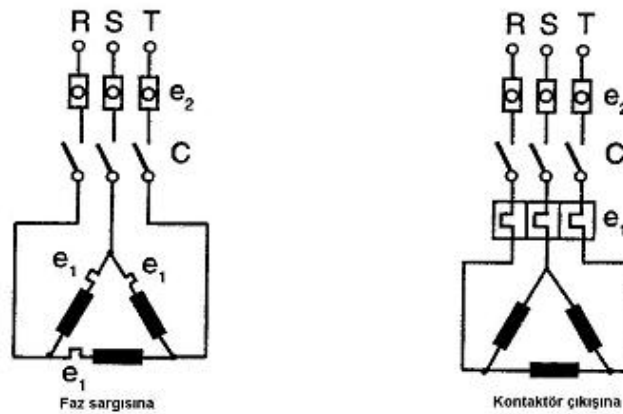
Yıldız-üçgen yol vermede, kullanılan enerji kontaktörü ile üçgen kontaktöründen motorun faz akımı ( $I/\sqrt{3}$ ) geçer. Yıldız bağlama kontaktöründen ise, motor akımının 1/3'ü ( $I/3$ ) değerinde akım geçer.

Yüksüz halde yıldız-üçgen yol vermede, yıldız bağlama kontaktörü, motor gücünün veya motor akımının 1/3 değerinde, diğer iki kontaktör ise  $1/\sqrt{3}$  değerinde seçilir.

Devrede kullanılacak kontaktörlerin seçiminde de sigortalarda olduğu gibi motor anma akımının bir üst standart değeri alınır. Örneğin, motor etiketinde  $I=18A$  yazıyorsa, kontaktör anma akımı ( $I_e$ ) 22 A seçilir. Eğer kontaktör anma akımı daha büyük değerde (Örneğin 32A) seçilirse kontaklar, oluşan arktan dolayı daha az yıpranacağından kontaktör ömrü uzar. Aynı zamanda büyük akım değerli kontaktörün kontakları, motorun kısadevre akımlarına karşı daha dayanıklı olur. Eğer kontaktörün ekonomik olması düşünülüyorsa, kontaktörün motor anma akımından daha büyük seçilmesi tavsiye edilir.

Yıldız-üçgen yol vermede termik, motor ile kontaktör arasına bağlanmalıdır. Bu durumdaki termik'ten motor faz akımı geçer. Termik, motor akımının  $1/\sqrt{3}$  değerine veya bu değer en çok 1.2 katı kadar bir değere ayarlanmalıdır.

Eğer termik röle faz sargılarına bağlanacaksa bir faz sargısından geçecek olan  $I_f$  değerine ayarlanır. Bu değer şebekeden çekilen akımın  $1/\sqrt{3}$  'ü değerindedir. Diğer bir ifade ile  $I_{h,0,55}$  şeklinde gösterebiliriz. Ancak termik röle enerji (C) kontaktörünün çıkışına bağlanacaksa; diğer bir deyişle röleden motor hat akımı geçecekse bu kez röle, motor anma akım değerine ( $I_h$ ) ayarlanır.



Şekil 3.7: Termik rölenin a) Faz sargılarına, b) Kontaktör çıkışına bağlanması

Motor devrelerinde koruma rölelerinin yanı sıra sigortalar da kullanılmaktadır. Sigorta seçilirken motor anma akımının (etiket değeri) üzerindeki ilk standart sigorta değeri seçilir. Eğer otomatik sigorta kullanılacaksa bunun gecikmeli tip (G Tipi) olmasına dikkat edilmelidir.

Motora yıldız-üçgen yol verildiğinde direkt yol vermeye göre şebekeden çekeceği akım 3 katı azalır. Bu da yaklaşık 2.lh olduğundan sigorta akım değeri motor etiket değerinin iki katı seçilebilir.

Asenkron motora yol verme için kullanılacak olan sigorta, termik, kontaktör ve kabloların seçimi için üretici firmaların yayımlanmış olduğu kataloglardan da faydalanılabilir. Bu kataloglardaki değerler her firmanın kendi ürettiği kumanda elemanları için geçerlidir. Çizelge 3.2'de kontaktör ve termik sigorta seçim tablosu, Çizelge 3.3'te motor gücü ve anma akımına göre sigorta ile motora çekilecek kablo kesiti seçim tabloları verilmiştir.

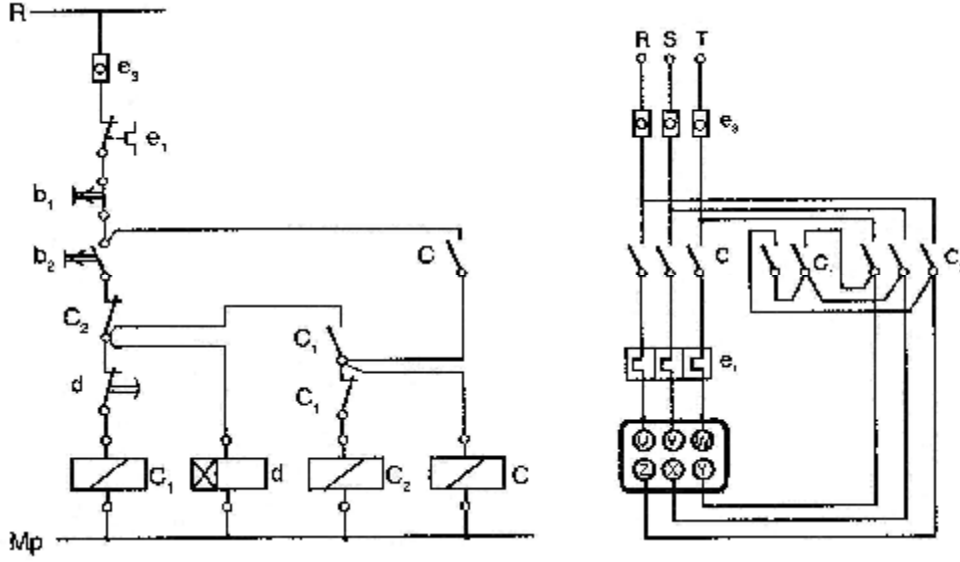
MOTOR SERİLERİ		KONTAKTÖR SEÇİM TABLOSU																
GÜÇ KW	SERİ	MIE					ELEMENS					Ö. SÖZLEMEK			MÜHÜRAL		TETİSAN	
		LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE	PC	PC	ELA
3	3	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
4	4	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
5	5	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
7.5	7.5	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
11	11	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
15	15	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
22	22	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
30	30	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
37	37	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
45	45	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
55	55	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
75	75	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
90	90	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
110	110	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
132	132	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
160	160	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
200	200	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
250	250	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
315	315	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
400	400	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
500	500	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
630	630	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
800	800	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K
1000	1000	L5 01K	L5 02K	L5 03K	L5 04K	L5 05K	L5 06K	L5 07K	L5 08K	L5 09K	L5 10K	L5 11K	L5 12K	L5 13K	L5 14K	L5 15K	L5 16K	L5 17K

Çizelge 3.2: Motorlar için kontaktör, termik ve sigorta seçim tabloları

Motor anma gücü		Cosφ	Verim	220 V			500 V			380 V			Bağlantı Kablolu NYN NYCY mm²
				Motor anma akımı	Sigortalar		Motor anma akımı	Sigortalar		Motor anma akımı	Sigortalar		
					Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ	
kW	HP			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0.25	0.34	0.7	62	1.4	4	2	0.6	2	2	0.8	2	2	4x2.5
0.37	0.5	0.72	64	2.1	4	2	0.9	2	2	1.6	4	2	4x2.5
0.55	0.75	0.75	69	2.7	4	4	1.2	4	4	1.6	4	2	4x2.5
0.75	1	0.8	74	5.4	6	1	1.5	4	4	2	4	4	4x2.5
1.1	1.5	0.8	77	4.4	6	6	2	4	4	2.6	4	4	4x2.5
1.5	2	0.83	78	6	16	10	2.6	4	4	3.5	6	6	4x2.5
2.2	3	0.84	81	8.7	20	16	3.7	10	6	5	10	6	4x2.5
3	4	0.84	81	11.5	20	16	5	10	10	6.6	16	10	4x2.5
4	5.4	0.84	82	14.7	25	20	6.4	16	10	8.5	20	16	4x2.5
5.5	7.5	0.85	83	19.8	35	25	8.5	20	16	11.5	25	20	4x2.5
7.5	10	0.86	85	26.5	50	35	11.5	25	20	15.5	35	25	4x4
11	15	0.86	87	39	63	50	17	35	25	22.5	35	35	4x6
15	20	0.86	87	52	50	63	22.5	35	35	30	50	35	4x6
18.5	25	0.86	88	62	100	80	27	50	35	36	63	50	4x10
22	30	0.87	89	74	100	80	32	63	50	43	63	50	4x10
30	40	0.87	90	98	125	100	43	63	50	57	80	63	4x16
37	50	0.87	90	124	200	160	54	80	63	72	100	80	3x25+16
45	61	0.88	91	147	225	200	64	100	80	85	5	100	3x35+16
55	75	0.88	91	180	250	225	78	125	100	104	60	125	3x50+25
75	100	0.88	91	246	350	250	108	160	125	142	200	160	3x70+35
90	123	0.88	92	-	-	-	127	200	160	169	225	200	3x95+50
110	150	0.88	92	-	-	-	154	225	200	204	250	225	3x120+70
132	180	0.88	92	-	-	-	182	250	225	243	300	250	3x120+70

Çizelge 3.3: Motor anma gücü ve gerilimine göre için sigorta ile kablo seçim tablosu

### 3.2.2.1.4. Otomatik Yıldız-Üçgen Çalışma Uygulaması



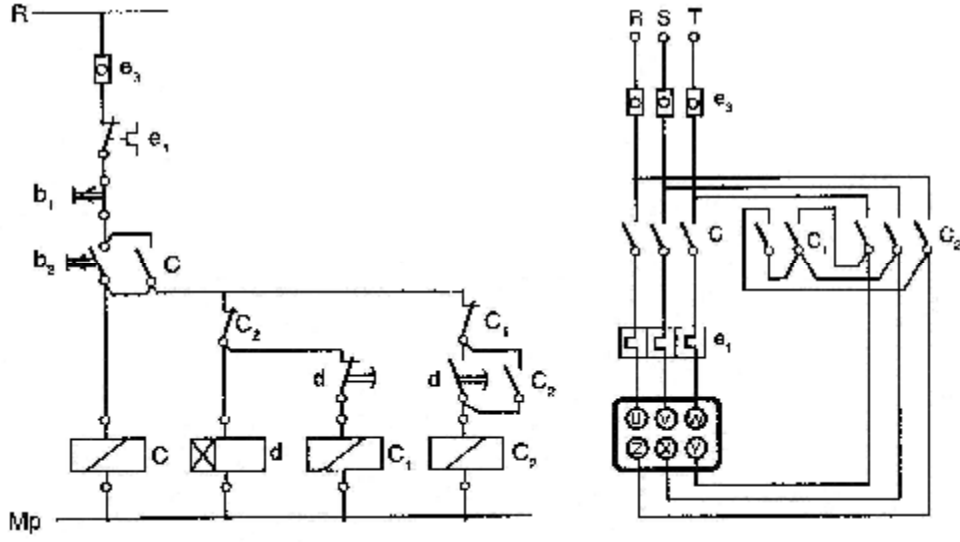
Şekil 3.8: Otomatik yıldız-üçgen çalışma devresi

Şekil 3.8’de otomatik yıldız-üçgen çalışma devresi verilmiştir. Devrenin çalışması  $b_2$  butonuna basmakla başlar.  $b_2$  butonuna basıldığında  $C_1$  ( $\lambda$ ) kontaktörü enerjilenir ve kontakları durum değiştirir.  $C_1$  kontaktörü ile aynı anda  $d$  zaman rölesi ve  $C_1$  kontaktörü de enerjilenir. Kumanda devresinde  $b_2$  butonu mühürlenir, güç devresinde motora şebeke gerilimi uygulanır.  $\lambda$  kontaktörü motorun Z-X-Y uçlarını kısadevre ettiği için, motor ilk anda  $\lambda$  olarak çalışmaya başlar.

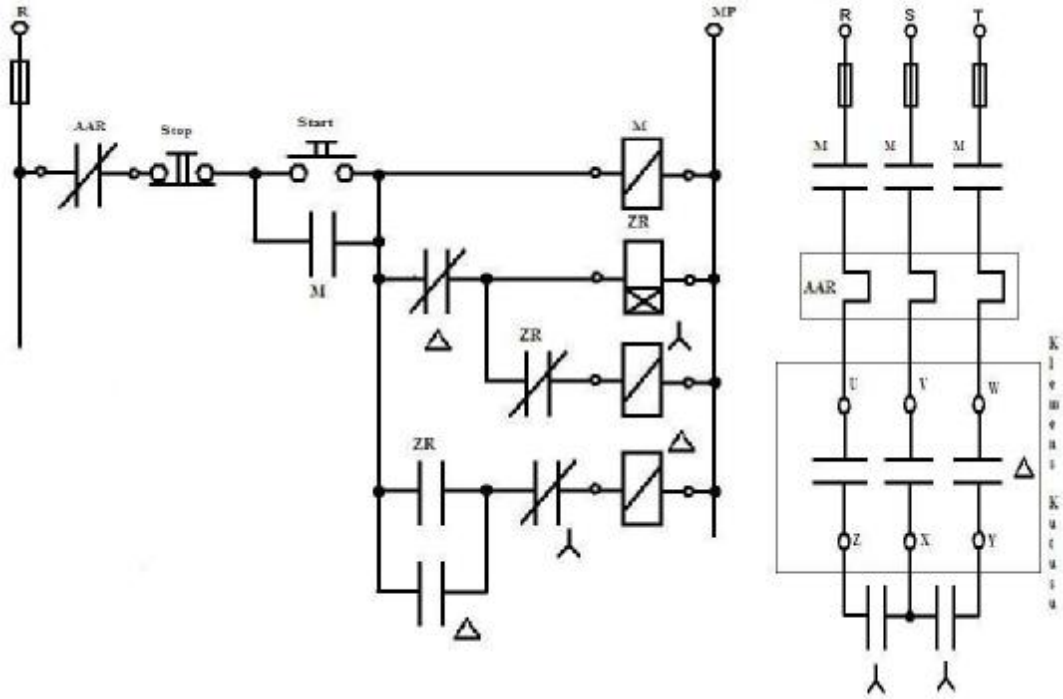
Ayarlanan süre ( $\lambda$  çalışma süresi) sonunda zaman rölesi  $\lambda$  kontaktörüne seri bağlı olan  $d$  kontağını açar ve  $\Delta$  kontaktörüne seri bağlı olan  $d$  kontağını kapatır. Bu durumda motor  $\lambda$  bağlantıdan ayrılıp  $\Delta$  bağlanır ve bu şekilde çalışmasına devam eder.  $\lambda$  ve  $\Delta$  kontaktör bobinlerine seri bağlı olan  $\Delta$  ve  $\lambda$  kontaktörleri, elektriksel kilitlemeyi sağlar.

$b_2$  butonuna basıldığında motorun enerjisi kesilir ve durur. Herhangi bir nedenle aşırı akım rölesine  $e_1$  kontağı açıldığında ve şebeke enerjisi kesildiğinde de motor durur. Şebeke enerjisi tekrar geldiğinde ise devre çalışmaz ve çalışması için tekrar  $b_2$  butonuna basmak gerekir.

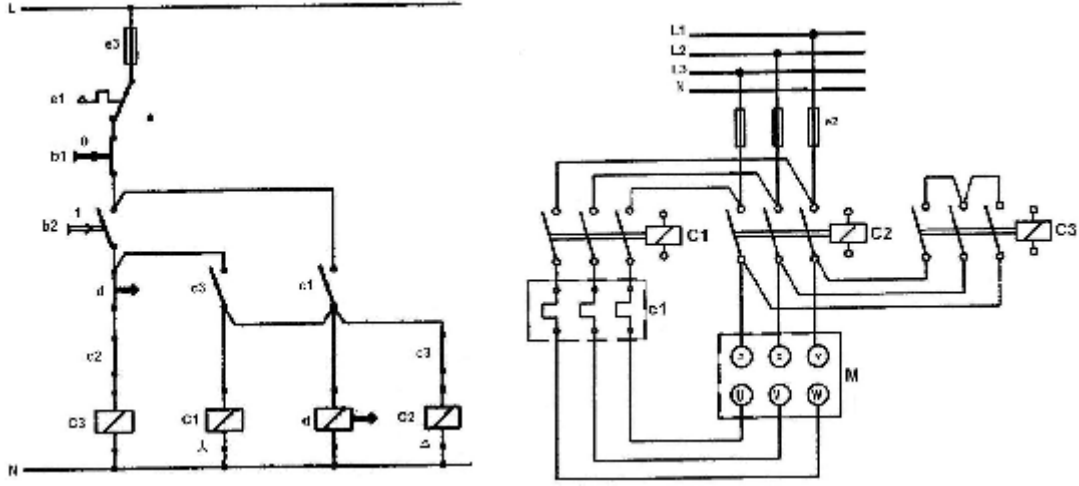
Aşağıdaki şekillerde değişik biçimde tasarlanmış otomatik yıldız-üçgen çalışma devreleri verilmiştir.



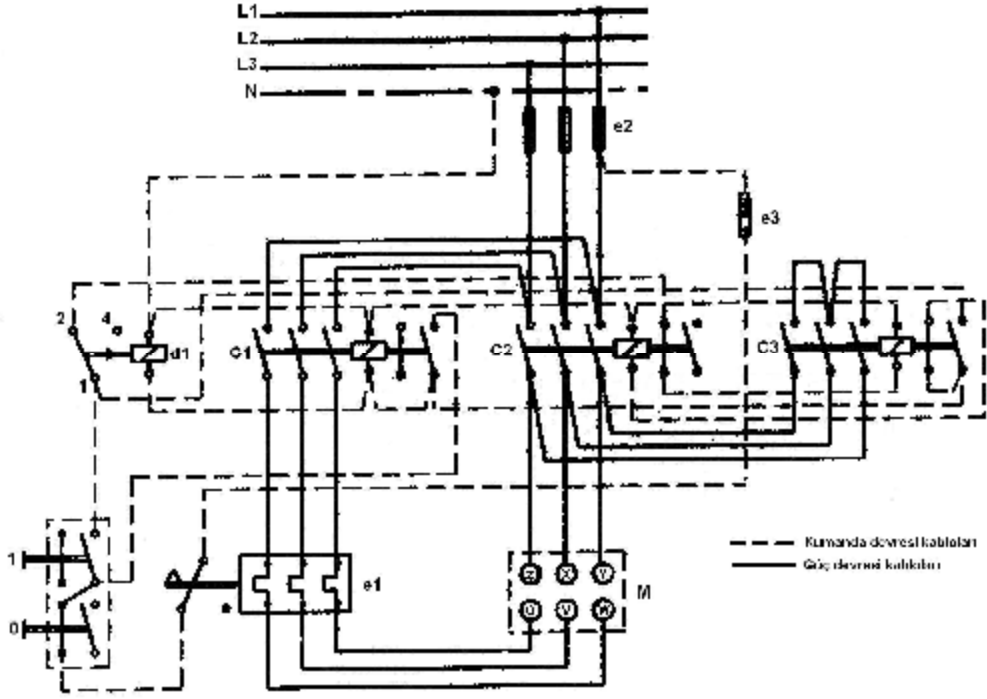
Şekil 3.9: Otomatik yıldız-üçgen çalışma devresi (Alman, Türk normu)



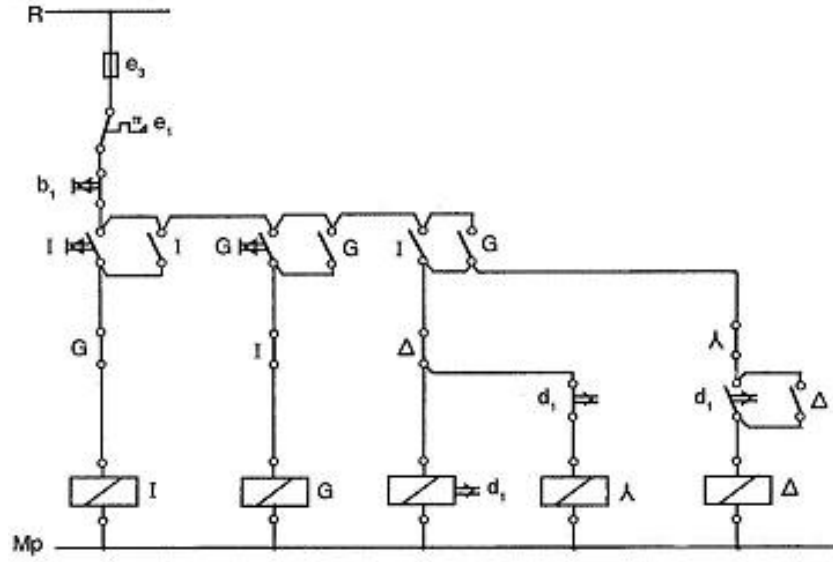
Şekil 3.10: Şekil 3.9'daki otomatik yıldız-üçgen çalışma devresinin aynı (Amerikan normu)



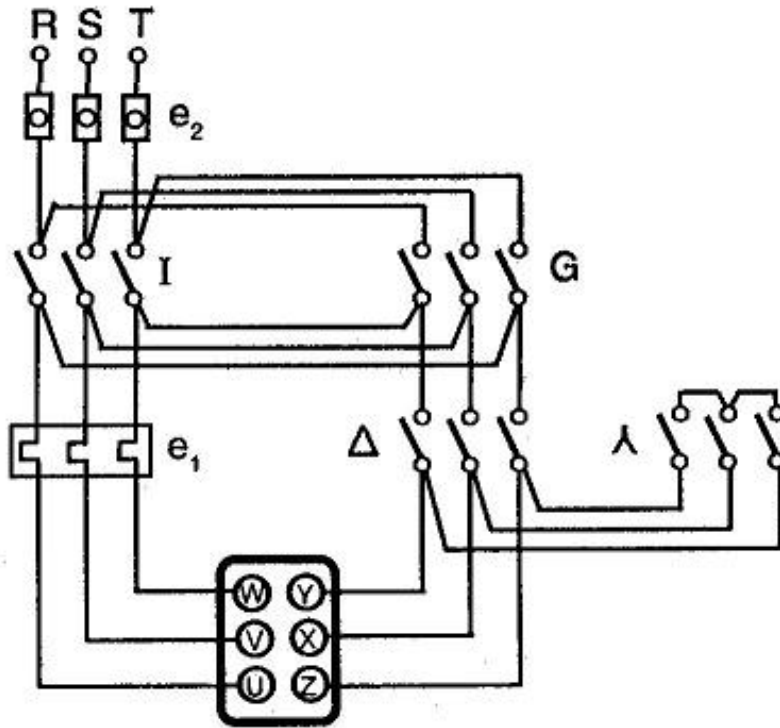
Şekil 3.11: Otomatik yıldız-üçgen çalışma kumanda ve güç devresi



Şekil 3.12: Şekil 3.11'deki otomatik yıldız-üçgen çalışma devresinin montaj şeması



Şekil 3.13: İleri ve geri yönde çalışan otomatik yıldız-üçgen çalışma kumanda devresi şeması

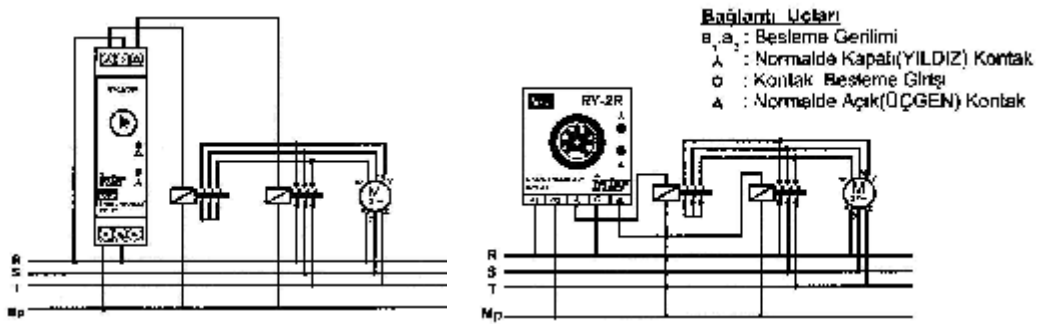


Şekil 3.14: İleri ve geri yönde çalışan otomatik yıldız-üçgen çalışma güç devresi şeması

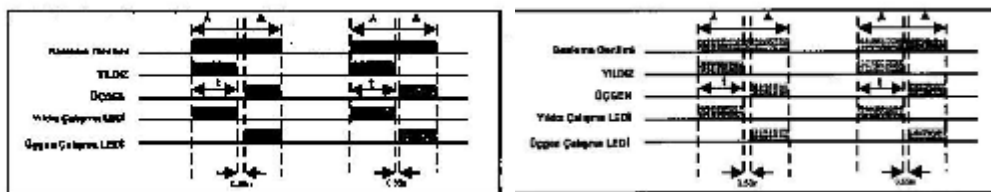
### 3.2.2.1.5. Yıldız-üçgen Röle ile Asenkron Motorun Çalıştırılması

Elektrik motorları başlangıçta, şebekeden yüksek akım çeker. Bu durum şebekenin kısa süre de olsa aşırı yüklenmesine neden olur. Bu anlık olumsuz olayı ortadan kaldırmak için motor ilk olarak üçgen daha sonra yıldız bağlantıda çalıştırılır. Yıldız-üçgen yol verme sistemlerinden geçişte oluşan problemler arızalara sebep olmaktadır. Yıldız-üçgen röle hem bağlantılardaki basitliği hem de yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçişteki 200 ms'lik gecikme sistemin sağlıklı çalışmasını sağlar. Rölenin A1 ve A2 uçlarına gerilim verildiğinde YILDIZ LED'i yanar ve yıldız kontaktörünü çektirir (1-2 kontaktları kısa devre olur). Yıldız konumunda ayarlanan süre kadar çekili kalır. Ayarlanan süre sonunda YILDIZ LED'i söner, yıldız kontaktörü OFF konumuna geçer. Yaklaşık 200 ms sonra ÜÇGEN LED'i yanar ve üçgen kontaktörünü çektirir ( 2-3 kontaktları kısa devre olur ).

Yıldız-üçgen rölesi enerji uygulandığında 1. rölenin kontağı üzerinde yıldız kontaktörü çeker ve zaman saymaya başlar. Zaman sonunda 1. röle bırakır ve 2. röle çekerek üçgen kontaktörü devreye girer. Bu iki röle arasında 300 ms'n'lik bir gecikme farkı olduğundan yıldızdan üçgene geçişte kontaktörler korunmuş olur. Şekil 3.15'te Y-Ü rölenin bağlantı şeması, Şekil 3.16'da Y-Ü rölesinin sinyal akış diyagramı, Resim 3.1'de Y-Ü rölesi fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 3.15: İnter RY-V2R ve RY-2R yıldız-üçgen rölesinin bağlantı şeması



Şekil 3.16: İnter RY-V2R ve RY-2R yıldız-üçgen rölesinin sinyal akış diyagramı





Resim 3.1: Yıldız-üçgen rölesi çeşitleri

### 3.2.2.1.6. Yıldız-üçgen Paket Şalter ile Asenkron Motorun Çalıştırılması

Sakıncalarına rağmen, uygulamada bazı yerlerde bu tip şalterler kullanılarak yıldız-üçgen yol vermenin yapıldığı görülmektedir. Çok büyük güçlü olmayan motorlarda uygulanır. Kullanılacak şalterin motor akımına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tambur tip yıldız-üçgen şalterin motor devresinin bağlantısı ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin şeması Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Bu şalterlerle yol vermede yıldız bağlama süresi, şalteri kullananın kontrolindedir. Motor, normal hızına ulaştığı anda, şalter üçgen konumuna getirilmelidir. Durdurma anında, hızlı bir şekilde sıfır konumuna alınmalıdır.

Üç fazlı asenkron motorlara  $\lambda/\Delta$  yol verilebilmesi için bütün sargı uçlarının klemens tablosuna çıkartılması gerektiği belirtilmişti. Paket tip  $\lambda/\Delta$  şalterin 9 tane bağlantı ucu vardı. Bunların 3 tanesi RST şebeke faz uçları, 3 tanesine UVW sargı giriş uçları, 3 tanesine de ZXY sargı çıkış uçları bağlanır.

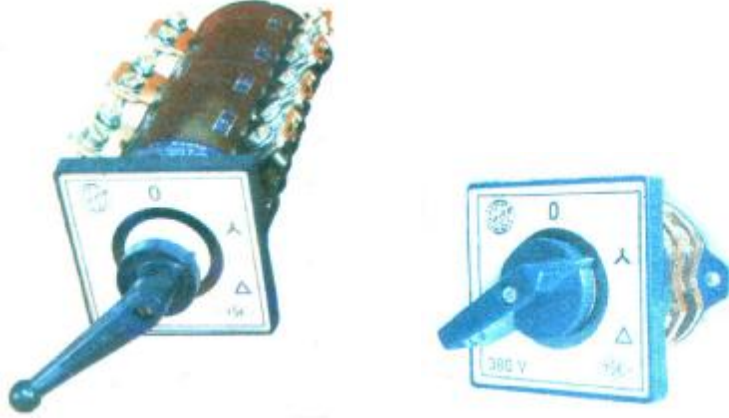
Sıfır (0) konumunda iken şalter uçları ile faz ve sargı uçları arasında hiçbir irtibat yoktur. Şalter  $\lambda$  konumuna alındığında faz ve sargı uçları ile şalter uçları, ikişer ikişer köprüler tarafından irtibatlandırılır.  $\lambda$  konumunda şalter içindeki kontaklar aracılığı ile U-R,Z-X, S-V, W-T, Y-X bağlantıları gerçekleştirilir. Şalter  $\Delta$  konumuna alındığında ise önceki bağlantılar açılır ve bu kez U-R-Z, X-S-V, W-T-Y bağlantıları gerçekleşir. Şekil 3.17’de A.410 serisi yıldız-üçgen paket şalter bağlantı şeması verilmiştir.

Paketin  $\lambda/\Delta$  şalterler genellikle gücü fazla büyük olmayan motorlara yol vermede ekonomik olmaları nedeniyle kullanılır, bunun dışında fazla kullanılmaz. Paket tip  $\lambda/\Delta$  şalterin fazla kullanılmama nedenlerini şu şekilde açıklayabiliriz.

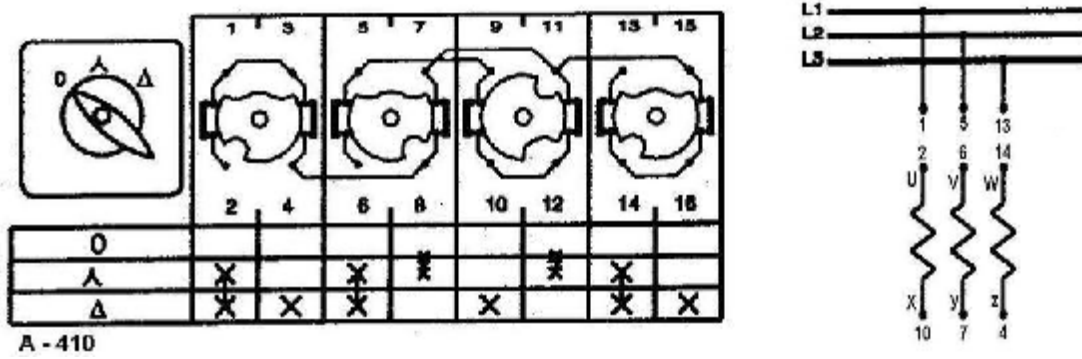
- Ø  $\lambda/\Delta$  yol vermede yıldız çalışma süresi ve yıldızdan üçgene geçiş süresi çok önemli olduğu halde bu süreler, şalterle kumanda eden kişinin tecrübesine bırakılmıştır.

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

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

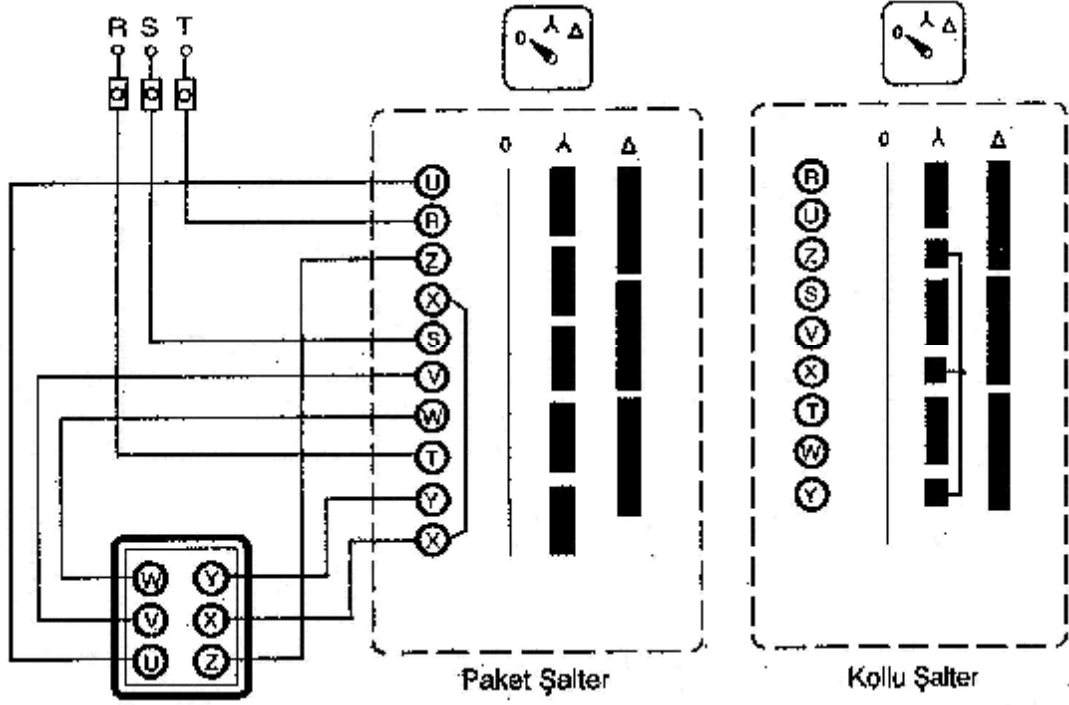


Resim 3.2: Kollu şalter ve paket şalter resimleri



Şekil 3.17: A.410 serisi yıldız-üçgen paket şalter bağlantı şeması

Piyasada değişik tip paket şalterler bulunmaktadır. Genellikle A-410, A-411, A-419 serisi yıldız-üçgen paket şalterler kullanılmaktadır.

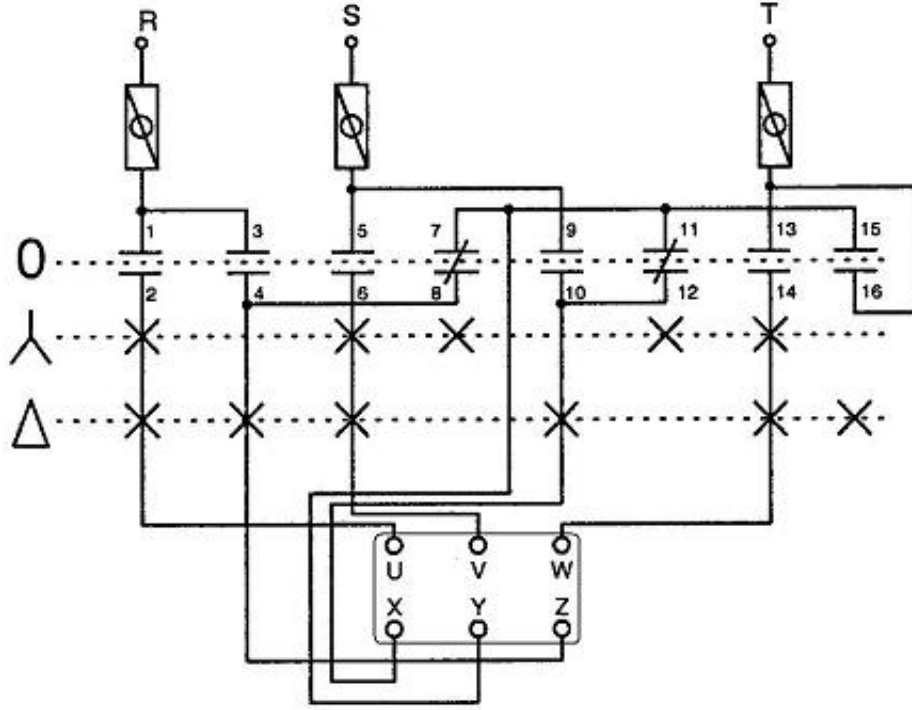


Şekil 3.18: Tambur tip yıldız-üçgen ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin bağlantısı



Resim 3.3: Çeşitli paket şalter resimleri

Şekil 3.19'da A-410 serisi yıldız-üçgen paket şalterle asenkron motora yol verme bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 3.19: A-410 serisi yıldız-üçgen paket şalterle asenkron motora yol verme bağlantısı

### 3.2.2.2. Oto Trafosu İle Yol Verme

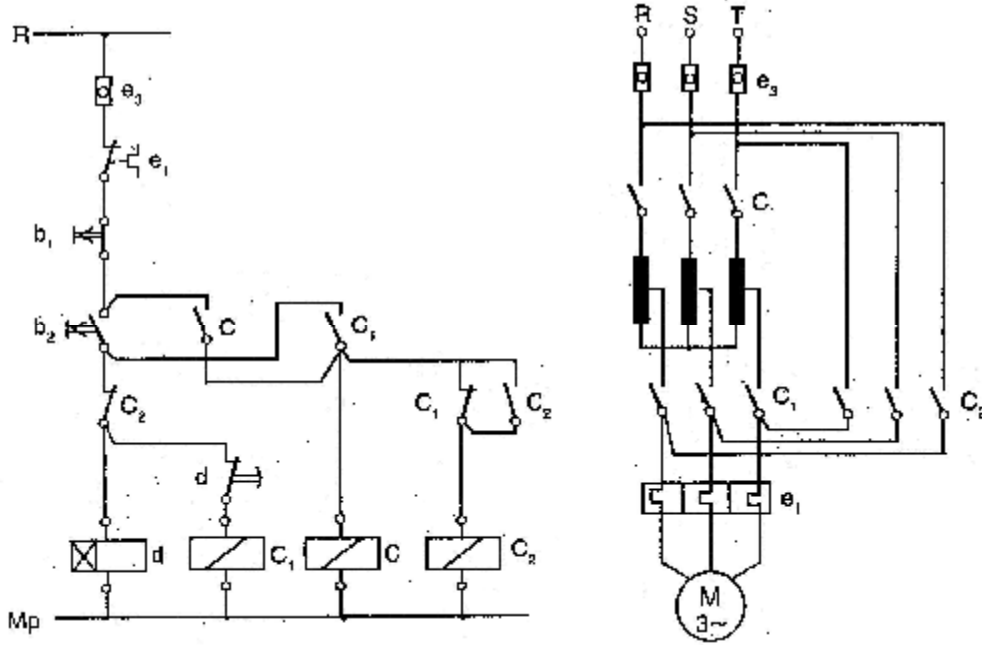
Üçgen çalışma gerilimi, şebeke gerilimine eşit olmayan motorlara  $\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi ile yol verilememektedir. Bu tip motorlara, diğer yol verme yöntemlerinden oto trafosu veya kademeli direnç yöntemi ile yol verilir.

Oto trafoları, gerilim ayarlama görevi yapan bir çeşit transformatördür. Bu tip bir yol vermede şebeke gerilimi oto trafosuna uygulanır. Kademeli olarak sarılan oto trafosunun sekonder ucundan alınan gerilim motora uygulanır.

$\lambda/\Delta$  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 düşürülmektedir. Kademeli olarak sarılan oto trafosunun sekonder ucundan alınan gerilim, motorun çalışma geriliminden daha küçük değerlere düşürülür. Böylece motora düşük gerilim uygulanmakta dolayısıyla motorun yol alma akımı da düşmektedir. Motor yol aldıktan sonra trafo devreden çıkarılır.

Üç fazlı asenkron motorlara direkt olarak yol verildiğinde motor, yaklaşık normal çalışma akımının 6 katı kadar yol alma akımı çeker. Aynı motora  $\lambda/\Delta$  yol verme yöntemi ile yol verildiğinde ise yol alma akımı  $2.I_h$  değerinde olur. Eğer bu motora oto trafosu ile yol verilirse yol alma akımı  $1,5.I_h$  olur.

### 3.2.2.2.1. Bir Kademeli Oto Trafosu ile Yol Verme

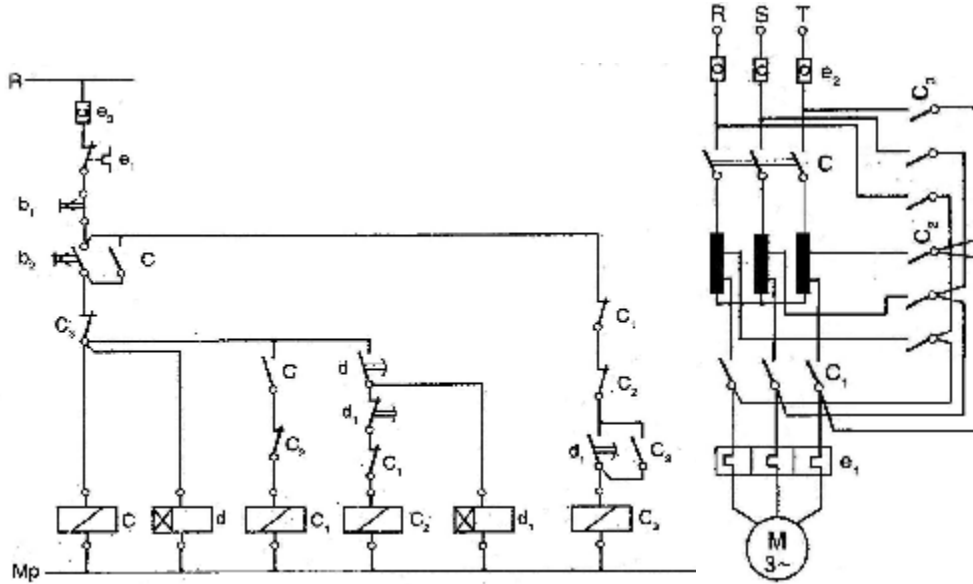


Şekil 3.20: Bir kademeli oto trafosu ile yol verme kumanda ve güç devresi

Şekil 3.20'deki devrede,  $b_2$  başlatma butonuna basıldığında  $d$  zaman rölesi ve  $C_1$  kontaktörü enerjilenir.  $C_1$  kontaktörünün kontakları durum değiştirerek kumanda devresinde  $C$  kontaktörünü devreye sokar ve  $C_2$  kontaktörüne seri bağlı kontağını açarak elektriksel kilitlemeyi gerçekleştirir. Devreye giren  $C$  kontaktörü de  $b_2$  butonunu mühürler. Güç devresinde ise  $C$  kontakları şebeke gerilimini oto trafosuna uygular.  $C_1$  kontakları da oto transformatörünün sekonder gerilimini motor sargı uçlarına uygular ve motor düşük gerilimle yol almaya başlar. Zaman rölesi, ayarlanan süre (yol alma süresi) sonunda  $C_1$  kontaktörüne seri bağlı  $d$  kontağını açar ve  $C_1$  kontaktörü devreden ayrılır. Aynı anda  $C_1$  kontaktörünün kontakları durum değiştirildiğinden,  $C_2$  kontaktörü devreye girer ve zaman rölesi devreden çıkar. Güç devresinde düşük gerilim kesilir ve  $C_2$  kontakları kapanarak motor sargı uçlarına şebeke gerilimi uygulanır.

Kumanda devresindeki  $b_1$  durdurma butonuna basıldığında  $C$  kontaktörünün enerjisi kesilir ve motor durur (Şekil 3.20).

### 3.2.2.2. İki Kademeli Oto Trafosu ile Yol Verme



Şekil 3.21: İki kademeli oto trafosu ile yol verme kumanda ve güç devresi

Şekil 3.21'deki devrede, motoru çalıştırmak için  $b_2$  başlatma butonuna basıldığında C kontaktörü, d zaman rölesi ve  $C_1$  kontaktörü aynı anda enerjilenir. C kontaktörünün kumanda devresinde kapanan kontağı  $b_2$  butonunun mühürleyerek sürekli çalışmayı sağlar. Bu sırada güç devresinde kapanan C ve  $C_1$  kontakları motorun, birinci kademe gerilim ile yol almasını sağlar.

Bir süre sonra d zaman rölesinin kontağı kapanarak  $C_2$  kontaktörünü devreye sokar,  $C_2$  de  $C_1$  kontaktörü devreden çıkar. Kapanan d kontağı ile  $C_2$  kontaktörü ve  $d_1$  zaman rölesi enerjilenir. Güç devresinde kapanan  $C_2$  kontakları, oto trafosunun ikinci kademe gerilimini motora uygular ve asenkron motor ikinci kademe gerilimle yol almaya devam eder.

$d_1$  zaman rölesi ayarlanan süre sonunda  $d_1$  gecikmeli açılan kontağını açarak  $C_2$  kontaktörünü devreden çıkartır ve gecikmeli kapanan kontağı ile  $C_3$  kontaktörünü devreye alır.  $C_3$  kontaktörünün kumanda devresinde açılan kontağı ile de görevini tamamlayan C- $C_1$ - $C_2$  kontaktörleri ve d- $d_1$  zaman rölelerini devreden çıkartır. Güç devresinde ise kapanan kontakları ile motora şebeke gerilimini uygular. Böylece asenkron motor  $b_1$  durdurma butonuna basılıncıya kadar şebeke gerilimi ile normal çalışmasını sürdürür.

### 3.2.2.3. Direnç ile 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 çıkarılır. Bu uygulamada tek kademe direnç kullanıldığında kalkınma akımı %50 civarında, çok kademeli direnç kullanıldığında ise kademe sayısına göre daha da fazla düşer.

#### **3.2.2.4. Rotoru Sargılı Asenkron Motorlara Yol Verme**

Bilezikli asenkron motor da denen rotoru sargılı asenkron motorlar da sincap kafesli asenkron motorlarda olduğu gibi kalkınma anında aşırı akım çeker. Ancak rotoru sargılı asenkron motorlarda rotor sargı direnci, yol verme anında devresine direnç eklenerek artırılırsa, kalkınma anında motordan maksimum döndürme momenti elde edilir. Bu nedenle rotoru sarılı asenkron motorların yol alma karakteristikleri, sincap kafesli asenkron motorlara göre daha iyidir.

Yol verme anında rotor sargılarına direnç eklendiğinde motor, maksimum moment ve normal kalkınma akımı ile yol alır. Rotor devresine direnç eklenmemiş bir asenkron motor maksimum döndürme momentine senkron devrin %80'inde ulaşır. Eğer rotor sargı direnci %20 artırılırsa motorun ilk hareketinde maksimum döndürme momenti elde edilir.

Bu nedenle rotor devresine yol verme sırasında bir veya birkaç kademe direnç eklenerek hem yol alma akımı azaltılmış olur hem de maksimum kalkınma momenti elde edilir. İlk anda rotor devresine, motorun gücüne uygun dirençler bağlanır. Motor yol aldıkça dirençler kademe kademe devreden çıkartılır ve sonunda rotor sargı uçları kısa devre edilir. Ayrıca eklenen dirençle değişik yüklerde motor devir sayısı ayarlanabilir.

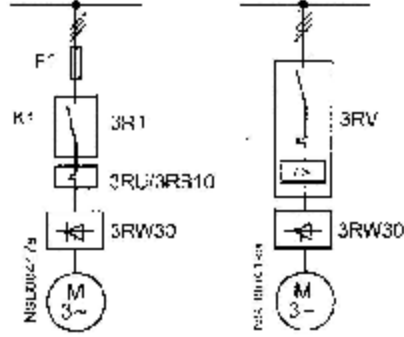
#### **3.2.3. Mikro İşlemcilerle Yol Verme**

Bu yöntemle motorlara yol verme ilk kuruluşta pahalı olmasına rağmen motorların vuruşu olmadan yumuşak kalkış yapmaları ve motor devri geniş sınırlar içinde ayarlanmaları son zamanlarda tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Yapısı ve çalışma prensibi mikro işlemci temeline dayanan bu elemanlar şebeke ile motor arasına bağlanır. Motorun nasıl çalışacağı mikro işlemciye girilir. Motor istenen şekilde çalışır.

##### **3.2.3.1. Yumuşak Yol Verme (Softstarter ile Yol Verme)**

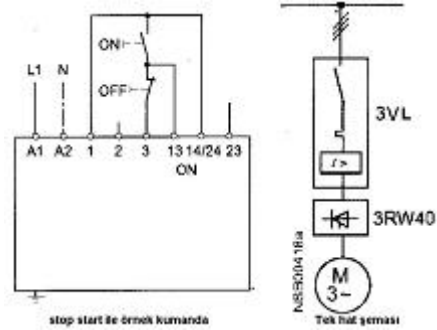
Bazı motorların yumuşak yol alması istenir. SOFTSTARTER yol vericiler olarak anılan bu cihazlarda, motora uygulanan gerilim ve motor akımı izlenilerek ayarlanır. Mikropresesör tabanlı kontrol sistemleri ile donatılmış yol vericiler motordaki (moment) tork akım ilişkisini zamana bağlı olarak yavaş yavaş ayarlaması nedeni ile motorun devreye girmesi ve devreden çıkması darbe yapmadan yumuşak olmaktadır.

Soft starter motor akımı ve gerilimini kontrol ederek motorun devreye girmesi sırasında şebeke gerilimini %30 değerinden itibaren %100'e kadar kontrollü bir şekilde motora tatbik eder. Aynı zamanda motorun devreden çıkması sırasında da %100 değerinden %30 değerine kadar kontrol ederek devreden ayırır.



Şekil 3.22: Sofstarder ile yol verme tek hat şeması

Motora uygulanan gerilim istenen değere göre düzeltilmesi, motorda frenleme yapılması, kalkış ve duruş süresi ayarları mümkündür. Dolaylı yol vermeye de uygun olan bu cihazlar, motor güçlerine göre kullanılır. Softstarter kullanarak yol vermede, ek bir enerji kontaktörüne ihtiyaç yoktur. Direkt bağlantılı ve  $V_3$  bağlantılı yumuşak yol verme tipleri vardır.

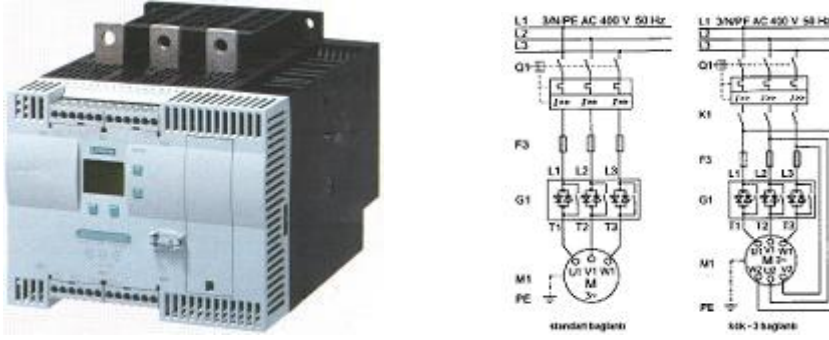


Şekil 3.23: Sofstarder ile yol verme kumanda ve tek hat şeması

Dolaylı yol vermede, kalkış süresi 0-20 saniye arasında ve kalkış gerilimi, motor anma geriliminin %40 ile % 100'ü arasında ayarlanabilir. Zemin temizleme makinelerinde, araba yıkama tesislerinde, asansörlerde, yürüyen merdivenlerde ve küçük taşıyıcı bantlarda tercih edilir.

Sonuç olarak motor kalkış akımının düşürülmesi ve moment darbelerinin önlenmesi ile motor besleme kablosuna ve yüke binen zorlamalar azaltılmış olur. Böylece bakım masrafları ve bakım periyotları azalır.





**Şekil 3.24: Yumuşak yolverici bağlantı şeması**

Şekil 3.22, 3.23 ve 3.24'te yumuşak yol verici resimleri ve bunlara ait bağlantı şemaları verilmiştir. Bu cihazlar, yol alma momentini düşürerek motoru rahatlatır ve şebekeden çekilen akımı azaltmak suretiyle de, şebekede tehlikeli akım darbelerinin oluşmasını engeller. Kontrollü faz kıyıcı devresi, başlangıçta motora düşük gerilim uygular ve sonrasında bu gerilimi sürekli biçimde artırır. Böylece yıldız-üçgen yol vermede karşılaştığımız motor momentindeki ani darbeler engellenmiş olur. Motorun yol alma işlemi tamamlandıktan sonra, şebeke gerilimi ile çalışmaya başlar.

### 3.2.3.2. Frekans Değiştirici (Sürücü) ile Yol Verme

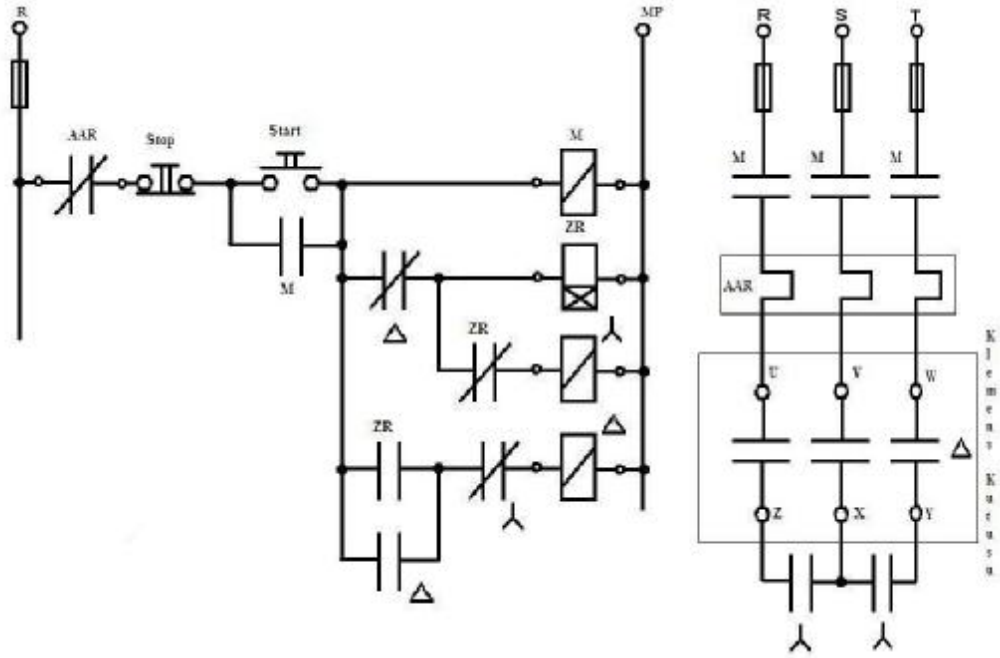
Asenkron motorların kutup sayısı ve frekansı değiştiğinde hızı da değişir ( $n=60.f/p$ 'dir). Sürücüde denen mikro işlemci elektronik elemanlar ile asenkron motor statoruna uygulanan gerilim frekans oranı motorun çalışma şartlarına bağlı olarak değiştirilerek günümüze istenen devirse istenen moment elde edilmektedir.

Bu konuyla ilgili daha fazla bilgi Öğrenme Faaliyeti-2' de verilmiştir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

### UYGULAMA FAALİYETİ-1

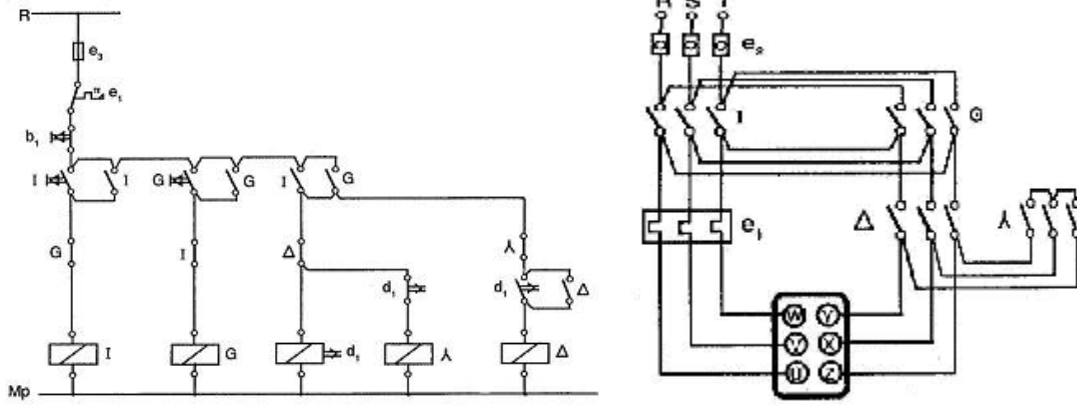
Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun  $\lambda/\Delta$ , çalışması için gerekli kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



<b>İşlem Basamakları</b>	<b>Öneriler</b>
<p>Ø Asenkron motorun çalışma akım, gerilim ve güç değerlerini tespit ediniz.</p> <p>Ø Motorun ve sistemin gerektirdiği yol verme sistemini tespit ediniz.</p> <p>Ø Sistem elemanları arasındaki elektrik bağlantıları yapınız.</p> <p>Ø Motoru çalıştırarak gerekli parametre ve süre ayarlamalarını yapınız.</p>	<p>Ø Çalıştırılacak motorun etiketine bakarak çalışma şeklini (Y-Δ) belirleyiniz.</p> <p>Ø Çalışmaya başlamadan önce gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</p> <p>Ø Kumanda elemanları arasındaki bağlantıları düzgün ve dikkatli yapınız.</p> <p>Ø Bağlantı vidalarını iyice sıkınız.</p> <p>Ø Motorun bağlantılarını kontrol ediniz.</p> <p>Ø Motorun normal devrine ulaşma süresini tesbit ederek zaman rölelerini uygun sürede ayarlayınız.</p> <p>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</p> <p>Ø Motorun yol alma akımını ve normal akımını ölçerek karşılaştırınız.</p>

## UYGULAMA FAALİYETİ-2

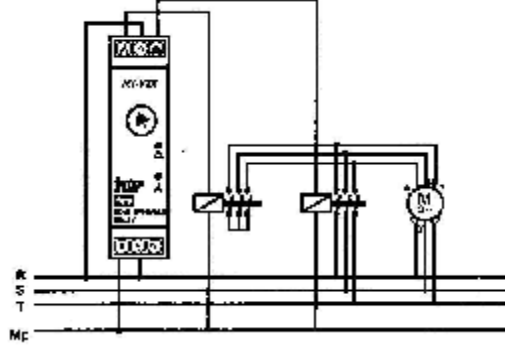
Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun  $\lambda/\Delta$ , ileri geri çalışması için gerekli kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Asenkron motorun çalışma akım, gerilim ve güç değerlerini tespit ediniz.</li><li>Ø Devre için gerekli elemanları uygun özellikte temin ediniz.</li><li>Ø Kumanda devresini tekniğine uygun hatasız kurunuz.</li><li>Ø Güç devresini tekniğine uygun hatasız kurunuz.</li><li>Ø Motorun <math>\lambda</math>'dan <math>\Delta</math>'e geçiş süresini tespit ederek zaman rölesini ayarlayınız.</li><li>Ø Devreyi öğretmenin gözetiminde ileri ve geri <math>\lambda</math>-<math>\Delta</math> olarak çalıştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Kullanacağınız devre elemanlarının motor akım ve gerilimine uygunluğunu kontrol ediniz.</li><li>Ø Çalışmaya başlamadan önce gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>Ø Kumanda elemanları arasındaki bağlantıları düzgün ve dikkatli yapınız.</li><li>Ø Bağlantı vidalarını iyice sıkınız.</li><li>Ø Motorun bağlantılarını kontrol ediniz.</li><li>Ø Motorun normal devrine ulaşma süresini tespit ederek zaman rölelerini uygun sürede ayarlayınız.</li><li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li><li>Ø Motorun yol alma akımını ve normal akımını ölçerek karşılaştırınız.</li></ul>

### UYGULAMA FAALİYETİ-3

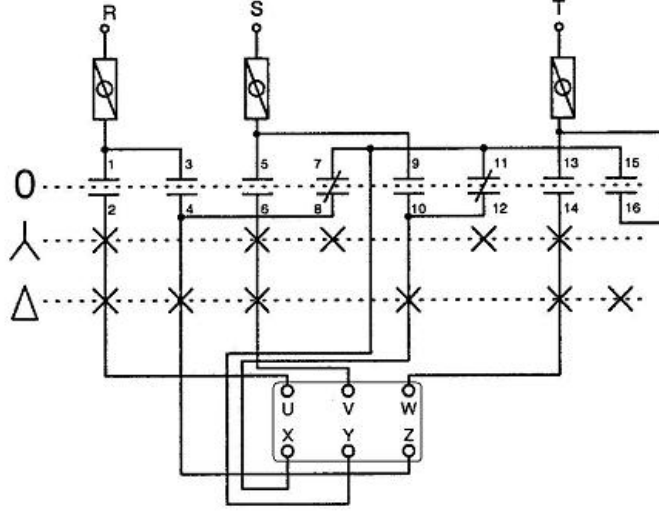
Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun röle ile  $\lambda/\Delta$ , çalışması için gerekli kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Asenkron motora uygun devre elemanlarını seçiniz.</li><li>Ø Röle ile kontaktörlerin bağlantısını yapınız.</li><li>Ø Kontaktörler ile motor bağlantılarını yapınız.</li><li>Ø <math>\lambda</math>'dan <math>\Delta</math>'e geçiş süresini tespit etmek ve röleyi ayarlayınız.</li><li>Ø Öğretmenin kontrolünde devreyi çalıştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Kullanacağınız devre elemanlarının motor akım ve gerilimine uygunluğunu kontrol ediniz.</li><li>Ø Çalışmaya başlamadan önce gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>Ø Bağlantı vidalarını iyice sıkınız.</li><li>Ø Motorun bağlantılarını kontrol ediniz.</li><li>Ø Motorun normal devrine ulaşma süresini tesbit ederek röleyi uygun sürede ayarlayınız.</li><li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li></ul>

## UYGULAMA FAALİYETİ -4

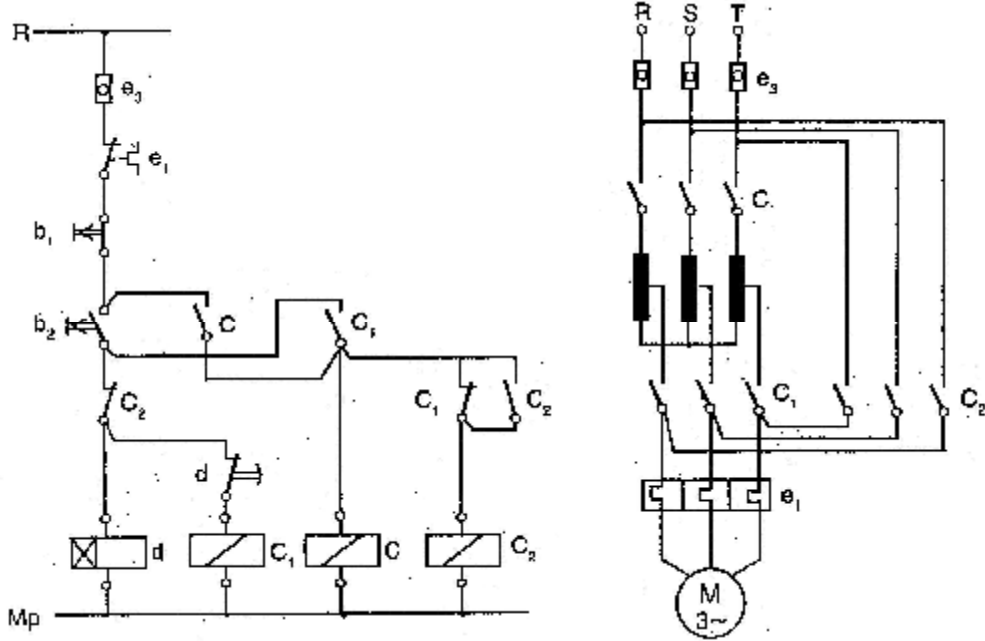
Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun paket şalter ile  $\lambda/\Delta$ , çalışması için gerekli kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Asenkron motora uygun devre elemanlarını seçiniz.</li><li>Ø Paket şalter uçlarının tespitini yapınız.</li><li>Ø Paket şalter ile motor bağlantılarını yapınız.</li><li>Ø Öğretmenin kontrolünde devreyi çalıştırınız.</li><li>Ø Motor kalkındığında <math>\lambda</math>'dan <math>\Delta</math>'e geçiş yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Kullanacağınız devre elemanlarının motor akım ve gerilimine uygunluğunu kontrol ediniz.</li><li>Ø Çalışmaya başlamadan önce gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>Ø Bağlantıyı tekniğine uygun yapmaya özen gösteriniz.</li><li>Ø Devre bağlantılarını kontrol ediniz.</li><li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li><li>Ø Motorun normal devrine ulaşma süresini tesbit ederek bu süre sonunda <math>\lambda</math>'dan <math>\Delta</math>'e geçişi manuel olarak yapınız.</li></ul>

## UYGULAMA FAALİYETİ-5

Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun bir kademeli oto trafosu ile yol verme, çalışması için gerekli kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Devre için gerekli asenkron motor ve oto trafosu uyumunu kontrol ediniz.</li><li>Ø Oto trafosunun kademe gerilim değerini belirleyip ayarlayınız.</li><li>Ø Kumanda devresini tekniğine uygun olarak kurunuz</li><li>Ø Güç devresini tekniğine uygun kurunuz.</li><li>Ø Öğretmenin kontrolünde devreyi çalıştırınız.</li><li>Ø Kademeli yol vermede motorun çektiği akımları ölçerek direk yol verme ile mukayese ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Kullanacağınız devre elemanlarının motor akım ve gerilimine uygunluğunu kontrol ediniz.</li><li>Ø Çalışmaya başlamadan önce gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>Ø Bağlantıyı tekniğine uygun yapmaya özen gösteriniz.</li><li>Ø Devre bağlantılarını kontrol ediniz.</li><li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li><li>Ø Akım ölçme işlemini pens ampermetre ile uygun kademede yapınız.</li></ul>

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarını eksiksik ve gerekli özellikte seçebildiniz mi?		
2. Devre devre semasını inceleyerek elemanların görevlerini kavrayabildiniz mi?		
3. Kumanda devresini hatasız ve tekniğine uygun kurdunuz mu ?		
4. Güç devresini hatasız ve tekniğine uygun kurdunuz mu?		
5. $\lambda$ 'dan $\Delta$ 'e geçiş süresini kullandığınız motora göre tam olarak tespit ettiniz mi?		
6. Devreyi hatasız olarak çalıştırabildiniz mi?		
7. $\lambda$ - $\Delta$ yol verme devrelerinin hangi amaçla kullanıldığını kavrayabildiniz mi?		
8. $\lambda$ 'dan $\Delta$ 'e geçiş süresini kullandığınız motora göre tam olarak tespit ettiniz mi?		
9. Devreyi ileri - yönde $\lambda$ - $\Delta$ olarak hatasız olarak çalıştırabildiniz mi?		
10. Devreyi geri + yönde $\lambda$ - $\Delta$ olarak hatasız olarak çalıştırabildiniz mi?		
11. $\lambda$ - $\Delta$ yol verme devrelerinin hangi amaçla kullanıldığını kavrayabildiniz mi?		
12. Röle-kontaktör bağlantılarını tekniğine uygun yaptınız mı?		
13. Kontaktör-motor bağlantılarını tekniğine uygun yaptınız mı?		
14. Devreyi $\lambda$ - $\Delta$ olarak hatasız olarak çalıştırabildiniz mi?		
15. Paket salter kontak şemasını kavrayabildiniz mi?		
16. Paket salter-motor bağlantılarını tekniğine uygun yaptınız mı?		
17. $\lambda$ 'dan $\Delta$ 'e geçiş süresinin paket şalterle yapılan uygulamalarda nasıl ayarlandığını kavrayabildiniz mi?		
18. Oto trafosu kademe gerilim değerini, doğru belirleyip ayarladınız mı?		
19. Direk yol verme ve kademeli yol verme arasındaki farkları kavrayabildiniz mi?		



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. Etiketinde, Y 380 V yazan motorlara Y yol verilir.
2. Etiketinde,  $\Delta$  380 V veya  $\Delta$  380V/Y660V yazan motorlara  $\Delta$  yol verilir.
3. Etiketinde,  $\Delta$  220 V/Y 380 V yazan motorlara  $\Delta$  yol verilir.
4. Motorlar ilk kalkınma anında 4-6 kat akım çektiklerinden aşırı akım akım rölesi bu değere ayarlanmalıdır.
5. Oto trafosu ile yol verme, düşük gerilimle yol verme yöntemidir.
6. Yıldız-üçgen rölesi ile yol verme, mikro işlemci ile yol verme yöntemidir.
7. Yıldız-üçgen paket şalterle yol verme yönteminde Y ve  $\Delta$  kontaktörleri kullanılır.
8. Yıldız-üçgen yol verme yönteminde yıldız çalışmadan üçgen çalışmaya geçme süresi önemli değildir.
9. Üç fazlı şebekede üçgen bağlı çalıştırılacak üç fazlı motor, aynı şebekede yıldız bağlı çalıştırılırsa, üçgen bağlı iken şebekeden çekilen akımın 1/3 değerinde akım çeker.
10. Yüksüz halde yıldız-üçgen yol vermede, yıldız bağlama kontaktörü, motor gücünün veya motor akımının 1/3 değerinde, diğer iki kontaktör ise  $1/\sqrt{3}$  değerinde seçilir.

### DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında motor için gerekli frenleme sistemini TSE, İç Tesisat Yönetmeliği ve şartnameye uygun gerçekleştirebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

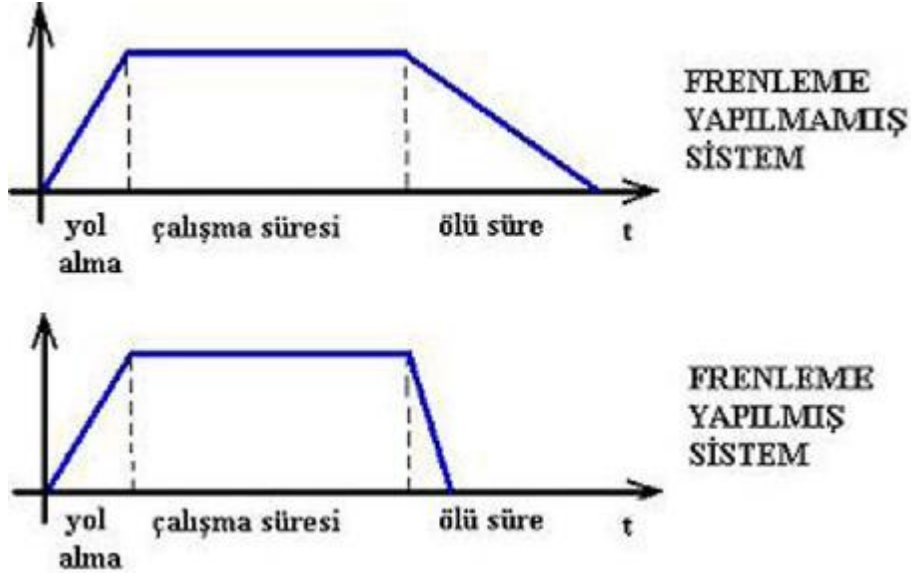
- Ø Çevrenizde bulunan işletmelerde motorların frenleme düzenekleri ile nasıl durdurulduğunu ve bu makinelerin hangi görevi yerine getirdiğini araştırınız.
- Ø Balatalı frenleme sistemlerinin nerelerde kullanıldığını araştırınız.
- Ø Dinamik frenleme için kullanılan doğru akım kaynaklarının nelerden sağlandığını araştırınız.

Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

## 4. MOTOR İÇİN GEREKLİ FRENLEME SİSTEMİNİ KURMAK

Bu öğrenme faaliyetinde asenkron motorların frenlenmesi (ani olarak durdurulması) konusunda bilgi ve becerileri öğreneceksiniz.

Fren motorlarının başlıca görevi; tahrik sistemini hızlı, güvenli bir şekilde daha kısa sürede durdurmak, belli bir konumda tutmak ve güvenli frenlemeyi sağlamaktır. Fren düzeneklerinin işletmelerde kullanılmasının gerekliliği artık tartışılmaz hale gelmiştir. Hızlı durdurma yöntemiyle tahrik düzeninin boşa çalışma ve ölü zaman bölgelerinin azaltılması ile sistem verimi daha da arttırılır.



Şekil 4.1: Frenleme yapılan ve yapılmayan sistemlere ilişkin grafikler

## 4.1. Frenlemenin Önemi ve Çeşitleri

Motorların enerjisi kesildikten sonra rotorun kendi ataletinden dolayı bir süre daha dönüşünü sürdürür. Yani motorun durması için durdurma butonuna basıldığında, motor durmayıp bir süre daha azalan bir hızla dönmeye devam eder ve sonra durur.

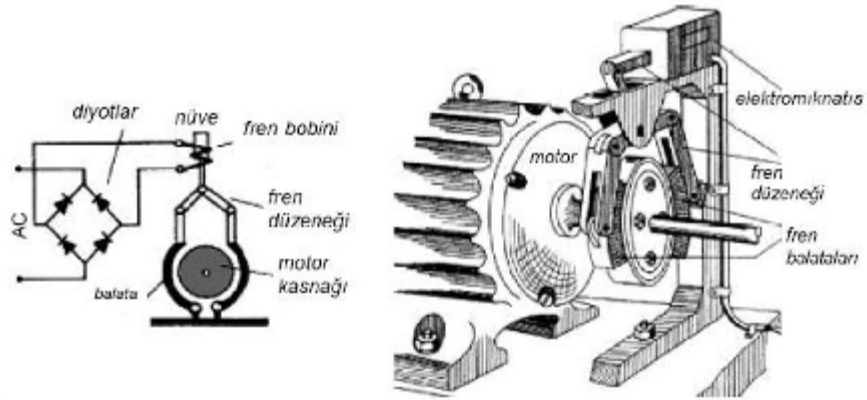
Özellikle büyük güçlü motorların ebatları da büyük olduğundan, durma süreleri uzundur. Bilhassa seri imalatta motorların durma süresi büyük önem taşır. Çünkü seri imalatta kullanılan bir tezgâhta durdurma butonuna basıldıktan sonra parçayı değiştirmek için motorun durması beklenir. Bu da hem zaman kaybına, hem de bazı iş kazalarına neden olur. Halbuki motor kısa sürede durdurulursa zamandan kazanılarak daha çok iş yapılır. İşte motorun durdurma butonuna basıldığında hemen durması için yapılan uygulamaya frenleme denir. Günümüzde kullanılan frenleme çeşitleri:

- Ø Balatalı frenleme
- Ø Dinamik frenleme
- Ø Ani durdurma'dır.

### 4.1.1. Balatalı Frenleme

İki adet balata aracılığı ile motor kasnağının sıkılarak durdurulmasına balatalı frenleme denir. Genellikle asansörlerde ve vinçlerde kullanılan balatalı frenleme, motor fabrikaları tarafından özel olarak üretilen motorlara uygulanır.

Bu çeşit frenlemede motorun kasnağı bir yay aracılığıyla iki balata tarafından sıkılır. Balatalı frende bulunan bir elektromıknatıs enerjilendiğinde balataları açarak motor kasnağını serbest bırakır. Balatalı frenin ( A ) bobini frenleyeceği motorun uçlarına bağlanır. Motor çalışmaya başladığında elektromıknatısın bobini enerjilenir. Balatalar motor kasnağından ayrılır. Bu anda motor henüz şebekeye bağlandığından, yol olarak normal çalışmasına başlar. Durdurulmak istendiğinde motor elektriksel olarak şebekeden ayrılır. Aynı anda (A) fren bobininin de enerjisi kesilmiş olur. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi “Y” yayının etkisiyle balatalar motor kasnağını sıkar. Motor kasnağı ile balatalar arasındaki mekanik sürtünme, kuvveti motoru çok kısa bir zaman içinde durdurur. Balatalı frenler asansör ve vinç benzeri düzeneklerde kullanılan motorların frenlenmesinde sıkça kullanılır.

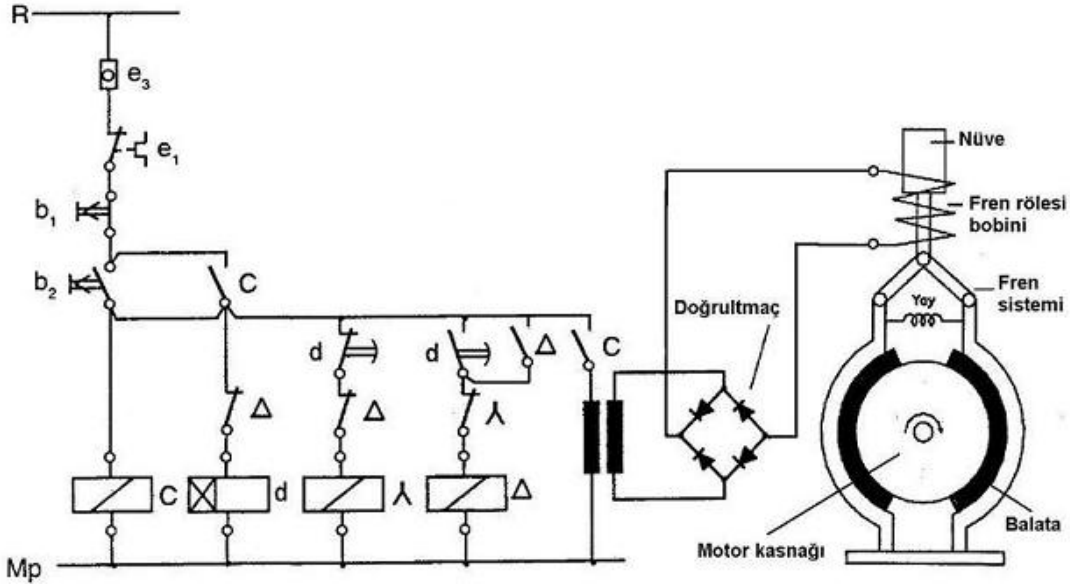


**Şekil 4.2: Elektromıknatıs ile çalışan balatalı bir fren düzeneği**

Stator ve rotor normal bir asenkron makinedeki gibi yapılıdır. Ancak mekanik bir frenleme düzeneği ilave edilir. Şebekeden beslenen bir frenleme bobini ile çalışan bu frenleme düzeni motordan ayrıdır. Bu tür motorlar genelde dış yüzeyden soğutmalıdır. Üç fazlı asenkron motorlar standart parçalardan yapılır. Kuru tipte çalışan bir fren düzeni, elektromanyetik bir aygıttır. Bobinden akım geçince oluşan manyetik alanın çekim kuvveti, yay kuvvetini yener ve fren bırakılır ve fren düzeni havalandırıcının bulunduğu arka kapak kısmına yerleştirilir. Sabit kısım fren yanındaki motor kapağını hareketli kısım ise motor miline sabitlenir. Frenleme tepsisinin iki tarafında balata bulunur. Balatalar motorun aşınmaya dayanıklı şekilde yapılan motor yatak kapaklarına sürtünerek frenleme yapılır. Sabit kısımda bulunan çekim tepsisi civatalar üzerinden kapağa bağlanır. Sınırlı aksel hareket yapabilir. Ayrıca dönemez ve arasında elektromıknatısın boyuna göre 0,2 ~ 0,5 mm mesafe bulunur. Motor akımı kesildiğinde elektromıknatıs bobininden de akım geçmez. Baskı yayları çekim tepsisi üzerinden frenleme tepsisini yatak kapağı üzerine bastırır. Böylelikle bir fren momenti oluşur ve mil frenlenir.

Sistemde elektromıknatısın akımı ayarlanarak baskı balatasının ve tepsinin birbirine karşı uyguladıkları kuvvet ayarlanarak fren momenti de ayarlanabilir. Fren bobini genellikle doğru akımla beslenir. Bunun sebebi ise alternatif akımdaki sıfır geçiş anlarındaki momentin de o anlarda sıfır olmasıdır. Bu ise istenen ayar fren momentinin de darbeli ve vuruntulu çalışmasına sebep verir. Eğer fren momenti ayarlanmayacak ve sadece açma kapama yaptırılacaksa elektromıknatıs bobini istenirse alternatif akımla da yapılabilir. Fakat yine de denebilir ki açma kapama yaptırılacak olsa bile elektriksel bakımda iyi bir frenleme

alternatif akımla yapılamaz. Zira alternatif akımda açma kapama süresi doğru akıma nazaran üç katı artar. Frenleme momenti akımsız durumda ve yay kuvvetiyle sağlandığından tepsi fren aynı zamanda bir güvenlik frenidir. Zira motor çalışırken şebekeden elektrik enerjisi kesilse bile fren kendi kendini kilitler ve düzenek durur. Fren momenti motor momentinin yaklaşık iki katıdır.  $M_f=2.M_n$



Şekil 4.3: Yıldız-üçgen çalışan motorun balatalı frenleme durdurulmasına ait kumanda şeması

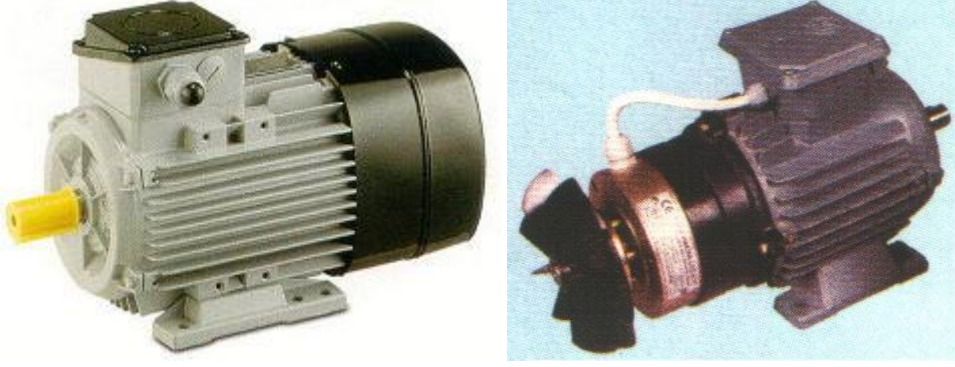
Şekil 4.3'teki devrede  $b_2$  butonuna basıldığında, C kontaktörü enerjilenerek kontaklarını kapatır. Mühürleme kontağı ve transformatöre seri bağlı kontak kapanarak motorun frenleme bobinini enerjilendirir. Nüvenin enerjilenmesiyle motor kasnağını sıkı balatalar kasnağı serbest bırakır. Motor yıldız bağlı olarak çalışır. Bir süre sonra d zaman rölesi Y kontaktörünün enerjisini keserek  $\Delta$  kontaktörünü enerjiler. Motor  $\Delta$  olarak çalışmasını sürdürür. Motor durdurulmak istenirse  $b_1$  butonuna basılır ve motorun enerjisi kesilir. Aynı zamanda fren bobini de enerjisiz kalır ve balatalar yay vasıtasıyla sıkılır. Böylece motor balataların motor kasnağını sıkması ile frenleme gerçekleşmiş olacaktır.

## Ø Frenli Motorlar

Mekanik ve elektriksel özellikleri QS tip motorları ile aynıdır. Kasnak tarafı aksı motor kapağı pik dökümüdür.

Frenli motorlarda standart olarak 100V, D.C. gerilimle çalışan, güvenilir elektromanyetik fren mekanizması kullanılmaktadır. Özel uygulamalar için fren voltajı değiştirilebilir.

Enerji kesildiğinde, yay kuvveti ile fren balatasını sıkıştıran hareketli disk otomatik olarak frenlemeyi gerçekleştirir. Tekrar enerji verildiğinde manyetik olarak geri çekilen disk fren balatasını serbest kalmasını sağlayarak milin hareketini imkân sağlar. Fren balatası asbestsiz malzemeden yapılmış olup uzun ömürlüdür. Ayar halkası yardımıyla fren momenti değiştirilebilir. Resim 4.1’de frenli motor resimleri verilmiştir.



**Resim 4.1: Frenli motor resimleri**

Fren motorları yardımıyla iş makinelerinin zorlanmadan ve ısınmadan frenlemesi sağlanır.

Fren motorlarından beklenen başlıca özellikleri sıralayacak olursak:

Fren balatasının az aşınması ve az bakım gerektirmesi, küçük yer tutması, basit olması, korozyona dayanıklı olması, yüksek işletme güvenliği sağlaması, büyük savurma kütlelerini frenleyebilmesi, durma esnasında fren kuvvetini sürekli koruyabilmesi, minimum gürültü ile çalışması, fren kuvveti mekanik olarak veya elektriksel olarak kolayca ayarlanabilmesi, çok sık devreye girip çıkabilmesiyle elverişlidir. Genellikle fren motorlarında bir asenkron motor ve bir fren donanımı ile birleştirilerek kullanılır.

#### **Ø Yay Baskılı Elektromanyetik Frenler**

Çok geniş bir uygulama alanına sahip olan elektromanyetik frenler, elektrik motorlarında hassas ve kararlı frenleme yapar. DC ve AC gerilimlerle çalışmaktadırlar. Genellikle DC gerilimle çalışır. Resim 4.2’de yay baskılı elektromanyetik fren resimleri ve fren bobinin resmi verilmiştir.

Elektromanyetik frenlerin uygulama alanları; makineler, vinç, crane, ağaç işleme makineleri, metal işleme makineleri, ambalaj makineleri sanayi, bant, konveyör sanayi, değişik endüstriyel uygulamalardır.



**Resim 4.2: Yay baskılı elektromanyetik fren resimleri ve fren bobini**

### Ø Çalışma Sistemi

Elektromanyetik frenlerin iki sürtünme yüzeyi ve bu yüzeylerin arasında balata bulunur.

Fren torku, bobine DC gerilim uygulanmadığı zaman baskı yaylarının kuvveti ile balatanın sürtünme yüzeyleri, iki flanş arasında sıkıştırılması sonucunda oluşturulur.

Fren bobininin beslenmesiyle fren gövdesinde manyetik alan oluşturulur ve fren baskı flanşı elektromıknatısa doğru çekilir. Bu durumda rotor mili üzerine çoklu dişli düzenek ile takılmış olan balata serbest kalır.

Gerilim kesilince manyetik alan yok olur ve yayların kuvveti ile baskı pleyti balatayı sıkıştırır, bu suretle motor frenlenmiş olur. Frene gerilim uygulanmadığı sürece fren yayların yaptığı baskı nedeni ile kapalı durumdadır. Gerilim uygulandığında elektromanyetik kuvvet yay baskısını yenerek freni açar. Resim 4.3'te yay baskılı elektromanyetik fren motoru resimleri verilmiştir.



**Resim 4.3: Yay baskılı elektromanyetik fren motoru resimleri**

### 4.1.2. Dinamik Frenleme

Alternatif akım motorlarını durdurmak için şebeke enerjisi kesildikten sonra stator sargılarına doğru gerilim uygulanarak yapılan frenleme şekline dinamik frenleme denir. Bu frenlemeye elektriksel frenleme de denir.

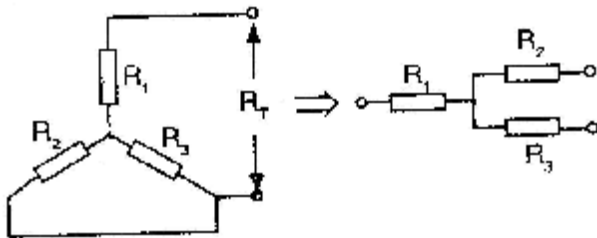
Uygun bir kumanda devresi ile durdurma butonuna basıldığında, stator sargılarından alternatif gerilim kesilir ve doğru gerilim uygulanır. Daha önce değişken döner manyetik alanın meydana geldiği stator sargılarında bu kez, düzgün ve sabit bir manyetik alan meydana gelir. Sincap kafesli rotor sabit manyetik alan içinde kendi ataleti ile dönmeye devam ettiğinden, rotor çubuklarında bir emk indüklenir. Geçen kısa devre akımından dolayı NS kutupları oluşur. İşte, rotor kutupları ile stator kutuplarının birbirini etkilenmesi sonucunda rotor kısa sürede durur. Eğer durdurma butonuna alt kontaklar kapanmayacak şekilde hafifçe basılırsa, dinamik frenleme bobini enerjilenemeyeceğinden motor frenlemesiz olarak durur.

Frenleme bobinine uygulanacak doğru gerilimin değeri, motor gücüne ve stator sargılarından geçecek akıma göre değişir. Büyük güçlü motorlar büyük ebatlı olduğundan, rotorun ataletinden dolayı durma süresi uzundur. Hâlbuki küçük güçlü motorların kendiliğinden durması daha kısa sürer. Bu nedenle frenleme bobinine büyük güçlü motorlarda daha fazla, küçük güçlü motorlarda daha az gerilim uygulanır.

Diğer yandan frenleme sırasında stator sargıları, geçen doğru akıma yalnızca omik direnç etkisi gösterir. Bu nedenle frenleme sırasında sargılardan geçen akımın, motorun normal çalışma akımını geçmemesine dikkat edilir. Aksi halde stator sargıları yanabilir. Sargılara uygulanan doğru gerilim arttıkça frenleme süresi kısalmış, gerilim azaldıkça frenleme süresi uzar.

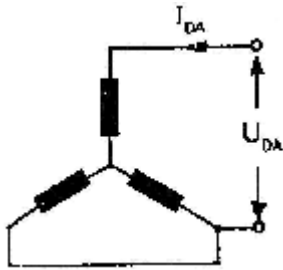
#### 4.1.2.1. Dinamik Frenleme Geriliminin Hesaplanması

##### Ø Motor Yıldız Bağlı ise



- a)  $R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$
- b)  $R_1 = R_2 = R_3$
- c)  $R_T = R_1 + \frac{R_1}{2}$
- d)  $R_T = 1,5 \cdot R_1$  olur.

Yıldız bağlı stator sargılarının omik dirençlerini şekildeki gibi çizersek toplam direnç a'daki gibi olur. Dengeli sargılarda her üç faz sargısının da omik direnci birbirine eşit olduğundan formül c'deki gibi olur.



R1 direncini bir faz direnci olarak ifade edersek

$R_T = 1,5 \cdot R_f$  formülü elde edilir.

$U_{DA} = I_{DA} \cdot R_T$

$U_{DA} = I_{DA} \cdot 1,5 \cdot R_f$

Doğru akım kaynağının gücü;

$P_{DA} = U_{DA} \cdot I_{DA}$



$R_f$  = Motorun bir faz sargısı omik direnci ( $\Omega$ )

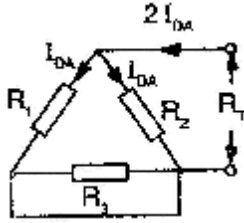
$R_T$  = Motor üç faz sargısı toplam (eşdeğer) direnci ( $\Omega$ )

$U_{DA}$  = Motora uygulanacak doğru gerilimin değeri (V)

$I_{DA}$  = Motor sargılarından geçecek doğru akım değeri (A)

$P_{DA}$  = Doğru akım kaynağının gücü (W)

### Ø Motor Üçgen Bağlı İse



$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad R_1 = R_2 = R_3 \text{ olduğundan}$$

$$R_T = \frac{R_1}{2} \quad R_1 \text{ faz direnci } (R_F) \text{ olduğundan}$$

$$R_T = \frac{R_F}{2} \text{ şeklinde yazılır.}$$

Not:  $R_3$  direnci, kısa devre olduğu için işleme konulmamıştır.

Stator sargılarına uygulanacak doğru gerilimin değeri:  $U_{DA} = 2 \cdot I_{DA} \cdot R_T$

$$U_{DA} = 2 \cdot I_{DA} \cdot \frac{R_F}{2} \rightarrow U_{DA} = I_{DA} \cdot R_F \text{ olur.}$$

Doğru akım kaynağının gücü ise,  $P_{DA} = U_{DA} \cdot 2 \cdot I_{DA}$

**Örnek:** Etiket değerleri 3,3 kW,  $\Delta 380$  V, 7,5 A,  $\cos\delta = 0,83$ , 2850 d/d, 50Hz olan üç fazlı asenkron motorun bir faz sargısı omik direnci  $3,9 \Omega$  olarak ölçülmüştür. Motora uygulanacak doğru gerilimin değerini ve doğru akım kaynağının gücünü bulunuz.

$$I_f = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{7,5}{1,73} = 4,3 \text{ A}$$

Motor Yıldız Bağlanıldığında:

$$U_{DA} = I_{DA} \cdot 1,5 \cdot R_f \quad P_{DA} = U_{DA} \cdot I_{DA}$$

$$U_{DA} = 4,3 \cdot 1,5 \cdot 3,9 \quad P_{DA} = 25,15 \cdot 4,3$$

$$U_{DA} = 25,15 \text{ V} \quad P_{DA} = 108,14 \text{ W}$$

Motor Üçgen Bağlandığında:

$$U_{DA} = I_{DA} \cdot R_F \quad P_{DA} = U_{DA} \cdot 2 \cdot I_{DA}$$

$$U_{DA} = 4,3 \cdot 3,9 \quad P_{DA} = 16,77 \cdot 2 \cdot 4,3$$

$$U_{DA} = 16,77 \text{ V} \quad P_{DA} = 144,22 \text{ W}$$

**Örnek:** Etiketinde 380 V, 7A,  $\cos \varphi = 0,85$ , 3,5 kW, 2850 d/d, 50 Hz yazılı motorun U-X uçlarında  $4\Omega$  ölçülmüştür. Motora frenleme için uygulanacak doğru gerilimin değerini ve kaynağın gücünü bulunuz.

$$I_f = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{7}{1,73} = 4,04 \text{ A}$$

Motor Yıldız Bağlandığında:

$$U_{DA} = I_{DA} \cdot 1,5 \cdot R_f \quad P_{DA} = U_{DA} \cdot I_{DA}$$

$$U_{DA} = 4,04 \cdot 1,5 \cdot 4 \quad P_{DA} = 24,24 \cdot 4,04$$

$$U_{DA} = 24,24 \text{ V} \quad P_{DA} = 97,92 \text{ W}$$

Motor Üçgen Bağlandığında:

$$U_{DA} = I_{DA} \cdot R_F \quad P_{DA} = U_{DA} \cdot 2 \cdot I_{DA}$$

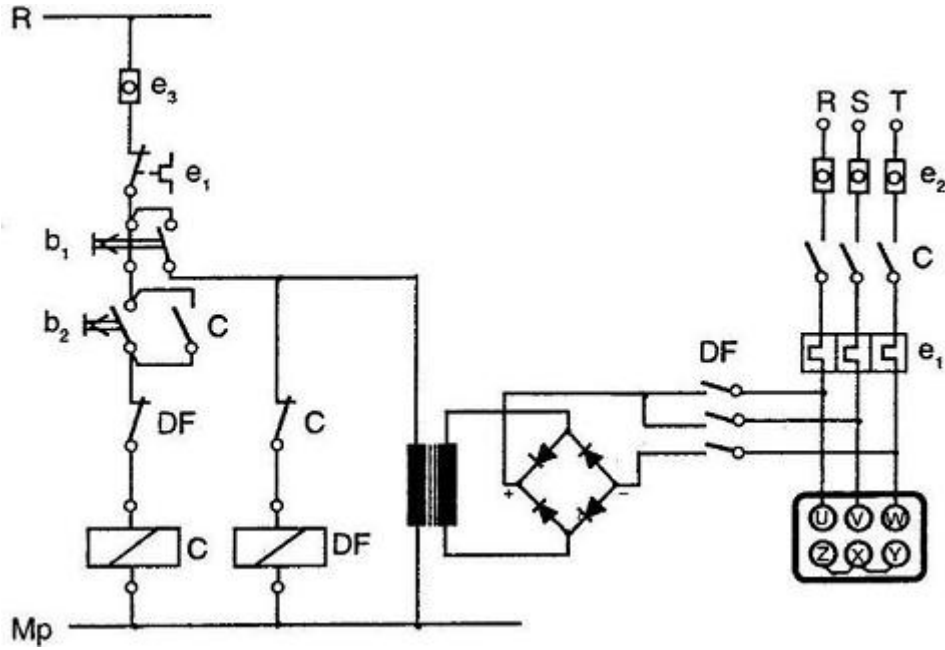
$$U_{DA} = 4,04 \cdot 4 \quad P_{DA} = 16,16 \cdot 2 \cdot 4,04$$

$$U_{DA} = 16,16 \quad P_{DA} = 130,57 \text{ W}$$

#### 4.1.2.2. Dinamik Frenleme Devre Uygulamaları

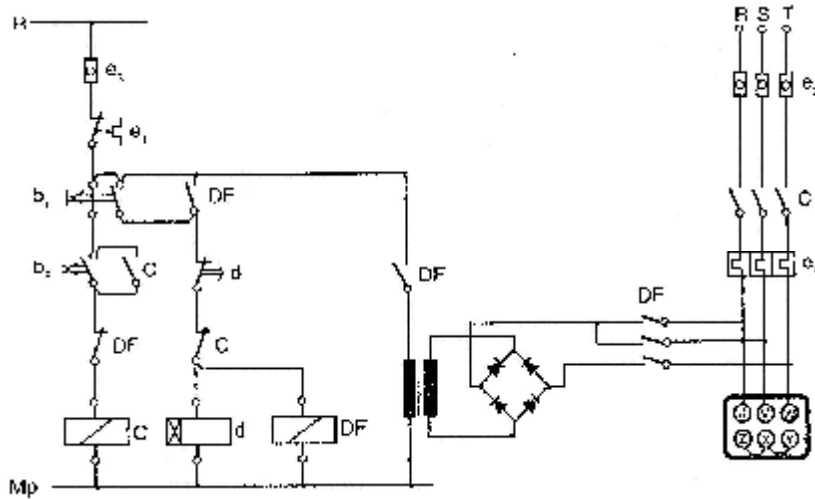
##### Ø Buton Kontrollü Dinamik Frenleme Devresi

Şekil 4.4'teki devrede  $b_2$  (Başlatma) butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir. Güç devresindeki kontaklarını kapatarak motorun çalışmasını sağlar. Motoru durdurmak için  $b_1$  (durdurma-fren) butonuna basılır. C kontaktörünün enerjisi kesilerek motor devresini açar. Aynı zamanda DF (dinamik frenleme) kontaktörü enerjilenirken transformatör de şebekeye bağlanır. DF kontaktörünün kontakları kapanınca, köprü diyot çıkışları da motor uçlarına bağlanır. Yukarıda anlatılan durumlara göre motor kilitlenerek durur.  $b_1$  butonundan elimizi çektiğimizde DF kontaktörünün ve transformatörünün enerjisi kesilir.



Şekil 4.4: Buton kontrollü dinamik frenleme devresi

#### Ø Düz Zaman Röleli Dinamik Frenleme Devresi

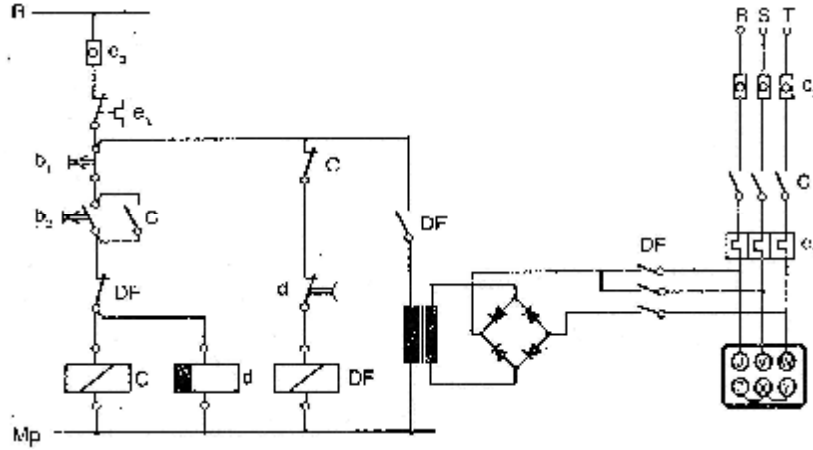


Şekil 4.5: Düz zaman röleli dinamik frenleme devresi

Şekil 4.5'teki devrede çalışan motoru durdurmak için  $b_1$  durdurma butonuna basıldığında, zaman rölesi ve DF dinamik frenleme kontaktörü enerjilenir. Kumanda devresindeki normalde açık d kontağı,  $b_1$  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 ayrılır ve DF kontakları 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.

### Ø Ters Zaman Röleli Dinamik Frenleme Devresi



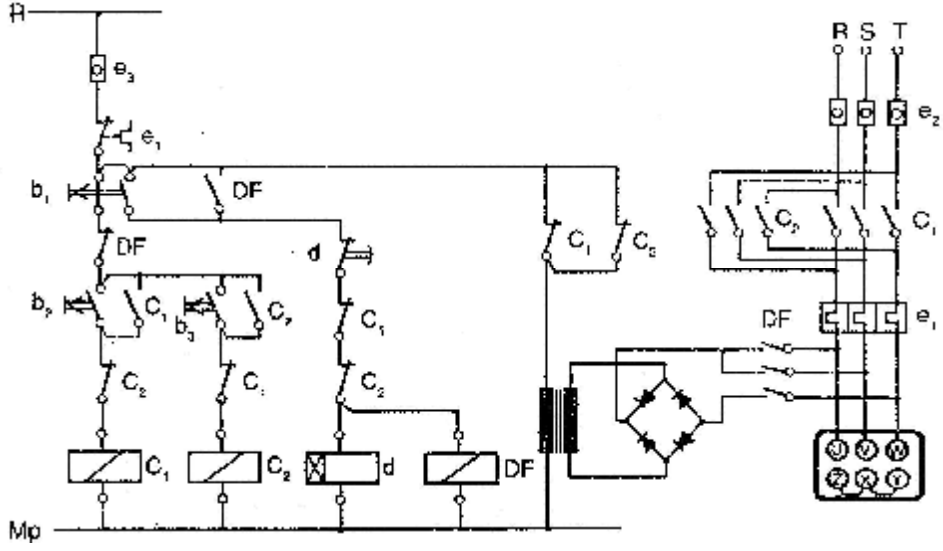
Şekil 4.6: Ters zaman röleli dinamik frenleme devresi

Şekil 4.6'daki devrede başlatma butonuna basıldığında C kontaktörü ile d zaman rölesi enerjilenir. d zaman rölesi önce normalde kapalı ani 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 ayrılır. 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.

### Ø İki Yönde Çalışan Motorun Dinamik Frenleme Devresi

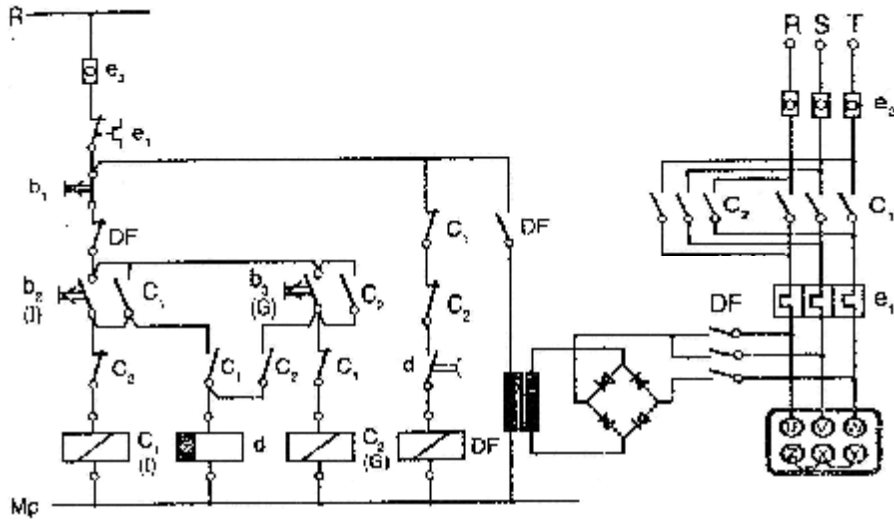
#### • Düz Zaman Röleli

Şekil 4.7'de verilen devrede ileri butonuna (b<sub>2</sub>) basıldığında motor ileri yönde, geri butonuna (b<sub>3</sub>) basıldığında motor geri yönde döner. İleri veya geri yönde çalışan motoru durdurmak için b<sub>1</sub> durdurma butonuna basıldığında zaman rölesi ve DF kontaktörü enerjilenir. Kumanda devresinde DF kontağı, b<sub>1</sub> durdurma butonuna mühürler, güç devresinde şebekeden ayrılan motora doğru gerilim uygulanır. Frenleme süresi sonunda zaman rölesi, kumanda devresindeki gecikmeli açılan kontağını açarak DF kontaktörünü ve zaman rölesini devreden çıkarır. Dolayısıyla frenleme süresi sona erer.



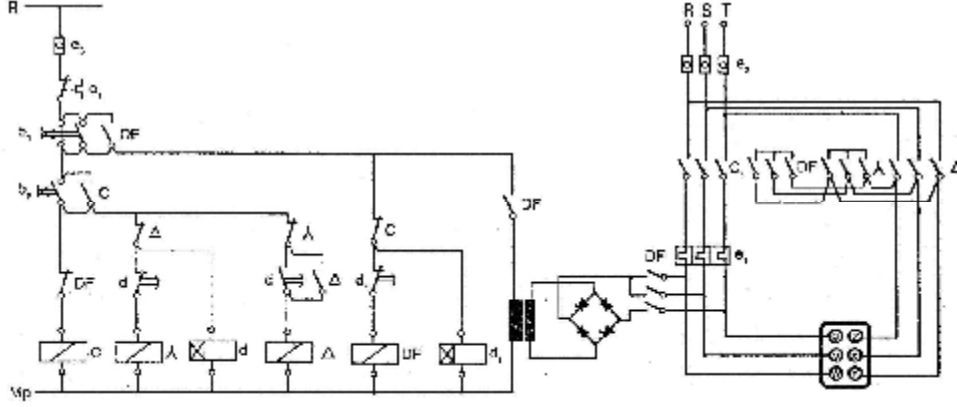
Şekil 4.7: İki yönde çalışan motorun düz zaman röleli dinamik frenleme devresi

- Ters Zaman Röleli



Şekil 4.8: İki yönde çalışan motorun ters zaman röleli dinamik frenleme devresi

## Ø Yıldız-Üçgen Yolverilen Motorun Dinamik Frenleme Devresi



Şekil 4.8: Yıldız-üçgen yolverilen motorun dinamik frenleme devresi

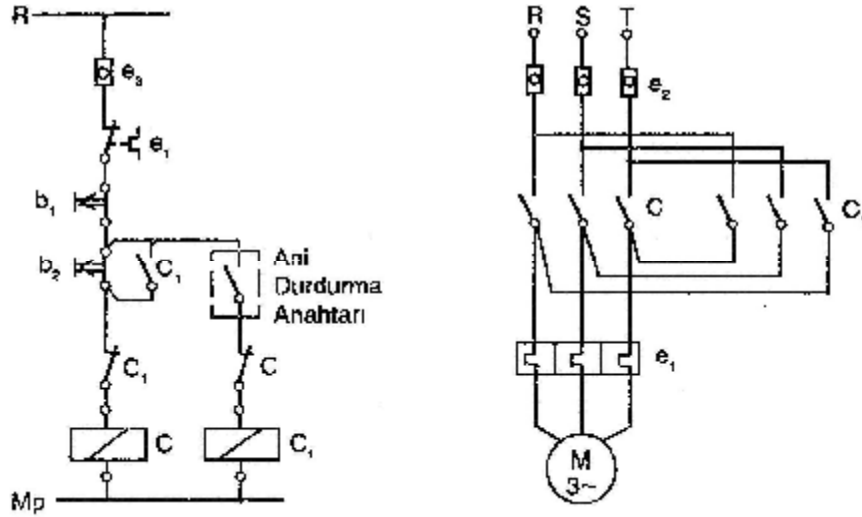
### 4.1.3. Ani Durdurma

Ani durdurma yönteminin mantığı, motorun var olan döndürme momentini ters yönde çevirerek motorun miline ters döndürme momenti uygulamaktır. Frenleme zamanını en kısa sürede beceren yöntem ani frenleme yöntemidir. Ani durdurma sistemi genellikle yol alan motorlarda ve büyük güçteki motorlarda uygulanmaz. Aksi takdirde motor şebekeden aşırı akım çeker ve döndürdüğü yükde sakıncalı değerlerde mekanik gerilimler doğar.

Elbette ki beraberinde birçok sorunları da getirmektedir. Bunların başında mekanik problemler oluşturmaktadır. Her şeyden önce milin veya bu mile bağlı diğer hareketli parçaların bu ani fren karşısında bir burulması göz önüne alınmalıdır. Motor yere iyice tesbit edilmiş olmalıdır; yoksa bu ani fren karşısında motoru yere sabitlemek için kullandığımız civataların kopması sonucunda statorun dönmesi bile söz konusu olabilecektir. Bir diğer mekanik sorun da motorun bağlı olduğu sistem, bu ani frenlemeye müsaade etmelidir. Eğer bir bant sisteminde kullanılan bir motor ise ve ani durdurma sonucunda bu bant üzerindeki malzemeyi üzerinden fırlatıp atacaksa burada ani frenleme sakıncalıdır.

Ayrıca alınması gereken diğer bir önlem ise elektriksel önlemlerdir. Durdurma için motora ters döndürme momenti uygulandığından motor durma anından sonra ters yönde dönmek isteyecektir. Eğer herhangi bir müdahalede bulunulmazsa motor durduktan sonra ters dönmeye başlar. Burada bazı algılayıcılarla bu anı tespit ederek durma anında motorun enerjisi kesilmelidir ve eğer gerekiyorsa durma anında mekanik bir kilitleme sistemiyle milin dönmesi engellenmelidir.

Ani durdurulacak motor ilk önce şebekeden ayrılır. Daha sonra ters yönde dönecek şekilde tekrar şebekeye bağlanır. Bu durumda motorda ters yönde bir döndürme momenti meydana gelir. Devir sayısı süratle düşer ve belirli bir zaman sonra da motor tamamen durur. Bu andan sonra motorun ters yönde dönmesine olanak verilmez ve hemen motor devreden çıkarılır.



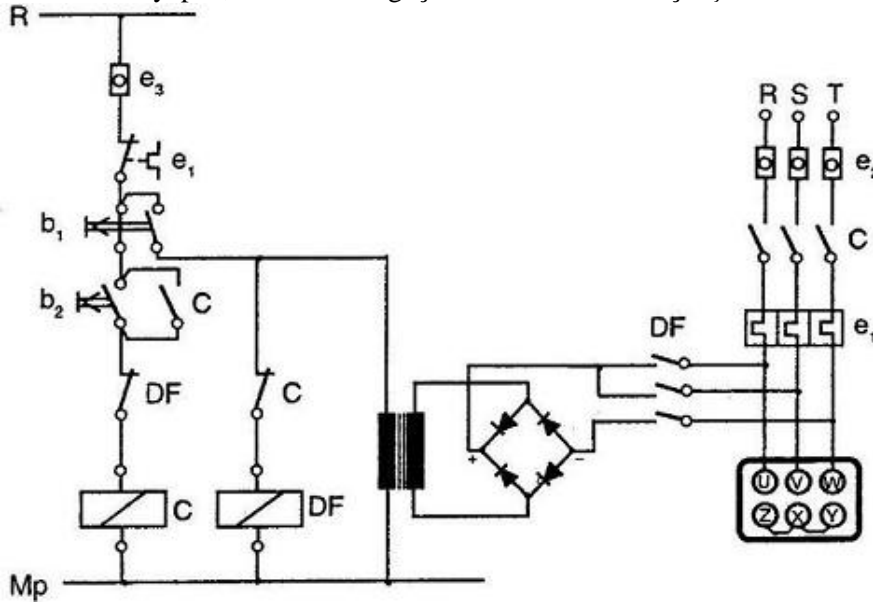
Şekil 4.9: Ani durdurma devre şeması

Üç fazlı bir asenkron motorun çalıştırılması ve ani durdurulması Şekil 4.9'daki devrede gösterilmiştir. Çalışma durumunda stop butonuna basılması durumunda iki fazın yerinin değiştirilerek tekrar şebekeye bağlanması yöntemiyle motorda oluşturulan ters döndürme momenti, rotorun devir sayısını süratle düşürür. Devir sayısı sıfır olduğunda ani durdurma anahtarı açılır ve artık motorun bağlantısı şebekeden tamamen ayrılmış olur. Böylece motor ters dönmeden ani olarak durdurulmuş olur.

## UYGULAMA FAALİYETİ

### UYGULAMA FAALİYETİ-1

Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, asenkron motorun buton kontrollü dinamik frenlemesini yapan, kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.

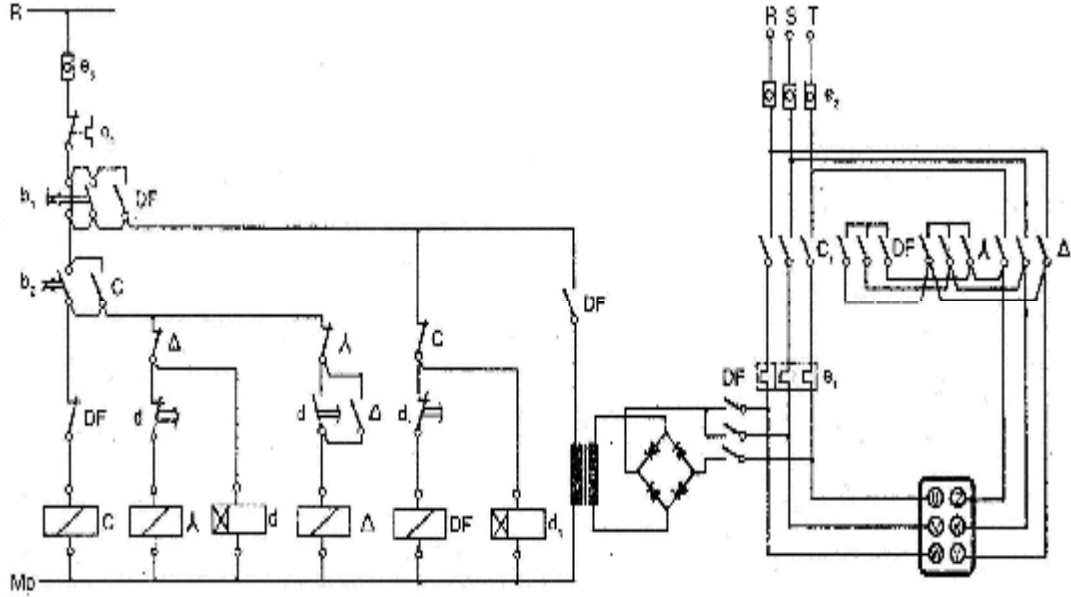


İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Devre elemanlarını özellikleri uygun olacak şekilde tespit ediniz.</li><li>Ø Kumanda devresini normlara uygun olarak kurunuz.</li><li>Ø Güç devresini normlara uygun olarak kurunuz.</li><li>Ø Frenleme gerilimini motora göre hesaplayınız.</li><li>Ø Redresörü devreye bağlayınız.</li><li>Ø Öğretmenin gözetiminde devreye enerji veriniz.</li><li>Ø Motor kalkındıktan sonra motoru frenleyiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Devre takibi yaparak sistemin çalışma şeklini anlamaya çalışınız.</li><li>Ø Sistemin önce kumanda devresinin sonra güç devresinin ve en son olarak frenleme devresinin bağlantılarını tamamlayınız.</li><li>Ø Eğer sistemde DC akım kullanılacak ise kaynak gerilim değerini motor sargılarının bağlantı şekline (Y-Δ) göre hesaplayınız.</li><li>Ø Redresör, frenleme gerilimini uygulamak için devreye girdiğinde motora uygulanan AA gerilimin kesilmiş olması gerektiğini unutmayınız.</li><li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li></ul>



## UYGULAMA FAALİYETİ-2

Atölye ortamında ve öğretmenin gözetiminde, yıldız-üçgen yol verilen asenkron motorun dinamik frenlemesini yaparak, kumanda ve güç devrelerini kurarak çalıştırınız.



<b>İşlem Basamakları</b>	<b>Öneriler</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ø Devre elemanlarını özellikleri uygun olacak şekilde tespit ediniz.</li> <li>Ø Kumanda devresini normlara uygun olarak kurunuz.</li> <li>Ø Güç devresini normlara uygun olarak kurunuz.</li> <li>Ø Frenleme gerilimini motora göre hesaplayınız.</li> <li>Ø Motorun frenleme süresini tespit edip zaman rölesini ayarlayınız.</li> <li>Ø <math>\lambda</math>'dan <math>\Delta</math>'e geçiş süresini tespit ederek zaman rölesini ayarlayınız.</li> <li>Ø Redresörü devreye bağlayınız.</li> <li>Ø Öğretmeninizin gözetiminde devreye enerji veriniz.</li> <li>Ø Motor kalkındıktan sonra motoru frenleyiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ø Devre takibi yaparak sistemin çalışma şeklini anlamaya çalışınız.</li> <li>Ø Sistemin önce kumanda devresinin sonra güç devresinin ve en son olarakta frenleme devresinin bağlantılarını tamamlayınız.</li> <li>Ø Eğer sistemde DC akım kullanılacak ise kaynak gerilim değerini motor sargılarının bağlantı şekline (Y-<math>\Delta</math>) göre hesaplayınız.</li> <li>Ø Motorun gücüne göre kalkınma süresini tespit ediniz</li> <li>Ø Redresör, frenleme gerilimini uygulamak için devreye girdiğinde motora uygulanan AA gerilimin kesilmiş olması gerektiğini unutmayınız</li> <li>Ø Öğretmeninize haber vermeden enerji vermeyiniz.</li> </ul>

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarını eksiksiz ve uygun özellikte tespit ettiniz mi?		
2. Kumanda devresini normlara uygun kurup hatasız olarak çalıştırdınız mı?		
3. Güç devresini normlara uygun kurup hatasız olarak çalıştırdınız mı?		
4. Dinamik frenleme gerilim değerini doğru tespit ettiniz mi?		
5. Redresörü devreye bağlayıp gerilim değerini ayarladınız mı?		
6. $\lambda$ - $\Delta$ geçiş süresini tespit ettiniz mi?		
7. Devrenin tamamını istenen şekilde hatasız çalıştırdınız mı?		
8. İş disiplinine, atölye kurallarına ve iş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

Asenkron motorları durdurmak için fren pedalına basmak gereklidir.

1. Stop butonuna basıldıktan sonra motor sargılarına doğru gerilim verilen frenleme çeşidine balatalı frenleme denir.
2. Ani durdurma yöntemiyle frenleme, büyük güçlü motorlara uygulanmaz.
3. Motorun miline bağlı kasnağın balatalar tarafından sıkılarak durdurulmasına dinamik frenleme denir.
4. Zaman röleli dinamik frenleme yapılan motorun sargılarına uygulanan DC gerilim, stop butonuna basıldıktan bir süre sonra kesilir.

### DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-5

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında proje elemanlarını belirlenen yerlere TSE, İç Tesisat Yönetmeliği ve şartnameye uygun olarak monte edebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Ø Kumanda devre elemanlarının bağlantı şemalarını ve ayarlamalarını araştırınız.
- Ø Pano imalatı yapan firmalardan örnek proje isteyerek bu projeleri inceleyiniz.
- Ø Yakınıınızda bulunan işletmelere giderek motorların, kumanda panosunun ve kumanda devre elemanlarının nasıl monte edildiğini inceleyiniz.

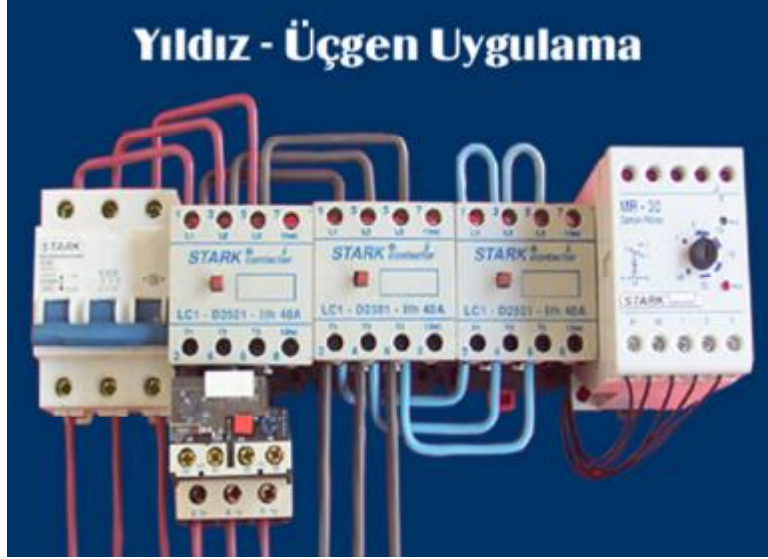
## 5. PROJE ELEMANLARINI BELİRLENEN YERE MONTE ETMEK

### 5.1. Değişik İşletmeler İçin Hazırlanmış Projelerin Okunması

Öğrenme Faaliyeti 1, 2, 3 ve 4'te verilen devre uygulama şemalarının her biri kendi başına bir proje konusu olabildiği gibi bunlardan türetilmiş devreler de birer proje konusu olabilir. Örneğin; bir fabrikadaki büyük güçlü motoru ileri ve geri yönde yıldız-üçgen çalıştırmak ve durdurulmasında dinamik frenleme ile yapmak istiyoruz. Bu projeye ait kumanda ve güç şemaları bir proje konusudur.

Projenin okunması demek projenin ne işe yarayacağını anlamak demektir. Yani preje konusunu ve projedeki devre şemalarının nasıl çalıştığını anlamaktır. Bunun için proje devre şemalarında devre takibi yapıp projenin çalışma şekli ve kumanda devre elemanlarının çalışma zamanlamaları hakkında bilgiye sahip olursunuz.

## 5.2. Proje Üzerinde Elemanların Yerleşimi ve Yerleşim Sırasında Dikkat Edilecek Hususların İncelenmesi



Resim 5.1: Yıldız-üçgen yolverilen motorun proje uygulaması



Resim 5.2: Proje uygulama panosu (ihtiyaca göre değiştirilebilir özellikli)

## Ø Asenkron Motorların Yerlerine Montajı

İşletmeye alınmayıp belli bir süre bekletilecek motorların bekletildiği yerler kapalı, temiz, titreşimsiz nemsiz iyi havalandırılmış yerler olmalıdır. Uzun süre çalıştırılmadan bekletilen motorun, sargı yalıtım dirençleri kontrol edilmelidir. Ölçülen yalıtım direnci 1 Mega Ohm'dan büyük olmalıdır. Eğer yalıtım direnci 1 Mega-Ohm (MΩ)'dan küçük ise, sargılar 80 derece sıcaklıktaki ortamda kurutulmalıdır.

Motorların montajı ve bağlantısı ile ilk çalıştırma, yetkili bir elektrikçi gözetiminde yapılmalıdır. Montajdan evvel, motorun nakliye sırasında zarar görüp görmediği kontrol edilmelidir. Hasarlı olması halinde, satın alınan firma ile ilişki kurulmalıdır.

Bir motorun ömrü; yalıtım sisteminin ve yatakların ömrüne bağlıdır. Yatakların ömrünü etkileyen önemli etken, motorun tahrik edilecek makine ile aynı ekseninde bulunup bulunmamasıdır. Küçük bir eksen kaçıklığının oluşturacağı salgı, yatakları kısa sürede bozar ve motorda güç kayıpları meydana gelir.

Motorlar düz ve titreşimsiz bir ortama kurulmalıdır. Motor ayakları, tam yüzeyleri oturmalıdır. Yatakların hizalanmamasına ayak boşluğu veya aksak ayak denir. Flanşlı motorlarda, merkezlemenin çok iyi yapılması ve bağlantı civatalarının eşit kuvvetlerle sıkılması gerekir. B14 flanşlı motorlarda, bağlantı civatalarının boyları uygun seçilmelidir. Cıvata boyları, kapak dış derinliğinden çıkarak sargıya temas etmemelidir.

Rotorlar, mil ucundaki yarım kama ile balanslanmıştır. Aktarma elemanlarının da yarım kama ile dengelenmesi gerekir. Kasnak, kaplin ve başka aktarma elemanlarının montajı esnasında, yatakları bozacak darbe ve zorlamalar yapılmamalıdır. Aktarma elemanlarını hassasiyetle takabilecek düzen ve aparatların bulunmaması halinde, en çok 80 dereceye kadar ısıtılıp takılması uygun olur. Eğer bir kayış tahriki kullanılıyorsa, motor raylar üzerine kurulmalı ve kayış gerdirmesi doğru ayarlanmalıdır. Kayışlar gevşek ise aşırı titreşim ve ısınma oluşur. Kayışlar çok gerilirse, yataklardaki sürtünme artar ve yine ısınma meydana gelir. Kayış ve kasnak ayarları çok dikkatle yapılması gereken işlemlerdir.

Elektrik motorları, termoplastik malzemeden yapılmış ve arka mile sıkıca bağlı pervane yardımı ile dış yüzeyden soğutulur. Soğutucu havanın emilmesi ve dış yüzeyden geçişi engellenmemelidir. Ortam sıcaklığı artışından etkilenmemek için motorların duvarlara, ısı kaynaklarına yakın yerlere kurulmaması gerekir. Kontrol ve bakım yönünden motorlar, kolay erişebilir ve rahat çalışabilecek yerlere kurulmalıdır. Açık ortamda çalıştırılacak motorlar iklim koşullarına, yağmura, doğrudan gelen güneş ışınlarına karşı özel önlemlerle korunmalıdır.

## Ø Asenkron Motorların Şebekeye Bağlanması

Motor ve çalıştırılacak makine yerine monte edildikten sonra, motorun şebeke bağlantısı yapılmalıdır. Şebeke bağlantısı, motorun bir veya üç fazlı oluşuna göre, klemens kutusu kapağında gösterilen bağlantı şemasına uygun olmalıdır. Kablo uçları, klemens uçların değiştirilmesine ve herhangi bir nedenle uçlardan birisi koparsa, tekrar bağlanabilmesine olanak verecek uzunlukta olmalıdır. Bağlantı kablosu uçlarına, kesitine uygun kablo pabuçu takılmalıdır.

Bir fazlı motorların bağlantısında; şebeke uçları U1 veya U2 klemenslerine bağlanmalıdır. Dönüş yönü değiştirme şalteri kullanılacaksa, klemenslerdeki 2 adet köprü sökülmesi ve şalter bağlantısı yetkili elektrikçilere yaptırılmalıdır.

Üç fazlı motorlarda; motorun 3 faz 380 V şebekede çalışması uygun yıldız (Y) veya üçgen ( $\Delta$ ) köprüsü yapılmış durumdadır. Etiketinde  $\Delta$  220V/Y 380 V yazılı motorlarda yıldız köprüsü, etiketinde  $\Delta$  380 V yazılı motorlarda üçgen ( $\Delta$ ) köprüsü vardır. Şebeke fazları (L1-L2-L3) daima U1-V1-W1 klemenslerine bağlanmalıdır.

Yıldız-üçgen (Y/ $\Delta$ ) yol verme; şebekede üçgen ( $\Delta$ ) bağlı çalışacak motorlar için geçerlidir. Yıldız-üçgen şalter bağlantısı yapılacaksa, motor klemens tablosundaki üçgen köprüleri sökülmesi. Volt Elektrik motorlarında, 2 ve 4 kutuplularda ( 3000 ve 1500 devirli motorlarda) 4 kW, 6 kutuplu (1000 devirli motorlar) motorlarda 3 kW ve daha büyük güçte olanlar üçgen bağlıdır. Etiketlerinde  $\Delta$  380 V yazılıdır.

Şebeke bağlantısı için kullanılacak kablo kesitleri; kablodan geçecek akıma uygun olmalı ve tesis hattında %3'ten fazla ( 380 V Şebekede 11.4 V) gerilim düşümü meydana getirmemelidir. Kablo üretici firmaların kataloglarında, her çeşit kablo için maksimum akım değerleri çizelgeler halinde gösterilir. Gerilim düşümü kontrolü hesaplama ile yapılabilir.

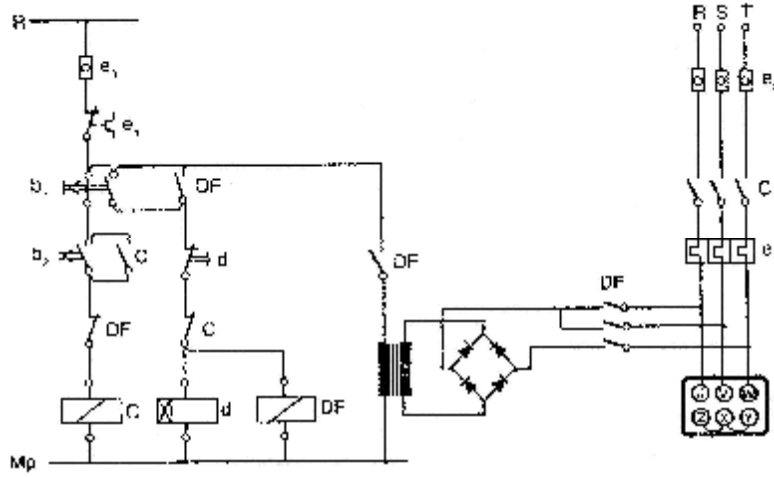
Motor tesisatlarında topraklama mutlaka yapılmalıdır. Topraklama iletkeni bağlantı yeri, motorun klemens kutusu içinde toprak işareti ile gösterilen bağlantı vidasıdır. Topraklama iletkeni olarak, bir faz motorlarda, şebeke bağlantı kablosunun 3. iletkeni, üç fazlı motorlarda şebeke bağlantı kablosunun 4. iletkeni kullanılır.

Motor klemens tablosundaki klemens bağlantılarında ve şalter bağlantılarında vida ve somunların gerektiği gibi sıkılıp sızdırmazlık temin edilmesine dikkat edilmelidir. Gevşek bağlantılarda, kabloların bağlantı yerinden çıkma olasılığı ve bağlantı yerindeki gevşek temas sonucu geçirgenlik oluşması sık karşılaşılan arızalardandır. Kabloların eğilmesi ve bükülmesi olasılığı önlenmelidir.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Düz zaman röleli dinamik frenleme devresini kumanda deney masası kullanmadan devre elemanlarını temin edipbirebir bağlantısı yaparak devreyi kurunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Devre elemanlarını uygun özellikte olacak şekilde seçiniz.</li><li>Ø Kumanda devresini tekniğe uygun olarak kurunuz.</li><li>Ø Güç devresini tekniğe uygun olarak çiziniz.</li><li>Ø Motor için gerekli frenleme gerilimini hesaplayınız.</li><li>Ø Devreye öğretmenin kontrolünde enerji veriniz.</li><li>Ø Motor yol aldıktan sonra dinamik frenleme ile durdurunuz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Devre elemanlarının uygun özellikte olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>Ø Motor stator sargı dirençlerine göre frenleme gerilimini tespit ediniz.</li><li>Ø Dinamik frenleme gerilim değerinin fazla ya da az olmamasına dikkat ediniz.</li><li>Ø Bağlantı kablolarında uygun mesafe bırakınız.</li><li>Ø Öğretmenin gözetiminde projeye enerji vererek çalıştırınız.</li></ul>

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarını eksiksiz ve uygun özellikte tespit ettiniz mi?		
2. Devre elamanlarının montajını tekniğine uygun yaptınız mı?		
3. Kumanda devresini normlara uygun kurup hatasız olarak çalıştırdınız mı?		
4. Güç devresini normlara uygun kurup hatasız olarak çalıştırdınız mı?		
5. Dinamik frenleme gerilim değerini doğru tespit ettiniz mi?		
6. İş disiplinine, atölye kurallarına ve iş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. Motorların yalıtım direnci 1 Mega Ohm'dan küçük olmalıdır.
2. Motorun yatakların hizalanmamasına ayak boşluğu veya aksak ayak denir.
3. Etiketinde  $\Delta$  220V/Y 380 V yazılı motorlarda üçgen köprüsü bulunur.
4. Etiketinde  $\Delta$  380 V yazılı motorlarda üçgen ( $\Delta$ ) köprüsü vardır.
5. Yeni motor tesisatlarında topraklamanın yapılmasına gerek yoktur.

### DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz modül değerlendirmeye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Asenkron motoru ileri ve geri yönde yıldız-üçgen çalıştırmak ve durdurulmasında dinamik frenleme ile yapmak istiyoruz. Gerekli kumanda ve güç devrelerini çizerek kurunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
Ø Devrede yer alan elemanların çalışma şartlarını tespit ediniz.	Ø Devre elemanlarının uygun özellikte olup olmadığını kontrol ediniz.
Ø Devrede yer alan elemanların çalışma şeklini belirleyiniz.	Ø Kumanda ve güç devrelerini çizerken daha önceden uygulamasını yaptığınız ileri geri $\lambda$ - $\Delta$ ve dinamik frenleme devrelerinin birleşimiyle oluşacağını unutmayınız.
Ø Kumanda ve güç devresini normlara uygun çiziniz.	Ø $\lambda$ - $\Delta$ geçiş süresini motor gücüne göre tespit ediniz.
Ø Kumanda devresini tekniğe uygun olarak kurunuz.	Ø Dinamik frenleme gerilim değerinin fazla ya da az olmamasına dikkat ediniz.
Ø Güç devresini tekniğe uygun olarak çiziniz.	Ø Bağlantı kablolarında uygun mesafe bırakınız.
Ø $\lambda$ 'dan $\Delta$ 'e geçiş süresini tespit ediniz.	Ø Öğretmeniniz gözetiminde projeye enerji vererek çalıştırınız.
Ø Motor için gerekli frenleme gerilimini hesaplayınız.	
Ø $\lambda$ 'dan $\Delta$ 'e geçiş zamanı ve dinamik frenleme gerilim değerlerini ayarlayınız.	
Ø Devreye öğretmeninizin kontrolünde enerji veriniz.	
Ø Motor yol aldıktan sonra dinamik frenleme ile durdurunuz.	

<b>DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ</b>	<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1.Devre elemanlarını eksiksiz ve uygun özellikte tespit ettiniz mi?		
2.Kumanda ve güç devresini normlara uygun çizdiniz mi?		
3.Kumanda devresini normlara uygun olarak kurup hatasız çalıştırdınız mı?		
4.Güç devresini normlara uygun olarak kurup hatasız çalıştırdınız mı?		
5. $\lambda$ - $\Delta$ geçiş süresini doğru tespit ettiniz mi?		
6. Dinamik frenleme gerilim değerini doğru tespit ettiniz mi?		
7. Devrenin tamamını istenen çalışma şartlarında ve bütünlüğünde çalıştırdınız mı?		
8. İş disiplinine, atölye kurallarına ve iş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		

## **DEĞERLENDİRME**

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

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

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

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

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	D
4	D
5	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

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

## ÖĞRENME FAALİYETİ-4 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	Y
5	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-5 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	Y
4	D
5	Y

## ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Ø Asenkron Motor Katalogları.
- Ø İnternette Elektik Motorları – Elektrik Malzemesi Satışı ve Tanıtımı Yapan Firmaların Siteleri.
- Ø Bobinaj ve Kumanda Kitapları.
- Ø Kumanda Panosu Yapan Firmalar.

## KAYNAKÇA

- Ø TANER, Ali, **Volt Elektrik**, Volt Elektrik Motor San. ve Tic. A.Ş., İzmir, 2003.
- Ø GÖRKEM, Abdullah, **Elk. Böl. Atölye II**, Özkan Matbaacılık, Ankara, 1999.
- Ø ÖZDOĞAN, Mehmet, **Elk. Böl. Atölye II**, Ma-ki Yayınevi, 2003.
- Ø ARSLAN, Ali, **Elk. Böl. Atölye II**, ISBN: 975-93234-1-9.
- Ø Makine Teknoloji ve Kültür Dergisi, 6. Sayı, Haziran, 2005.
- Ø İnter Elektrik- Elektronik Katoloğu
- Ø Siemens İntertör ve Yumuşak Yol verici katologları
- Ø Telemecanique ürün katologları
- Ø ZORLU, Talip, **Ders Notları** Samsun, 2004.