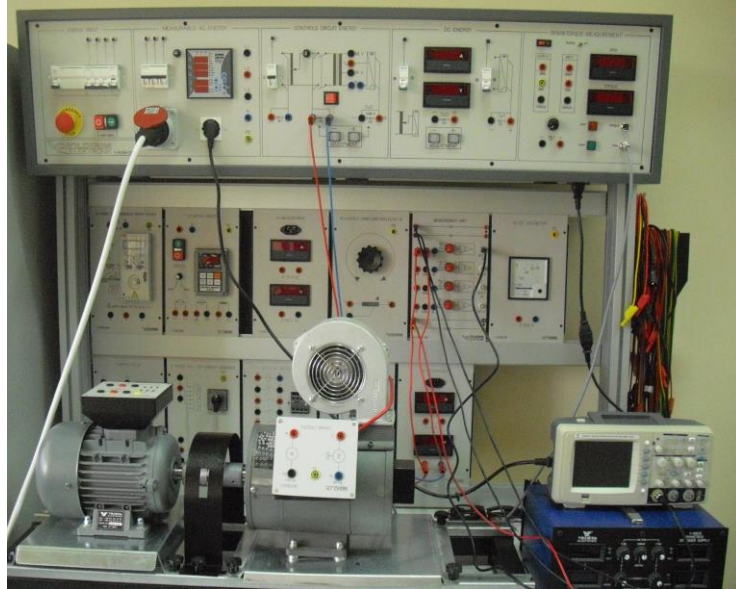
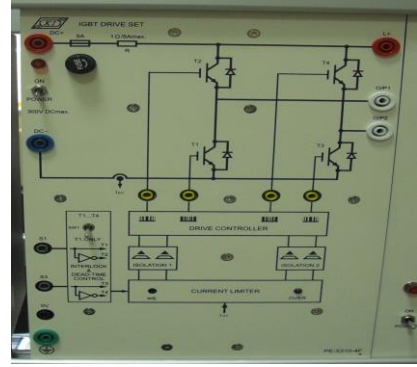
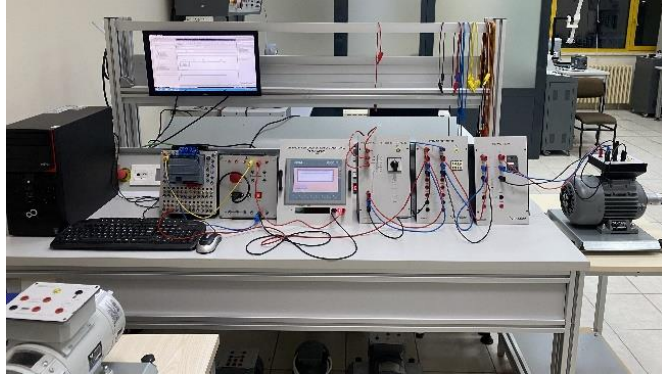




**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**  
**DENEY FÖYLERİ**



## **DENEYLER**

**Deney 1-** Doğru Akım Şönt Motora Yol Verme ve Hız Ayarı

**Deney 2-** Üç Fazlı Asenkron Motora Yol Verme ve Hız Ayarı

**Deney 3-** Step Motor Kontrolü

**Deney 4-** DC kıyıcı Devresi ile DC Motor Kontrolü

**Deney 5-** PLC ile Üç Fazlı Asenkron Motor Kontrolü

**Deney 6-** Tek Fazlı Asenkron Motora Yol Verme ve Hız Ayarı

## **GENEL KURALLAR**

1. Dersin devam zorunluğu %20 olduğundan, daha fazla devamsızlık yapanlar deneylere alınmazlar ve dersten devamsızlıktan kalırlar.
2. Deneyler tehlikeli gerilim değerlerinde (220 V AA ve 220 V DA) yapıldığından, dikkatli olunmalı ve deney sorumlusu gelmeden deney setine enerji verilmemelidir.
3. Deneyler sırasında sonuç alınırken, elektrik makinalarının dönen kısımlarına ve elektrik bağlantılarına dokunulmamalıdır.
4. Deneylere gelmeden önce deney föylerine çalışılmalı ve hazırlıklı olarak gelinmelidir.
5. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre deney raporları hazırlanacak ve bir hafta sonra deney sorumlusuna teslim edilecektir. Daha sonra teslim edilen raporlar dikkate alınmayacak ve öğrencinin deney notu sıfır olacaktır.
6. Deney sırasında alınan hazırlık notu ve deney raporu notunun ortalaması deney notu olacak ve tüm deney notlarının ortalaması Ara Sınav notu olacaktır.
7. Tüm deneyler tamamlandıktan sonra uygulama sınavı yapılacaktır. Uygulama sınavı ve yazılı olarak yapılacak Genel Sınavda alınan notların ortalaması Genel Sınav notu olarak alınacaktır.

**Doç. Dr. Mehmet POLAT**

**Doç. Dr. Hakan ÇELİK**

**Dr. Öğr. Üyesi Çağrı KAYMAK**

**Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YILDIZ**

**Arş. Gör. İrem MERTYÜZ**

**Arş. Gör. Bünyamin ERGEZGİN**

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

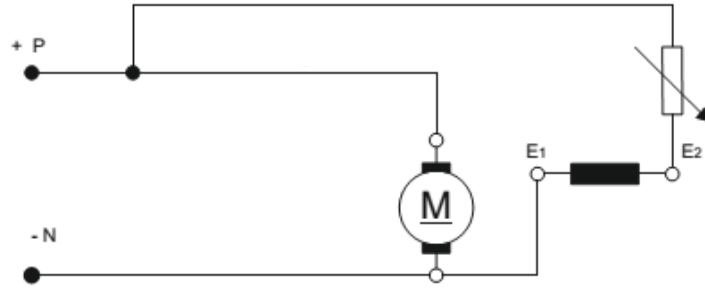
**DENEY 1-Doğru Akım Şönt Motora Yol Verme ve Hız Ayarı**

**1. Deneyin Amacı**

Deneyde, elektrik makinalarının temelini oluşturan ve yaygın olarak kullanılan doğru akım şönt motorun, yol verme ve hız ayarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

**2. Doğru Akım Şönt Motor**

Doğru akım makinaları sabit bir manyetik alan içinde bulunan iletkenlerden akım geçmesiyle oluşan kuvvet etkisiyle dönen makinalardır. Doğru akım makinaları duran ve dönen olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Duran kısma stator, dönen kısma ise rotor denilmektedir. Statorda sabit manyetik alanı oluşturan uyarım sargıları, rotorda ise fırça-kollektör ile gerilim uygulanan endüvi sargıları bulunmaktadır. Doğru akım şönt motorda uyarım sargısı ve endüvi sargısı Şekil 1’de görüldüğü gibi paralel olarak bağlanır.

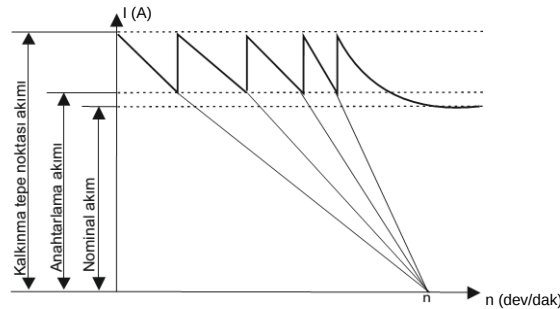


**Şekil 1.** Doğru akım şönt motor eşdeğer devresi

**2.1. Doğru Akım Şönt Motora Yol Verme**

Doğru akım motorları doğrudan doğruya şebekeye bağlandığında nominal akımın 10-20 katı kadar bir akım çekerler. Bu durum sargılar için tehlikelidir. Endüvinin dönmesiyle bu akım değeri de azalır.

Yüksek yol verme akımının değeri, endüvi sargılarına seri bir yol verme direnci (Reosta) bağlanarak Şekil 2’de görüldüğü gibi azaltılır.



**Şekil 2.** Kademeli yol verme direnci ile akımın sınırlandırılması

## 2.2. Doğru Akım Şönt Motorun Hız Ayarı

Genel olarak doğru akım motorların hız ayarı üç şekilde yapılır;

- Endüvi gerilimini değiştirerek
- Uyarım akımını değiştirerek
- Endüviye seri direnç bağlayarak

Endüvi gerilimi değiştirilerek yapılan hız ayarında endüvi gerilimi, DC-DC kısıyıcı devreleri, kontrollü doğrultucular gibi devreler ile değiştirilir. Uyarım akımı değiştirilerek yapılan hız ayarında uyarım akımı, uyarım devresine seri olarak bağlanan bir direnç (Reosta) ile değiştirilir. Endüviye seri direnç bağlayarak yapılan hız ayarında ise endüvi gerilimi, endüvi devresine seri olarak bağlanan bir ayarlı direnç (Reosta) ile değiştirilir.

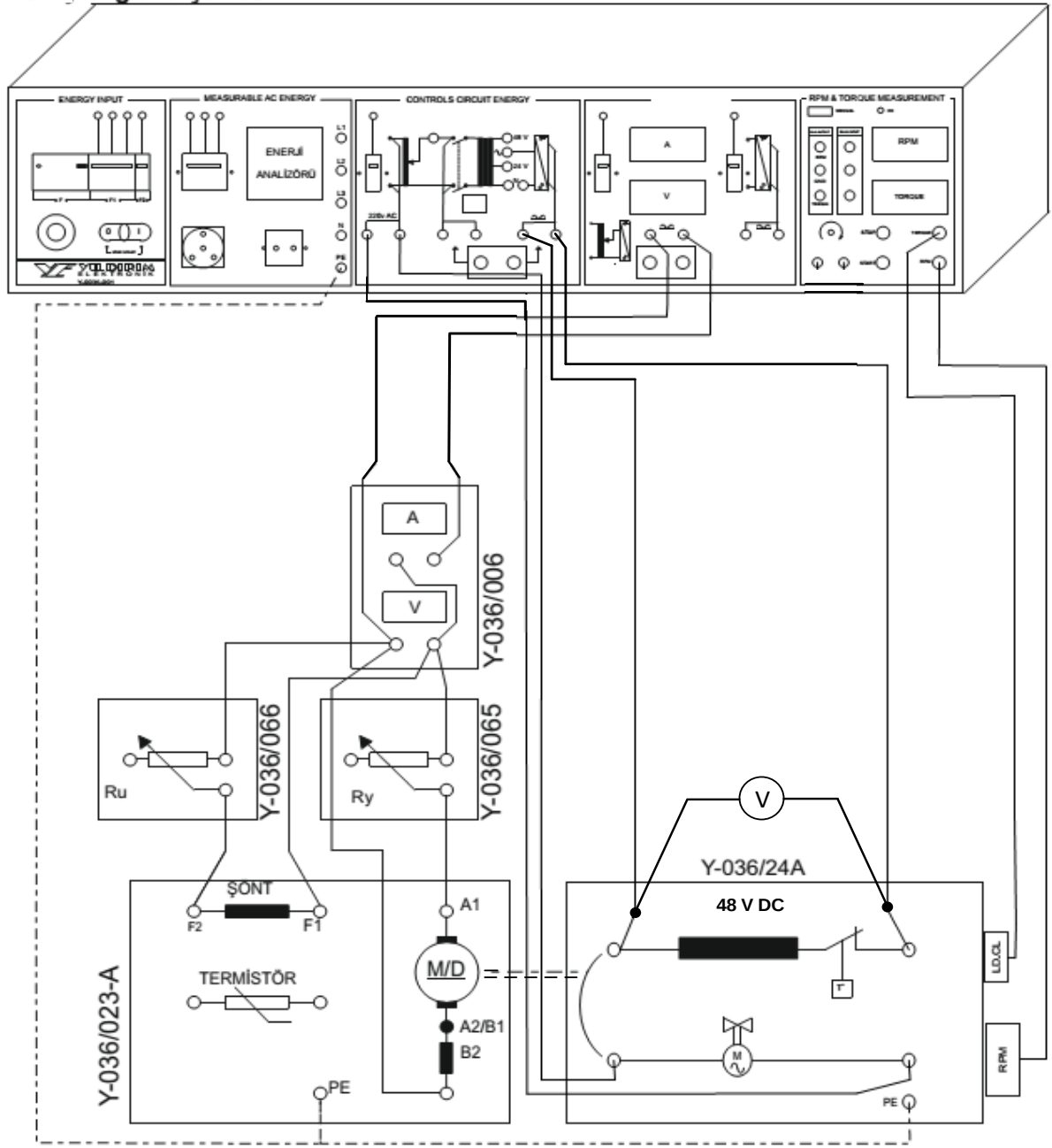
## 3. Deneyin Yapılışı

### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

- Enerji Üniteli Deney Masası
- D.A. Şönt Makina
- Fuko Freni
- D.A. Ölçüm Ünitesi
- D.A./A.A. Ampermetre (Sapmalı)
- 50  $\Omega$  100 W Ayarlı Direnç ( $R_y$ )
- 100  $\Omega$  500 W Ayarlı Direnç ( $R_u$ )
- Ölçüm Modülü

### 3.1. Doğru Akım Şönt Motora Yol Verme Deneyinin Yapılışı

- Şekil 3'deki deney bağlantısını yapınız.
- D.A. şönt makinanın etiket değerlerini inceleyiniz.
- D.A. şönt motora yol vermeden önce yol verme direncini ( $R_y$ ) maksimum değere ve uyarım sargısı ayarlı direncini ( $R_u$ ) minimum değere alınız.
- D.A. kaynak gerilimini 200 V'a ayarlayınız.
- D.A. şönt motora enerji vererek yol verme direncini kademe kademe devreden çıkartarak motora yol veriniz.
- Yol verme sırasında endüvi akımının ( $I_m$ ) değişimini, sapmalı ampermetreden veya osiloskoptan izleyiniz. Endüvi akımını ( $I_m$ ) ve devir sayısını ( $n$ ) not ediniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



**Şekil 3.** D.A. şönt motor deney bağlantı şeması

### 3.2. Doğru Akım Şönt Motorun Hız Ayarı Deneyinin Yapılışı

#### 3.2.1. Uyartım Akımını Ayarlayarak

- Şekil 3'deki deney bağlantısını yapınız.
- D.A. şönt motora yol veriniz.
- D.A. şönt motorun kaynak gerilimini 200 V'a ayarlayınız.
- Fuko frenine uyguladığınız D.A: gerilimini kademe kademe arttırarak, D.A. şönt motoru nominal değerine kadar yükleyiniz. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 1'e yazınız.
- Fuko frenine uyguladığınız D.A: gerilimini sabit tutarak, uyartım sargısı ayarlı direncini ( $R_u$ ) kademe kademe arttırınız. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 2'ye yazınız.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.

[illegible]

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

**DENEY 2- Üç Fazlı Asenkron Motora Yol Verme ve Hız Ayarı**

**1. Deneyin Amacı**

Deneyde, endüstride yaygın olarak kullanılan üç fazlı asenkron motorun yol verme ve hız ayarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

**2. Üç Fazlı Asenkron Motor**

Üç fazlı asenkron motorlar, yapılarının basit olması, daha az bakıma ihtiyaç duymaları ve düşük maliyetleri nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu motorlara çalışma ilkesi nedeniyle indüksiyon motorları da denilmektedir.

Asenkron motorlar rotorun yapısına göre sincap kafesli (kısa devre) rotor ve bilezikli (sargılı) rotor olmak üzere ikiye ayrılır. Statorda döner alanı oluşturan üç faz sargıları, rotorda ise kısa devre çubuklar bulunmaktadır. Statora 120° elektriksel açı ile yerleştirilmiş üç fazlı sargıların oluşturduğu döner alan, rotorda bulunan kısa devre çubuklarda bir gerilim indükleyerek ikinci bir alanın oluşmasını sağlar. Bu iki alanın etkileşimi sonucu rotor stator döner alanıyla aynı yönde ancak daha düşük bir hızda döner.

**2.1. Üç Fazlı Asenkron Motora Yol Verme**

Üç fazlı sincap kafes rotorlu asenkron motorlar, başlangıç anında rotor durduğu için saymaca akımın 4-6 katı kadar daha büyük bir akım çekerler. Bu durum kısa bir süre şebekede akım dalgalanmalarına ve gerilim düşümlerine neden olur. Bu akım değerleri kısa süreli olduğundan sargılara zarar vermez. Motor saymaca devir sayısına ulaştığında bu akım değeri saymaca değerine düşer. Küçük güçlü asenkron motorlarda yol verme akımı şebekeyi çok fazla etkilemediğinden herhangi bir yol verme yöntemine gerek duyulmaz. 4 kW'tan daha küçük olan motorlara doğrudan yol verilir. Daha büyük güçlerdeki motorlara ise yol verme yöntemleri ile yol verilir.

Asenkron motorda kullanılan başlıca yol verme yöntemleri şunlardır;

- Doğrudan yol verme
- Oto transformatörle yol verme
- Statora seri direnç bağlayarak yol verme
- Yıldız-Üçgen yol verme
- Sürücü ile yol verme
- Soft starter ile yol verme

**2.2. Üç Fazlı Asenkron Motorun Hız Ayarı**

Üç fazlı asenkron motorda senkron hız ifadesi,

$$n_s = \frac{60.f}{p} \quad (1.1)$$

ile bulunmaktadır. Burada  $f$  frekansı  $p$  ise çift kutup sayısını göstermektedir.

Motor yüklendikçe rotorun hızı senkron hızdan daha düşük bir değer alır. Bu durumda kayma ifadesi,

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_r} \quad (1.2)$$

olur. Burada  $n_s$  senkron hızı,  $n_r$  ise rotor hızını göstermektedir. Kayma değeri  $s$ , 0 ile 1 arasında bir değer alır ve yük değeri ile değişir. Denklemlerden görüldüğü gibi rotor hızını değiştirmek için senkron hız  $n_s$ 'in değiştirilmesi gerekir. Dolayısıyla frekansın veya kutup sayısının değiştirilmesi gerekir. Kutup sayısını değiştirmek için motorun yapısının değiştirilmesi gerekir, bu nedenle bu yöntem pek fazla tercih edilmez. Frekansın değiştirilmesi için ise inverter, konverter gibi güç elektroniği devrelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Üç fazlı sincap kafes rotorlu asenkron motorun başlıca hız kontrol yöntemleri şunlardır;

- Oto transformatörle hız ayarı
- Stator gerilimini değiştirerek hız ayarı
- Frekansı değiştirerek hız ayarı
- Kutup sayısını değiştirerek hız ayarı
- Statora direnç ilave ederek hız ayarı

### 3. Deneyin Yapılışı

#### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

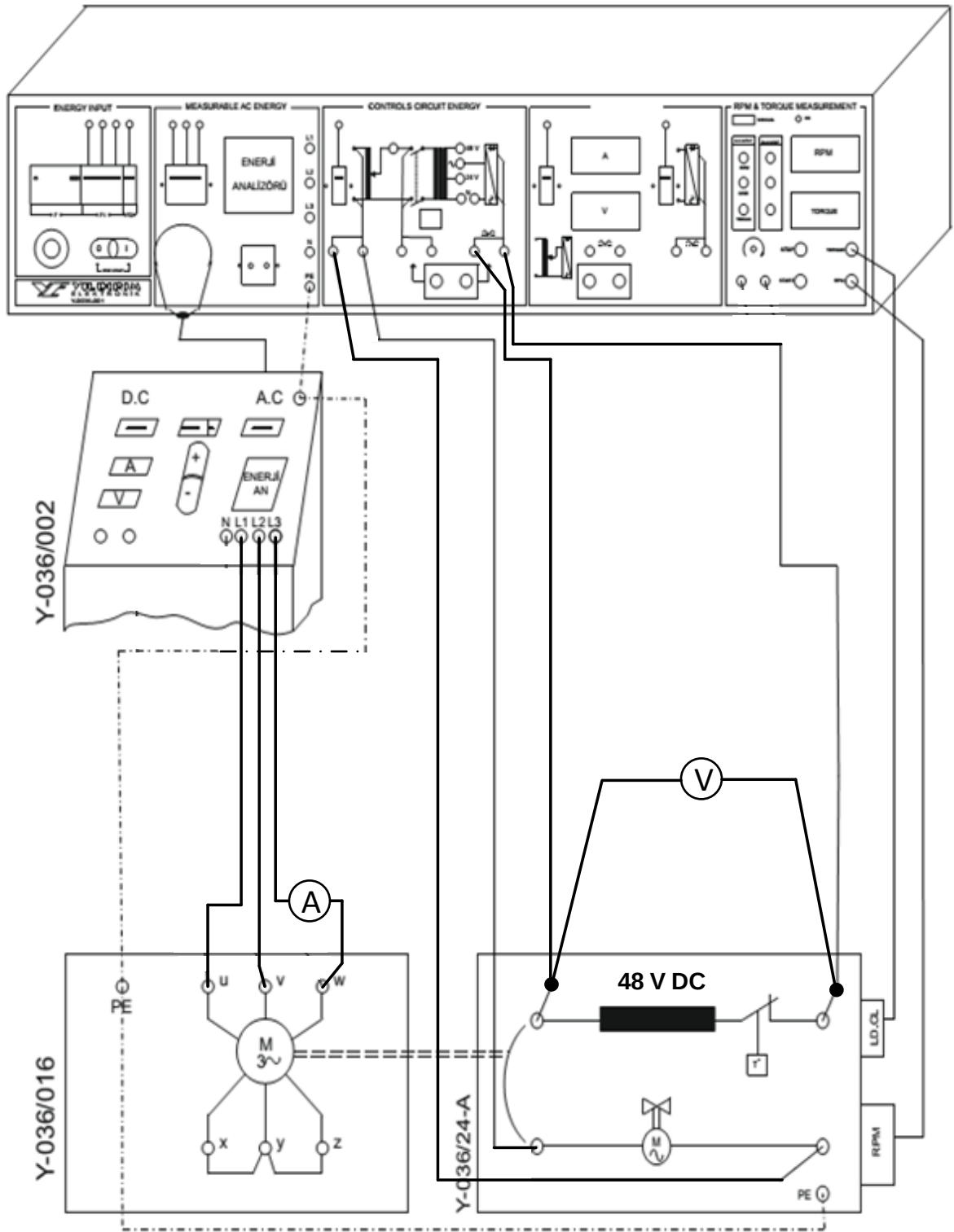
- Enerji Üniteli Deney Masası
- Üç fazlı asenkron makina
- Fuko Freni
- A.A. Ölçüm Ünitesi
- D.A./A.A. Ampermetre (Sapmalı)
- Üç fazlı varyak
- Ölçüm modülü

#### 3.1. Üç Fazlı Asenkron Motora Yol Verme Deneyinin Yapılışı

- Şekil 1'deki deney bağlantısını yapınız.
- Üç fazlı asenkron makinanın etiket değerlerini inceleyiniz.
- Üç fazlı asenkron motora nominal gerilim uygulayarak, çalıştırınız. Yol alma akımını sapmalı ampermetre veya osiloskop ile gözlemleyerek not ediniz.
- Üç fazlı varyak kullanarak asenkron motora uygulanan gerilimi kademe kademe arttırınız. Yol alma akımını sapmalı ampermetre veya osiloskop ile gözlemleyerek not ediniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.

#### 3.2. Üç Fazlı Asenkron Motorun Hız Ayarı Deneyinin Yapılışı

- Şekil 1'deki deney bağlantısını yapınız.
- Üç fazlı asenkron motora nominal gerilim uygulayarak, çalıştırınız.
- Fuko frenine uygulanan gerilimi kademe kademe arttırarak üç fazlı asenkron motoru yükleyiniz. Her kademe için elde ettiğiniz değerleri Tablo 1'e yazınız.
- Fuko frenine uyguladığını gerilimi sabit tutarak, üç fazlı varyak kullanarak asenkron motora uygulanan gerilimi kademe kademe azaltınız. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 2'ye yazınız.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



**Şekil 1.** Üç fazlı asenkron motor deney bağlantı şeması

#### 4. Raporda İstenenler

1. Üç fazlı asenkron motorun yol verme anında neden yüksek akım çektiğini araştırınız. Deneyde kullandığınız yol verme direncinin nasıl seçildiğini araştırınız?
2. Deney 3.1’de doğrudan yol verme ve üç fazlı varyak ile yol verme sırasında çekilen akımları karşılaştırarak, farklılıkları yorumlayınız?
3. Deney 3.2.’de moment-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
4. Deney 3.2.’de şebeke akımı-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
5. Deney 3.2.’de şebeke gerilimi-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
6. Motorun verimini yaklaşık olarak hesaplayınız?

### Tablo 1

[illegible]

## Tablo 2

[illegible]

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

**DENEY 3- Step Motor Kontrolü**

**1. Deneyin Amacı**

Deneyde, belirli bir adım açısıyla hareket ettiği için hassas dönüş açısı elde edilen step motorun yapısının ve sürme devrelerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

**2. Step Motor**

Step motorlar bakım kolaylığı, otomatik kilitleme özelliği, tasarım maliyetlerinin düşük olması, ısınma probleminin olmaması ve hassas dönüş açısı nedeniyle özellikle küçük güçlü uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

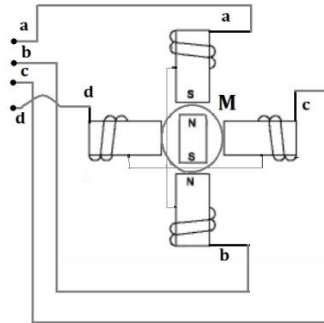
Step motorda sargılara uygulanan darbeler ile dönme gerçekleşmektedir. Darbenin bitmesi ile dönme de durmaktadır. Darbeler art arda uygulanırsa sürekli bir dönme hareketi sağlanır. Her bir darbeye adım açısı kadar bir dönme sağlanır. Adım açısı motorun yapısına göre 90, 45, 30, 18, 9, 4.5 veya daha küçük derecelerde olabilir. Step motorda uygulanan darbelerin süresi ayarlanarak hız kontrolü yapılmaktadır. Darbelerin sırasını değiştirerek de devir yönü değiştirilebilmektedir.

Üç çeşit step motor bulunmaktadır. Bunlar,

- Sabit mıknatıslı step motor
- Değişken relüktanslı step motor
- Hibrid step motor

**2.1. Step motor Sürme Devreleri**

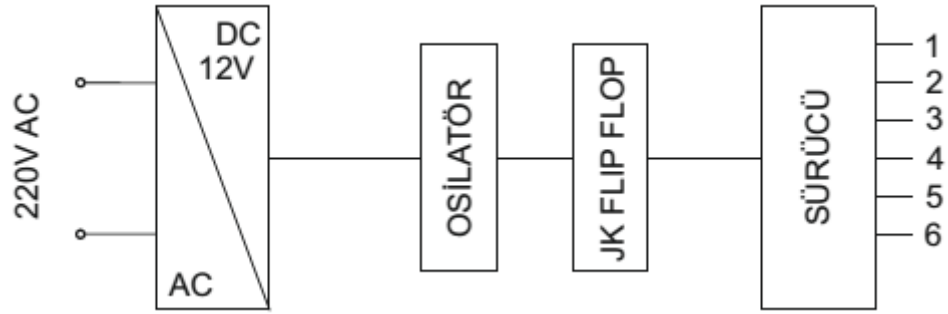
Step motorlar için bipolar ve unipolar olmak üzere iki çeşit sürme devresi bulunmaktadır. Unipolar sürme devresinde motor sargılarından bir yönde akım geçirilir. Bipolar sürme devresinde ise sargılardan iki yönde akım geçirilir. Unipolar sürme devreleri daha basit yapıdadır. Bipolar sürme devrelerinde ise unipolar sürme devrelerine göre daha fazla moment üretilmektedir. Şekil 1’de bipolar step motorun yapısı ve sargıları gösterilmiştir.



**Şekil 1. Bipolar Step motorun yapısı**

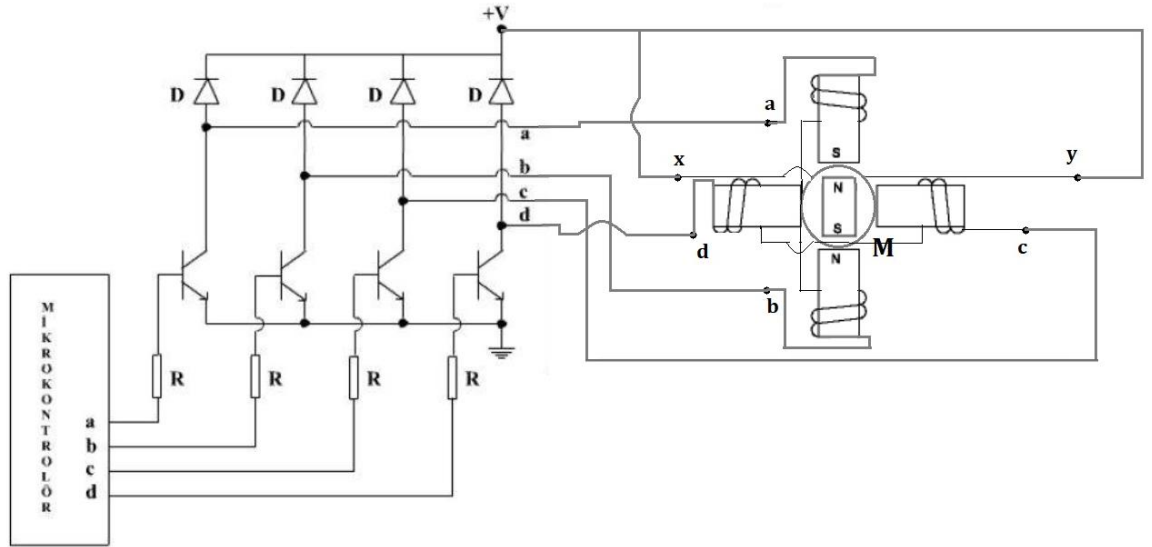
Step motor sürme devrelerinin genel prensibi Şekil 2’de görülmektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi 220 V A.A. şebeke gerilimi bir transformatör ile küçültülmekte ve doğrultucu devresi ile 12 V D.A: gerilimine dönüştürülmektedir. 12 V D.A. gerilimi ile beslenen osilatör devresi ilke JK tipi bir flip-flop kullanılarak kare dalga sinyali üretilmektedir. Bu kare dalga sinyali kullanılarak sürücü devreden sürme işaretleri üretilmektedir.

Step motor sürme devrelerinde her durumda bir faz enerjilendiğinde tam adım, iki faz birlikte enerjilendiğinde ise yarım adım dönme açısı elde edilmektedir.



**Şekil 2.** Step motor sürücü devresinin blok şeması

Şekil 3’te unipolar step motorun NPN transistörlü motor sürücü devresi verilmiştir.



**Şekil 3.** NPN transistörlü unipolar motor sürücü devresi

Unipolar adım motorları, tam adımlı ve yarım adımlı olarak sürülebilir. En yaygın olarak kullanılan unipolar sürüş şekilleri; 1 fazlı tam adımlı, 2 faz tam adımlı ve 2 faz yarım adımlı olmak üzere 3 değişik şekildedir.

| Tablo 1. 1 Fazlı Tam Adım Sürüş |   |   |   |   |
|---------------------------------|---|---|---|---|
| Adım                            | a | c | b | d |
| 1                               | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2                               | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3                               | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4                               | 0 | 0 | 0 | 1 |

Tablo 1’de verildiği gibi, bu sürüş şeklinde motor sarımları a,b,c ve d her adımda bir pals almaktadırlar. Adım 4’ten sonra tekrar adım 1’e dönülmektedir. Kısacası bir cycle(çevrim) 4 adımdan meydana gelmektedir.

| <b>Tablo 2. 2 Fazlı Tam Adım Sürüş</b> |          |          |          |          |
|----------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Adım</b>                            | <b>a</b> | <b>c</b> | <b>b</b> | <b>d</b> |
| 1                                      | 1        | 0        | 0        | 1        |
| 2                                      | 1        | 1        | 0        | 0        |
| 3                                      | 0        | 1        | 1        | 0        |
| 4                                      | 0        | 0        | 1        | 1        |

Tablo 2’de verildiği gibi, bu sürüş şeklinde motor sarımlarından a,b,c ve d’nin her ikisi her adımda birer pals almaktadırlar. Bu sürüş şeklinde elde edilen tork daha fazla olmaktadır. Adım sırasını ters yapmakla motor ters yönde dönmektedir.

| <b>Tablo 3. 2 Fazlı Yarım Adım Sürüş</b> |          |          |          |          |
|------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Adım</b>                              | <b>a</b> | <b>c</b> | <b>b</b> | <b>d</b> |
| 1                                        | 1        | 0        | 0        | 0        |
| 2                                        | 1        | 1        | 0        | 0        |
| 3                                        | 0        | 1        | 0        | 0        |
| 4                                        | 0        | 1        | 1        | 0        |
| 5                                        | 0        | 0        | 1        | 0        |
| 6                                        | 0        | 0        | 1        | 1        |
| 7                                        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| 8                                        | 1        | 0        | 0        | 1        |

Tablo 3’de verildiği gibi, bu sürüş şeklinde motor sarımlarından a,b,c ve d bazen ikiye, bazen ise sadece bir pals almaktadırlar. Fakat burada önemli olan nokta motor yarım adım sürüldüğü için bir cycle(çevrim) tamamlamak için 8 adım gerekmektedir. 2 fazlı yarım adım sürüşte 2 kat hassasiyet elde edilmektedir. Fakat üretilen tork yaklaşık olarak yarıya düşmektedir.

### 3. Deneyin Yapılışı

#### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

- Step motor Sürücü Modülü
- Takometre
- Şalter

#### 3.1 Step Motor Kontrolü Deneyinin Yapılışı

- Şekil 3’deki deney bağlantısını yapınız.
- Şalteri kapatarak deney setine enerji veriniz.
- Hız potansiyometresini minimum değere ayarlayarak herhangi bir dönüş yönü için fazların enerjilendirme sırasını gözlemleyerek not ediniz.
- Osiloskopta fazlara ölçülen gerilimi gözlemleyerek kaydediniz.
- Motorun devir yönünü değiştirerek bir önceki adımı tekrarlayınız.
- Hız potansiyometresi minimum değerde alarak, bir tam dönüşteki adım sayısını bulunuz.
- Hız potansiyometresini farklı değerlere alarak takometre ile hızı ölçünüz ve not ediniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



Şekil 3. Step motor deney bağlantı şeması

#### 4. Raporda İstenenler

1. Step motor için kullanılan sürme devreleri çizerek aralarındaki farklılıkları yazınız?
2. Deneyde kullandığınız step motorun adım açısını hesaplayınız?
3. Step motorlarda adım açısı daha da küçültülebilir mi, sebebiyle birlikte yazınız?
4. Bir tam devir için sargılara uygulanan gerilimleri çiziniz?
5. Deneyde süre ölçerek bulduğunuz hız ile takometreden bulduğunuz hızı karşılaştırınız, varsa farklılıklarını yorumlayınız?
6. Deneyde yapılan uygulamanın hangi sürüş şekli olduğunu sebebiyle birlikte açıklayınız?

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

**DENEY 4- DC Kıyıcı Devresi ile DC Motor Kontrolü**

**1. Deneyin Amacı**

- D.A. şönt motor için tek bölgeli DC kıyıcının çıkış gerilim ve akım dalga şekillerini incelemek,
- DC kıyıcı devresi ile D.A. şönt motora yol vermek ve hız ayarını gerçekleştirmek,
- D.A. şönt motor akımı üzerinde kıyıcı frekansının etkisini göstermek amaçlanmaktadır.

**2. Genel Bilgiler**

Şekil 1(a), tek bölgeli DC kıyıcının güç devresini göstermektedir. Bu, sadece T1 IGBT'sine tetikleme sinyali uygulandığında, PE-5310-4F IGBT sürücü setinin basitleştirilmiş şeklidir. Tek bölgeli çalışma sebebiyle, T2 IGBT'sine tetikleme sinyali uygulanmadığından, T2 IGBT'si iletime geçmez (kesimdedir) ve buna bağlı D2 ters-paralel diyot, yükün serbest geçiş diyodu gibi davranır. Bu şekilde, yük bir D.A. şönt motorudur.

Kıyıcının mümkün olan iki çalışma modu, Şekil 1(b) ve Şekil 1(c)'de gösterilmiştir. Şekil 1(b)'de yük akımı süreksizdir ve çıkış gerilimi, Denklem 1.1 ile ifade edilebilir.  $i_o=0$  olduğu aralıkta, çıkış gerilimi  $V_E$ 'ye eşittir. Şekil 1(c)'de yük akımı sürekli. Çıkış gerilimi,  $V_s$  genlikli bir darbe dizisidir ve Denklem 1.2 ile ifade edilir.

$$V_0 = \frac{t_{on}}{T} V_s + \frac{T-t_x}{T} V_E \quad (1.1)$$

$$V_0 = \frac{t_{on}}{T} V_s = D V_s \quad (1.2)$$

Burada;

$V_0$ : Ortalama çıkış gerilimi

$V_s$ : Kaynak gerilimi

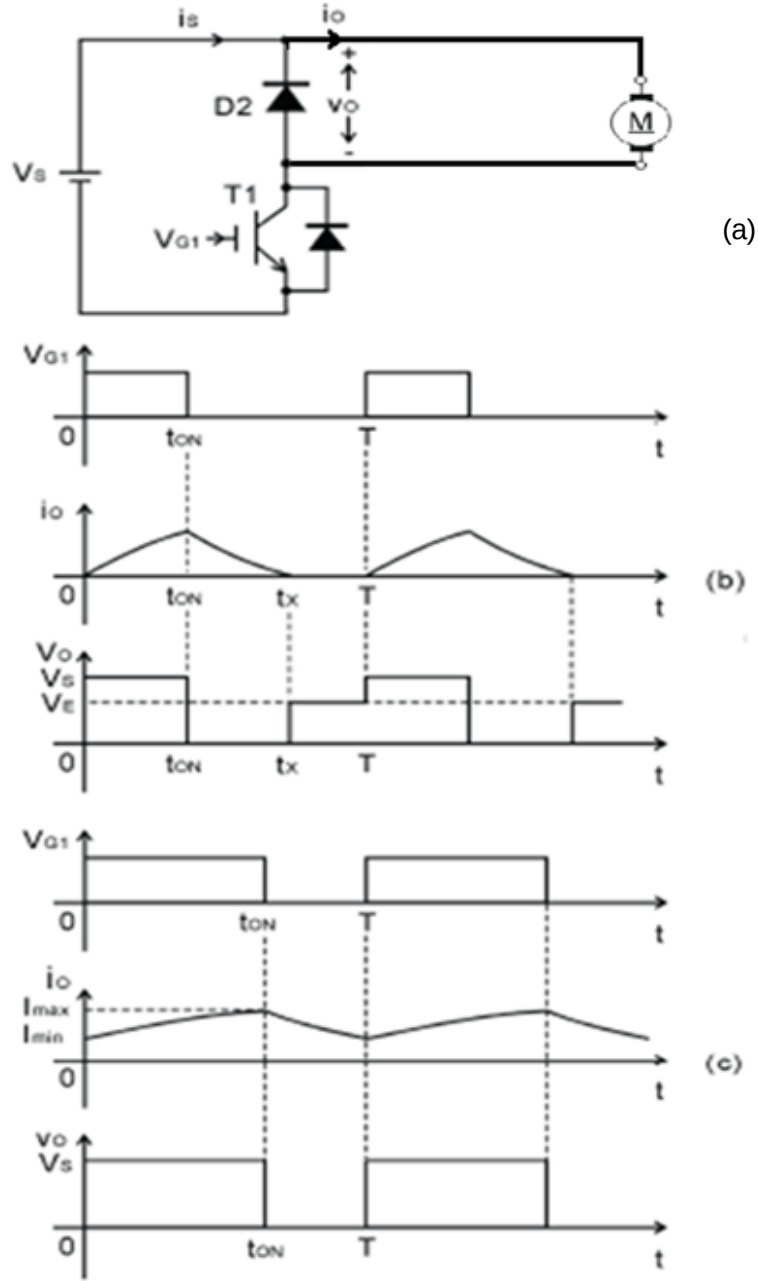
$V_E$ : Batarya veya DA motorun zıt EMK'sı

$T$ : Kıyıcı periyodu

$t_{ON}$ : T1 IGBT'sinin iletim süresi

$t_x$ :  $i$  çıkış akımının sıfıra inmesi için gerekli süre

$D = t_{ON}/T$ : Doluluk-boşluk oranı



**Şekil 1.** Tek-bölgeli kıyıcı. (a) Güç ünitesi, (b) Süreksiz çıkış akımı, (c) Sürekli çıkış akımı

D.A. motor sürücülerinde akım sürekliliğinin sağlanması gerekir. Akım sürekliliğini sağlamak için iki yöntem vardır:

1. Yük indüktansının artırılması
2. Kıyıcı frekansının artırılması

Birinci yöntem, dışarıdan indüktans eklenmesi gerektiği için pahalıdır. İkinci yöntem ise üçgen taşıyıcı frekansında değişiklik yapmak çok kolay olduğu için, en ekonomik ve basit yöntemdir.

Şönt D.A şönt motor için açısal hız ifadesi Denklem 1.3'de verilmiştir.

$$\omega = \frac{V_a - I_a R_a}{k\phi} \quad (1.3)$$

Burada;

$V_a$ : Motor gerilimi

$I_a$ : Endüvi akımı

$R_a$ : Endüvi direnci

$k$ : Motor sabiti

$\phi = k_f I_f$ : Uyarım akısı

$I_f$ : Uyarım akımı

$k_f$ : Alan sabiti

### 3. Deneyin Yapılışı

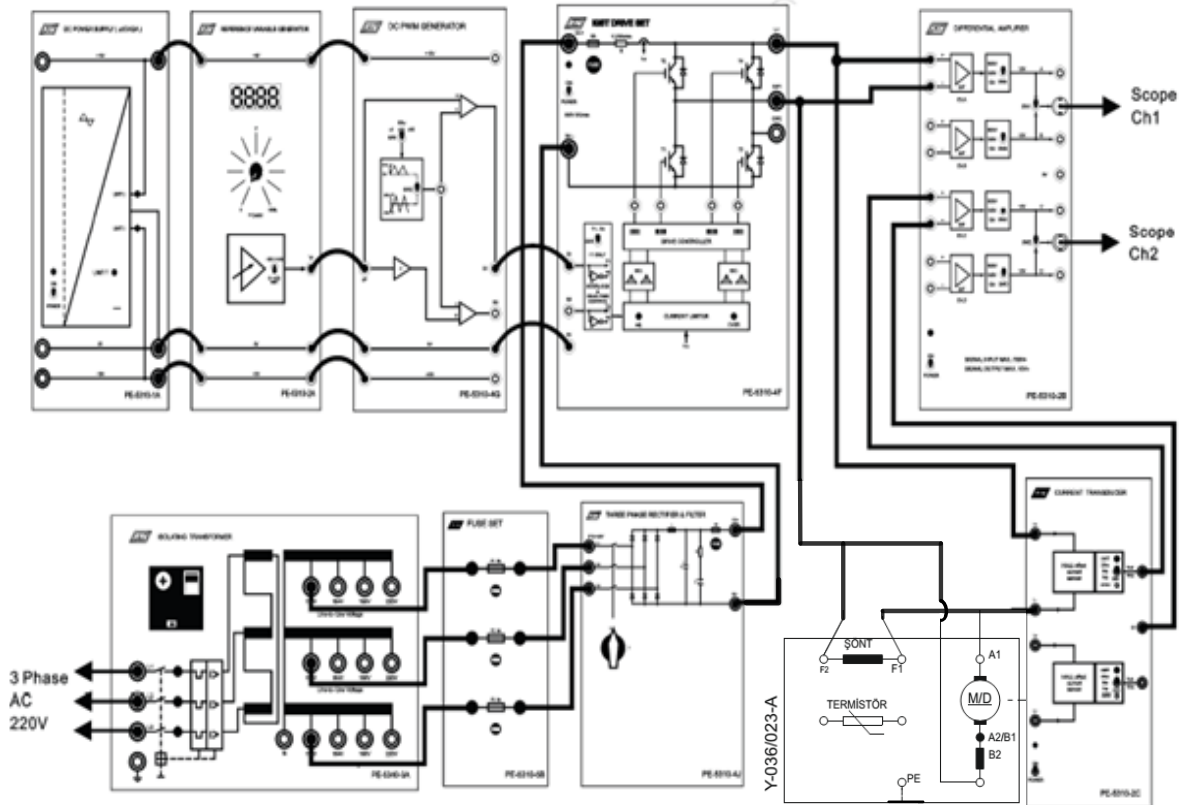
#### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

- PE-5310-1A DC Güç Kaynağı
- PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç
- PE-5310-2B Fark Yükseltici
- PE-5310-2C Akım Transdüseri
- PE-5310-3A R.M.S Ölçer
- PE-5310-4F IGBT Sürücü Seti
- PE-5310-4G DC PWM Üreteci
- PE-5310-4J Üç Fazlı Doğrultucu ve Filtre
- PE-5310-5B Sigorta Seti
- PE-5340-3A İzolasyon Trafosu
- 1.1 kW D.A. Şönt Motor
- Dijital Bellekli Osiloskop (DSO)
- Bağlantı Kabloları
- Köprüleme Klipsleri

#### 3.1. DC Kırıyıcı ile DC Motor Kontrolü Deneyinin Yapılışı

- PE-5310-1A, PE-5310-2A, PE-5310-3A, PE-5310-4F, PE-5310-4G ve PE-5310-4J modüllerini deney düzeneğinin üzerine koyun. PE-5340-3A, PE-5310-3C, PE-5310-3E modülleri ile dijital bellekli osiloskobu (DSO), çalışma masasına yerleştirin.
- Güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, Şekil 2'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC güç kaynağı, fark yükseltici, R.M.S. ölçer ve IGBT sürücü ünitesi modüllerine, 220V AA kaynağını bağlayın.
- DC güç kaynağı modülünü açın. Referans değişken üreteç modülünde,  $V_c$  aralık seçici anahtarını (SW1) 0~+10V konumuna getirin ve  $V$  kontrol düğmesini yaklaşık  $V_c=1V$  olacak şekilde ayarlayın.
- DC PWM üreteci modülünde, üçgen dalganın genlik seçici anahtarını (SW2) 0V~+10V ve KHz Frekans Seçici anahtarını (SW1) x1 (1 kHz) konumlarına getirin.
- Fark yükseltici modülünde, tüm  $V$  aralık seçicilerini (SWA, SWC) 100 V konumuna getirin ve Ch seçicileri (SW1 ,SW2), A ve C olarak ayarlayın. Ch.A girişlerini S1'e (+ S1'e, - 0V'a) ve Ch.C girişlerini T1'e (+ T1'e, - DC-'ye) bağlayın. IGBT sürücü setinin tetikleme seçici anahtarını (SW1), T1 ONLY konumuna getirin.
- IGBT sürücü seti modülünü açın, osiloskop kullanarak, S1 PWM sinyalini ve T1 IGBT'sinin tetikleme sinyalini ölçün ve kaydedin.

- Fark yükselticinin Ch.A ve Ch.C girişlerini, Şekil 2'deki bağlantı diyagramında gösterildiği gibi bağlayın.
- Fark yükseltici modülünde, Ch.A fark yükselticinin V aralık seçici (SWA) anahtarını, 500 V, Ch.C fark yükselticinin V aralık seçici (SWC) anahtarını, 100 V konumlarına getirin ve Ch Seçici anahtarlarını (SW1, SW2), A ve C'ye ayarlayın. Akım transdüserinde, I Aralık Seçicisini 5 Ap'ye ayarlayın.
- Şönt motor bağlantısını yapın ve referans değişken üretcin V kontrol düğmesini yaklaşık  $V_c=2$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.
- Referans değişken üretcin V kontrol düğmesini  $V_c=5$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.
- Referans değişken üretcin V kontrol düğmesini  $V_c=7,5$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.
- DC PWM Üretcinin, KHz frekans seçici anahtarını (SW1) x10 (10 kHz) konumuna getirin.
- Referans değişken üretcin V kontrol düğmesini  $V_c=2$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.
- Referans değişken üretcin V kontrol düğmesini  $V_c=5$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.
- Referans değişken üretcin V kontrol düğmesini  $V_c=7,5$  V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskopa  $V_L$  (yük gerilimi) ve  $I_L$  (yük akımı) değerlerini ölçüp kaydedin; takometreyle de motorun hızını ölçüp kaydedin.



Şekil 2. DC kıyıcı devresi ile DC motor kontrolü deney bağlantı şeması

#### 4. Raporda İstenenler

1. Deney sonuçlarının grafiklerini ölçekli olarak çizerek yorumlayınız.
2. Tablo 1'i doldurarak yorumlayınız.
3. Deneyde kullanılan DC Kırıyıcı Devresi ile D.A. şönt motoru MATLAB/Simulink ortamında modelleyerek, simülasyon sonuçları ile deneylerden elde edilen sonuçları karşılaştırınız.
4. Deney 3.1.'de 9., 11. ve 12. adım için T1 IGBT'sinin doluluk-boşluk oranını hesaplayınız? (Üçgen dalga ve  $V_c$  gerilimini ölçekli olarak çizerek görev periyodunu belirleyiniz)
5. Deneyde kullanılan DC kırıyıcı devresinde  $V_c=2\text{ V}$ ,  $5\text{ V}$  ve  $7,5\text{ V}$  referans değerleri için çıkış gerilimini teorik olarak hesaplayınız?

**Tablo 1**

|        | $V_c$ | $V_o(\text{V})$ | $I_o(\text{A})$ | $n(\text{dev/dak})$ |
|--------|-------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 1 kHz  | 2 V   |                 |                 |                     |
|        | 5 V   |                 |                 |                     |
|        | 7,5 V |                 |                 |                     |
| 10 kHz | 2 V   |                 |                 |                     |
|        | 5 V   |                 |                 |                     |
|        | 7,5 V |                 |                 |                     |

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

**DENEY 5- PLC ile Üç Fazlı Asenkron Motor Kontrolü**

**1. Deneyin Amacı**

Deneyde, endüstriyel otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan PLC ile üç fazlı asenkron motorun kontrolü amaçlanmaktadır.

**2. PLC**

Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC), kumanda sistemlerinde kullanılan yardımcı röle, zaman rölesi vb. kumanda devre elemanlarının yerine kullanılan mikroişlemci temelli bir cihazdır. PLC, kumanda sistemlerinin yanında, endüstriyel otomasyon sistemleri başta olmak üzere birçok alanda hem kontrol hem de veri izleme ve kaydetme amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. PLC kumanda sistemlerinin kumanda devrelerine göre üstünlükleri şunlardır;

- Daha kolay ve güvenilirlerdir.
- Daha az yer tutar ve daha az arıza yaparlar.
- Yeni bir uygulamaya daha çabuk adapte olurlar.
- Kötü çevre şartlarından kolay etkilenmezler.
- Daha az kablo bağlantısı gerektirirler.
- Hazır fonksiyonları kullanma imkânı vardır.
- Giriş ve çıkışların durumları izlenebilir.

Şekil 1'de endüstriyel otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan SIEMENS marka S7-1200 PLC verilmiştir.



**Şekil 1. S7-1200 PLC**

S7-1200 PLC'nin genel özellikleri şunlardır;

- 14 adet dijital giriş, 10 adet dijital çıkış
- 2 adet analog giriş
- 100 KB program belleği, 20 KB veri belleği
- 2 adet PWM çıkışı
- 3 adet 100 kHz, 3 adet 30 kHz hızlı sayıcı
- 1 adet PROFINET portu

### 2.1. PLC ile Üç Fazlı Asenkron Motor Kontrolü

PLC ile üç fazlı asenkron motor kontrolü kapsamında; start-stop uygulamaları, ileri-geri yön çalıştırma, yıldız-üçgen yol verme, gecikmeli çalışma ve durma gibi klasik kumanda sistemlerinin yanı sıra, modern motor sürücü sistemleriyle hız ve moment kontrolü gibi gelişmiş uygulamalar da gerçekleştirilebilmektedir. Klasik kumanda uygulamalarında genellikle, PLC'nin girişlerine bağlanan buton, kontak ve sensörlerden alınan bilgiler doğrultusunda, PLC çıkışlarına bağlanan kontaktörler enerjilendirilir ve böylece üç fazlı asenkron motor kontrol edilir.

Modern motor sürücü sistemlerinin kullanıldığı uygulamalarda ise, PLC'nin dijital ya da PWM çıkışları aracılığıyla motor sürücüsüne kontrol bilgisi gönderilerek motor kontrolü gerçekleştirilir.

## 3. Deneyin Yapılışı

### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

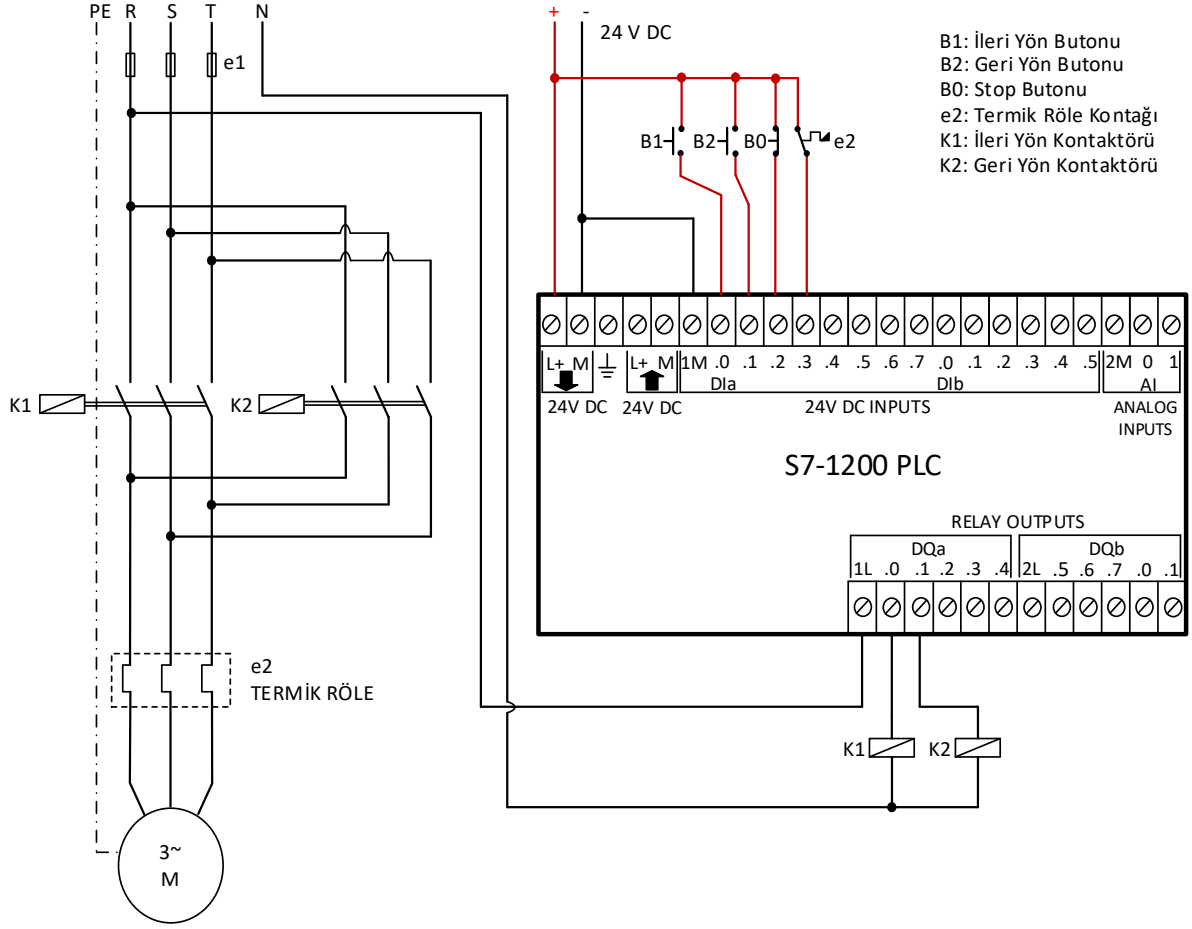
- S7-1200 PLC
- Üç Fazlı Asenkron Makina
- Kontaktör
- Termik Röle
- Start-Stop Butonları
- TIA Portal Yazılımı Kurulu Bilgisayar

### 3.1. PLC ile Üç Fazlı Asenkron Motorun İleri-Geri Yön Kontrolü Deneyinin Yapılışı

- Şekil 2'deki deney bağlantısını yapınız.
- Şekil 3'de verilen PLC LADDER diyagramını TIA Portal yazılımında oluşturunuz ve S7-1200 PLC'ye yükleyiniz.
- PLC'ye bağlı olan ileri-geri yön butonlarını kullanarak motorun devir yönünü değiştiriniz.
- Bağlantıyı değiştirmeden ileri-geri yön uygulaması için SR fonksiyon bloğu kullanarak LADDER diyagramını yeniden oluşturunuz ve aynı işlemleri gerçekleştiriniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.

### 3.2. PLC ile Üç Fazlı Asenkron Motorun Zamana Göre Yön Değişimi Deneyinin Yapılışı

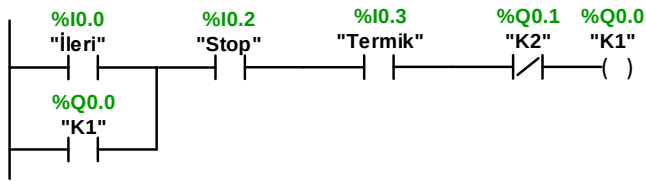
- Start butonuna basıldıktan sonra motorun çalışmaya başladığı ve belirlenen sürenin sonunda yön değiştirdiği PLC kumanda sistemi için gerekli bağlantı değişikliklerini Şekil 2 üzerinde yapınız.
- Üç fazlı asenkron motorun zamana bağlı olarak yön değiştirmesini sağlayan PLC LADDER diyagramını TIA Portal yazılımında oluşturunuz ve S7-1200 PLC'ye yükleyiniz.
- Start butonuna basarak motoru çalıştırınız ve ayarlanan süre sonunda motorun yön değişimini gözlemleyiniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



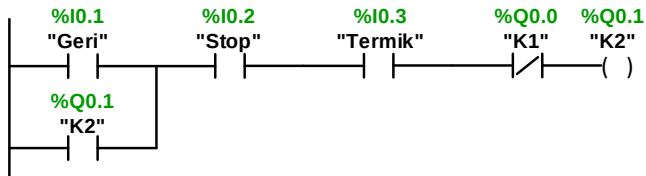
**Şekil 2.** PLC ile üç fazlı asenkron motor kontrolü deney bağlantı şeması

#### LADDER

##### Network 1:



##### Network 2:



**Şekil 3.** PLC LADDER Diyagramı

#### **4. Raporda İstenenler**

1. PLC ile üç fazlı asenkron motora yıldız-üçgen yol verilen bir kumanda sistemine ait bağlantı şemasını ve LADDER diyagramını çizerek sisteminin çalışmasını anlatınız?
2. PLC ve modern motor sürücüsü kullanılarak üç fazlı asenkron motor kontrolünün nasıl gerçekleştirildiğini araştırınız?
3. PLC ile yapılan üç fazlı asenkron motor kumanda uygulamalarında, termik röle kullanmadan motor koruma işleminin nasıl gerçekleştirilebileceğini araştırınız?

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MKM340-ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUVARI**

**DENEY 6- Tek Fazlı Asenkron Motora Yol Verme ve Hız Ayarı**

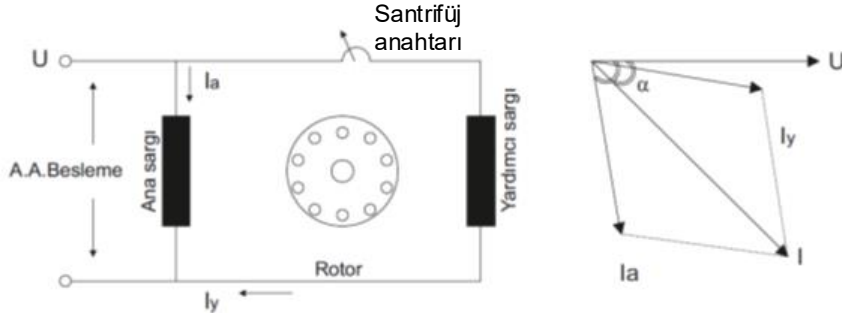
**1. Deneyin Amacı**

Deneyde, endüstride ve ev aletlerinde yaygın olarak kullanılan tek fazlı asenkron motorun yol verme ve hız ayarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

**2. Tek Fazlı Asenkron Motor**

Tek fazlı yardımcı sargılı kondansatörlü asenkron motorun çalışma prensibi üç fazlı asenkron motorlar ile aynıdır.

Tek fazlı yardımcı sargılı asenkron motor, birbirine 90 derece elektriksel açı ile yerleştirilmiş ana sargı ve yardımcı sargıdan oluşur. Motor nominal devir sayısının %70-80'ine ulaştığında santrifüj anahtarı ile yardımcı sargı devreden çıkartılır. Santrifüj anahtarı merkez kaç kuvveti ile çalışır. Bu motorların rotoru sincap kafeslidir Şekil 1'de tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresi ve fazör diyagramı verilmiştir.



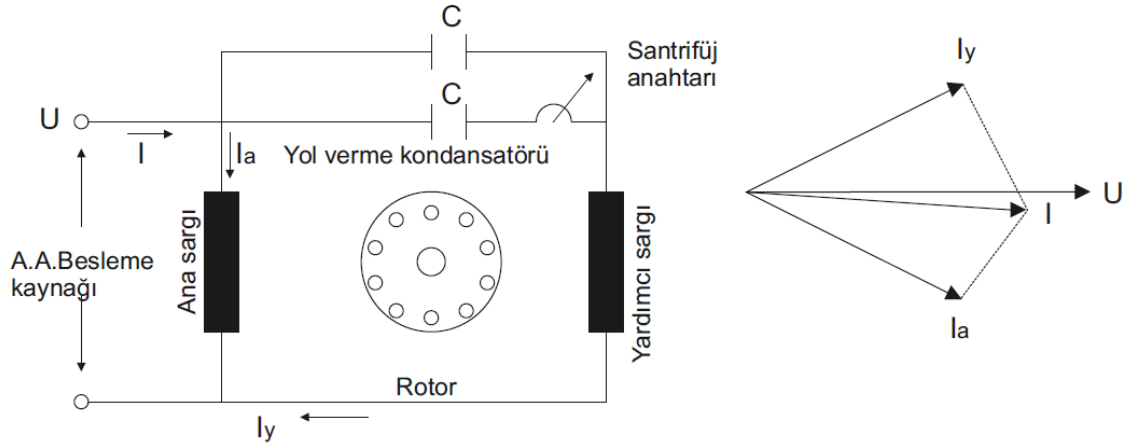
**Şekil 1. Tek Fazlı Asenkron Motorun Eşdeğer Devresi ve Fazör Diyagramı**

Ana sargı kalın kesitli çok sipirli ve statorun 2/3'ünü kaplar, bu sargının reaktansı büyük direnci küçüktür. Yardımcı sargı ise ince kesitli az sipirli ve statorun 1/3'ünü kaplar. Ana sargıya göre reaktansı küçük, direnci büyüktür. Bu motorlar, sargılardan geçen  $I_a$ - $I_y$  akımları arasında oluşan faz farkı nedeniyle statorda oluşan döner manyetik alan etkisiyle dönerler. Tek fazlı asenkron motorun çeşitleri şunlardır;

- Yardımcı sargılı motor
- Yol verme kondansatörlü motor
- Sürekli kondansatörlü motor
- Çift kondansatörlü motor

## 2.1. Tek Fazlı Asenkron Motora Yol Verme

Tek fazlı asenkron motorlar, başlangıç anında nominal akımın 6-7 katı kadar daha büyük bir akım çekerler. Yardımcı sargının yapısı itibarıyla akım yoğunluğu yüksektir. Bu nedenle aşırı ısınır. Yol alma anı uzun sürerse ve yardımcı sargı devreden çıkartılmazsa sargı yanar. Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorda statör sargılarından geçen  $I_a$ - $I_y$  akımları arasındaki faz farkı 90 derece olursa düzgün bir döner manyetik alan meydana gelir ve motor döner. Bunun için yardımcı sargıya seri bir kondansatör bağlanır. Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresi ve fazör diyagramı Şekil 2'de verilmiştir. Bu motorlarda yol alma anında kondansatör yüksek, normal çalışma şartlarında ise düşüktür. Bu motorlar en iyi yol alma momentine sahiptir. Bu motorlarda büyük değerli kondansatör yol verme kondansatörü, küçük değerli kondansatör ise sürekli çalışma kondansatörü olarak görev yapar.



Şekil 2. Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresi ve fazör Diyagramı

## 2.2. Tek Fazlı Asenkron Motorun Hız Ayarı

Tek fazlı asenkron motorda senkron hız ifadesi,

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (1.1)$$

ile bulunmaktadır. Burada  $f$  frekansı  $p$  ise çift kutup sayısını göstermektedir.

Motor yüklendikçe rotorun hızı senkron hızdan daha düşük bir değer alır. Bu durumda kayma ifadesi,

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad (1.2)$$

olur. Burada  $n_s$  senkron hızı,  $n_r$  ise rotor hızını göstermektedir. Kayma değeri  $s$ , 0 ile 1 arasında bir değer alır ve yük değeri ile değişir. Denklemlerden görüldüğü gibi rotor hızını değiştirmek için senkron hız  $n_s$ 'in değiştirilmesi gerekir.

Tek fazlı asenkron motorun başlıca hız kontrol yöntemleri şunlardır;

- Stator gerilimini değiştirerek hız ayarı
- Frekansı değiştirerek hız ayarı
- Kutup sayısını değiştirerek hız ayarı

### 3. Deneyin Yapılışı

#### Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

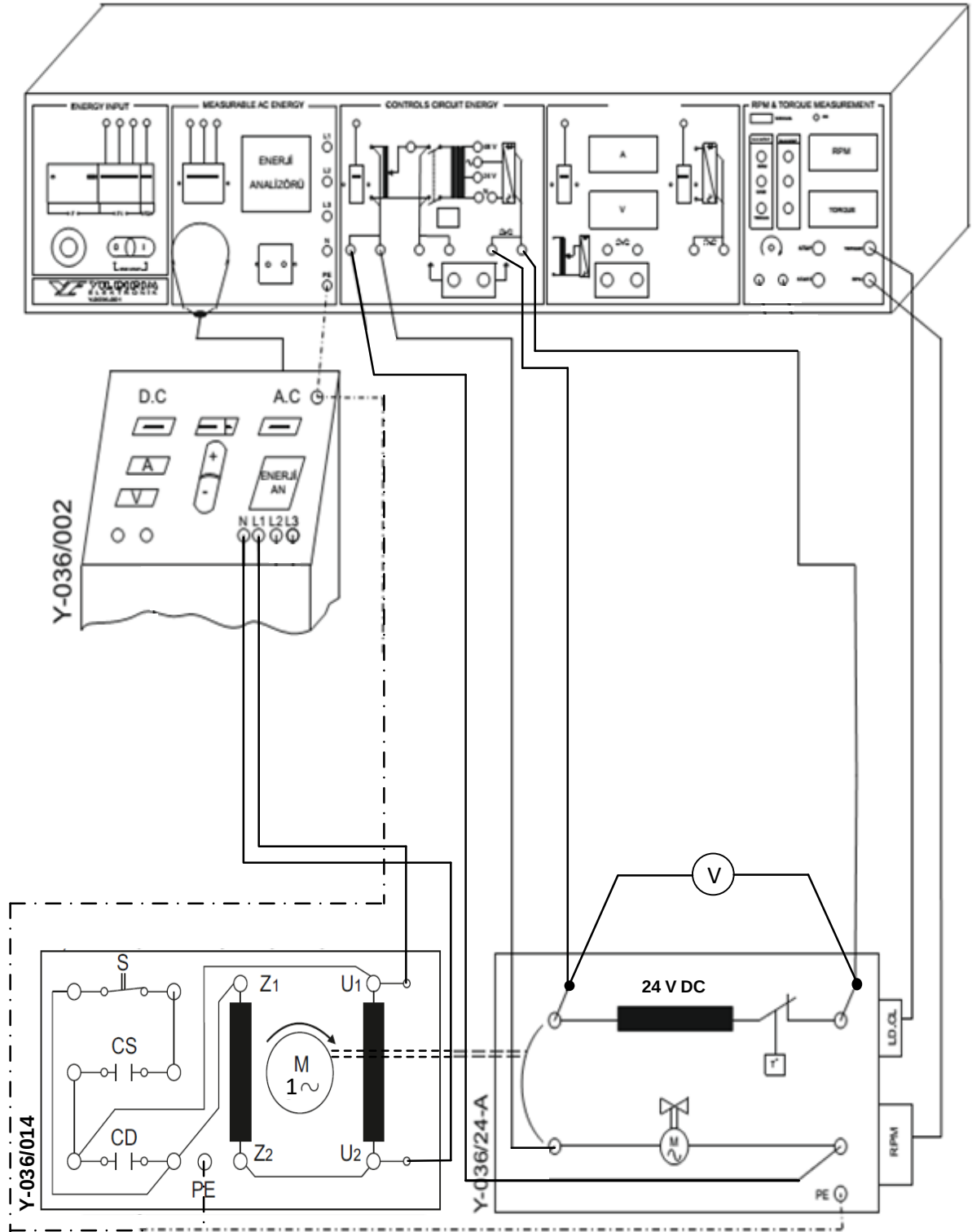
- Enerji Üniteli Deney Masası
- Tek Fazlı Asenkron Makina
- Manyetik Toz Fren
- A.A. Ölçüm Ünitesi
- Tek fazlı Varyak
- İzolasyonlu Ölçüm Modülü
- Osiloskop

#### 3.1. Tek Fazlı Asenkron Motora Yol Verme Deneyinin Yapılışı

- Şekil 3'deki deney bağlantısını yapınız.
- Tek fazlı asenkron makinanın etiket değerlerini inceleyiniz.
- Tek fazlı asenkron motora nominal gerilim uygulayarak, çalıştırınız. Yol alma anında ana sargı ve yardımcı sargı akımlarını, izolasyonlu ölçüm modülünü kullanarak osiloskopta gözlemleyiniz.
- Motorun devir yönünü değiştirmek için gereken bağlantı değişikliklerini yaparak motoru çalıştırınız ve devir yönü değişikliğini gözlemleyiniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.

#### 3.2. Tek Fazlı Asenkron Motorun Hız Ayarı Deneyinin Yapılışı

- Şekil 3'deki deney bağlantısını yapınız.
- Tek fazlı asenkron motora nominal gerilim uygulayarak, çalıştırınız.
- Manyetik toz frenine uygulanan gerilimi kademe kademe arttırarak tek fazlı asenkron motoru yükleyiniz. Her kademe için elde ettiğiniz değerleri Tablo 1'e yazınız.
- Manyetik toz frenine uygulanan gerilimi sabit tutarak, tek fazlı varyak ile asenkron motora uygulanan gerilimi kademe kademe azaltınız. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 2'ye yazınız.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



**Şekil 3.** Tek fazlı asenkron motor deney bağlantı şeması

#### 4. Raporda İstenenler

1. Tek fazlı asenkron motorun yol verme anında neden yüksek akım çektiğini araştırınız?
2. Deney 3.1.'de ana sargı ve yardımcı sargı akımlarının değişimini yorumlayınız?
3. Deney 3.2.'de moment-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
4. Deney 3.2.'de şebeke akımı-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
5. Deney 3.2.'de şebeke gerilimi-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
6. Motorun verimini yaklaşık olarak hesaplayınız?

### Tablo 1

[illegible]

## Tablo 2

[illegible]