

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Asenkron Motorun Yapısı

Asenkron motor stator sargılarıyla aldığı elektrik enerjisini rotorunda dönme hareketiyle mekanik enerjiye çeviren elektrik makinesidir. Enerji rotor sargılarına statorda meydana gelen manyetik alan aracılığı ile aktarılır. Stator ve rotor sargıları arasında herhangi bir elektriksel ilişki bulunmaz.



Şekil 1.1 Asenkron Motorun İç Yapısı

Stator sargılarından geçen akım alternatif akım olduğundan manyetik devrede periyodik olarak değişen bir alan meydana getirir. Bu alana alternatif alan denir. Bu alternatif alanı fourier serisi ile yazmak mümkündür. Alternatif alanın her bir harmoniği iki döner alana ayrılabilir. Bu döner alanlardan birisi saat ibresi yönünde dönüyorsa diğeri saat ibresi tersi yönünde döner ve her ikisinin de açısal hızı aynıdır. Üç fazlı asenkron motorlarda birbirinden 120 derece faz farkı olan akımlar stator sargılarından geçerek üç adet alternatif alan meydana

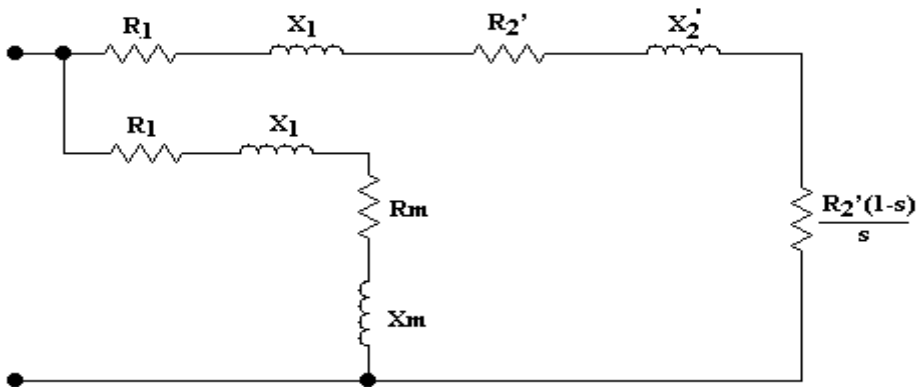
getirirler. Üç alternatif alanın sadece birinci harmoniğini dikkate alırsak altı adet döner alan meydana gelir. Bu altı adet döner alandan üçü saat ibresi yönünde, üçü de saat ibresinin tersi yönündedir. Sağa doğru dönen döner üç alan çakışık olarak döndüğü takdirde sola döner alanlar arasında 120 derecelik faz farkı olduğu için bileşke değeri sıfır olur ve motor sağa doğru dönen çakışık üç döner alanın oluşturduğu moment ile sağa doğru döner.

Motora ilk gerilim uygulandığı anda rotor durmaktadır. Senkron hızda dönen stator döner alanı durmakta olan rotor sargılarını aynı hızda kesecek ve rotor üzerinde alternatif bir gerilim oluşmasına neden olacaktır. Rotor senkron hızda dönseydi, döner alan rotor iletkenini kesemeyecek dolayısıyla döndürme momentinden söz edilemeyecekti. Bu sebeple rotor hızı senkron hızdan daha az olmalıdır.

Çalışma ilkesi bakımından asenkron motorlara indüksiyon motorları da denir. Asenkron motorlar sürekli bakım istemezler, yük altında devir sayıları çok değişmez ve günümüzdeki güç elektroniğindeki gelişmeler sayesinde devir sayıları kolaylıkla değiştirilebilir. Diğer elektrik makinelerine göre daha ucuzdur. Rotor ile stator arasında elektriksel bağlantı olmadığı için çalışması sırasında elektriksel ark oluşumu meydana gelmez. Endüstride çok kullanılmasının diğer bir sebebi de budur.

## 1.2 Asenkron Motorlara Yol verme Yöntemleri

Asenkron motorlara yolvermenin tanımını yapacak olursak; motorun durma anından nominal hızına çıkana kadar, bağlı olduğu şebekeden aşırı akım çekmemesi ve yol alma momentinin mümkün olduğunca büyük olması şartı ile hızlanma olayıdır.

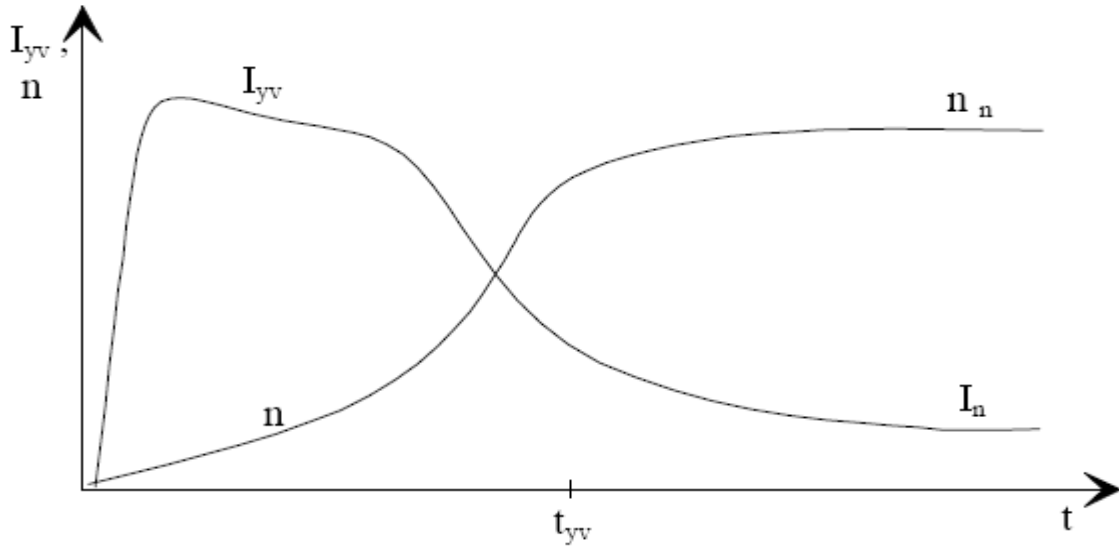


Şekil 1. 2 Asenkron Motorun 'L' Eşdeğer Devresi

Şekil 1.2' de görüldüğü gibi asenkron motorun şebeke yanından görülen empedansı kaymaya bağlıdır. Kaymaya olan bu bağlılık  $\frac{R'_2(1-s)}{s}$  elemanından kaynaklanmakta olup kalkış anında (s=1) 0 değerindedir. Bu empedansın 0 olması makinenin empedansının minimum olmasına neden olur. Kalkınma anında rotor dönmediği için asenkron motor sekonder tarafı kısa devre edilmiş bir trafo gibi davranır. Motora uygulanacak gerilim nominal olduğu durumda motor şebekeden nominal akıma göre 4-6 kat fazla akım çeker. Bu akım;

$$I_{yv} = \frac{V}{\sqrt{(R_k^2 + X_k^2)}}$$

Yolverme akımına gerek şebeke gücüne gerekse motor gücü ve milindeki toplam atalet momentine bağlı olarak; çoğu kez izin verilmez. Bu sebeple 5Hp'den büyük güçte olan asenkron motorlara doğrudan yol verilmesi yönetmeliklerce yasaklanmıştır. Yolverme süresince hattan çekilen akımın efektif değerinin zamana göre değişimi şekil 1.3'te verilmiştir:



Şekil 1.3 Yolverme Sırasında Şebekeden Çekilen Akımın Değişimi

Yol vermenin şebeke ve motora olmak üzere iki değişik etkisi mevcuttur:

**a) Şebekeye Etkisi:**

Motorlar kalkış anında çok fazla akım çektikleri için bir ya da birden fazla motorun aynı anda devreye girmeleri şebekelerde kayda değer gerilim düşümlerine neden olur. Ataleti büyük olan makinelerde yol verme süresi uzayacağından dolayı bu gerilim düşümleri büyük önem taşımaktadır.

**b) Motora Etkisi:**

Kalkış akımının efektif değeri yüksek olduğundan dolayı motor sargılarında

$$P_{cuyv} = m_1 I_{yv}^2 R_k \quad (I_{yv} \text{ zamana göre değişim göstermektedir})$$

formülü uyarınca bakır kayıpları artar. Bu kayıp güç hayli büyük olup yol alma süresi uzadıkça yani motor milindeki atalet büyüdükçe yol verme süresi artar.

$$Q = k \int_0^{t_{yv}} P_{cuyv} \cdot dt$$

Kalori kadar bir enerji motor sargılarının ısınmasına neden olur. Bu ısı makinenin yalıtım malzemelerine zarar verecek kadar artabilir. Yol verme akımını stator sargılarına bağlanmış reosta ve rotor sargılarına dışarıdan bağlanan direnç ile yeniden ifade edilirse:

$$I_{yv} = \frac{V}{\sqrt{(R_k + R_{\ddot{o}} + R'_{yv})^2 + X_k^2}}, \quad I_{yv} = f(V, R_k, R_{\ddot{o}}, R'_{yv}, X_k)$$

$R_{\ddot{o}}$ : Stator sargılarına bağlanmış reosta,

$R'_{yv}$ : Bilezikli motorda bileziklere dışarıdan bağlanan  $R_{yv}$  direncinin statora indirgenmiş halidir.

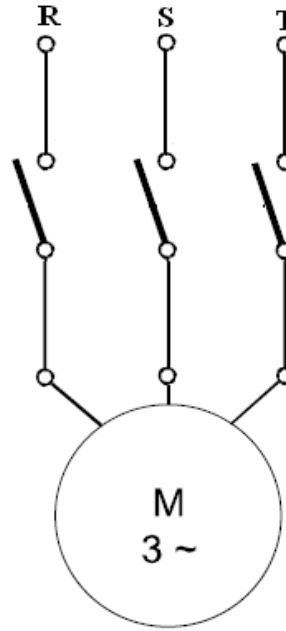
Bu formülde  $R_k$  ve  $X_k$  makineye bağlı sabitler olduğu için;

$$I_{yv} = f(V, R_{\ddot{o}}, R'_{yv})$$

Şeklinde yazılabilir. Burada yol verme akımı  $V$  ile doğru,  $R_{\phi}$  ve  $R_{yv}$  ile ters orantılıdır. Yol verme akımı bu değerlerin uygun seçilmesiyle istenilen sınırlar içinde tutulabilir. Fakat bu değerler değişince makinenin momenti de değişir. Yol vermenin şebekeye ve motora olan zararlı etkisini azaltmak için çeşitli yol verme yöntemleri kullanılır.

#### a) Direk Yol verme:

Gücü 5 Hp'ye kadar olan motorlara uygulanır. Bu güçteki motorların önemli ölçüde gerilim düşümüne neden olmayacağı kabul edilmektedir. Ayrıca yol verme süresince motor sargılarında açığa çıkan ısı artışı da küçük olmaktadır. Bu yöntem sincap kafesli motorlarda kullanılmasına rağmen bilezikli motorlarda kullanılmaz, zira bilezikli motorlar küçük güçlerde üretilmezler.



Şekil 1.4 Direk Yol verme Şebeke Bağlantı Şeması

#### b) Ön Direnç İle Yol verme:

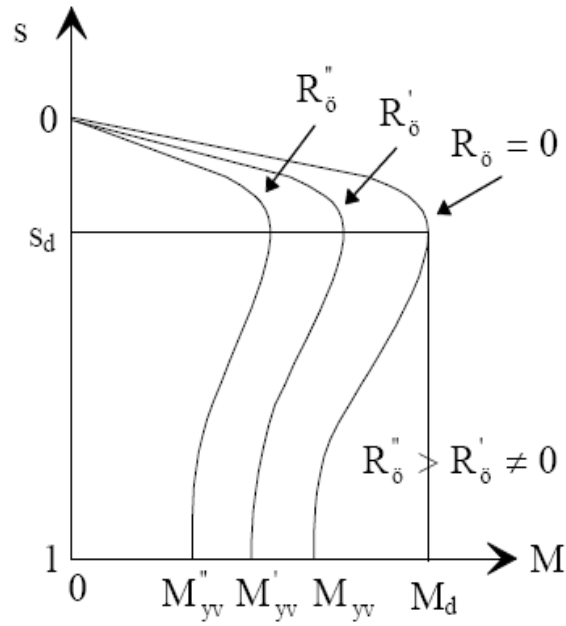
Bu yöntemde motor terminallerine seri bağlanan dirençler yardımıyla motorun uçlarında görülen gerilim düşürülerek motorun daha küçük bir akım ile yol alması sağlanır. Yol verme bağlantısı;

$$I_{yv} = \frac{V}{\sqrt{(R_k + R_{\phi})^2 + X_k^2}}$$

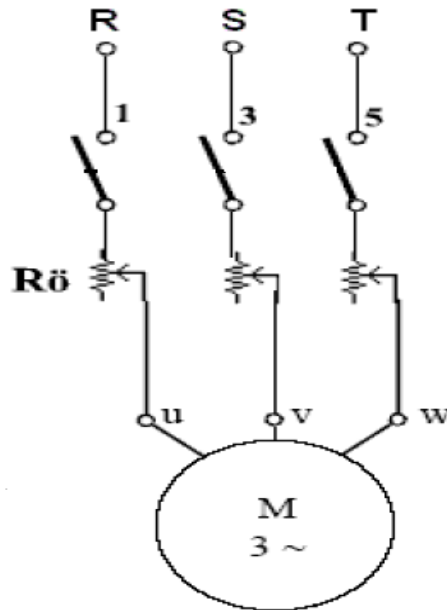
olup motor terminallerine seri bağlanan  $R_{\delta}$  direncinin değeri arttıkça yolalma akımı azalır.

$$\frac{M_{yv}}{M'_{yv}} = \left(\frac{I_{yv}}{I'_{yv}}\right)^2$$

Yukarıdaki eşitlikten de görüleceği gibi makinenin momenti ile yol verme akımı arasında karesel bir ilişki söz konusudur. Makinenin momentinin değişimi ise şekil 1.5'teki gibi olur:



Şekil 1.5 Dış Karakteristik Değişimi

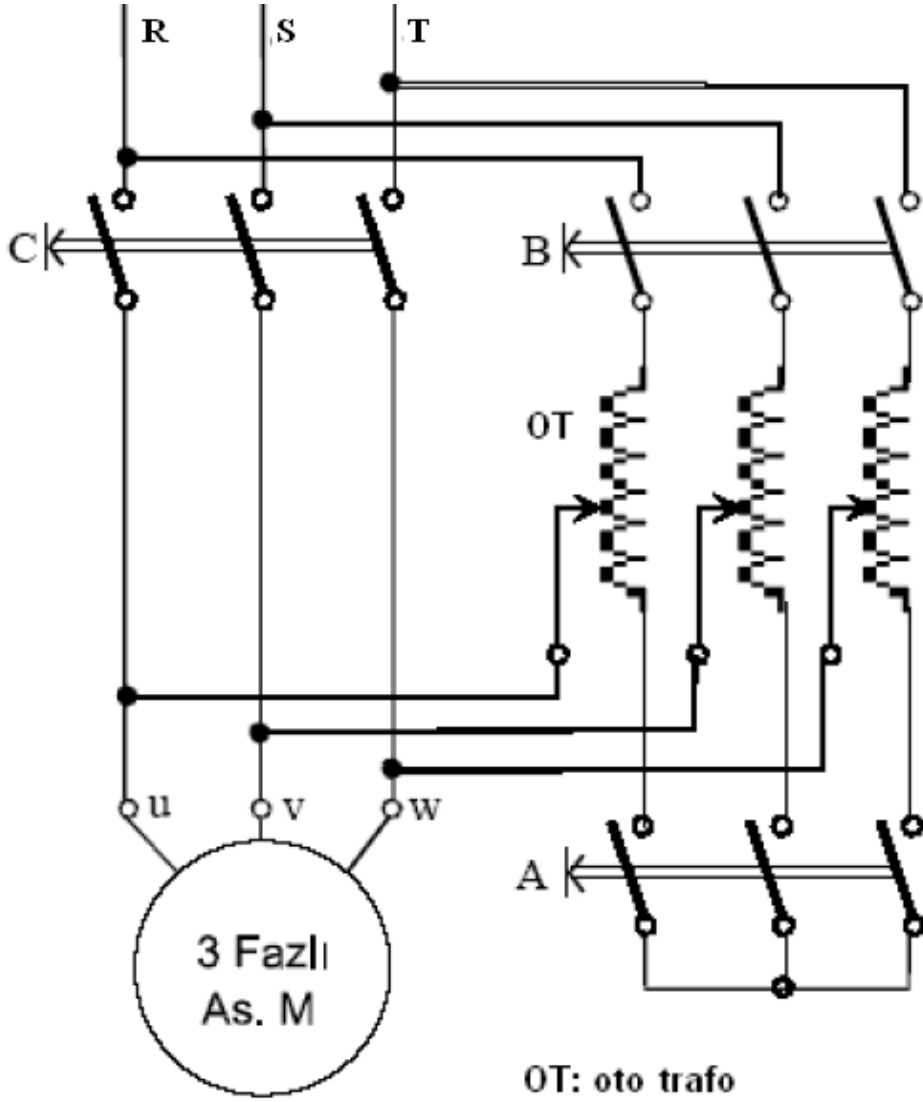


Şekil 1.6 Öndirenç İle Yol Verme Bağlantı Şeması

Ön direnç ile yol verme yönteminin bir faza uygulanmış haline kuşa bağlaması adı verilir ve  $R_6$  stator sargılarının yalnızca bir tanesine bağlanır. Bu yüzden sabit genlikli döner alanın simetrisi bozulur ve genliği zamanla değişen eliptik bir alan meydana gelir. Motor bu yüzden vuruntulu olarak küçük bir akımla kalkış yapar.

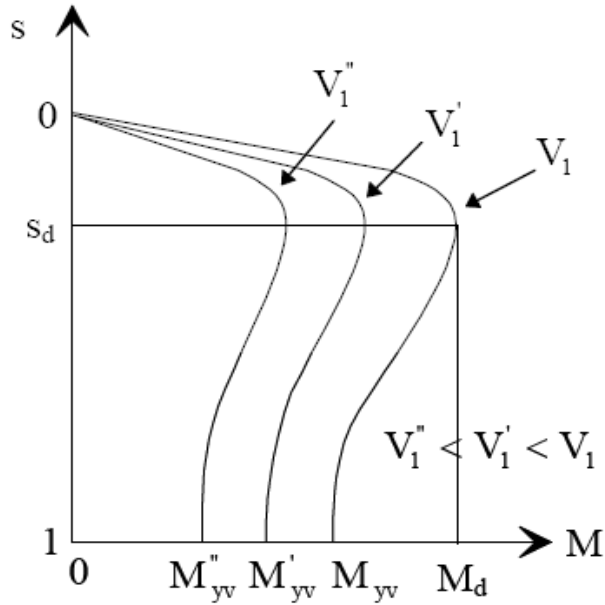
### c) Oto-Trafo İle Yol Verme:

Motor terminallerine gelen gerilimi küçülterek yol verme akımını sınırlayan bir yöntemdir. Büyük güçlü motorlarda gerilim, oto-trafo üzerindeki sürgü kolu ya da kademe atlayarak artırılır ve motor nominal devrinin %70'ine ulaştığında oto-trafo devre dışı bırakılır.



Şekil 1.7 Ototrafo İle Yol Verme Bağlantı Şeması

Şekil 1.7’de verilen devrede ilk olarak A ve B anahtarı kapatılır. Oto-trafo üzerinden gerilim yavaşça artırılır, motor nominal devrinin %70’ine ulaştığı anda A anahtarı kapatılıp C anahtarı açılarak motor şebekeye doğrudan bağlanmış olur. Bu süre içinde motorun dış karakteristiğindeki değişim şekil 1.8’ deki gibidir.



Şekil 1.8 Dış Karakteristik Değişimi

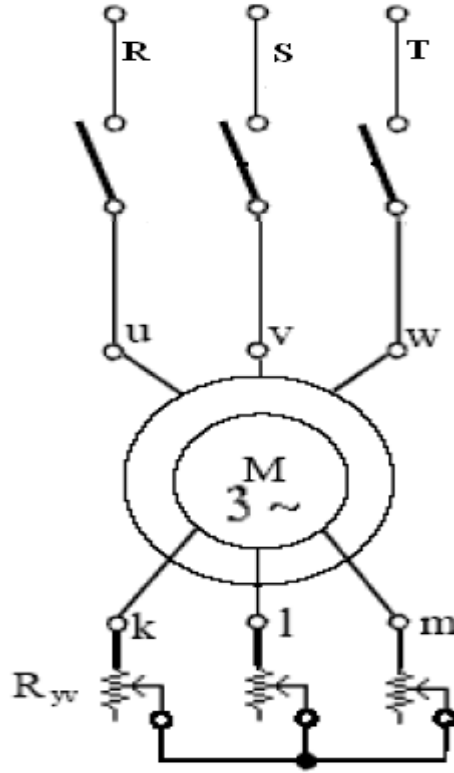
#### d) Rotor Direnç Bağlayarak Yolverme:

Bilezikli makinelerde bilezikler üzerinden rotora direnç bağlanarak rotor devresinin toplam direnci artırılır. Rotor devresinin direncinin artması eşdeğer devrede şebeke tarafından bakıldığında görülen empedansı artırır. Böylece motorun şebekeden çekeceği akım azaltılır. Bileziklere bağlanan direncin değeri maksimumdan başlayarak yavaş yavaş minimuma getirilerek yolverilir. Bu yöntemle şebekeden çekilen akım azalmasına rağmen motorun kalkış momenti artar. Ayrıca bu direncin değeri uygun seçilerek motorun maksimum moment ile yolalması da sağlanabilir. Rotor sargılarına direnç bağlandığında yol verme moment ifadesi şu şekilde olacaktır;

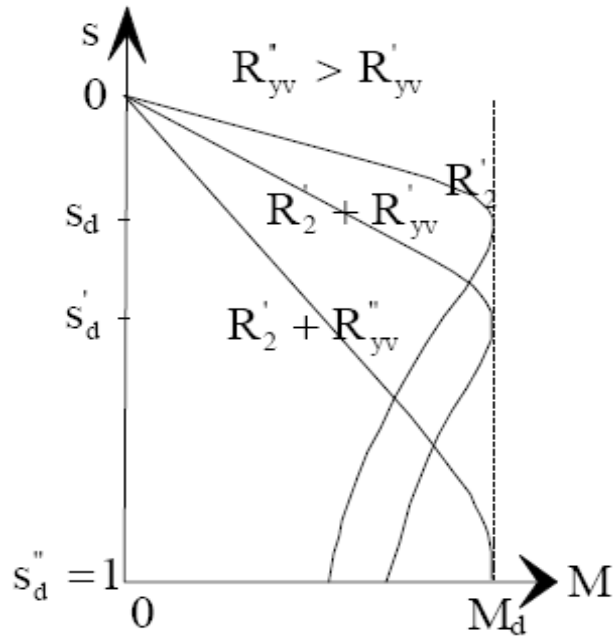
$$M_{yv} = \frac{m \cdot p}{2\pi f} \cdot \frac{(R'_2 + R'_{yv}) \cdot V^2}{[(R_k + R'_{yv})^2 + X_k^2]}$$



Bu eşitlikte  $R_{yv}'$   $R_{yv}$  direncinin statora indirgenmiş değeri olup yol verme moment ifadesi bu değere doğrudan bağlıdır. Rotor devresine direnç bağlayarak yol verme yönteminde bağlantı şeması ve dış karakteristik değişimi şekil 1.9 ve şekil 1.10' daki gibidir.



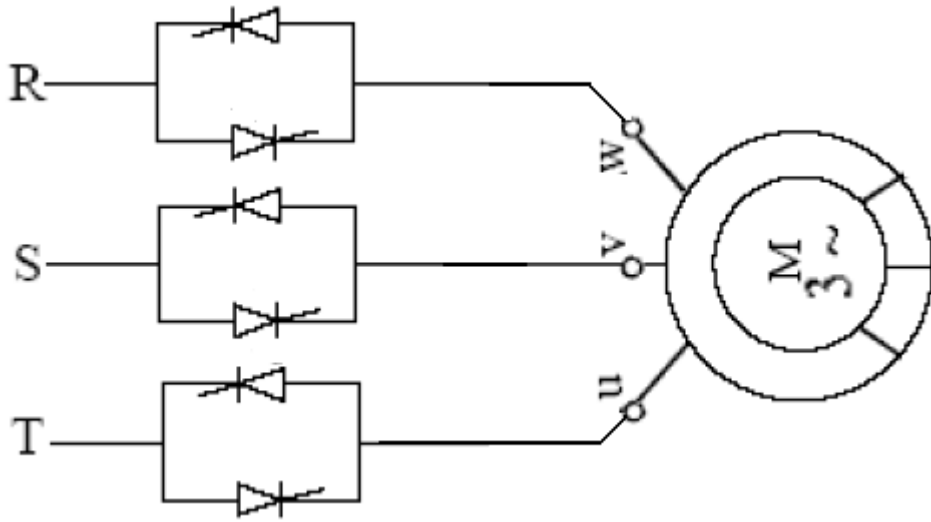
Şekil 1.9 Bilezikli Asenkron Motorun Rotoruna Direnç Bağlayarak Yol verme Bağlantı Şeması



Şekil 1.10 Dış Karakteristik Değişimi

### e) Soft-Starter (Yumuşak Yolverici) İle Yolverme:

Gerilimi düşüren yol vericilerin içinde en gelişmiş yol verme yöntemidir. Gelişmiş motor koruma ve operatör arabirim özelliklerinin yanı sıra akım ve momentini mükemmel olarak kontrol edebilirler. Yumuşak yolvericiler tristörlerin kesme açısını değiştirerek faz kontrolünü sağlarlar. Bu faz kontrolü, motor terminal geriliminin kurulabilir başlangıç değerinden, sistem kaynak gerilimine yükseltilmesine olanak sağlar. Soft starter motorun devreye girmesi sırasında şebeke voltajını, %30 değerinden başlayarak %100 değerine kadar, kontrol ederek motora uygular. Motorun devreden çıkarılması durumunda şebeke voltajını %100 değerinden %30 değerine kadar kontrol ederek şebekeden ayrılmasını sağlar.



Şekil 1.11 Soft-Starter İle Yolverme Bağlantı Şeması

*Yumuşak Yol Vericilerin sağladığı temel avantajlar şunlardır:*

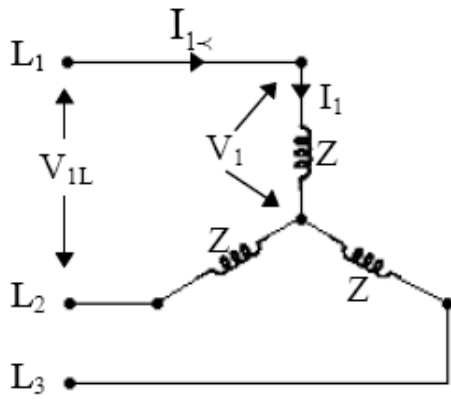
1. Kalkış süresince akım ve momentin esnek ve basit kontrol edilebilmesi
2. Gerilim ve akımın kademesiz ve ani değişimlere maruz kalmadan değişiminin sağlanması
3. Sık yol vermeye uygun olması
4. Değişken kalkış koşullarında çalışabilmesi
5. Yumuşak Duruş özelliğinin de kullanımı ile motor duruş süresinin kontrol edilmesi
6. Frenleme özelliği ile motor duruş süresinin kısaltılabilmesi

*Yumuşak Yol Vericiler dört şekilde sınıflandırılabilir:*

- Moment Kontrolörleri (Torque Controllers)
- Açık Çevrimli Gerilim Kontrolörleri
- Kapalı Çevrimli Gerilim Kontrolörleri
- Kapalı Çevrimli Akım Kontrolörleri

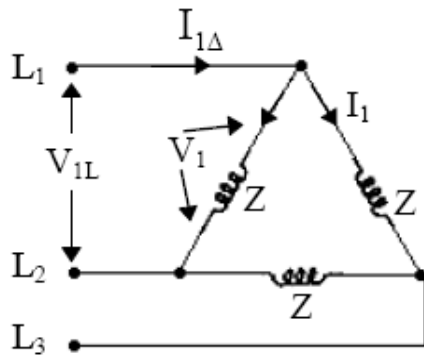
**f) Yıldız-Üçgen Yolverme:**

Yıldız ve üçgen durumları için makinenin şebekeden çekeceği akımları inceleyecek olursak;



$$I_1 = \frac{V_1}{Z} = \frac{V_{1L}/\sqrt{3}}{Z} \quad I_{\gamma} = I_1$$

$$I_{\gamma} = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3} \cdot Z}$$



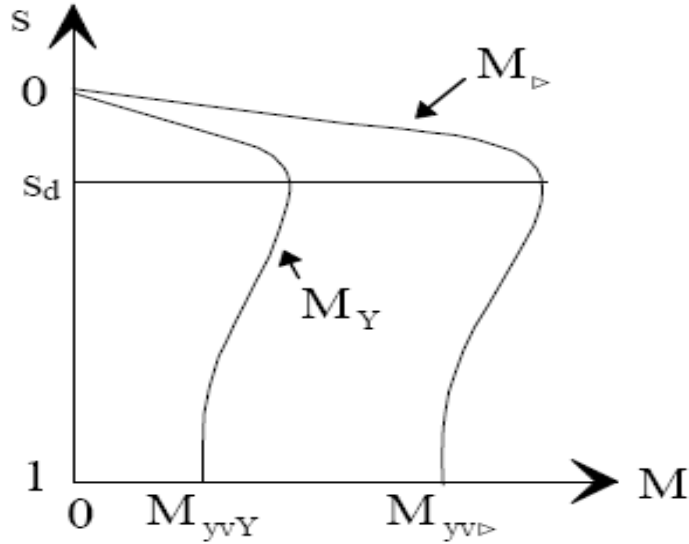
$$I_1 = \frac{V_1}{Z} = \frac{V_{1L}}{Z} \quad I_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_1$$

$$I_{\Delta} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{1L}}{Z}$$

$$\frac{I_{\Delta}}{I_{\gamma}} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{1L}}{Z} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot Z}{V_{1L}}$$

$$I_{\Delta} = 3 \cdot I_{\gamma}$$

Sonuç olarak yıldız bağlantıda hattan çekilen akım üçgen bağlantıya göre üçte bir oranında daha azdır. Bu oran yıldız-üçgen yol verme yöntemini orta güçlü makineler için tatmin edici kılar. Fakat akımın üçte bir oranda düşmesi ile momentte üçte bir oranda düşer. Yıldız-üçgen yol verme yönteminde dış karakteristik Şekil 1.12'deki gibi değişir;

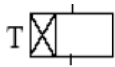


Şekil 1.12 Dış Karakteristik Değişimi

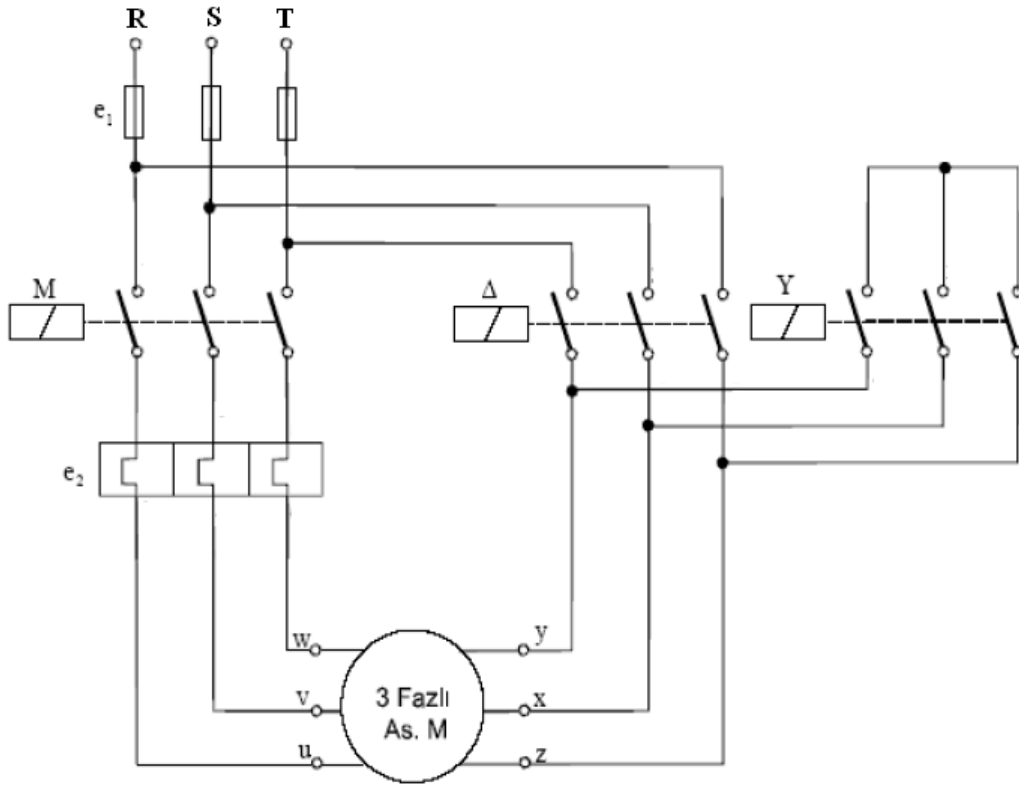
Bu tip yol vermede ya yıldız-üçgen şalteri ya da kontaktörlü kumanda devreleri kullanılır. Endüstride çok sık kullanılan kontaktörlü kumanda devresinin bağlantı şekli şöyledir:

$e_0$ : kumanda devresi sigortası

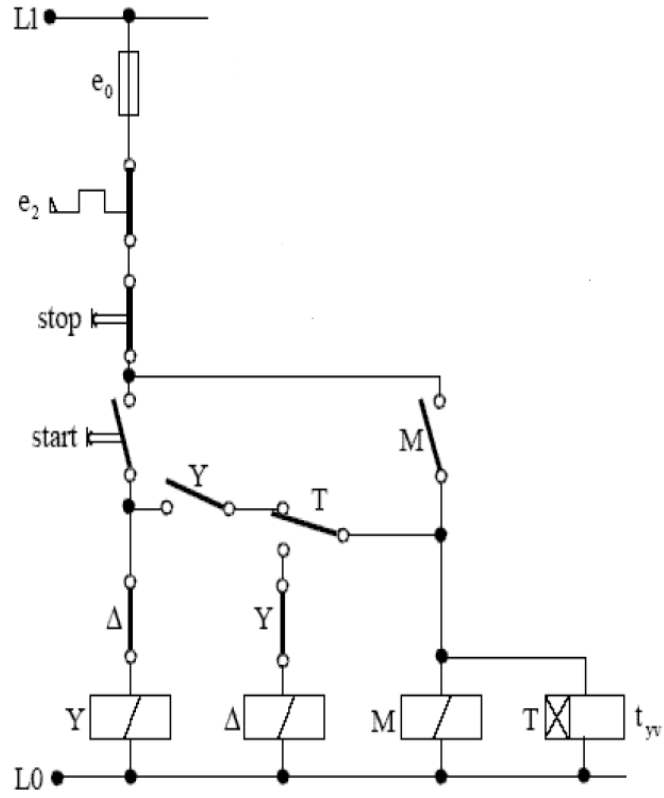
$e_2$ : termik röle



: zaman rölesi olup bobinine gerilim uygulandığında belirli bir süre sonra devre üzerindeki bütün kontakları konum değiştirir.

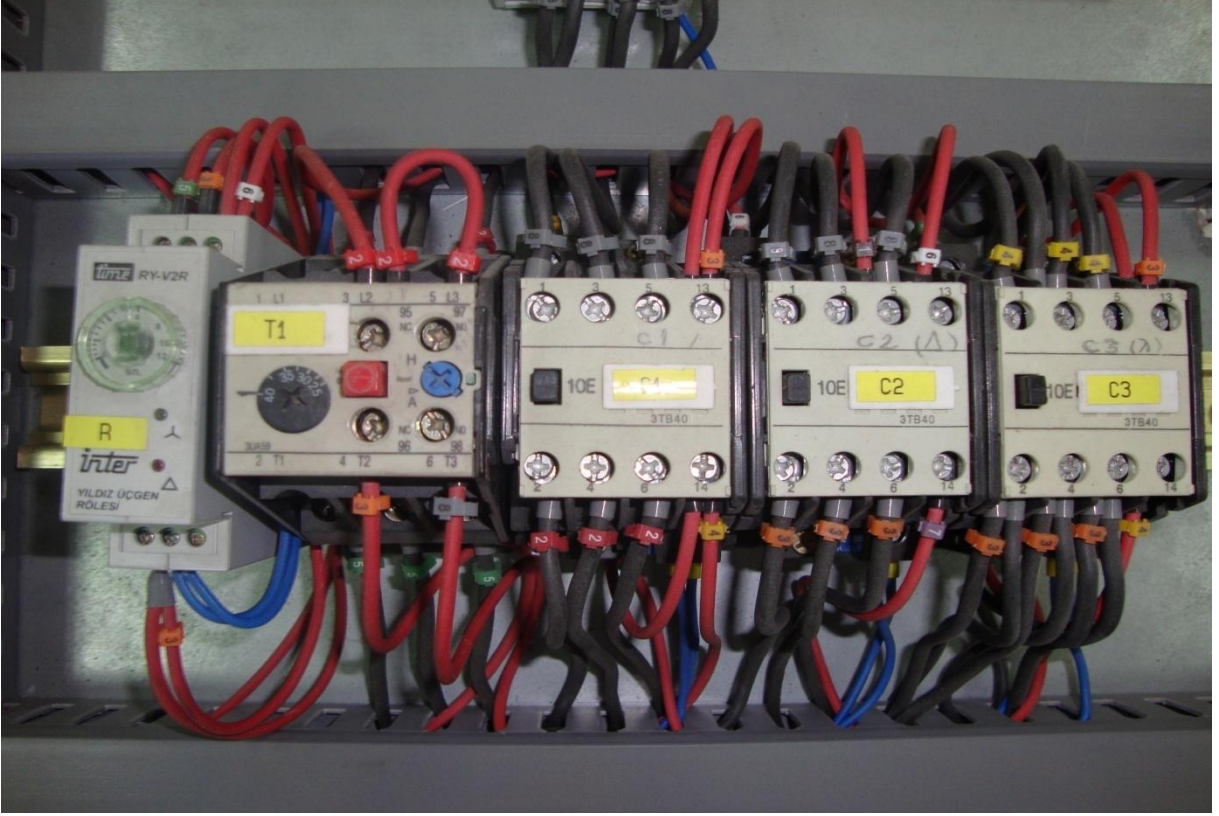


Şekil 1.13 Yıldız Üçgen Yolverme Bağlantı Şeması



Şekil 1.14 Yıldız Üçgen Yolverme Kumanda Devresi

Şekil 1.14 ile verilen devrede motor ilk önce yıldız sonra üçgen çalışmaya başlar. Yıldız çalışmada M ve Y kontaktörleri, üçgen çalışmada ise M ve  $\Delta$  kontaktörleri devreye girer.



Şekil 1.15 Mekanik Elemanlarla Gerçekleştirilen Yıldız Üçgen Yol verme Devresi

Kontaktörler elektromekanik elemanlar oldukları için mekanik arıza, gürültü ve maliyet fazlalığı kaçınılmazdır. Ayrıca kontaktörler anahtarlama sırasında ark oluşturur. Zamanla kontaklarda aşınmalar ve kararmalar gözlenir. Bu aşınma ve kararmalar kontakların iletkenlik yeteneğinin kaybolmasına neden olur.

## 2. KULLANILAN MALZEME VE YÖNTEM

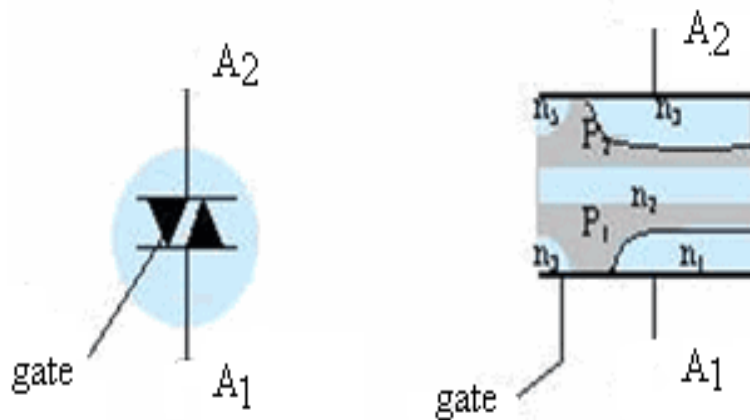
### 2.1 Triyak

Bir alternatif akım anahtarı olan triyak (triac) İngilizce Triode Alternating Current (üç elektrotlu alternatif akım elemanı) kelimelerinden türetilmiştir. Tristörlerden farklı olarak iki yönde de akım geçirirler. Ayrıca hem pozitif hem de negatif gate sinyalleri ile tetiklenme özelliğine sahiptirler. Bu özellik triyağın hem alternatif akımla hem de doğru akımla tetiklenebilmesine olanak verir.

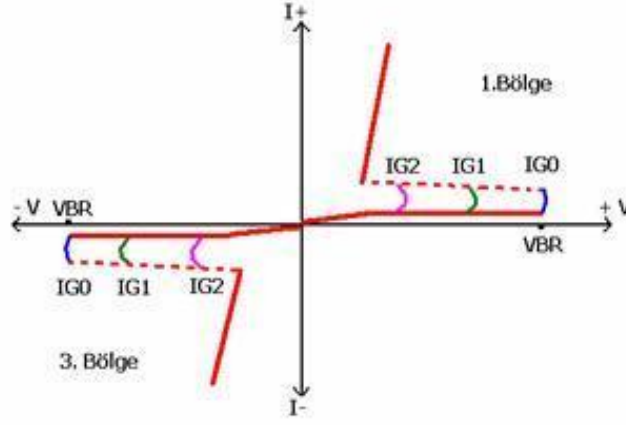
Bu çalışmada triyak alternatif akım ile tetiklenmiştir. Triyak alternatif akım ile tetiklenirken; gate ucuna hiçbir gerilim uygulanmazsa triyak her iki alternansta da yalıtkandır. Gerilimin hemen hemen hepsi triyak uçlarında düşer. Motorun enerjilenme zaman aralıklarını, tetikleme palslarının zaman aralıkları belirler. Bu yüzden her iki alternansta da gate akımı akıncaya kadar motor kontrolü yapılamaz. Gate akımı başladığı alternanslarda triyak iletken olur. Bu iletkenlik o alternansların bitimine kadar devam eder.

#### 2.1.1 Triyağın Yapısı

Triyak kristal yapı içerisinde iki tane PN PN bileşiminin birbirine zıt olarak yerleştirilmesinden meydana gelmiştir. Triyak anot katot terimleri yerine  $A_1$  –  $A_2$  terimleri kullanılır. Üçüncü uç gate ise küçük akımlarla triyağın tetiklenmesini sağlayan kontrol ucudur. Triyak yük akımı devresini  $A_1$ - $A_2$  terminallerinden tamamlar. Bu nedenle yük akımını taşıyan bu iki uca esas devre terminalleri denir.



Şekil 2.1 Triyağın Sembölü ve İç Yapısı

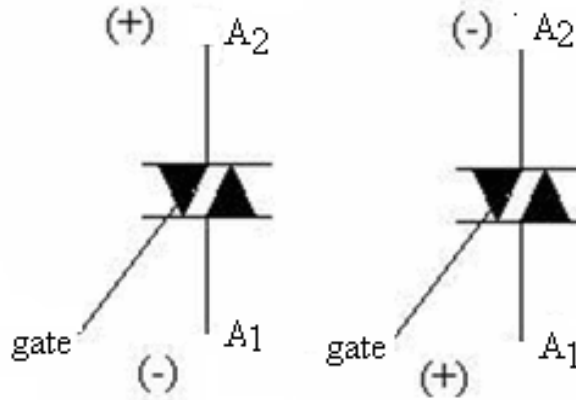


Şekil 2.2 Triyağın Karakteristik Eğrisi

Triyak simetrik çalışmayı sağlamak için birbirlerine ters paralel bağlı iki tristöre eşdeğerdir. Pozitif alternansta biri, negatif alternansta diğeri iletken olur. Triyağın her iki alternansta kontrolünü istiyorsak triyağın gate ucunun, her alternansta tekrar tetiklenmesi gerekir. Tetikleme olayı sırasında dikkat edilmesi gereken husus şudur:

Gate ucuna:

- A1 (-), A2 (+)
- A1 (+), A2 (-) şeklinde bir polarma yapılması gerekir.



Şekil 2.3 Triyağın Kutuplanması



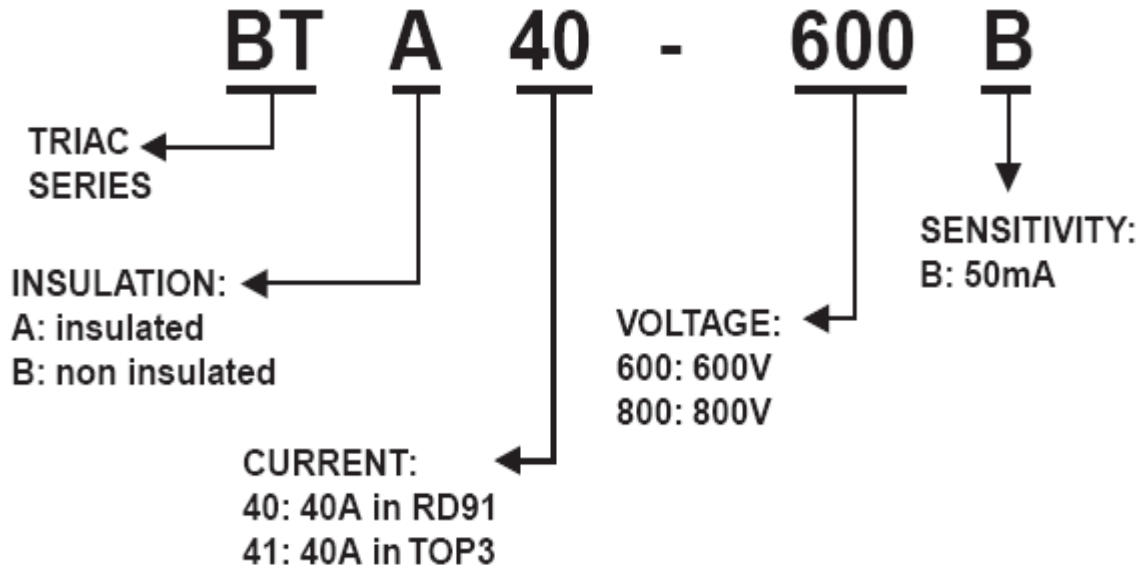
## 2.1.2 Triyağın Diğer Anahtarlama Elemanlarına Göre Üstünlükleri

Triyaklar, mekanik ve elektromanyetik anahtarlara göre daha ekonomik ve hatasız alternatif akım güç kontrolü sağlarlar. Bu bakımdan pek çok üstünlükleri vardır:

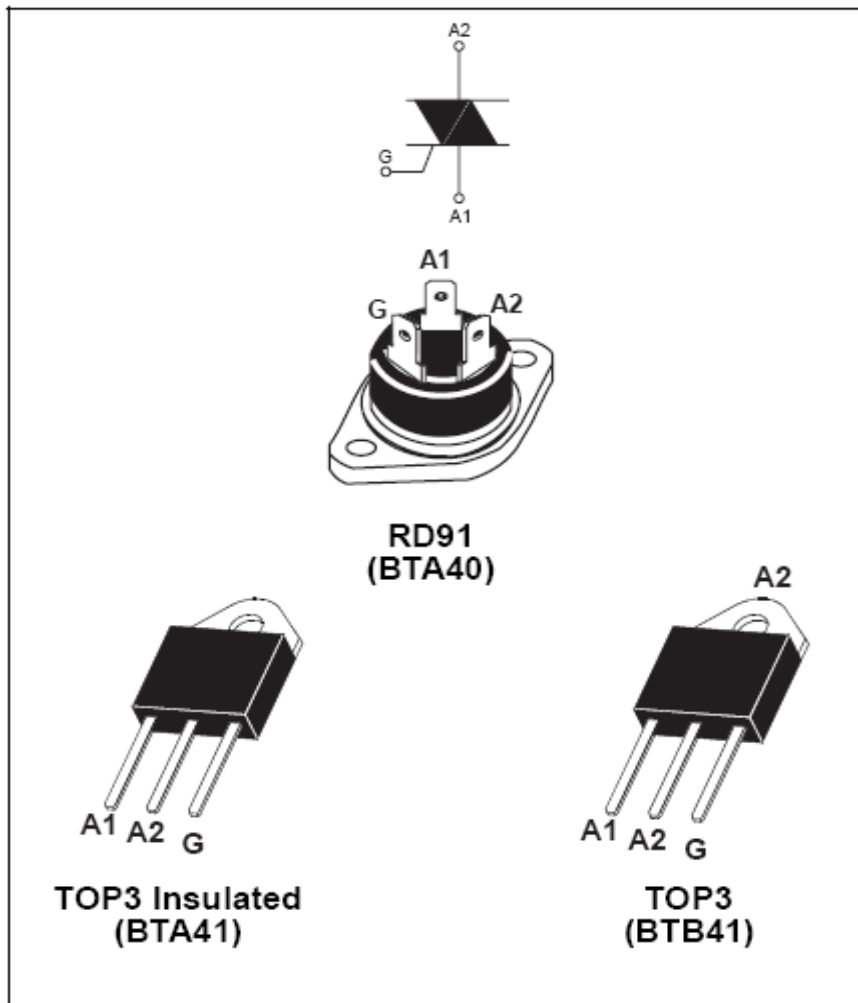
- Triyakların anahtarlama işlemi rölelere göre çok hızlıdır.
- Açma kapama işlemleri sırasında elektrik arki oluşturmaz.
- Triyak ile alternatif akımda minimum ile maksimum arasında güç kontrolü yapılabilir.
- Triyağın 220 V altında 10 A gibi yüksek akım geçirirken uçlarında bulunan gerilim 1,5 V dolayındadır. Bu anda triyak üzerinde harcanan güç 15 W dolayında iken yük üzerinde harcanan güç,  $220 \times 10 = 2.2 \text{ Kw}$ 'dır. Triyak üzerinde harcanan bu gücün yaratacağı ısı uygun bir soğutucu dağıtılabilir. Triyak bu özelliğinden dolayı iyi bir güç anahtarıdır.
- Triyak ile büyük akımların küçük akımlarla kontrolü yapılabildiği gibi alternatif akımların doğru akımlarla kontrolü yapılabilir.
- Triyağın iletkenliği yani yükte harcanan güç, gate ucuna uygulanan pals sinyalleri ile kontrol edilebilir.
- Günümüzde çok yüksek akım ve gerilimlerde çalışabilen triyaklar vardır.

## 2.1.3 BTA40-600B

Bu çalışmada anahtarlama elemanı olarak BTA/BTB40-41 triyak serisi kullanılmıştır. BTA/BTB40-41 triyak serisi alternatif akım güç anahtarlama için tasarlanmıştır. Statik rölelerde, ısıtma sistemlerinde, asenkron motor sürücülerinde ve yumuşak yolvericilerde oldukça sık kullanılır. Bu triyaklar  $40 A_{\text{rms}}$  değerine kadar çalışabilir. Çalışma gerilimi 600V, tetikleme akımı ise bilgi sayfasında 50mA olarak belirtilmiştir. Triyağın ismi triyağın çalışma koşulları ile ilgili bilgi verir.



BTA/BTB40-41 serisinin üç farklı kılıfı mevcuttur:



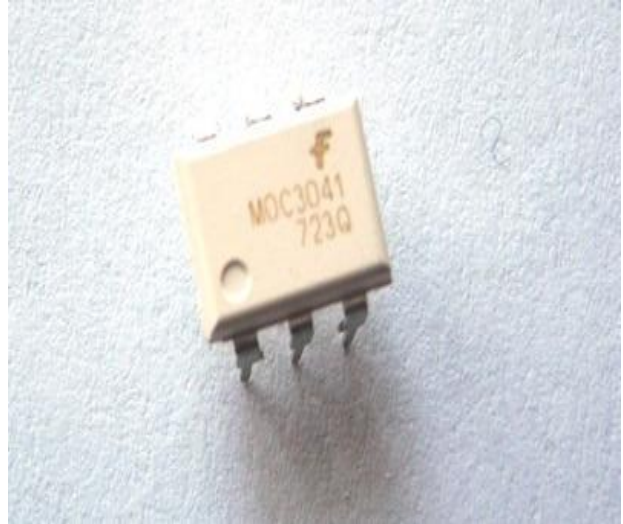
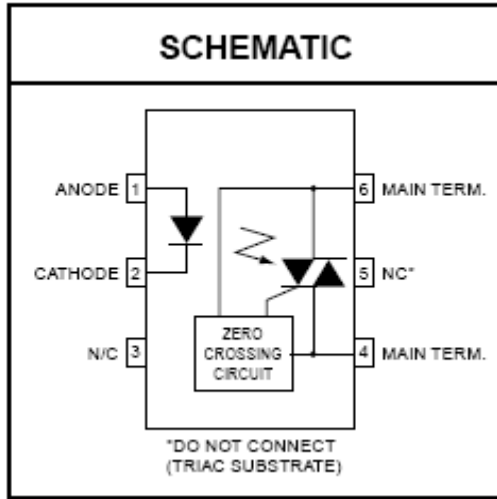
Şekil 2.4 Değişik Tipte Triyak Kılıfları

## 2.2 Triyak Sürücü Çıkışlı Optikizolatör

Bu çalışmada mikrodenetleyici çıkışlarını şebekeden yalıtım için triyak sürücü çıkışlı optik izolatör olan MOC3041 elemanı kullanılmıştır. Optik izolatörün triyak çıkışlı olmasının nedeni; triyağı alternatif akım ile tetiklenmesidir. Transistor çıkışlı bir optikizolatör kullanıldığında triyağı doğru akım ile tetiklemek gerekir.

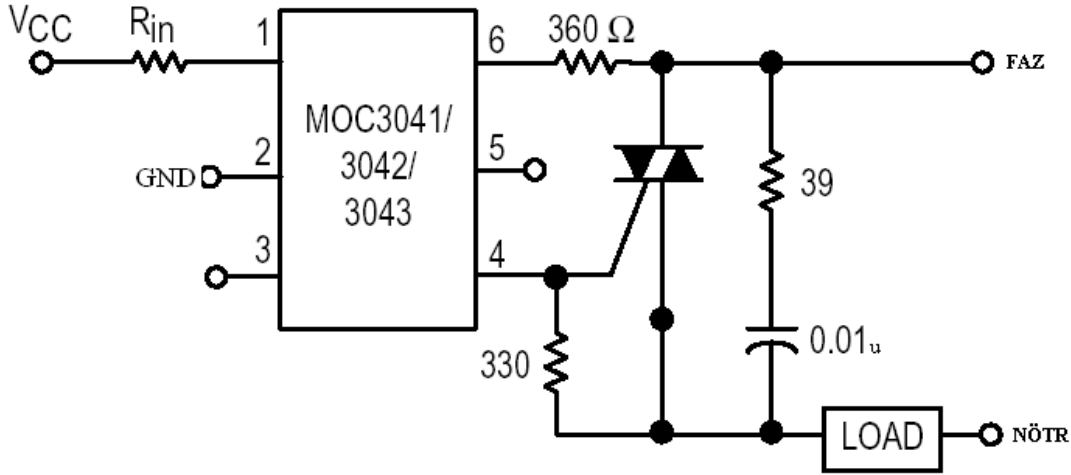
MOC3041 AlGaAs'ten yapılmış bir infrared led içerir. Ayrıca triyak çıkışında sıfır geçiş özelliği için monolitik silikon detektör kullanılmıştır. Sıfır geçiş özelliği bulunan triyaklarda, şebekenin sıfır geçişlerinde triyak tekrar tetiklenir. Yani şebeke geriliminin anlık değeri sıfır iken triyağın hala iletimde olmasını sağlar. Triyak çıkışını ilettime geçirmek için led girişine 15mA uygulamak yeterli olmaktadır.

MOC3041 7500 volta kadar yalıtım sağlar. Ayrıca geniş bir sıcaklık aralığında çalışabildiği için endüstri koşullarına da uygundur. MOC3041 selenoid valflerde, anahtarlamalı güç kaynaklarında, sıcaklık ve ışık kontrolünde, elektromanyetik rölelerde, solildstate rölelerde, motor yolvericilerinde ve motor sürücülerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.



Şekil 2.5 MOC3041 Optikizolatörünün Şeması ve Üstten Görünümü

MOC3041 için faz sürme devresi şekil 2.6'da verilmektedir.



Şekil 2.6 MOC3041 için Faz Sürme Devresi

Faz sürme devresinde triyağın gate sinyali kesildiğinde hemen yalıtıma geçmesi için  $39\Omega$  ile  $0.01\mu F$ 'lık kondansatör kullanılmalıdır.

### 2.3 Mikrodenetleyici

Bir bilgisayar içinde olması gereken RAM ve I/O ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimine mikrodenetleyici adı verilmektedir. Günümüzde en basit elektronik saatlerden otomatik çamaşır makinelerine, robotlardan fotoğraf makinelerine, LCD monitörlerden biyomedikal cihazlara ve endüstriyel otomasyondan elektronik bilet uygulamalarına kadar pek çok elektronik uygulamada mikrodenetleyiciler kullanım alanı bulmuşlardır.

Mikrodenetleyiciler mikroişlemcilerle göre daha yaygın kullanım alanına sahiptir. Bunun başlıca nedeni; mikroişlemci ile kontrol edilecek bir sistemin ayrıca CPU, RAM, I/O ve bu ünitelerin arasında veri akışını sağlayacak veri yollarının kurulması gerekir. Mikrodenetleyici bütün bu sistemi üzerinde bulundurduğundan dolayı kullanımı mikroişlemciye göre daha basittir. Ayrıca mikrodenetleyiciler düşük maliyet, düşük enerji sarfıyatı, düşük hacim ve geliştirme kolaylığından dolayı daha çok tercih edilmektedir.

Günümüzde mikrodenetleyici üreten pek çok firma bulunmaktadır. Texas Instruments, Atmel, Microchip bu firmalardan sadece birkaçıdır. Bu firmalar ürettikleri

mikrodenetleyicileri birbirinden ayırmak için denetleyicinin özelliklerine göre isim vermişlerdir. Dünyanın mikrodenetleyici üretiminde söz sahibi olan Microchip firması ürettiği mikrodenetleyicilere PIC adını vermiştir. PIC'ler RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisine göre tasarlanmıştır. RISC mimaride; komut sayısı az, komutların bellekte kapladığı alanlar aynı ve komutların çalışma süreleri aynıdır.

PIC ailesi RAM belleği bakımından 8 bit, 16 bit ve 32 bit olmak üzere üç farklı gruba ayrılır. Çekirdek yapısı bakımından ise 12 bit, 14 bit, 16 bit ve geliştirilmiş 16 bit olmak üzere dört grupta incelenir.

12-bit çekirdek yapısı (33 komut): PIC 12C508, PIC 16C55...

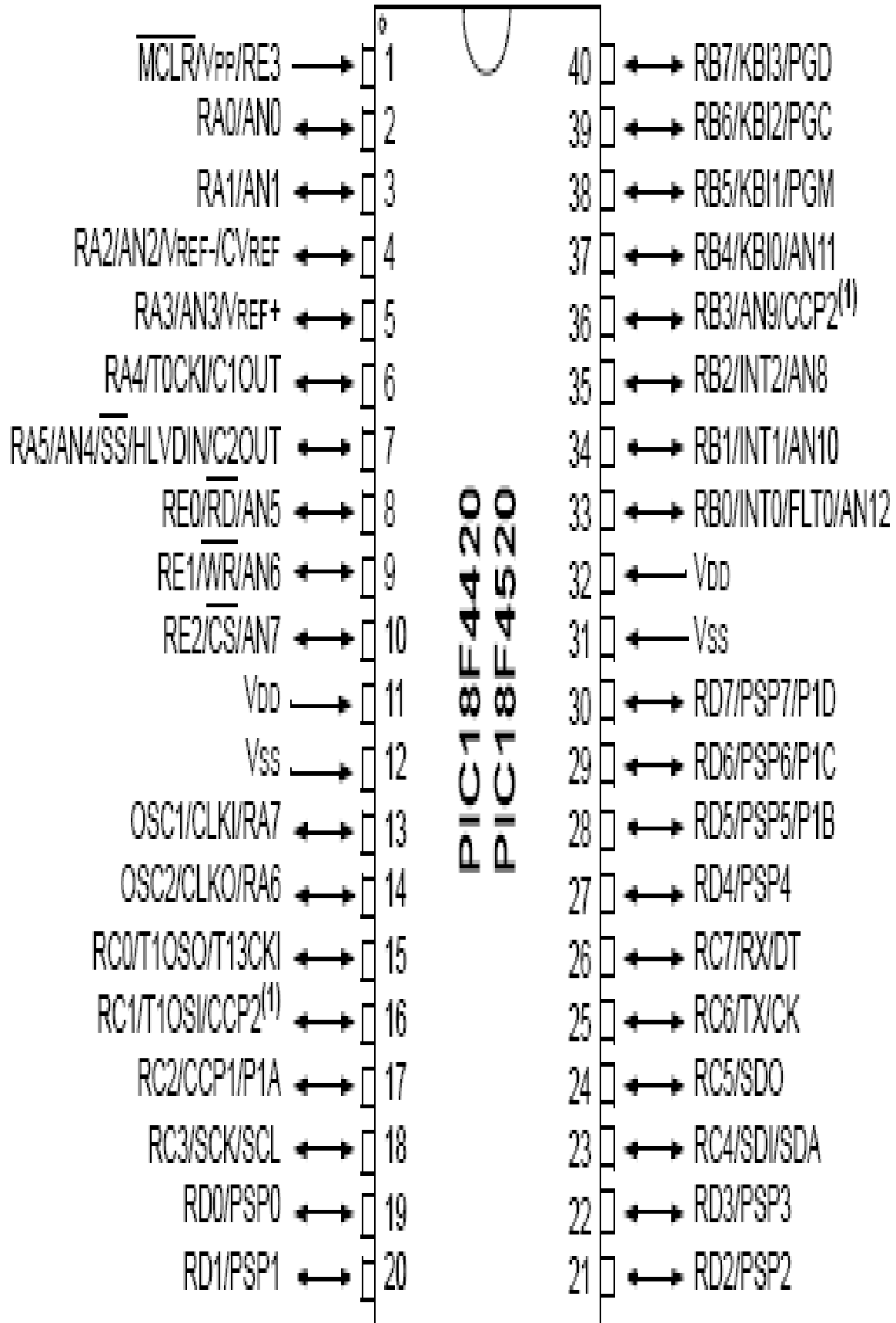
14-bit çekirdek yapısı (35 komut): PIC 12F629, PIC 16F84...

16-bit çekirdek yapısı (58 komut): PIC 17C44, PIC17C756...

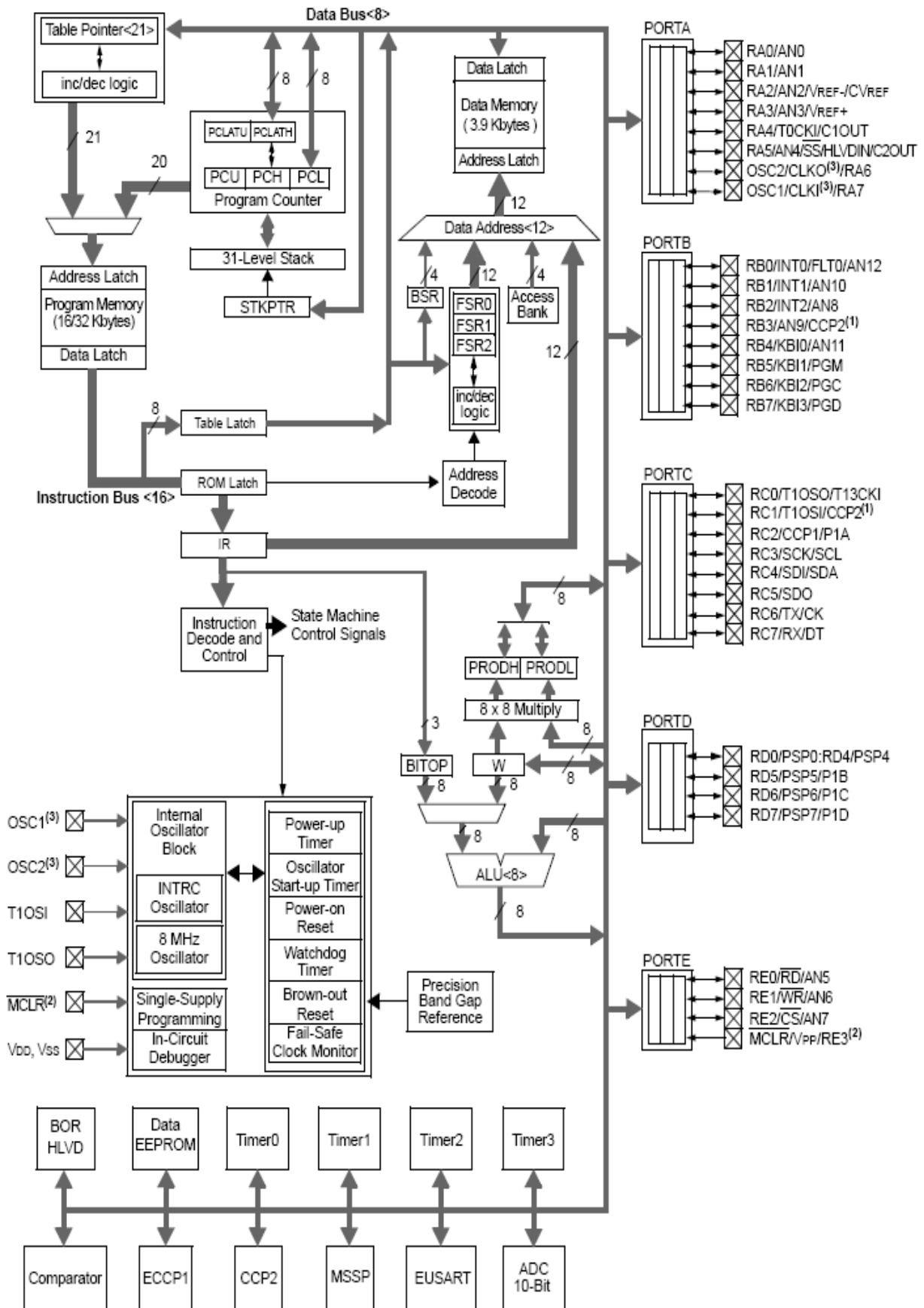
Geliştirilmiş 16-bit çekirdek yapısı (79 komut): PIC 18F452, PIC 18F2550...

Bu çalışmada geliştirilmiş 16 bit PIC ailesinden olan 18F4520 mikrodenetleyicisi kullanıldı. 18F4520 mikrodenetleyicisinin genel özellikleri şunlardır:

- Çalışma frekansı 40 MHz
- Program hafızası 32768 Byte
- Veri hafızası 1536 Byte
- EEPROM (Elektriksel Olarak Silinip Programlanabilen Hafıza) 256 Byte
- 20 tane kesme kaynağı
- A, B, C, D, E olmak üzere beş adet giriş ve çıkış birimi
- Dört adet zamanlayıcı, bir adet capture/compare/PWM modülü ve bir adet geliştirilmiş capture/compare/PWM modülü
- MSSP ve geliştirilmiş USART seri haberleşme modülü
- 10-bit Analog Dijital Çevirici modülü
- Programlanabilir alçak/yüksek gerilim tespiti
- Power On Reset, Brown Out Reset, Power Up Timer, Osilatör Start Up Timer, MCLR, Watch Dog Timer



Şekil 2.7 PIC 18F4520'nin Pin Diyagramı



Şekil 2.8 PIC 18F4520'nin Pin Blok Diyagramı

## 2.4 FH2 Mk1V Deney Seti

Yapılan çalışmayı test etmek için TQ Education and Training Ltd. firmasının FH2 Mk1V deney seti kullanıldı. Bu deney seti step motor (FH150), sargılı kutuplu fırçalı DC motor (FH50), sincap kafesli endüksiyon motoru (FH90) gibi farklı tiplerdeki düşük güçlü elektrik makinelerinin test edilmesi için tasarlanmıştır. Düşük güçteki bu makineleri test ederken set üzerindeki sol bölmeye tahrik makinesi, sağ bölmeye ise testi yapılacak makine monte edilecektir. Orta bölmeye ise setin sabit donanımı olan ve deney süresince moment ve devir sayısı bilgilerini paneldeki göstergelere aktarmaya yarayan dinamometre ve takometre bulunmaktadır. Ayrıca bu setin dâhili DC, tek fazlı ve çok fazlı güç kaynağı mevcuttur. Güç kaynağının yanı sıra test ünitesinin yanında bir adet üç fazlı invertör bulunmaktadır. Bu invertör sayesinde şebeke geriliminin frekansı kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Set üzerindeki dâhili üç fazlı beslemede şebekeden farklı olarak hat gerilimleri 220 voltur. Test ünitesinde test edilen makineye ait devir sayısı, moment gibi birtakım ölçülen değerler hem test ünitesi üzerinde bulunan göstergelerde hem de bilgisayar bağlantısı ile bilgisayar üzerinden görüntülenebilmektedir.



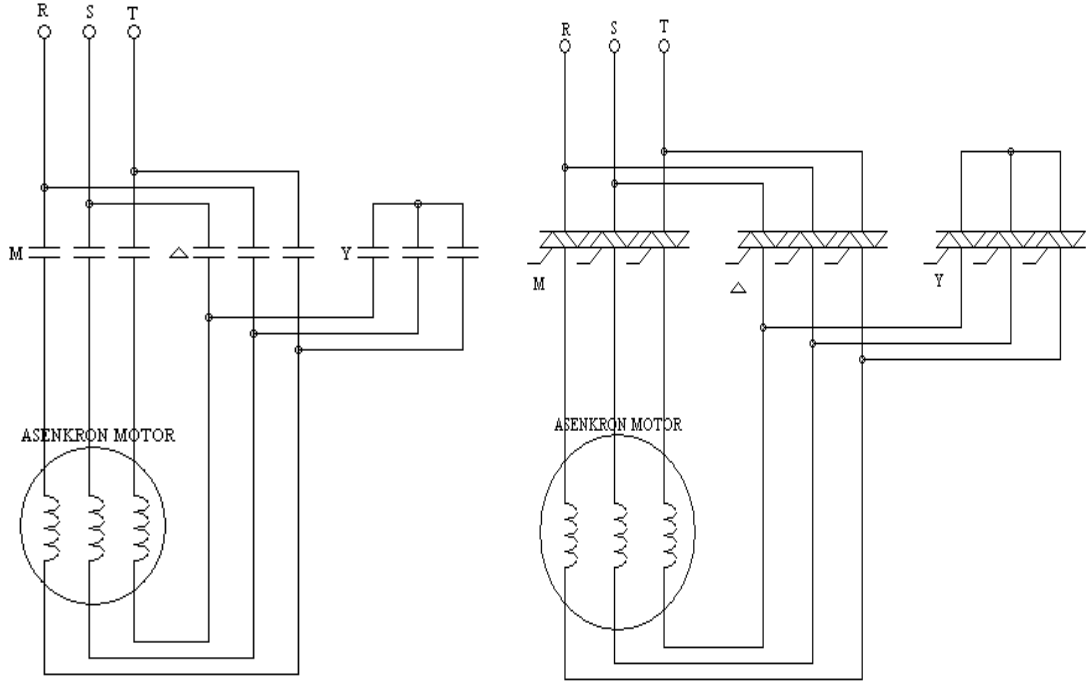
Şekil 2.9 FH2 Mk1V Deney Seti



### 3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

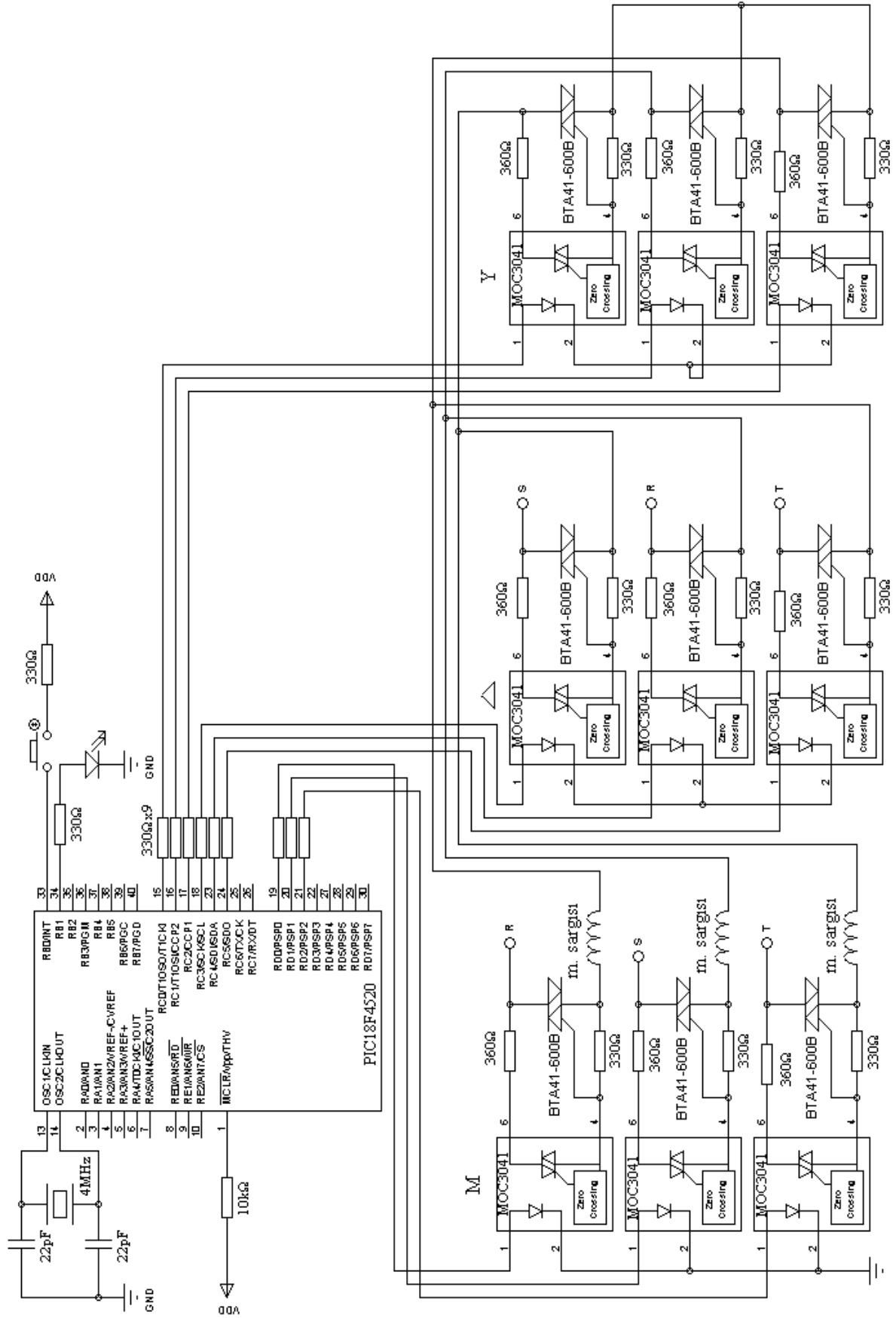
#### 3.1 Mikrodenetleyici Tabanlı Yıldız Üçgen Yolverme Devresinin Kurulumu

Yıldız üçgen yolverme yönteminde asenkron motor sargıları ilk olarak yıldız bağlanır. Motorun gücüne göre belirlenen bir süre motor yıldız bağlantıda çalıştıktan sonra motor sargıları üçgen bağlanır.



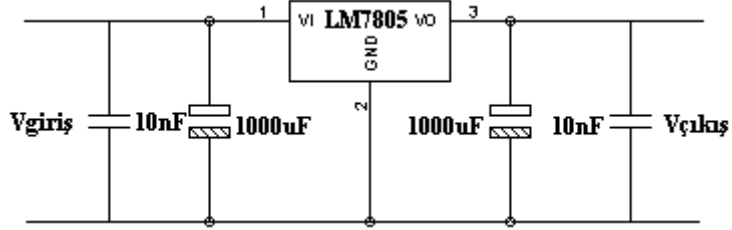
Şekil 3.1 Asenkron Motorun Yıldız Üçgen Yol verilmesine Ait Kontaktörlerle ve Triyaklarla Kurulan Güç Devresi

Şekil 3.1’de verilen güç devresi şemasında ilk olarak M ve Y kontaktörü enerjilenir. Belirlenen süre motor yıldız bağlı çalıştıktan sonra Y kontaktörünün enerjisi kesilir, Δ kontaktörü enerjilenir. Bu çalışmada anahtarlama elemanı olarak kontaktörlerin yerine avantajlarından dolayı triyaklar kullanıldı. Kontaktörlerin her biri üç adet triyak kullanılarak modellendi. Bu güç devresinde ise ilk olarak M ve Y triyakları iletimde olacaktır. Motor sargılarını üçgen bağlı konuma geçirmek için ise M ve Δ triyakları iletimde olacaktır. Mikrodenetleyici tabanlı asenkron motor yıldız üçgen yol verme devresinin şeması şekil 3.2’de verilmiştir.



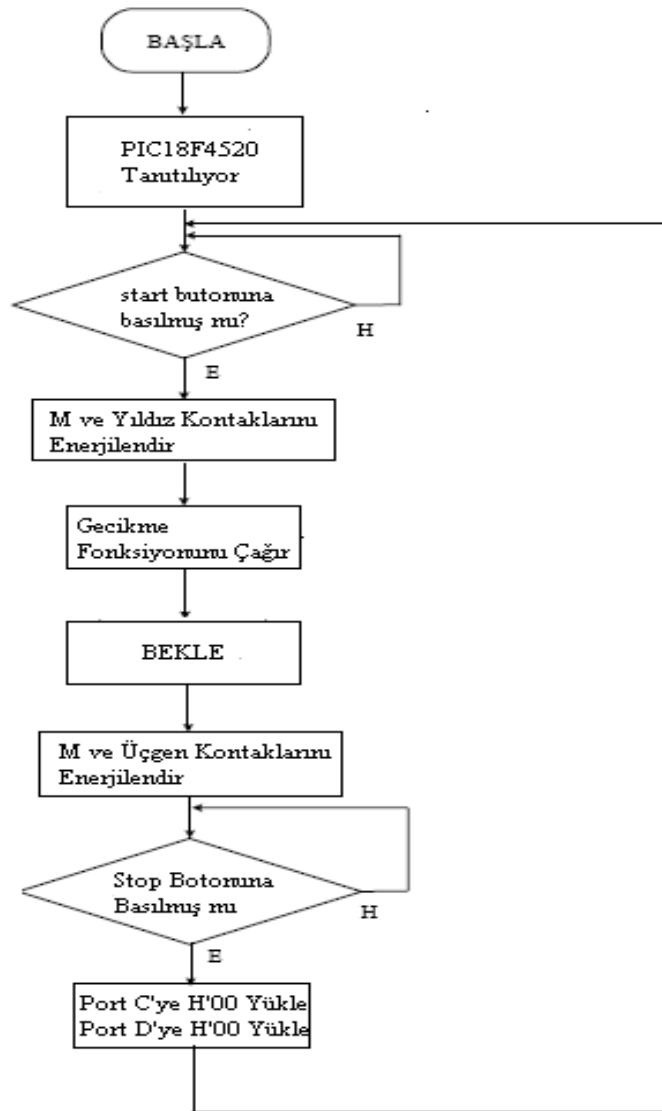
Şekil 3.2 Mikrodenetleyici Tabanlı Yıldız Üçgen Yolverme Devresinin Prensi Şeması

Şekil 3.2’de verilen uygulama devresinde kullanılan mikrodenetleyicinin besleme gerilimi 5 voltur. Bu gerilim değerini elde etmek için 5 volt gerilim regülâtörü olan LM7805 elemanı kullanılmıştır. Regülâtör devresine ilişkin devre şeması şekil 3.3’te verilmiştir.

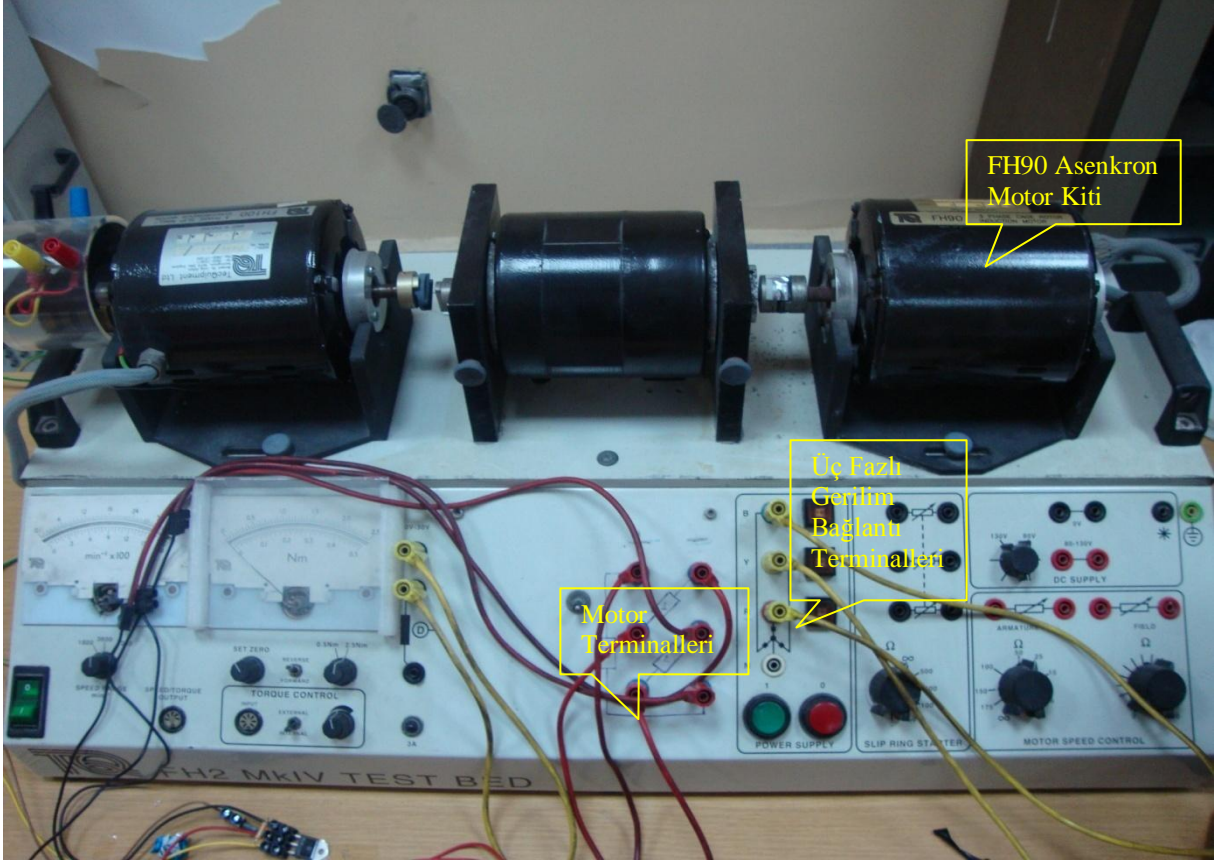


Şekil 3.3 Mikrodenetleyiciye Ait Güç Besleme Ünitesi

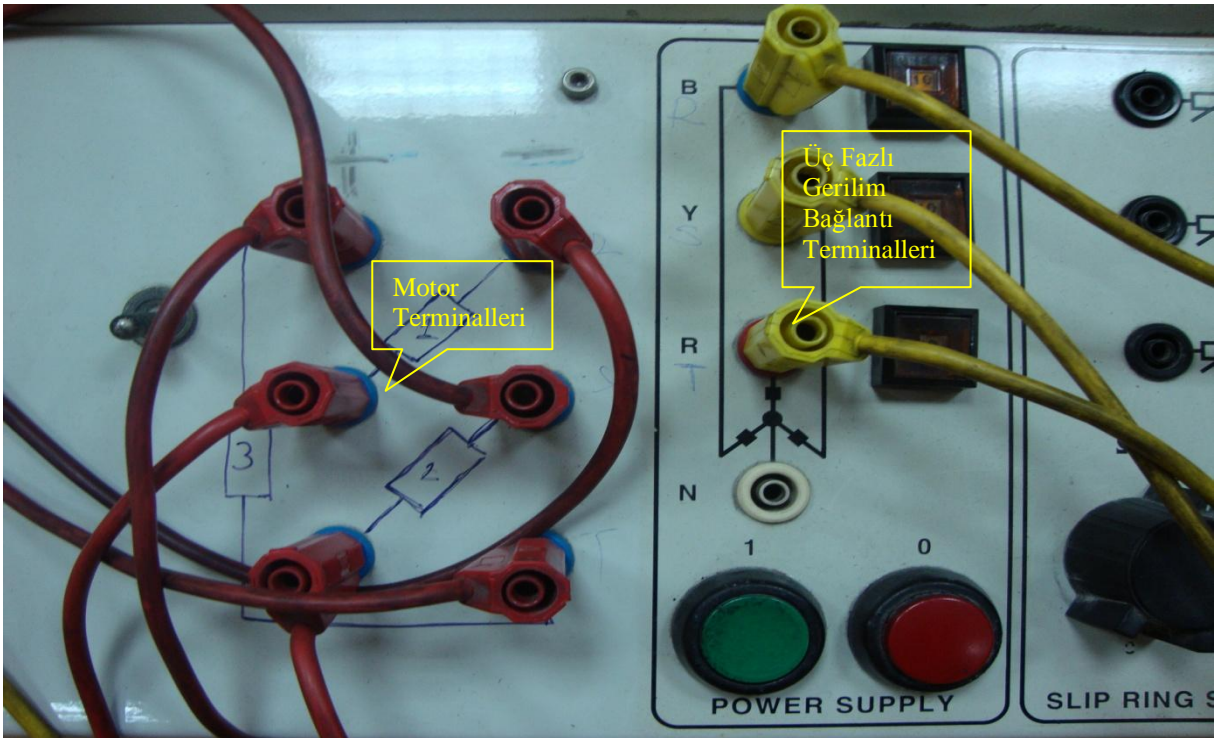
Yıldız üçgen yol verme test devresine ilişkin algoritma şekil 3.4’te verilmiştir.



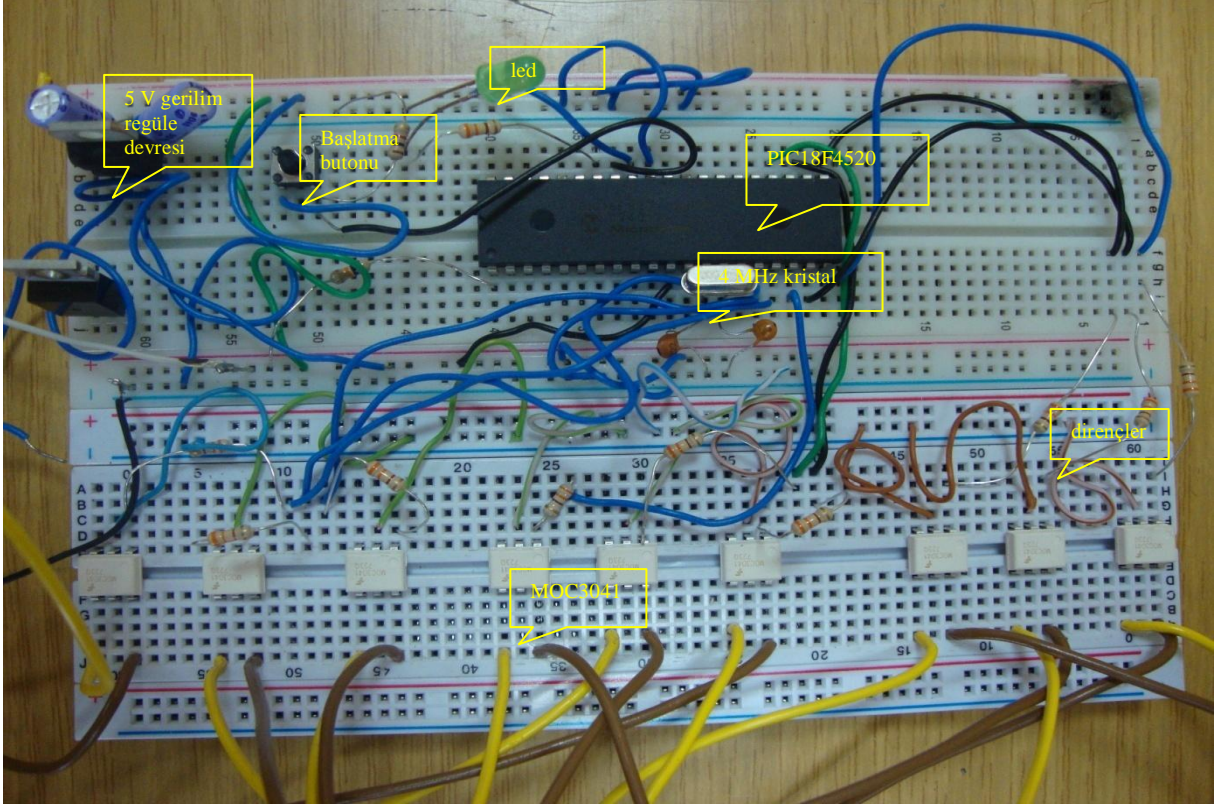
Şekil 3.4 Mikrodenetleyici Tabanlı Yıldız Üçgen Yol Verme Devresinin Temel Algoritması



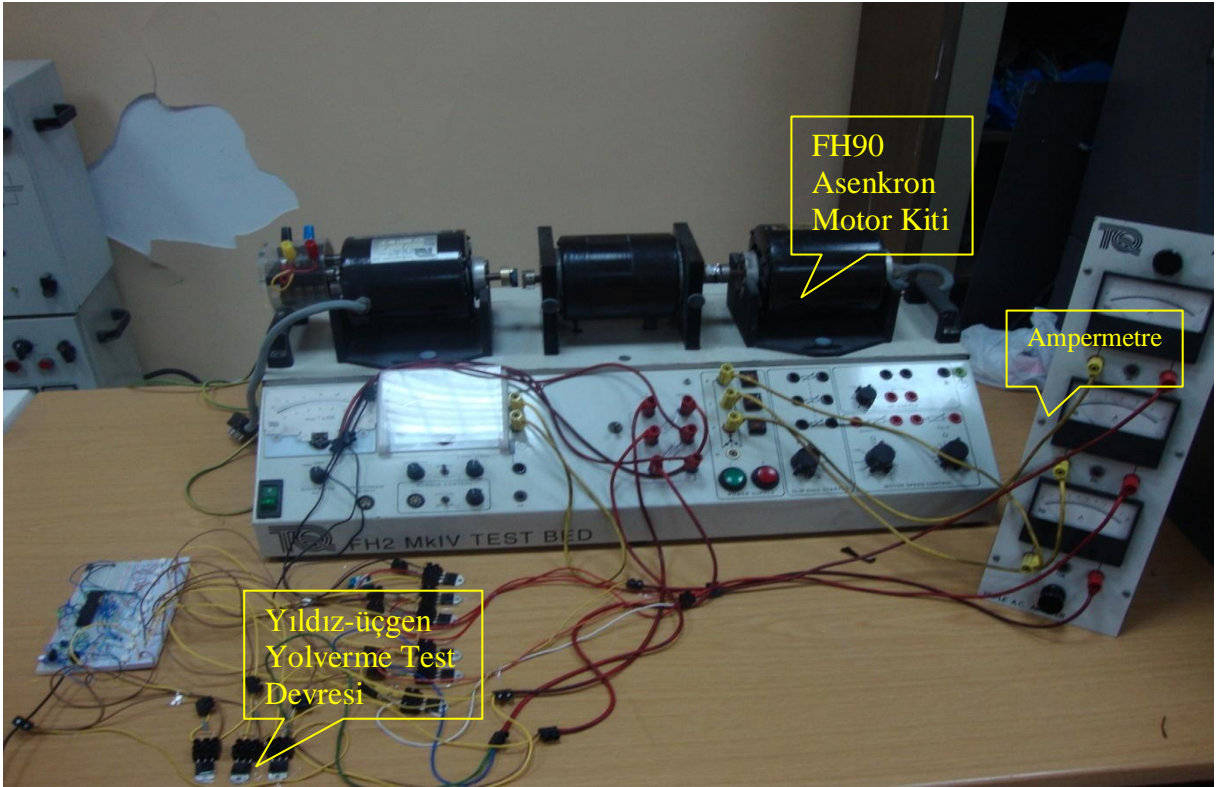
Şekil 3.5 FH2-Mk1V Denei Seti



Şekil 3.6 FH2-Mk1V Denei Seti ve Yıldız Üçgen Yol verme Devresine İlişkin Bağlantılar



Şekil 3.7 Mikrodenetleyici ve Triyak Sürücü Çıkışlı Optokuplörlerin Breadboard Üzerinde Kurulumu

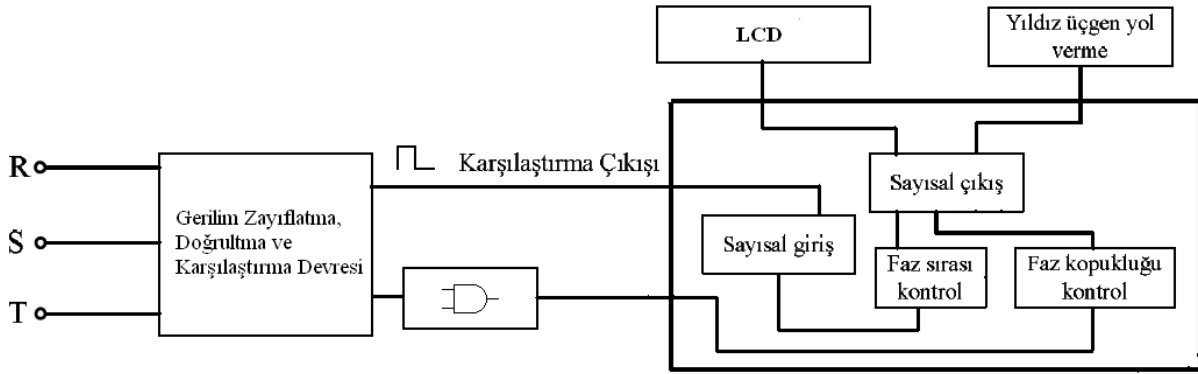


Şekil 3.8 Mikrodenetleyici Tabanlı Yıldız Üçgen Yol verme Test Devresi ve Deney Seti Genel Görünümü

### 3.2 Mikrodenetleyici Tabanlı Faz Sırası Kontrol Rölesi Devresinin Kurulumu

Asenkron motorlar endüstride çok fazla kullanıldığından dolayı üretimde sürekliliği sağlamak ve motorun tahrip olmasını önlemek amacıyla kumanda devrelerinde motor koruma elemanları da bulunmalıdır. Asenkron motor; rotor sıkışması, iki fazda kalma, motor miline bağlanan aşırı yük gibi birçok nedenden dolayı şebekeden aşırı akım çekilmesine neden olur. Çekilen aşırı akım stator sargılarını ısı artışı meydana getirir. Bu akım zamanında kesilmezse de motor sargılarının tahrip olmasına neden olur.

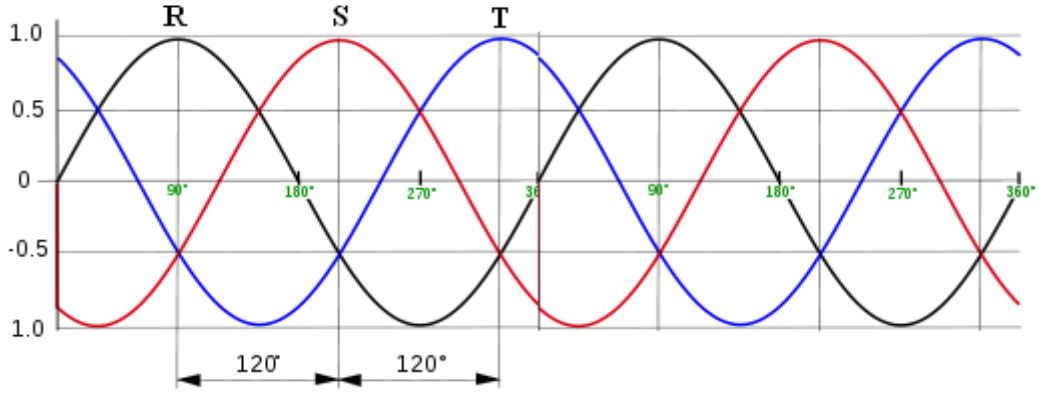
Endüstride kullanılan koruma röleleri direkt olarak asenkron motora bağlanamaz. Koruma rölelerine seri bağlı kontaktörler de kullanılmalıdır. Sistemdeki bu kontaktörler mekanik eleman oldukları için yapacağı açma ve kapama sayısı belirlidir. Triyaklar ve mikrodenetleyici kullanarak sistem mekanik elemanlardan arındırılmıştır. Asenkron motor terminallerine bağlı olan fazların faz sıraları ve fazlardaki meydana gelen herhangi bir arıza mikrodenetleyici tarafından tespit edilmiştir. Meydana gelen arızalar sırasındaki hata mesajları sıvı kristal göstergeye (LCD) yazdırılarak kullanıcı bu arızalar konusunda bilgilendirilmiştir. Aşağıda geliştirilen devrenin blok diyagramı verilmiştir;



Şekil 3.9 Mikrodenetleyici Tabanlı Faz Sırası Koruma Rölesinin Blok Diyagramı

#### 3.2.1 Gerilim Zayıflatma, Doğrultma ve Karşılaştırma Devresi

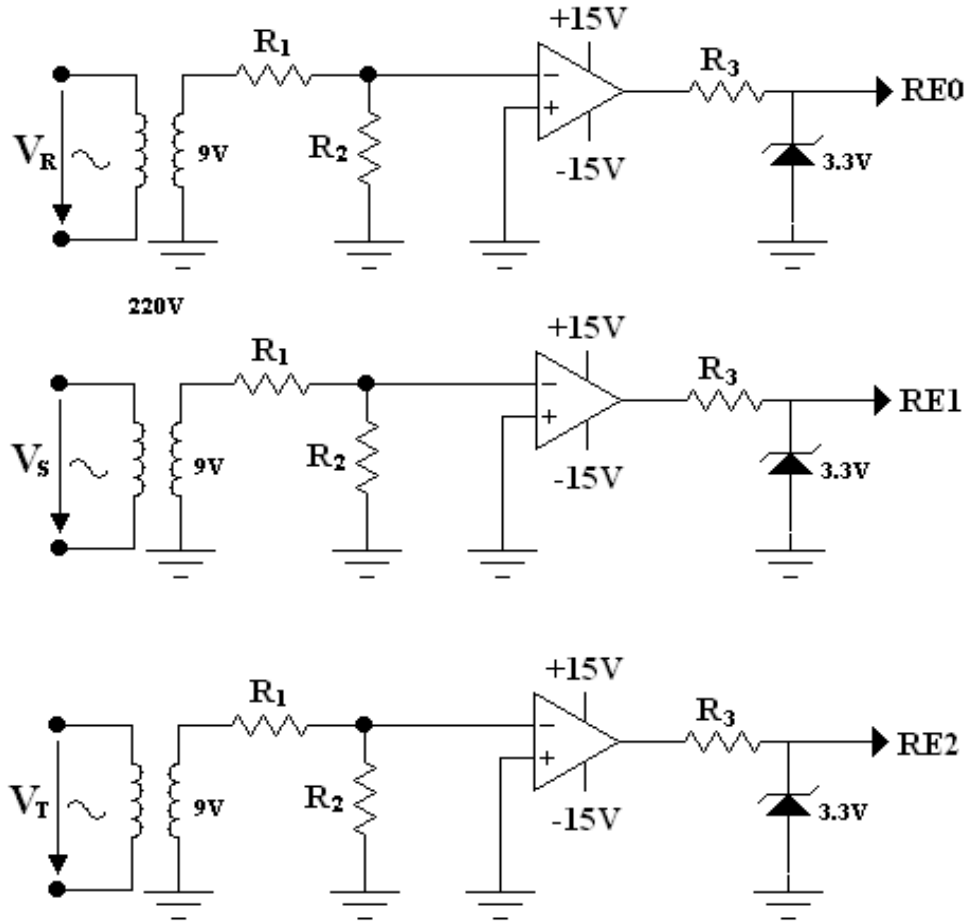
Üç fazlı sistemdeki gerilimlerin dalga şekilleri şekil 3.10'da verilmiştir. Birinci fazın sıfırdan geçtiği an referans noktası olarak kabul edilirse bu noktadan itibaren  $180^\circ$ 'ye kadar birinci faz pozitif yarı periyottadır. Referans noktasında negatif değer alan ikinci faz  $120^\circ$  sonra pozitif yarı periyotta olur ve  $300^\circ$ 'ye kadar böyle devam eder. Referans noktasında pozitif yarı periyottayken ve  $60^\circ$  sonra negatif yarı periyotta olan üçüncü faz ise  $240^\circ$  sonra pozitif yarı periyotta olur ve  $420^\circ$  sonra yine negatif yarı periyotta değerler almaya başlar.



Şekil 3.10 Üç Fazlı Sisteme Ait Gerilim Dalga Şekilleri

Üç fazlı sistem takip edilirse birinci faza ait pozitif darbenin sıfıra indiği yerde ikinci fazın pozitif darbeye olduğu, ikinci faz pozitif darbesinin sıfıra indiği yerde üçüncü fazın pozitif darbeye olduğu görülür. Fazların bu özelliğinden yararlanılarak faz sırasının doğruluğu veya yanlışlığı tespit edilebilir. Çalışmada bu özellikten faydalanarak fazların sırasını tespit edildi. Bu karşılaştırmacı sistem için işlemsel kuvvetlendirici açık çevrimde çalıştırılarak karşılaştırmacı olarak kullanıldı.

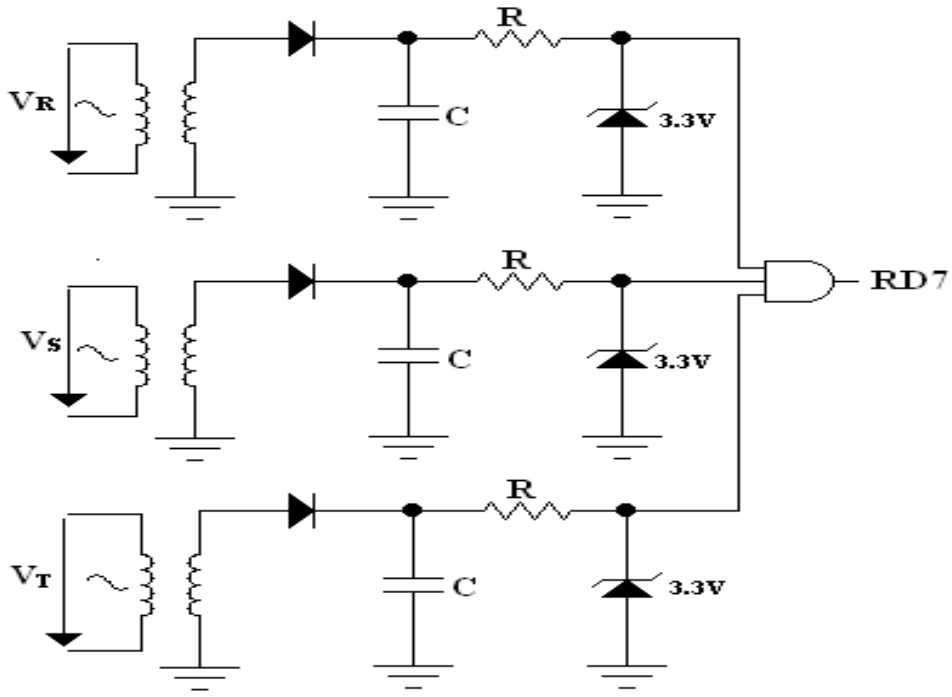
İşlemsel kuvvetlendiricinin girişine şebeke gerilimini uygulanamayacağı için şebeke gerilimini 230/9V 2VA olan bir transformatör ile 9 volt değerine indirildi. Transformatör çıkışında elde edilen gerilim bir adet gerilim bölücü devresi ile işlemsel kuvvetlendiricinin eviren girişine uygulandı. İşlemsel kuvvetlendiricinin evirmeyen girişi toprak potansiyeline bağlandı. İşlemsel kuvvetlendiricinin eviren girişine gelen gerilim seviyesinin polaritesine göre işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışı 0 volt ya da 15 volt olacaktır. Bu gerilim lojik besleme seviyesinde olmadığı için 3.3 volt zener diyot ile lojik besleme seviyesine indirildi. Bu devreye ilişkin şema şekil 3.11'deki gibidir.



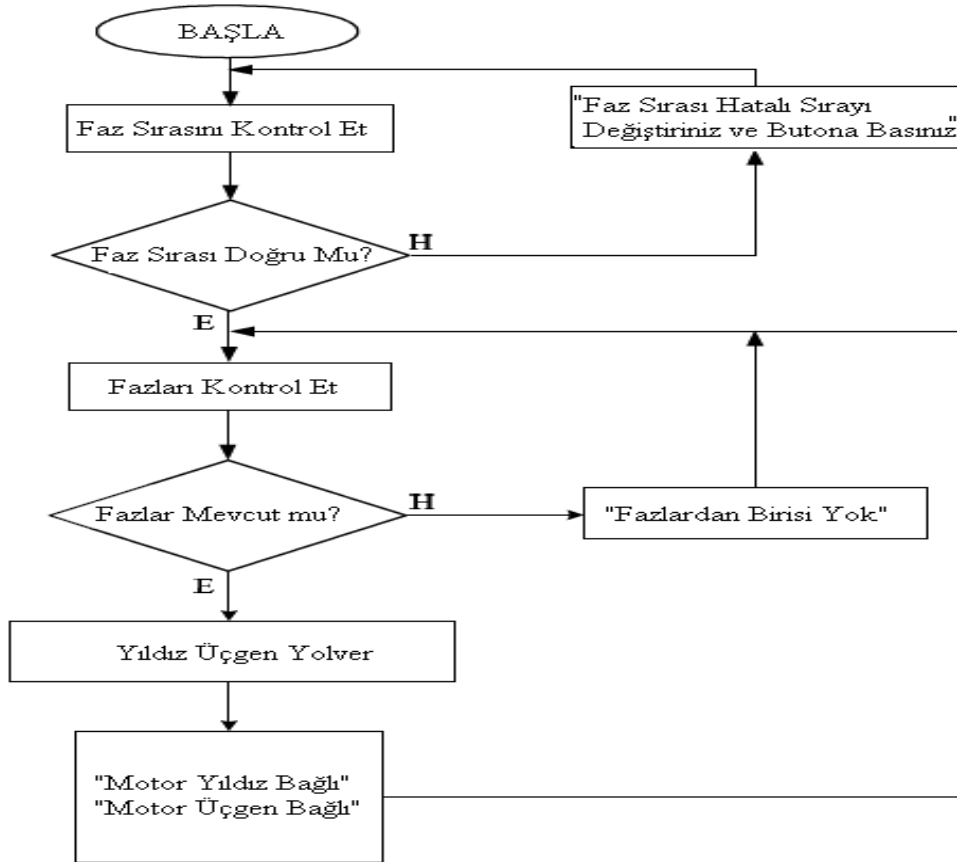
Şekil 3.11 Gerilim Zayıflatma ve Karşılaştırma Devresi

Faz kopukluğu kontrolü için 9 volt değerine indirgenmiş olan şebeke gerilimi yarım dalga doğrultucu ile doğrultuldu. Doğrultucu çıkışındaki gerilim seviyesi lojik besleme seviyesinden büyük olduğu için 3.3 voltluk zener diyot ile bu gerilim lojik besleme gerilimine regüle edildi. Her bir fazdan gelen 3.3 voltluk doğru gerilim *ve kapısının* girişine uygulandı. Her üç fazda da herhangi bir arıza olmadığı durumda *ve kapısının* çıkışı *lojik 1* olacak, eğer herhangi bir fazda arıza varsa *ve kapısının* çıkışı *lojik 0* olacaktır. Bu sayısal bilgi faz kopukluğunu mikrodenetleyici ile algılamaya olanak sağlamaktadır. Devreye ilişkin şema 3.12'deki gibidir.



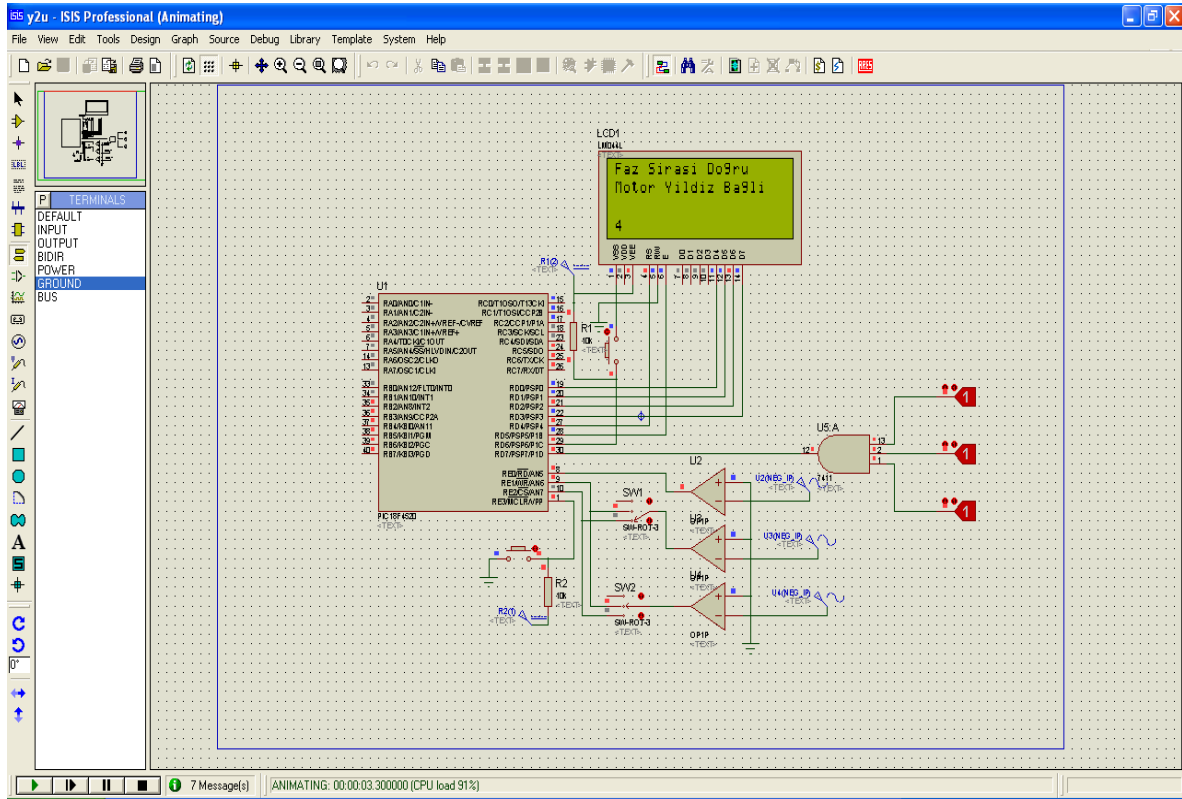


Şekil 3.12 Gerilim Zayıflatma ve Doğrultma Devresi

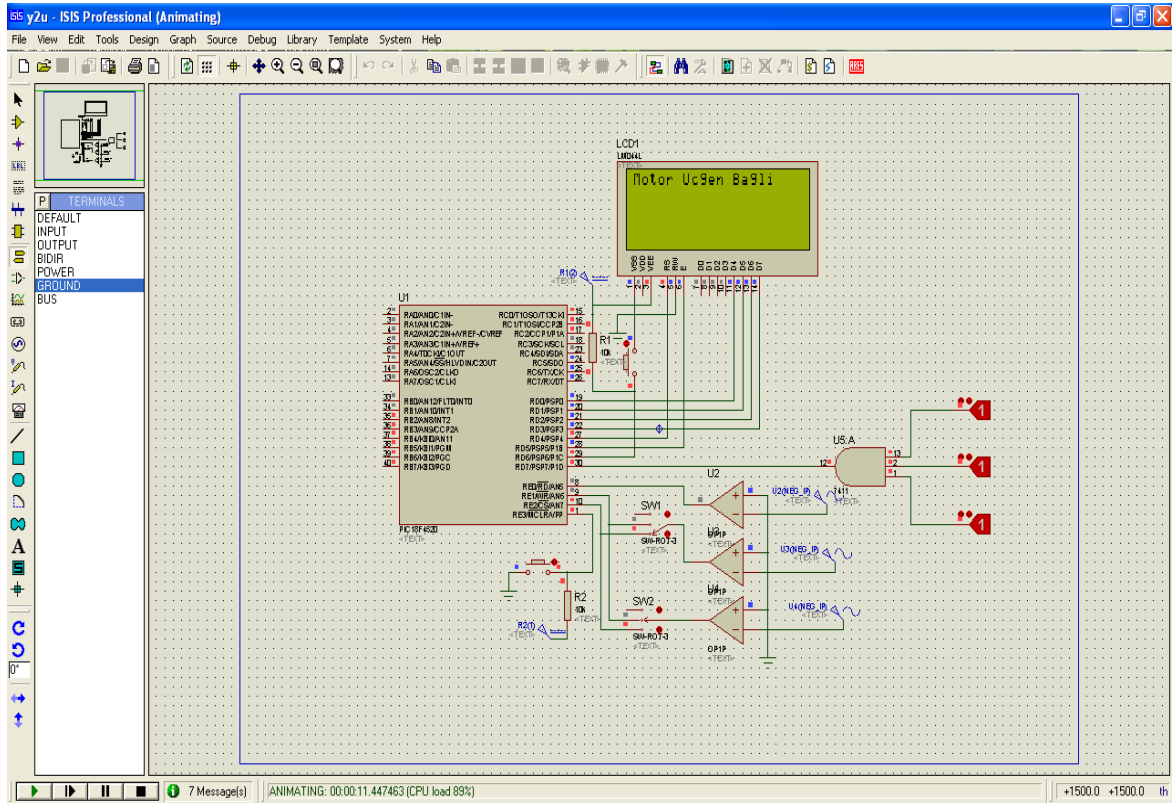


Şekil 3.13 Yıldız Üçgen Yolverme ve Faz Sırası Koruma Rölesine Ait Algoritma

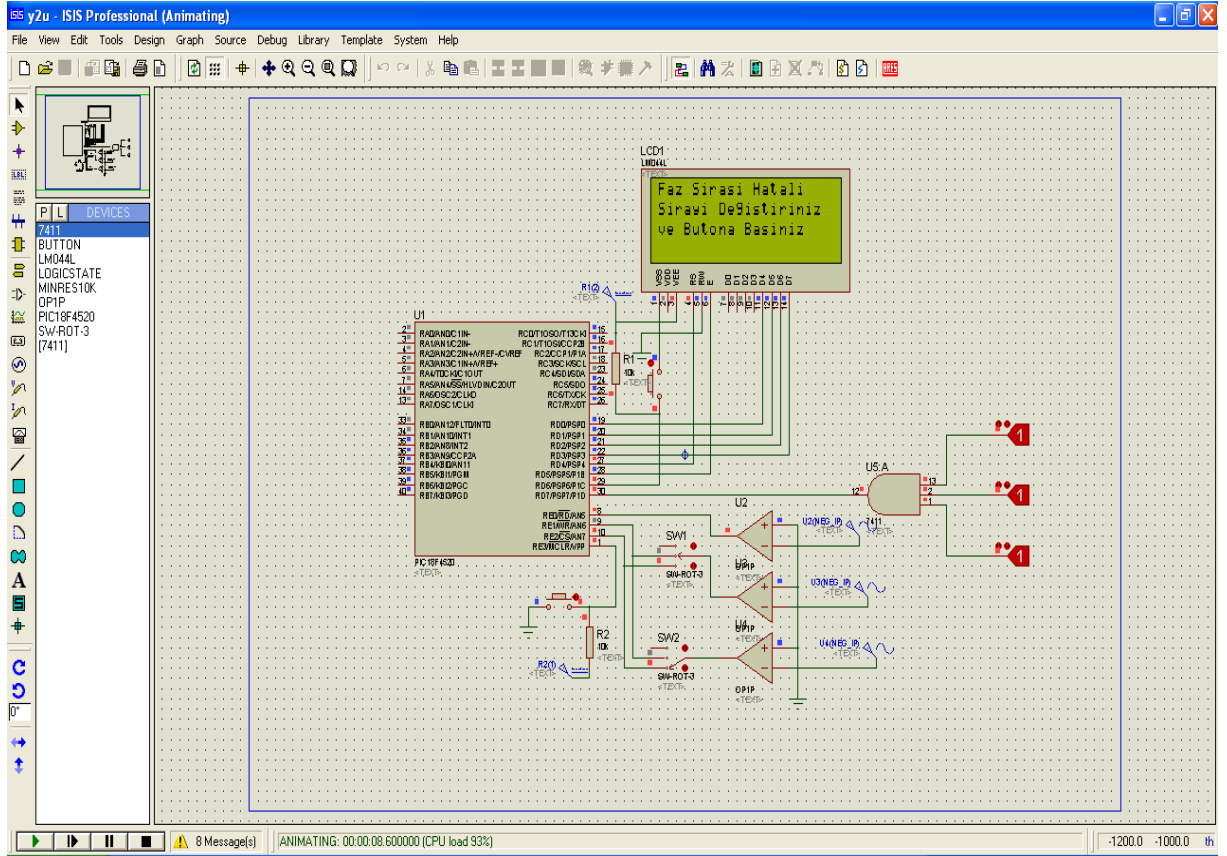
## 4. SİMÜLASYON VERİLERİ VE BASKI DEVRE



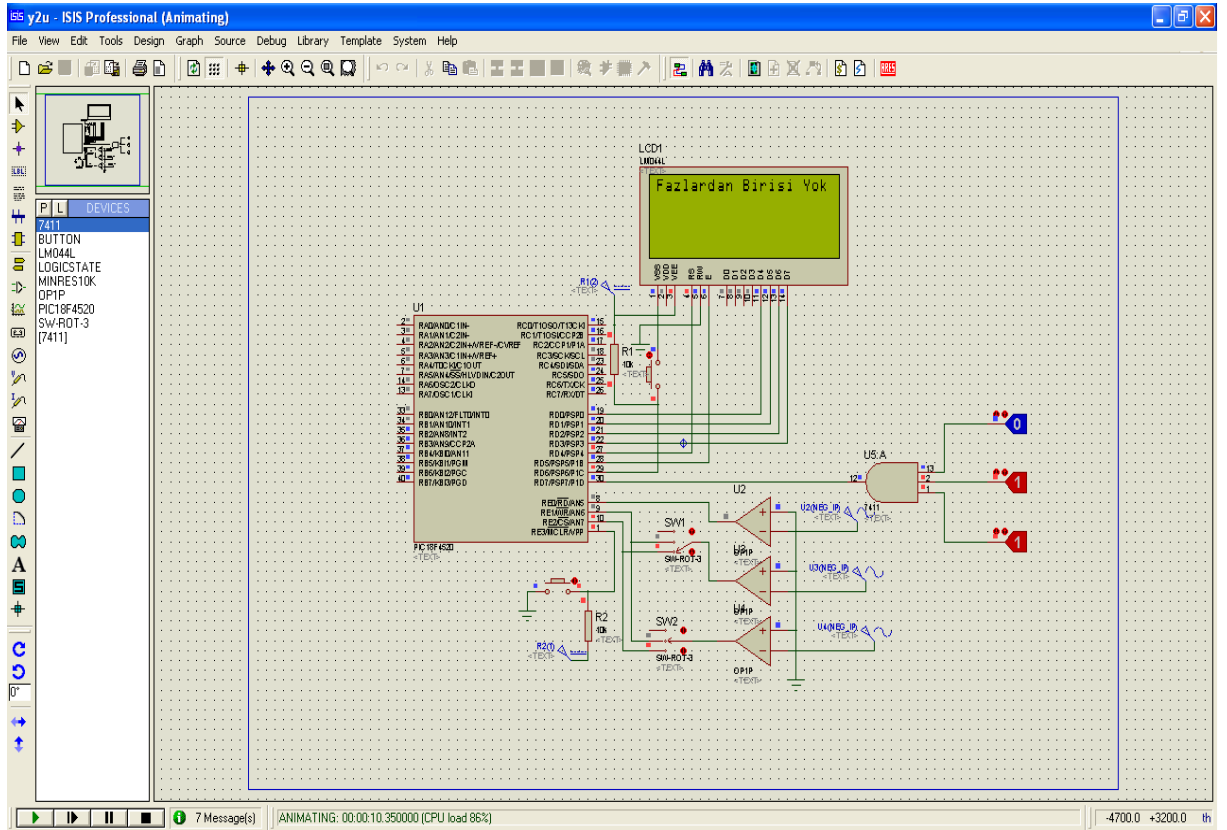
Şekil 4.1 Faz Sırasının Mikrodenetleyici Tarafından Doğrulayıp Motor Sargılarının Yıldız Bağlanması



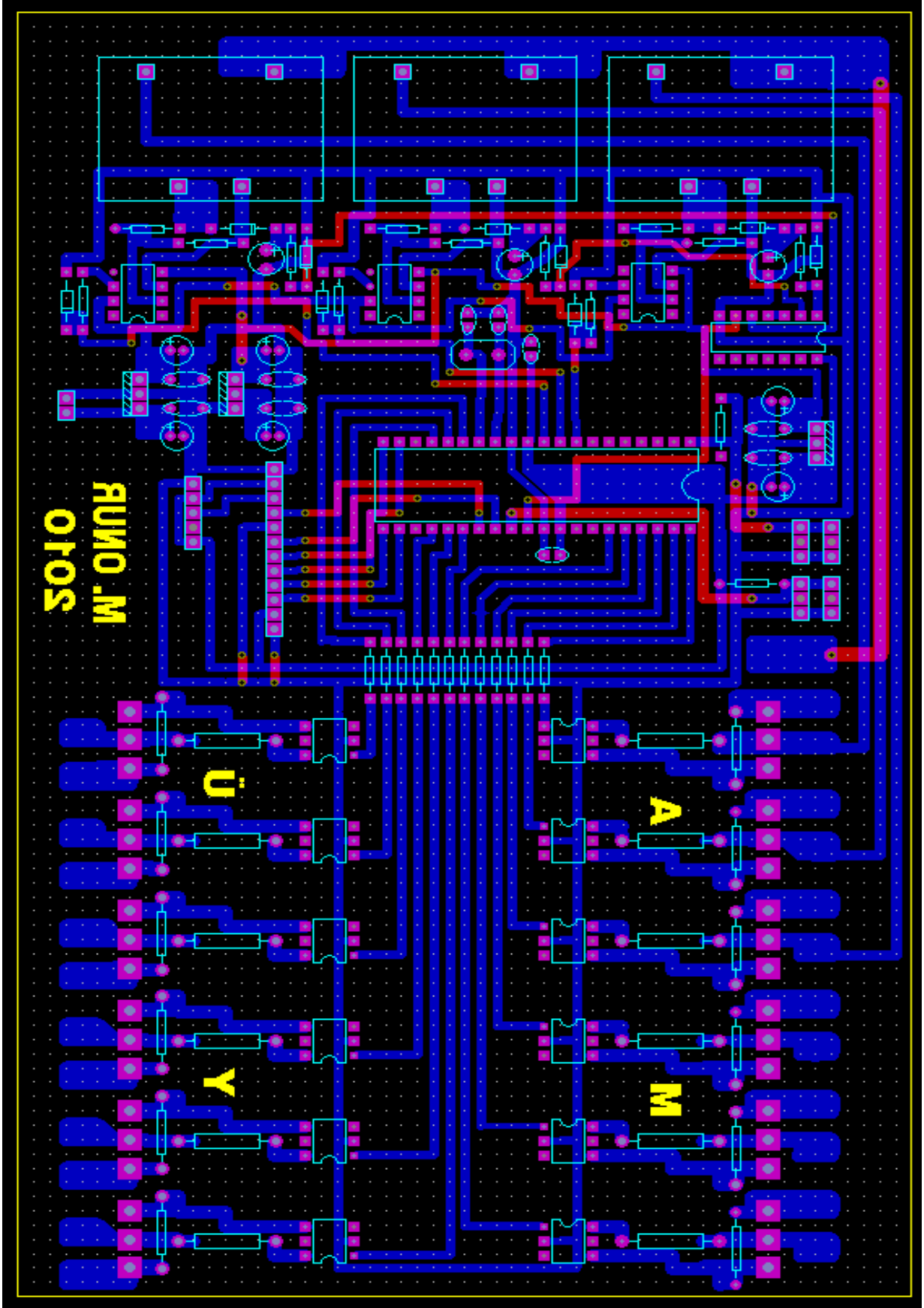
Şekil 4.2 Faz Sırasının Mikrodenetleyici Tarafından Doğrulayıp Motor Sargılarının Üçgen Bağlanması



Şekil 4.3 Faz Sırasının Hatalı Olma Durumu



Şekil 4.4 Fazlardan Birinin Arızalı Olma durumu



Şekil 4.5 Mikrodenetleyici Tabanlı Asenkron Motor Yol verme ve Faz Sırası Koruma Rölesi Devresinin Baskı Devresi

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada hazırlanan yolverme düzeneği TQ Education and Training Ltd firmasına ait FH2 Mk1V deney seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney setinde yıldız üçgen geçiş anını daha rahat görebilmek için programda geçiş süresi *beş saniye* olarak ayarlandı. Bu süre gerekli görüldüğü takdirde kullanıcı tarafından kısaltılıp uzatılabilmektedir. Test için gerekli bağlantılar yapıldığında asenkron motor şekil 5.1 ve şekil 5.2'deki görülen mesajları görüntüleyerek ilk olarak beş saniye süre ile yıldız bağlı konumda çalıştıktan sonra üçgen bağlı konumda çalışmaya devam etti. Test amacıyla fazlardan biri devreden çıkarıldı. Motorun enerjisi hemen kesildi ve sıvı kristal göstergede şekil 5.3 'te verilmiş olan "fazlardan biri yok" uyarısı görüntülendi. Faz arızası giderildikten sonra faz sıralarının yeri değiştirildi. Sıvı kristal göstergede şekil 5.4 'te verilmiş olan " faz sırası hatalı sırayı değiştiriniz ve butona basınız" uyarısı görüntülendi. Faz sırası değiştirildikten sonra yeşil butona basıldığında asenkron motor yeniden yolalmaya başladı.

Laboratuvar koşullarında sahip olduğumuz en yüksek güçlü asenkron motor  $5kVA$  olup yapılan çalışma bu motor ile test edildi. Çalışma deney seti üzerinde yapılan test ile aynı sonuçları verdi. Çalışmada kullanılan triyaklar, üzerinden 40 Amperlik akımı rahatça geçirebileceğinden yaklaşık  $26kVA$  gücünde motora yol verilebilmektedir.

Bilindiği üzere kontaktör barındıran yolverme yöntemleri çoğu zaman daha maliyetli olmakta ve ömürleri çok kısa olmaktadır. Kontaktör içerisinde bulunan manyetik sistem nedeniyle yolverme işlemi lineer olarak yapılamamaktadır ve bunun sonucunda yolverme elemanları üzerinde mekaniksel arıza ve gürültü kaçınılmaz olmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak bu çalışmada kontaktör bulunduran sistemlerin yerine tamamen elektromekanik sistemlerden arındırılmış, bakım gerektirmeyen, maliyetsiz, elektronik bir yolverme yöntemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan malzemelerin kolayca temin edilebilir elemanlardan seçilmesi, bu çalışmaya uygulanabilirlik özelliği kazandırmıştır.



Şekil 5.1 Faz sırasının mikrodnetleyici tarafından doğrulanıp asenkron motor sargılarının yıldız bağlandığı durum



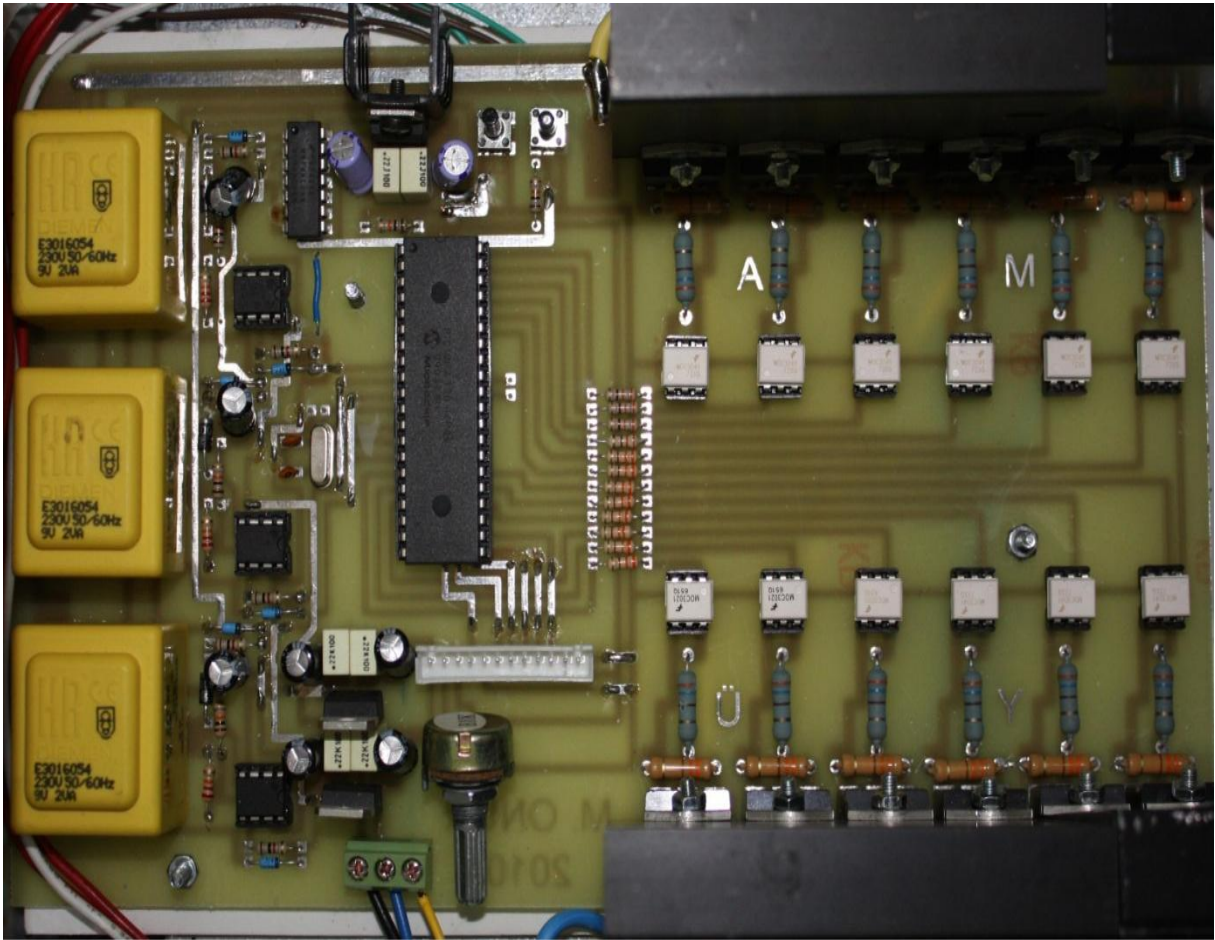
Şekil 5.2 Faz sırasının mikrodnetleyici tarafından doğrulanıp asenkron motor sargılarının üçgen bağlandığı durum



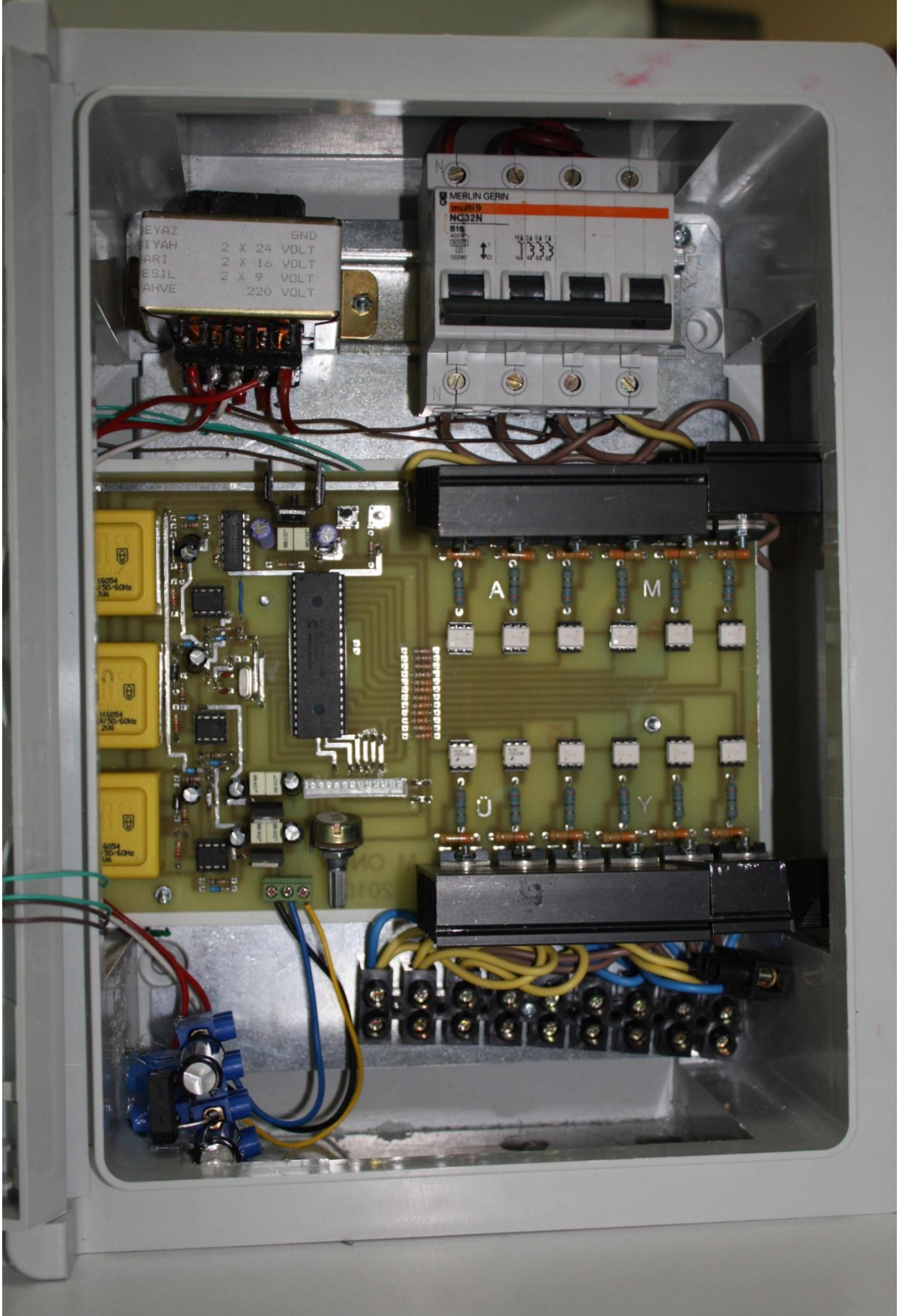
Şekil 5.3 Fazlardan birinin arızalı olduğu durum



Şekil 5.4 Faz sırasının hatalı olduğu durum



Şekil 5.5 Devrenin pbsine ait görüntü

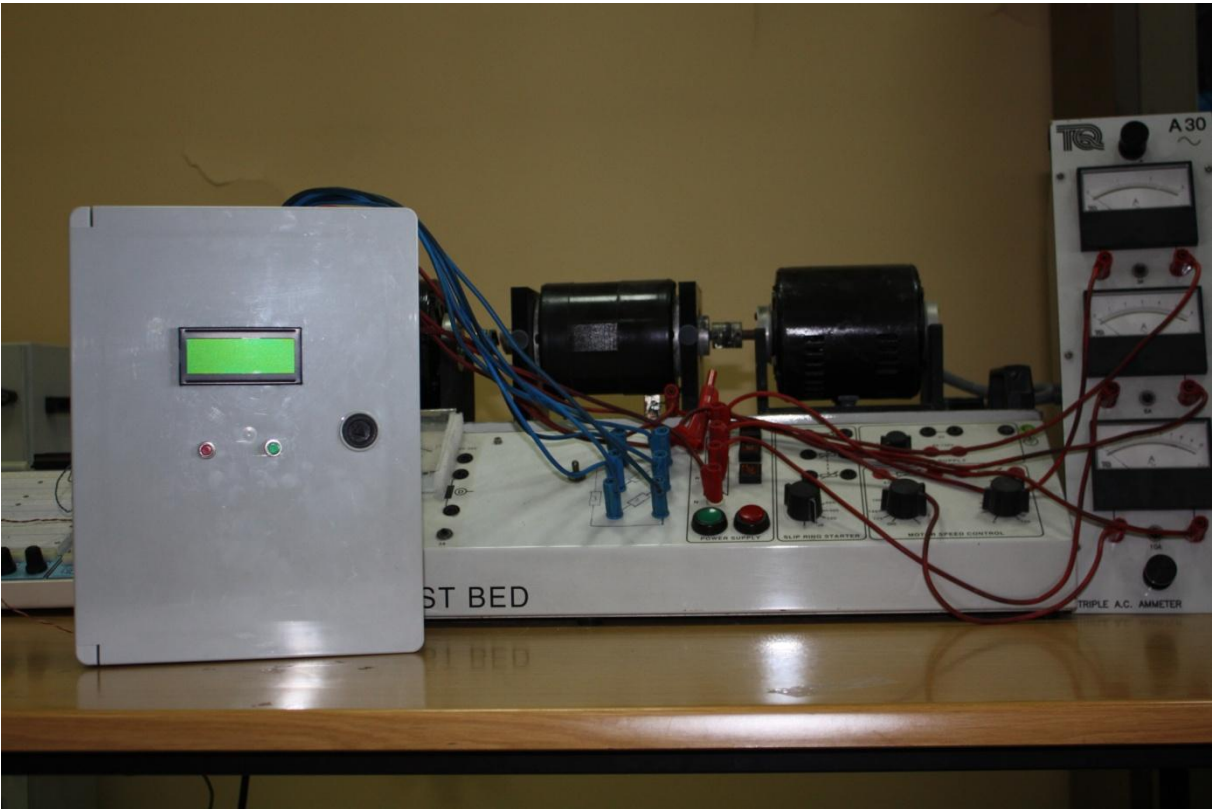


Şekil 5.6 Yapılan çalışmaya ait panonun iç görünümü





Şekil 5.7 Yapılan çalışmaya ait panonun iç görünümü



Şekil 5.8 Yapılan çalışmanın FH2 Mk1V deney setine bağlanması

## ÖZGEÇMİŞ



MEHMET ONUR GÜLBAHÇE 1989 yılında Denizli'nin Tavas ilçesine bağlı Kızılcabölük Kasabası'nda doğdu. İlköğrenimini Kızılcabölük Atatürk İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini Tavas Zeybekler Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Lisans öğrenimini ise İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde 4. sınıfta sürdürmektedir. 2008 yılında ER-BAKIR Elektrolitik Bakır Mamulleri A.Ş. Sürekli Döküm Elektrik Bakım Bölümü'nde, 2009 yılında ise Balıkesir Elektromekanik Sanayi Tesisleri A.Ş. Dağıtım Transformatörlerinin Hesap ve Konstrüksiyonu Bölümü'nde staj yapmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Prof. Dr. Nariman Şerifoğlu, “Elektrik Makinaları Cilt 1 Transformatörler ve Asenkron Motorlar”, İstanbul, 2004
- [2] Prof. Dr. Faik Mergen, Dr. Sibel Zorlu, “Elektrik Makineleri II- Asenkron Makineler”, İstanbul, 2009
- [3] Yard. Doç. Dr. Mustafa Turan, “Elektrik Makinaları II Ders Notları”
- [4] Prof. Dr. P.C.Sen, “Principles of Electric Machines and Power Electronics”, USA,1997
- [5] <http://www.microchip.com/>
- [6] <http://www.datasheetcatalog.com/>
- [7] Orhan Altınbaşak, “Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama”, İstanbul, 2000