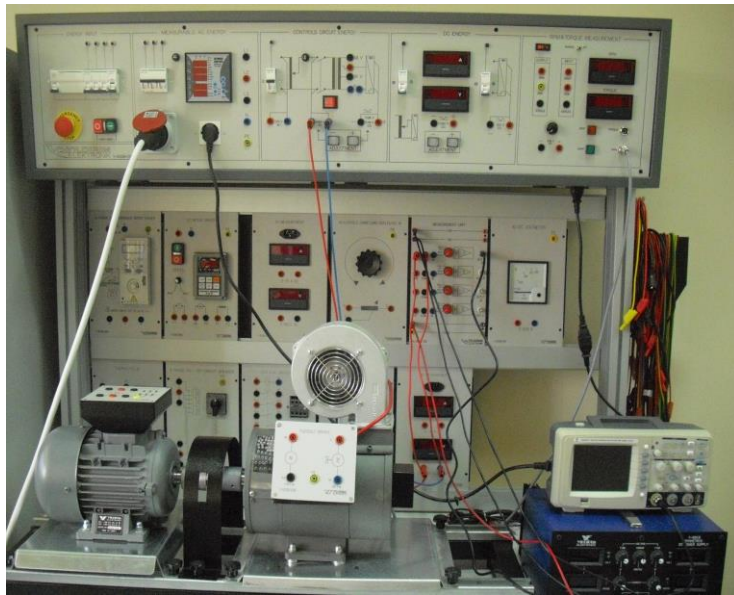
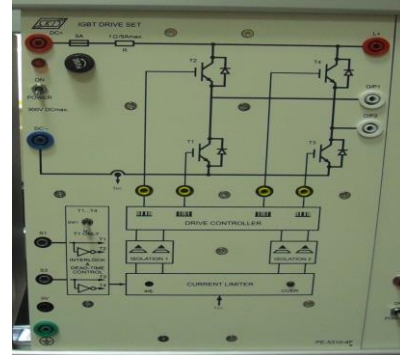




FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ LABORATUVARI
DENEY FÖYLERİ



ELAĞIĞ-2018

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- Tek Fazlı ve Üç Fazlı Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucular

Deney 5- Tek Fazlı ve Üç Fazlı Tam Dalga Kontrollü Doğrultucular

Deney 6- Tek Bölge DC Kıyıcı

GENEL KURALLAR

1. Dersin devam zorunluluğu %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. Deneye gelirken sonuçları kaydetmek için USB bellek getirilmelidir.
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 sınavında ve yazılı olarak yapılacak genel sınavda alınan notların ortalaması genel sınav notu olarak alınacaktır.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet POLAT
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇELİK
Arş. Gör. Çağrı KAYMAK
Arş. Gör. İrem MERTYÜZ
Arş. Gör. Ahmet YILDIZ
Arş. Gör. Tefik YİĞİT

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ LABORATUVARI

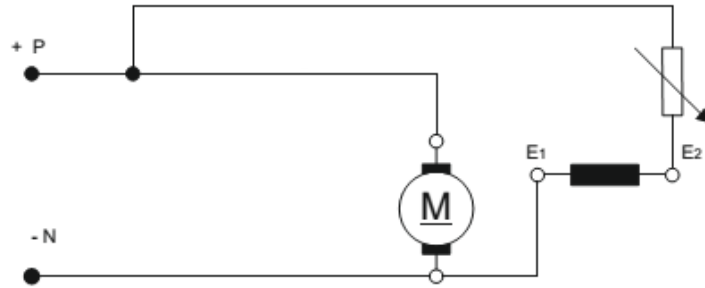
DENEY 1- Doğru Akım Şönt Motora Yol Verme ve Hız Ayarı

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 iletken 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.

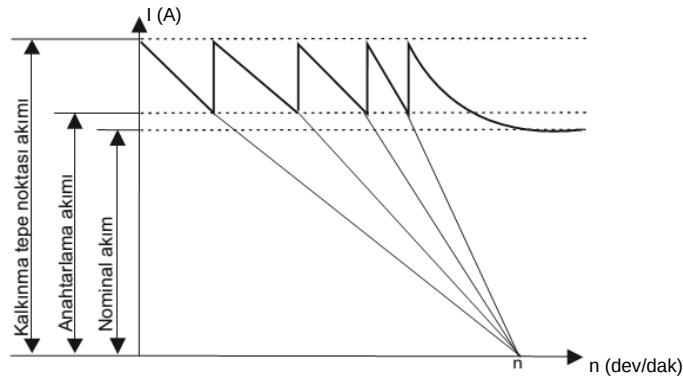


Şekil 1. Doğru akım şönt motorun eşdeğer devresi

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 kıyıcı 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.

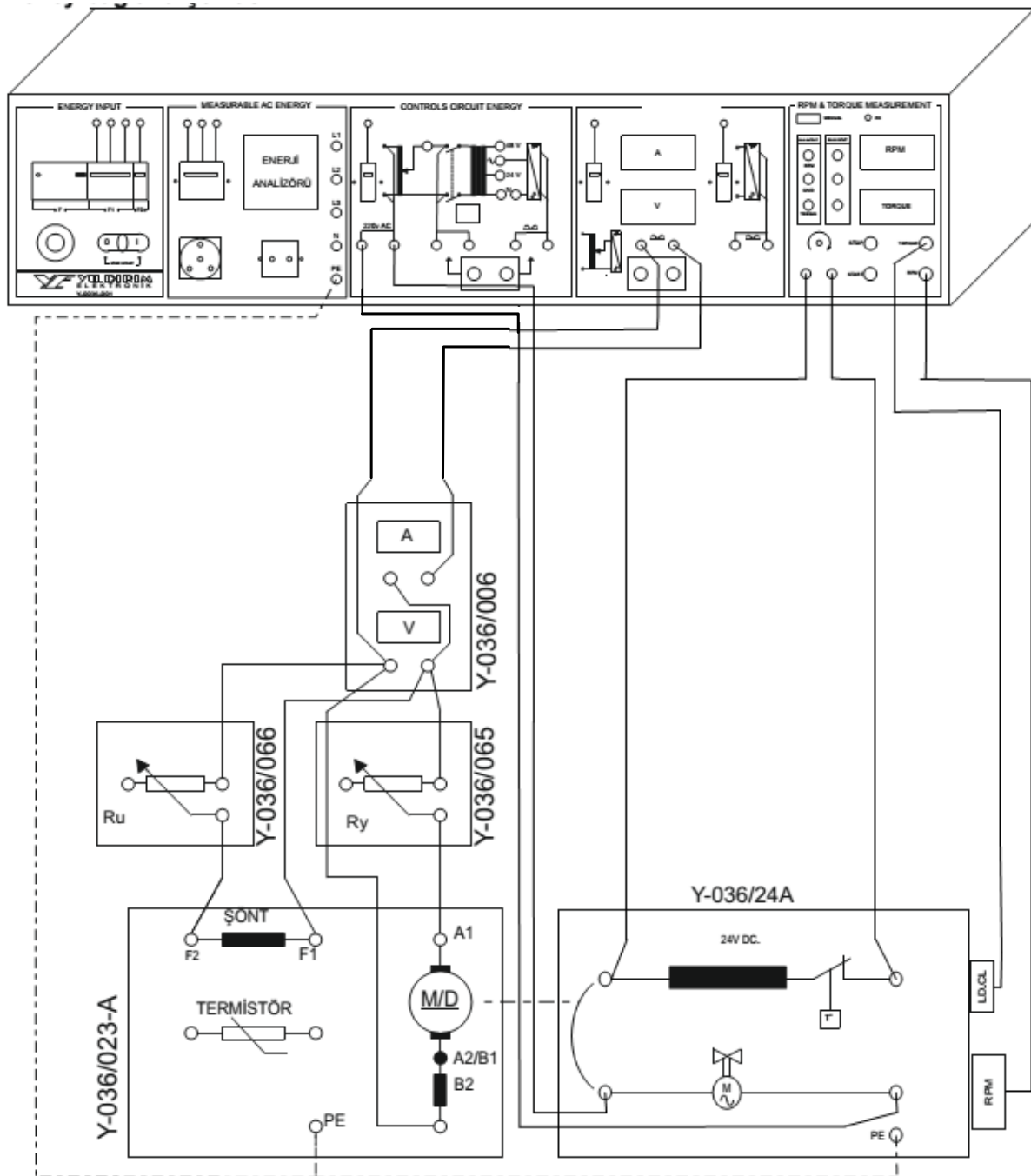
3. Deneyin Yapılışı

Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

- Enerji Üniteli Deney Masası
- D.A. Şönt Makina
- Fuko Freni
- D.A. Ölçüm Ünitesi
- D.A./A.A. Ampermetre (Sapmalı)
- 50 Ω 100 W Ayarlı Direnç (R_y)
- 100 Ω 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_a) değişimini, sapmalı ampermetreden veya osiloskoptan izleyiniz. Endüvi akımını (I_a) ve devir sayısını (n) not ediniz.
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.



3.2.2. Endüvi Gerilimini Değiştirerek

- 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 sabit tutarak, D.A. şönt motorun kaynak gerilimini kademe kademe azaltınız. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 3'e yazınız
- Enerjiyi keserek deneyi sonlandırınız.

4. Raporda İstenenler

1. Deneyde kullandığınız yol verme direncinin nasıl seçildiğini araştırınız?
2. Deney 3.1'de yol alma akımının grafiğini çizin ve yorumlayınız?
3. Deney 3.2.1'de moment-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
4. Deney 3.2.1'de uyarım sargısı akımı-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
5. Deney 3.2.2'de endüvi gerilimi-devir sayısı grafiğini ölçekli olarak çizin ve yorumlayınız?
6. Motorun verimini yaklaşık olarak hesaplayınız?

Tablo 1

V_m (V)	I_{ϕ} (A)	I_a (A)	n (dev/dak)	V_{fuko}	M (Nm)

Tablo 2

V_m (V)	I_{ϕ} (A)	I_f (A)	n (dev/dak)	V_{fuko}	M (Nm)

Tablo 3

V_m (V)	I_{ϕ} (A)	I_a (A)	n (dev/dak)	V_{fuko}	M (Nm)

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ 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 nominal 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 nominal devir sayısına ulaştığında bu akım değeri nominal 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,

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

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. 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:

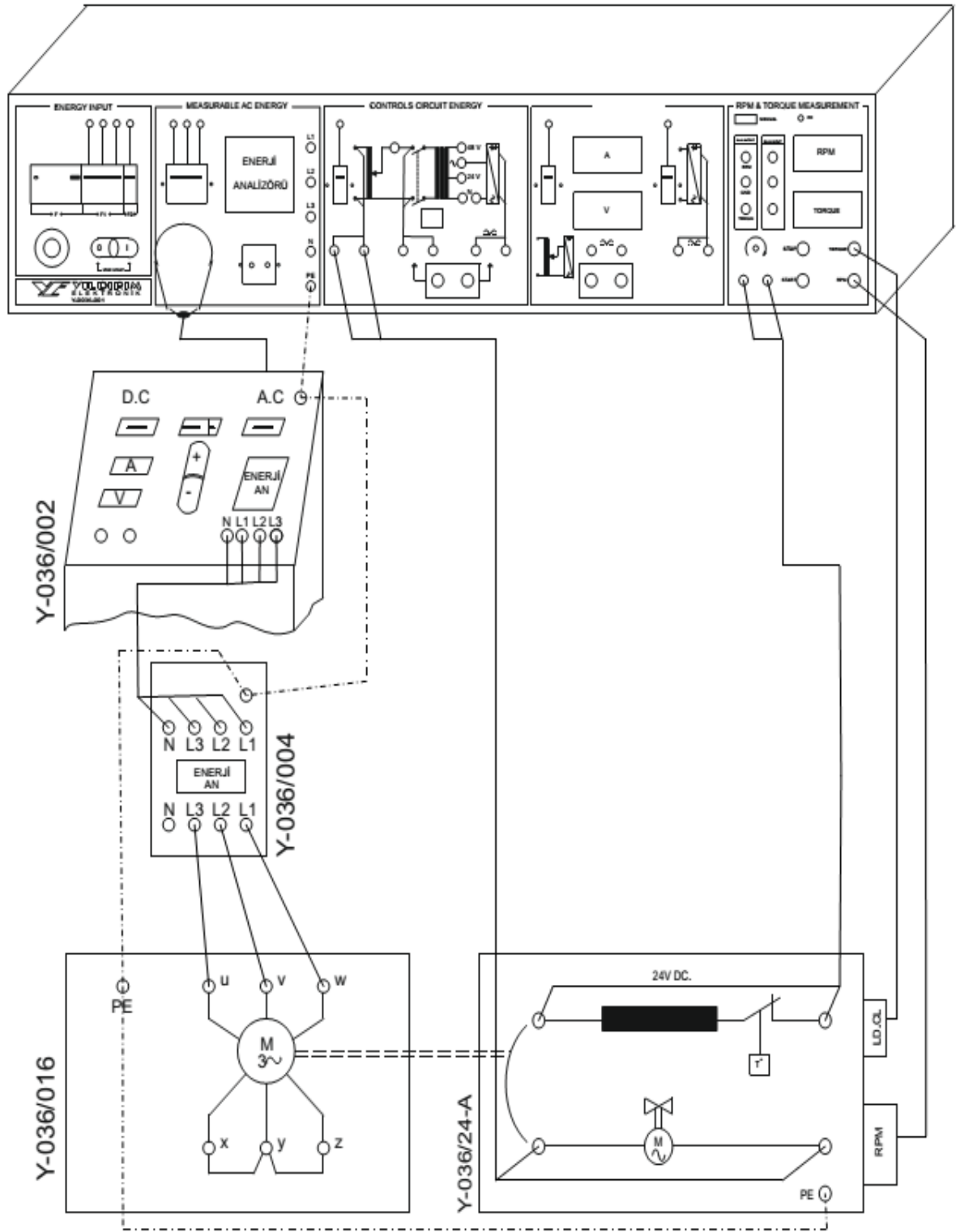
- Enerji Üniteli Deney Masası
- Üç fazlı asenkron makina
- Fuko Freni
- A.A. Ölçüm Ünitesi
- D.A./A.A. Ampermetre (Sapmalı)
- Üç fazlı varyak
- Ölçüm modülü

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 motorun deney bağlantı şeması

4. Raporda İstenenler

1. Üç fazlı asenkron motorun yol verme anında neden yüksek akım çektiğini 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

V_m (V)	I_s (A)	P (W)	$\cos\phi$	n (dev/dak)	V_{fuko}	M (Nm)

Tablo 2

V_m (V)	I_s (A)	P (W)	$\cos\phi$	n (dev/dak)	V_{fuko}	M (Nm)

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ 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.

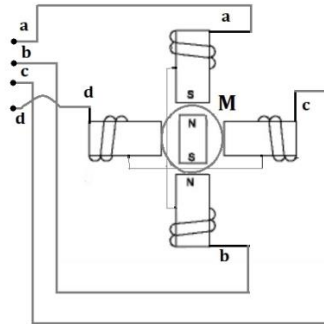
Step motorda sargılara uygulanan darbeler ile dönme gerçekleşmektedir. Darbenin bitmesi ile dönme de durmaktadır. Darbeler art arda uygulanırsa sürekli bir dönme hareketi sağlanır. Her bir darbede adım açısı kadar bir dönme sağlanır. Adım açısı motorun yapısına göre 90, 45, 30, 18, 9, 4.5 veya daha küçük 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

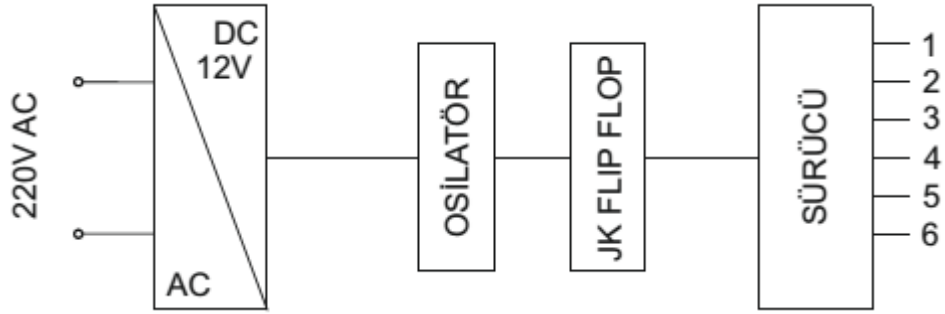
Step motorlar için bipolar ve unipolar olmak üzere iki çeşit sürme devresi bulunmaktadır. Unipolar sürme devresinde motor sargılarından bir yönde akım geçirilir. Bipolar sürme devresinde ise sargılardan iki yönde akım geçirilir. Unipolar sürme devreleri daha basit yapıdadır. Bipolar sürme devrelerinde 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

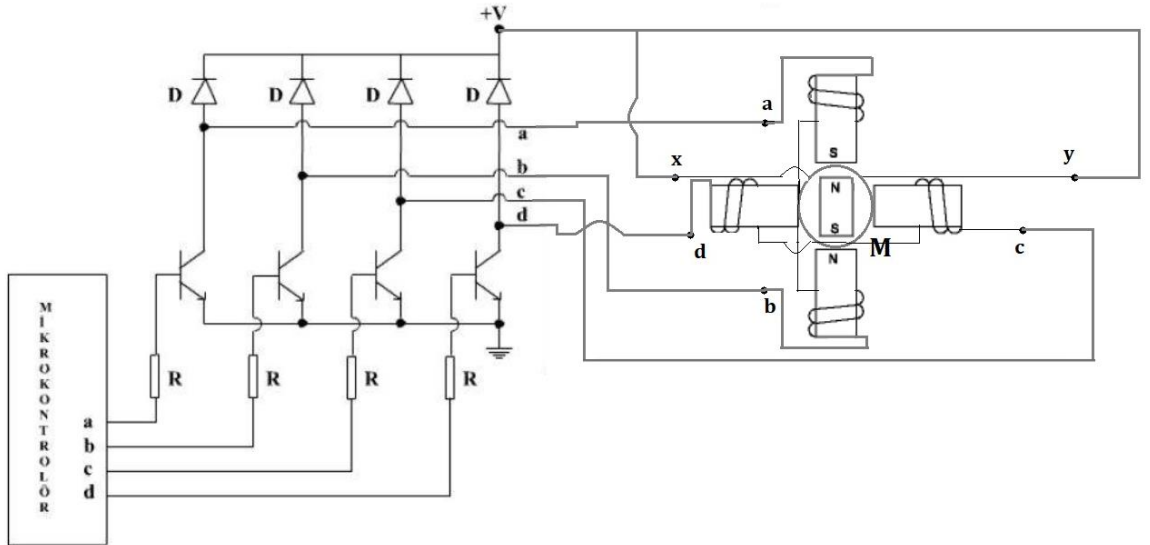
Step motor sürme devrelerinin genel prensibi Şekil 2’de görülmektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi 220 V A.A. şebeke gerilimi bir transformatör ile küçültülmekte ve doğrultucu devresi ile 12 V D.A: gerilimine dönüştürülmektedir. 12 V D.A. gerilimi ile beslenen osilatör devresi ilke JK tipi bir flip-flop 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 adım ve yarım adım olarak sürülebilir. En yaygın olarak kullanılan unipolar sürüş şekilleri; 1 fazlı tam adım, 2 faz tam adım ve 2 faz yarım adım 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.

Tablo 2. 2 Fazlı Tam Adım Sürüş				
Adım	a	c	b	d
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.

Tablo 3. 2 Fazlı Yarım Adım Sürüş				
Adım	a	c	b	d
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.



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
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ LABORATUVARI

DENEY 4- Tek Fazlı ve Üç Fazlı Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucular

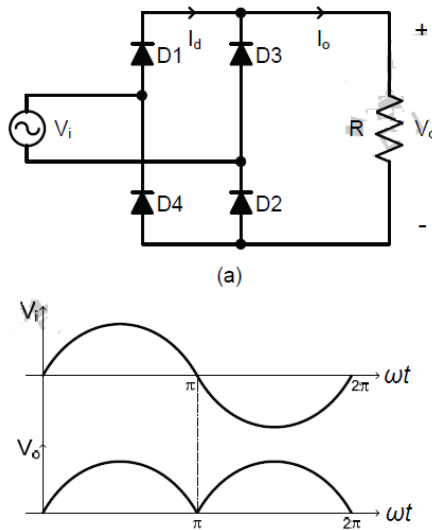
1. Deneyin Amacı

- Tek fazlı ve üç fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun çalışma prensibini ve karakteristiklerini anlamak,
- Tek fazlı ve üç fazlı tam dalga kontrolsüz bir doğrultucuda, gerilim ve akım değerlerini ölçmek,
- Tek ve üç fazlı tam dalga kontrolsüz bir doğrultucuda, gücü hesaplamak ve ölçmek amaçlanmaktadır.

2. Genel Bilgiler

Tek fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucuya kıyasla, tek-fazlı tam dalga kontrolsüz (diyot, köprü yâda sadece tam-dalga) doğrultucu daha iyi karakteristiklere sahiptir. Bundan dolayı, tek-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu, güç elektroniği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

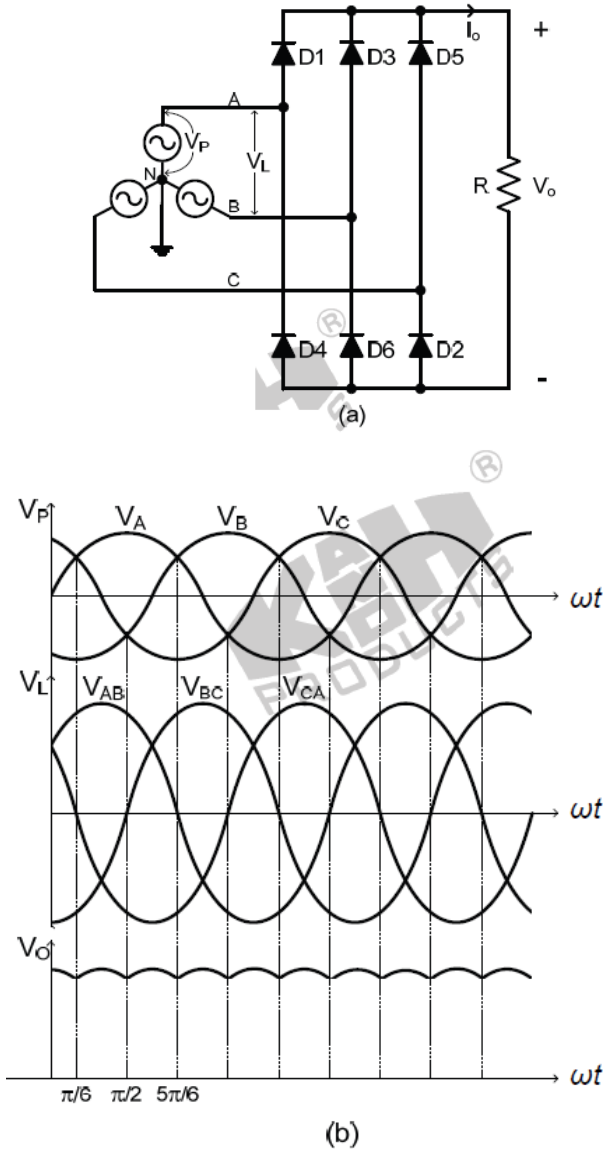
Şekil 1, saf omik yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun devresini ve dalga şekillerini göstermektedir. V_i 'nin pozitif alternansında D1 ve D2 diyotları iletim yönünde, D3 ve D4 diyotları ise tıkama yönünde kutuplanır. Diyotlar ideal kabul edilirse, V_o , V_i 'nin pozitif alternansına eşit olur. V_i 'nin negatif alternansında D3 ve D4 diyotları iletim yönünde, D1 ve D2 diyotları ise tıkama yönünde kutuplanır. Böylece tam dalga doğrultma gerçekleşmiş olur.



Şekil 1. Saf omik yüke sahip tek fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun devresi ve dalga şekilleri

Üç fazlı yarım dalga kontrolsüz (diyot) doğrultucu ile karşılaştırıldığında, üç fazlı tam dalga kontrolsüz (diyot) doğrultucunun (ya da basitçe, üç fazlı tam dalga doğrultucu) devre yapısı daha karmaşık ve pahalıdır, ancak düşük dalgalanma gerilimi, düzgün çıkış gerilim dalga şekli, her bir faz giriş akımında DA bileşeni içermeme ve yüksek güç dönüştürme verimliliği gibi avantajlara sahiptir.

Şekil 2, saf omik yüke sahip üç fazlı tam dalga diyot doğrultucunun devre ve dalga şekillerini göstermektedir. Bu şekil, üç-fazlı güç kaynağını, pozitif faz sırasında göstermektedir; yani, V_B , V_A 'nın 120° gerisindedir, V_C , V_A 'nın 120° ilerisindedir. Fazör diyagramından, faz gerilimi, faz geriliminin $\sqrt{3}$ katına eşittir, V_{AB} , V_{BC} , V_{CA} faz-faz gerilimleri sırasıyla V_A , V_B , V_C faz gerilimlerinin 30° ilerisindedir. $\pi/6 \leq \omega t \leq 3\pi/6$ aralığında, V_{AB} gerilimi maksimumdur, D1 ve D6 diyotları iletimdedir ve çıkış gerilimi $V_O = V_{AB}$ 'dir. $3\pi/6 \leq \omega t \leq 5\pi/6$ aralığında, V_{AC} gerilimi (V_{CA} 'nın ters kutuplusu) maksimumdur, D1 ve D2 diyotları iletimdedir ve çıkış gerilimi $V_O = V_{AC}$ 'dir. Aynı şekilde, $5\pi/6 \leq \omega t \leq 7\pi/6$ aralığında, V_{BC} gerilimi maksimumdur, D2 ve D3 diyotları iletimdedir, çıkış gerilimi $V_O = V_{BC}$ 'dir. Şekil 2(b)'deki gerilim dalga şekillerinden görüldüğü gibi, çıkış dalgalanma frekansı, AA kaynak frekansının 6 katıdır, bundan dolayı bu doğrultucu, altı-darbeli doğrultucu devre olarak da isimlendirilmektedir.



Şekil 2. Saf omik yüke sahip üç-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

Tek fazlı ve üç fazlı tam dalga diyot doğrultucunun karakteristiklerini tanımlamak için gerekli semboller ve kısaltmalar aşağıda tanımlanmıştır:

V_i	: AA giriş gerilimi	V_p	: Faz gerilimi
V_L	: Faz gerilimi	$V_{p(max)}$	: Maksimum faz gerilimi
$V_{p(rms)}$	: rms faz gerilimi	$V_{L(max)}$	: Maksimum faz gerilimi
$V_{L(rms)}$	: rms faz gerilimi	$V_{o(av)}$	: Ortalama çıkış gerilimi
$V_{o(rms)}$	: rms çıkış gerilimi	$V_{r(rms)}$	: rms dalgalanma gerilimi
$I_{o(av)}$	: Ortalama çıkış akımı	$I_{o(rms)}$	: rms çıkış akımı
$I_{d(av)}$	: Ortalama diyot akımı	$I_{d(rms)}$	: rms diyot akımı
$P_{o(av)}$	: Ortalama çıkış gücü	$P_{o(rms)}$	: Etkin çıkış gücü
η_r	: Doğrultucu verimi	λ	: Dalgalılık katsayısı
PIV	: Diyodun ters tepe gerilimi	P_d	: Dalgalılık artık gücü

Tek fazlı tam dalga diyot doğrultucunun karakteristik denklemleri;

$$V_m = \sqrt{2}V_{L(rms)}$$

$$V_{o(av)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} V_m = 0.9V_{L(rms)}$$

$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = 0.707V_m = V_{L(rms)}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

$$I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R} = \frac{2}{\pi} I_m$$

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} = 0.707I_m$$

$$I_{d(av)} = \frac{I_{o(av)}}{2} = 0.5I_{o(av)}$$

$$I_{d(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = \frac{1}{2} I_m = \frac{\pi}{4} I_{o(av)}$$

$$P_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}^2}{R} = V_{o(av)} I_{o(av)}$$

$$P_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}^2}{R} = V_{o(rms)} I_{o(rms)}$$

$$\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} = \frac{0.9^2}{1^2} = 0.81 = 81\%$$

$$P_d = P_{o(rms)} - P_{o(av)} = \frac{V_{r(rms)}^2}{R}$$

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} = \frac{\sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2}}{V_{o(av)}} = 0.482 = 48.2\%$$

Üç fazlı tam dalga diyot doğrultucunun karakteristik denklemleri;

$$V_{O(av)} = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{3\pi}{2}} \sqrt{3}V_{P(max)} \sin \omega t d(\omega t) = 1.654V_{P(max)}$$

$$V_{O(av)} = 2.34V_{P(rms)} = 1.35V_{L(rms)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{3\pi}{2}} (\sqrt{3}V_{P(max)} \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = 1.6554V_{P(max)}$$

$$P_{O(av)} = \frac{V_{O(av)}^2}{R}$$

$$P_{O(rms)} = \frac{V_{O(rms)}^2}{R}$$

$$\eta_r = \frac{P_{O(av)}}{P_{O(rms)}} = \frac{1.654^2}{1.6554^2} = 0.9983 = 99.83\%$$

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{O(av)}} = \frac{\sqrt{V_{O(rms)}^2 - V_{O(av)}^2}}{V_{O(av)}} = \frac{\sqrt{1.6554^2 - 1.654^2}}{1.654} = 4\%$$

3. Deneyin Yapılışı

Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

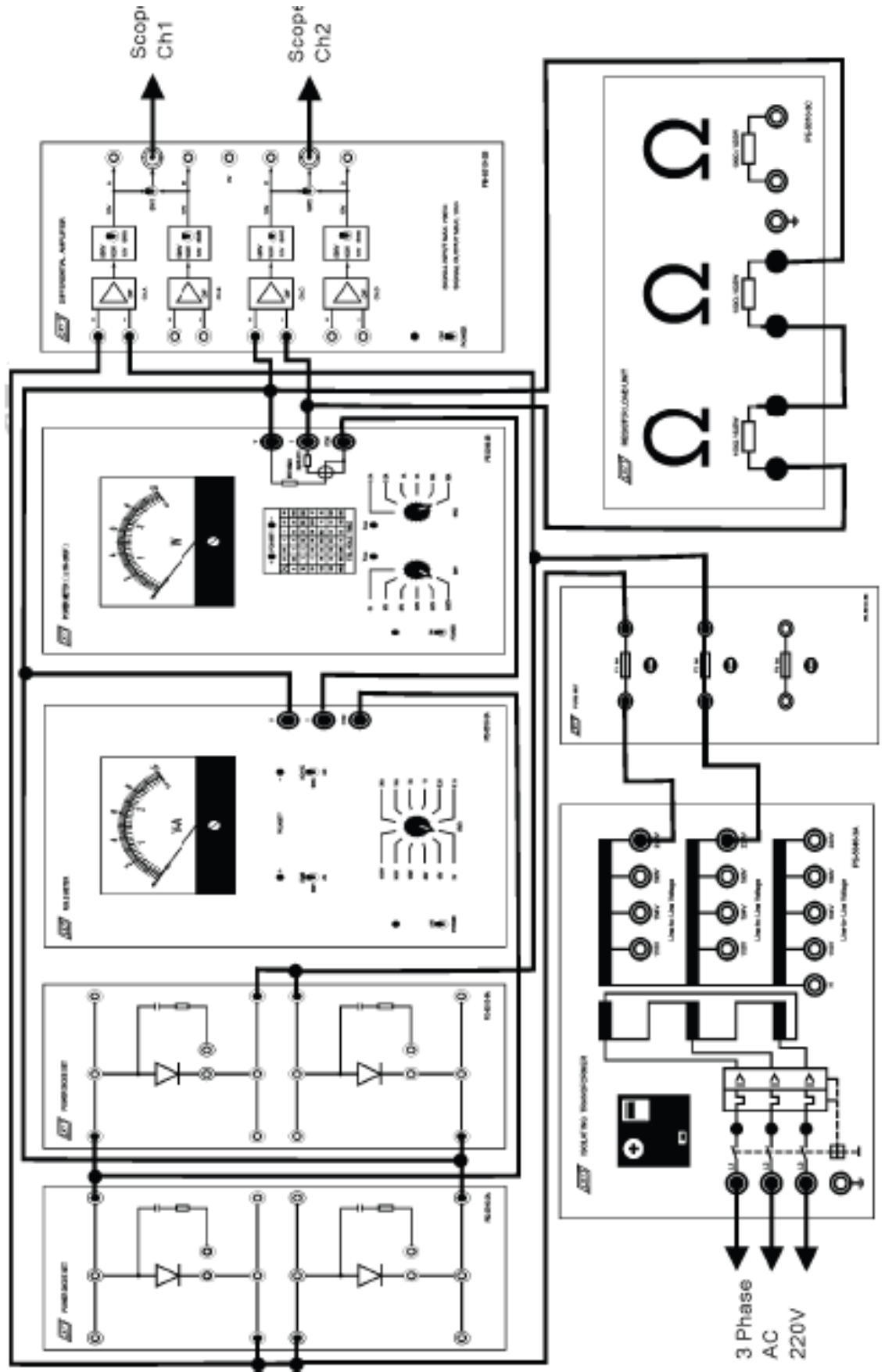
- PE-5340-3A İzolasyon Trafosu
- PE-5310-5B Sigorta Seti
- PE-5310-5A Güç Diyodu Seti (3 Adet)
- PE-5310-3A R.M.S. Ölçer
- PE-5310-3B Wattmetre (Power meter)
- PE-5310-2B Fark Yükseltici
- PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi
- PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi
- PE-5310-2C Akım Transdüseri
- Dijital Bellekli Osiloskop (DSO)
- Bağlantı Kabloları ve Köprüleme Klipsleri

3.1. Tek Fazlı Kontrolsüz Tam Dalga Doğrultucu Deneyinin Yapılışı

1. PE-5310-5A, PE-5310-5B, PE-5310-3A, PE-5310-3B ve PE-5310-2B modüllerini deney düzeneğinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak, Şekil 3'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu tek faz 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 200 Ω 'luk bir dirençtir. Doğrultma öncesi ve sonrasındaki gerilim dalga şekillerini gözleyebilmek için, osiloskobun CH1 girişi, fark yükseltici Ch.A üzerinden AA kaynağına, CH2 girişi ise fark yükseltici Ch.C üzerinden yüke bağlanır.
3. Fark yükseltisinde Ch.A ve Ch.C için V aralık seçici anahtarlarını 500 V konumuna getirin ($V_i/V_o=50$). Osiloskobu kullanarak, tek fazlı tam dalga diyot doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini ve giriş geriliminin tepe değerini gözlemleyerek kaydedin.
4. Güç ölçerin V aralık (SW1) ve I aralık (SW2) seçici anahtarlarını sırasıyla 300 V'a ve 1 A'e ayarlayın. Etkin çıkış gücünü ölçün.
5. RMS ölçerin AC+DC/AC (SW2) ve RMS/AV (SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve RMS konumlarına getirin. V/I aralık (SW3) seçici anahtarını 300 V kademesine ayarlayın ve etkin çıkış gerilimini ölçün, aralık (SW3) seçici anahtarını 1 A kademesine ayarlayın ve etkin çıkış akımını ölçün.
6. RMS ölçerin AC+DC/AC (SW2) ve RMS/AV (SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve AV konumlarına getirin. V/I aralık (SW3) seçici anahtarını 300 V kademesine ayarlayın ve ortalama çıkış gerilimini ölçün. V/I Aralık (SW3) seçici anahtarını 1 A kademesine ayarlayın ve ortalama çıkış akımını ölçün.
7. RMS ölçerin AC+DC/AC (SW2) ve RMS/AV (SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC ve RMS konumlarına getirin. V/I aralık (SW3) seçici anahtarını 300 V kademesine ayarlayın ve etkin dalgalanma gerilimini ölçün.

Tablo 1

	Ölçülecek Değerler	Ölçü Aletinden Okunan Değer
Madde 3	Giriş gerilimi (ch1) max	
	Yük gerilimi (ch2)max.	
Madde 4	Etkin çıkış gücü	
Madde 5	Etkin çıkış gerilimi	
	Etkin çıkış akımı	
Madde 6	Ortalama çıkış gerilimi	
	Ortalama çıkış akımı	
Madde 7	Etkin dalgalanma gerilimi	

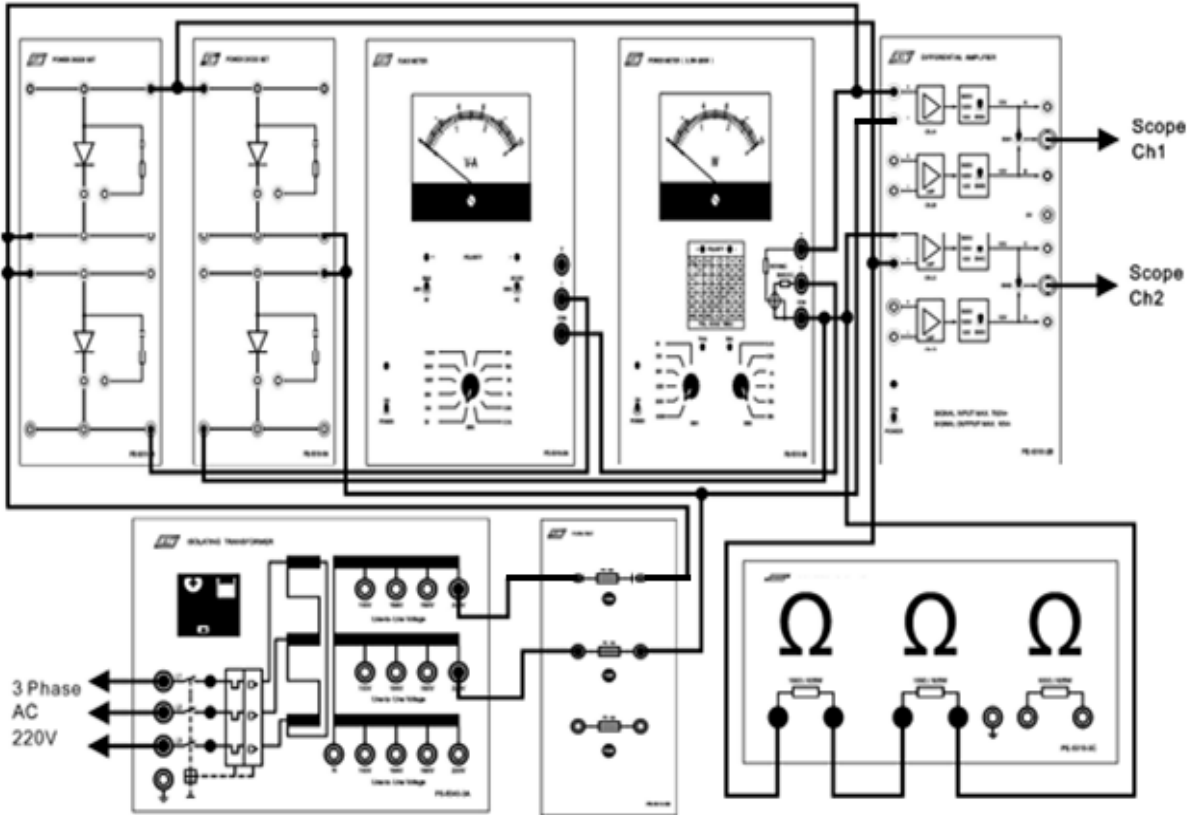


Şekil 3. Saf omik yüke sahip tek fazlı tam dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

8. RMS ölçerin bağlantılarını Şekil 4’de gösterildiği gibi değiştirin. RMS ölçeri kullanarak ortalama diyot akımını, AC+DC/AC (SW2) seçici anahtarı AC+DC konumunda, RMS/AV (SW1) seçici anahtarı AV konumunda ölçün. Etkin diyot akımını, AC+DC/AC (SW2) seçici anahtarı AC+DC konumunda, RMS/AV (SW1) seçici anahtarı RMS konumunda ölçün.
9. Şekil 4’deki tek fazlı tam dalga doğrultucunun yük devresinde, 200 Ω ’luk dirence, seri olarak 200 mH’lık bir indüktans bağlayın. Böylece saf omik yük, indüktif yüke dönüşmüş olur. Osiloskop kullanarak, doğrultucu çıkış gerilimi (CH1) ve 200 mH’lık indüktans üzerindeki gerilimin (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve kaydedin.
10. Osiloskop kullanarak, çıkış gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve kaydedin.

Tablo 2

	Ölçülecek Değerler	Ölçü Aletinden Okunan Değer
Madde 8	Ortalama diyot akımı	
	Etkin diyot akımı	
Madde 9	Max /min çıkış gerilimi (omik)	
	Max /min çıkış gerilimi (omik-indüktif)	
Madde 10	Max giriş gerilimi	
	Max çıkış gerilimi	



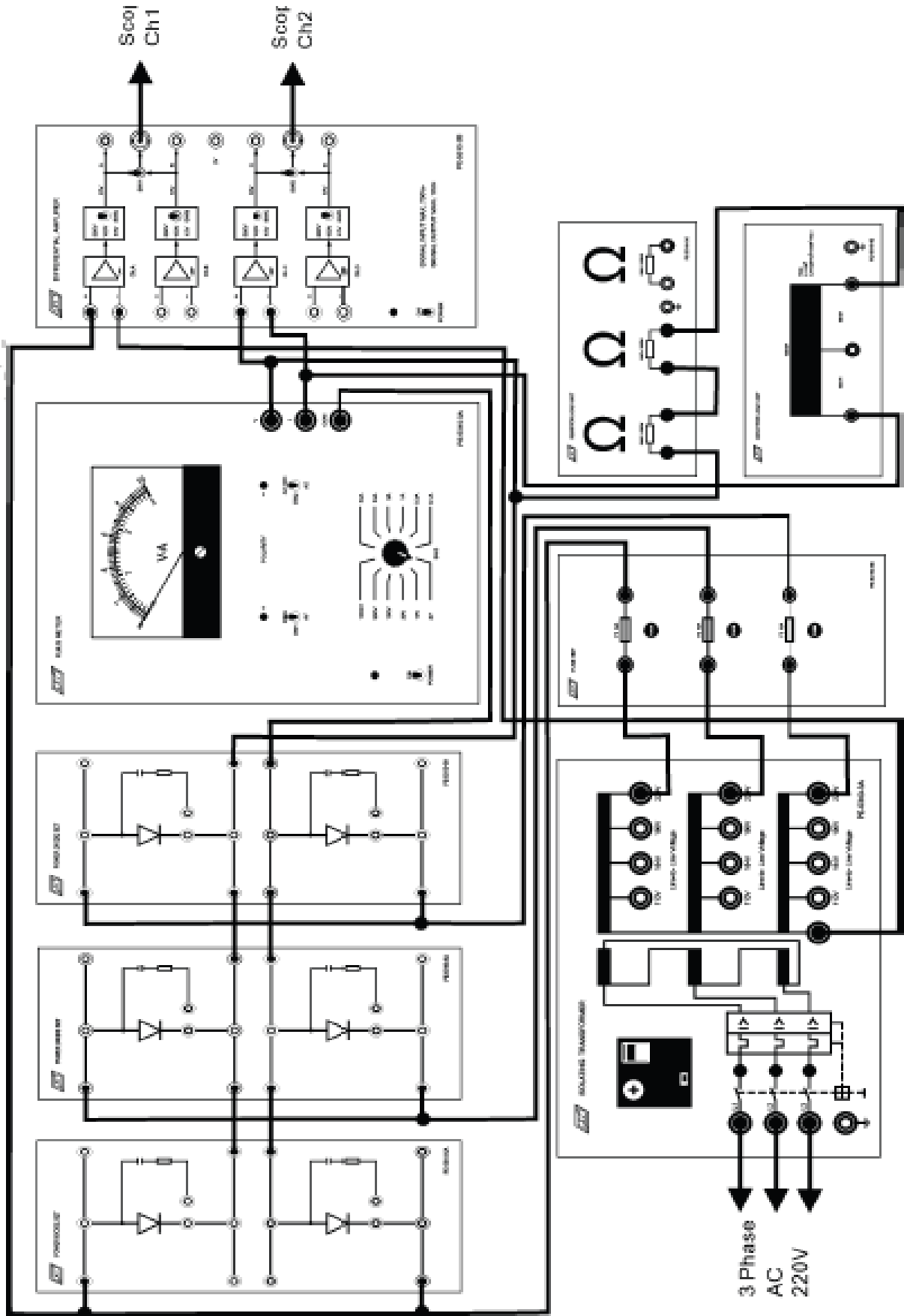
Şekil 4. RMS ölçer kullanarak tek fazlı tam dalga doğrultucunun ileri yön diyot akımını ölçmek için bağlantı diyagramı

3.2. Üç Fazlı Kontrolsüz Tam Dalga Doğrultucu Deneyinin Yapılışı

1. PE-5310-5A, PE-5310-5B, PE-5310-3A ve PE-5310-2B modüllerini deney düzeneğinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, Şekil 5'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu, üç fazlı dört-telli 220 V'luk gerilimle (faz gerilimi=127 V) çalışır ve seri bağlı 200 Ω 'luk bir direnç ve 200 mH'lik bir indüktanstan oluşan yük devresine sahiptir. Osiloskobun CH1'i, fark yükselteciindeki Ch.A üzerinden, V_A faz gerilimini ölçmek için kullanılırken, CH2, fark yükselteciindeki Ch.C üzerinden yük gerilimini ölçmek için kullanılır.
3. İndüktans uçlarına köprüleme klipsi bağlayarak endüktans yükünü kısa devre edin. Böylece saf omik bir yük devresi oluşmuş olur. Fark Yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için, V aralık seçici anahtarlarını (SWA, SWC) 500 V konumuna ayarlayın. Osiloskobu kullanarak, üç fazlı tam dalga diyot doğrultucunun V_A faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini gözlemleyin ve kaydedin.
4. RMS ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve AV konumlarına getirin. Doğrultucunun ortalama çıkış gerilimini $V_{o(av)}$ ve ortalama çıkış akımını $I_{o(av)}$ 'yi ölçün. RMS ölçerin AC+DC/AC (SW2) ve RMS/AV (SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve RMS konumlarına getirin. Doğrultucunun rms çıkış gerilimi $V_{o(rms)}$ 'i ve rms çıkış akımını $I_{o(rms)}$ 'i ölçün.
5. RMS ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC ve RMS konumlarına getirin. RMS dalgalanma gerilimini $V_{r(rms)}$ 'i ölçün
6. Şekil 5'deki bağlantıları, V_A faz gerilimi (CH1) ve A fazının akımını (CH2 faz akımı ile aynıdır), akım transdüseri üzerinden ölçecek şekilde değiştirin ve A faz gerilimi ve akımı, gözlemleyin ve kaydedin.
7. İndüktans uçlarındaki köprüleme klipsini kaldırarak indüktansı yeniden devreye alın. Böylece saf omik yük devresi, indüktif yüke dönüşmüş olur. 6. adımdaki işlemleri tekrarlayın ve doğrultucunun AA giriş gerilimini ve akım dalga şekillerini gözlemleyin ve kaydedin

Tablo 3

	Ölçülecek Değerler	Ölçü Aletinden Okunan Değer
Madde 3	V_A faz gerilimi (ch1) max/min	
	Yük gerilimi (ch2)max./min	
Madde 4	Etkin çıkış gerilimi	
	Etkin çıkış akımı	
	Ortalama çıkış gerilimi	
	Ortalama çıkış akımı	
Madde 5	Etkin dalgalanma gerilimi	
Madde 6 (omik indüktif)	V_A faz gerilimi (transducer) max/min	
	V_A faz akımı transducer) max./min	
Madde 7 (omik)	V_A faz gerilimi (transducer) max/min	
	V_A faz akımı transducer) max./min	



Şekil 5. Üç fazlı tam dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

4. Raporda İstenenler

1. Deney sonuçlarının grafiklerini ölçekli olarak çizerek yorumlayınız?
2. Elde edilen deneysel sonuçlarla hesapladığınız/hesaplayacağınız teorik sonuçları karşılaştırınız?
3. Yapılan deneylerin devrelerini MATLAB/Simulink ortamında elde ederek deneysel ve simülasyon sonuçlarını karşılaştırınız?
4. Deney 3.1.'de 6.adım için ortalama çıkış gücünü hesaplayın?
5. Deney 3.1.'de etkin çıkış gücünü hesaplayın. Hesaplanan değerin, 4. adımda ölçülen değere yakınlığını değerlendirin?
6. Deney 3.1.'de 4. ve 6. adımlarda ölçülen ve hesaplanan değerleri dalgalılık artık gücü denkleminde yerine koyun ve P_d 'yi hesaplayın. Hesaplanan P ve yük direnci R_y 'yi kullanarak, $V_{r(rms)}$ 'i hesaplayın. η_r 'yi hesaplayın. Hesaplanan değer % 81 değerine yakın mıdır, yorumlayınız?
7. Deney 3.1.'de 6. ve 7. adımlarda ölçülen değerlerden dalgalılık katsayısını hesaplayınız. Hesaplanan değer % 48.2 değerine yakın mıdır, yorumlayınız?
8. Deney 3.2 için, maksimum giriş faz gerilimi $V_{p(max)}$ 'ı belirleyiniz. Çıkış gerilimindeki dalgalanma frekansının, giriş kaynak frekansının kaç katıdır?
9. Deney 3.2'de 3. adım için ölçülen $V_{p(max)}$ değerini $V_{o(av)}$ denkleminde yerine koyarak. $V_{o(av)}$ değerini hesaplayın. Hesaplanan değer, 4. adımda ölçülen $V_{o(av)}$ ile uyumlu mudur?. $V_{o(rms)}$ ve $V_{o(av)}$ değerleri yaklaşık olarak birbirine eşit midir, yorumlayınız?
10. Deney 3.2'de 4. adım için ölçülen değerlerden ve R yük direncinden faydalanarak $P_{o(av)}$ ve $P_{o(rms)}$ değerlerini hesaplayın. Hesaplanan değerleri kullanarak η_r değerini hesaplayın. Hesaplanan değer, %99.83'e yakın mıdır, yorumlayınız?
11. Deney 3.2'de 4. ve 5. adımlarda ölçülen sonuçlarını kullanarak, λ değerini hesaplayın. Hesaplanan değer, %4'e yakın mıdır, yorumlayınız?
12. Deney 3.2'de 6. adımda ölçülen giriş akımı, DA bileşenine sahip midir, yorumlayınız?
13. Deney 3.2'deki sonuçlar karşılaştırılırsa, indüktif yüke sahip doğrultucu, saf omik yüke sahip doğrultucuya göre daha sürekli bir yük akımına sahip midir, yorumlayınız?

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ LABORATUVARI

DENEY 5- Tek Fazlı ve Üç Fazlı Tam Dalga Kontrollü Doğrultucular

1. Deneyin Amacı

- Tek fazlı ve Üç fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun çalışma prensibini ve karakteristiklerini anlamak,
- Tek fazlı ve Üç fazlı tam dalga kontrollü bir doğrultucuda, gerilim ve akım değerlerini ölçmek,
- Tek fazlı ve Üç fazlı tam dalga kontrollü bir doğrultucuda, gücü hesaplamak ve ölçmek amaçlanmaktadır.

2. Genel Bilgiler

Tek fazlı tam dalga kontrollü doğrultucu devresini oluşturmak, tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucununki ile benzerdir. Çıkış gerilimin ortalama değerini kontrol edebilmek için, diyot yerine tristör (SCR) kullanılmıştır. Tristörün ateşleme açısı değiştirilerek, tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun ortalama çıkış gerilimi değiştirilebilir.

Şekil 1 saf omik yüke sahip tek fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devresini ve dalga şekillerini göstermektedir. V_i 'nin pozitif alternansında $\omega t = \alpha$ 'da Q1 ve Q2 tetiklenerek iletme geçer ve V_i $\alpha \leq \omega t \leq \pi$ aralığında Q1 ve Q2 üzerinden yüke bağlanır. V_i 'nin negatif alternansında, $\omega t = (\pi + \alpha)$ 'da, Q3 ve Q4 tetiklenerek iletme geçer ve V_i $\pi + \alpha \leq \omega t \leq 2\pi$ aralığında Q3 ve Q4 üzerinden yüke bağlanır. Tetikleme açısı α 'nın, 0° ile 180° arasında değişmesine karşılık gelen çıkış gerilimi dalga şekli Şekil 1(b)'de gösterilmiştir. Çıkış akımı I_o ve çıkış gerilimi V_o aynı dalga şekline sahiptir, fakat genlikleri farklıdır. Q3 ve Q4'ün tetikleme sinyallerinin, Q1 ve Q2'nin kapı sinyallerine göre 180° geri fazda olduğuna dikkat edilmelidir. Q1 ve Q2'nin (Q3 ve Q4) tetikleme sinyalleri elektriksel olarak birbirinden yalıtılmalıdır, aksi takdirde kısa devre oluşacaktır.

Şekil 1(b)'de gösterildiği gibi, tristör ateşleme açısı α 'nın, 0° ile 180° arasında değiştirilmesiyle çıkış geriliminin ortalama değeri değiştirilebilir. $\alpha = 0$ iken, bu devre, tam dalga diyot doğrultucu ile aynı fonksiyona sahiptir ve bu durumda ortalama çıkış gerilimi V_{d0} ile ifade edilir. $\alpha \neq 0$ iken, ortalama çıkış gerilimi $V_{d\alpha}$ ile gösterilir.

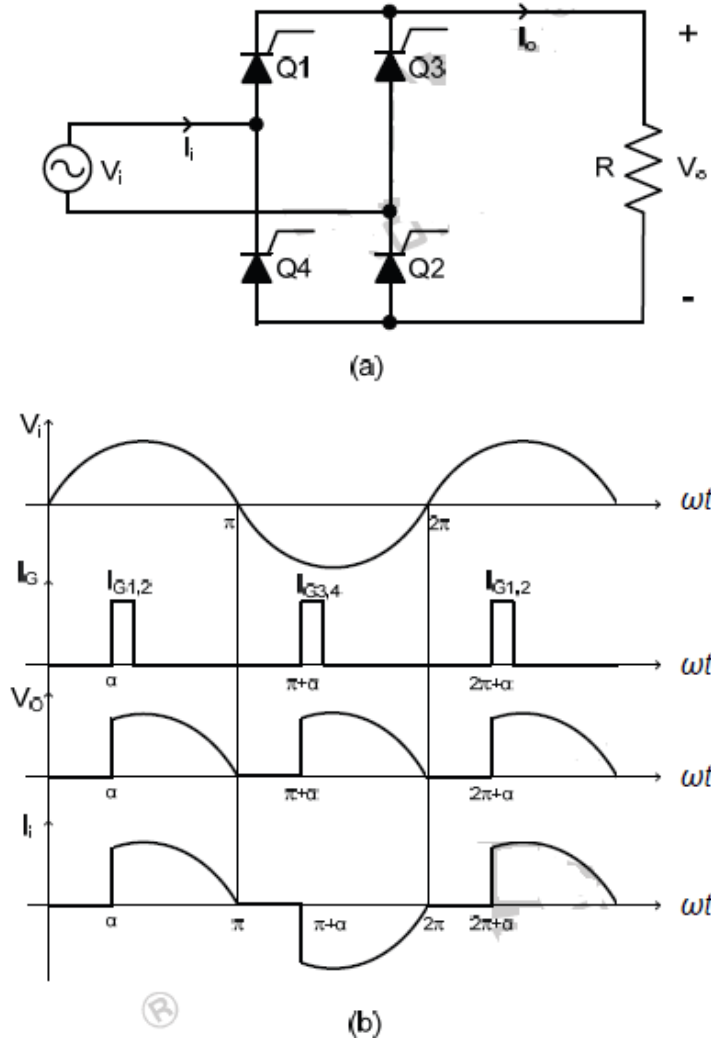
$$V_{d0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} V_m \quad (1.1)$$

$$V_{d\alpha} = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} V_m (1 + \cos \alpha) \quad (1.2)$$

Denklem 1.1, denklem 1.2'de yerine koyarsak;

$$V_{d\alpha} = 0.45 V_{i(rms)} (1 + \cos \alpha) = \frac{V_{d0}}{2} (1 + \cos \alpha) \quad (1.3)$$

Burada $V_i(\text{rms})$,rms giriş gerilimidir. Tetikleme açısı α 'yı, 0° 'den 180° 'e değiştirerek, ortalama çıkış gerilimi $0.9V_i(\text{rms})$ 'den 0 V değerine kadar değiştirilebilir. Böylece $V_{d\alpha}$ 'nın en büyük değeri $0.9V_i(\text{rms})$ olur.

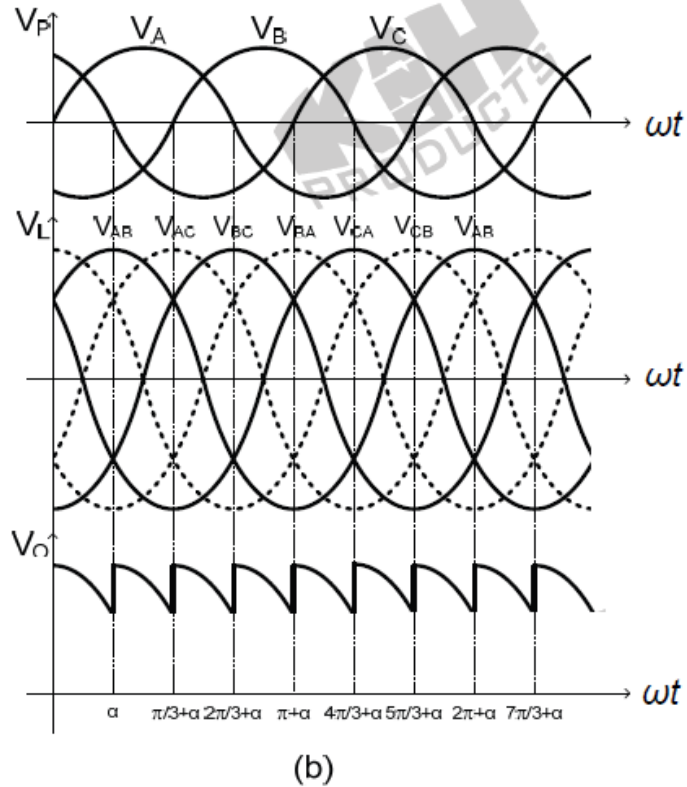
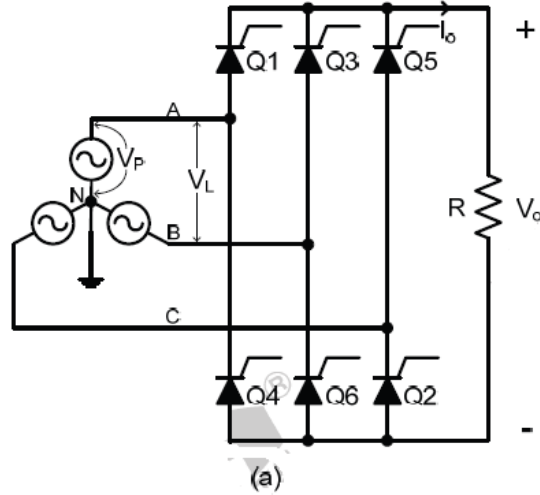


Şekil 1. Saf omik yüke sahip tek fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devresi ve dalga şekilleri

Üç fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucunun devre yapısı, üç fazlı tam dalga diyot doğrultucununki ile benzerdir. İkisi arasındaki tek fark, üç fazlı tam dalga diyot doğrultucudaki altı güç diyodunun, güç tristörleri ile yer değiştirmiş olmasıdır. Tristörlerin tetikleme açıları değiştirilerek, üç fazlı doğrultucunun ortalama çıkış gerilimi değiştirilebilir. Tek fazlı tam dalga kontrollü doğrultucu ile karşılaştırıldığında, üç fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucu daha düzgün DA gerilimi sağlayabilir ve yük devresine daha yüksek güç aktarabilir. Üç fazlı tam dalga yarı kontrollü doğrultucu ile karşılaştırıldığında, üç fazlı tam dalga tam kontrollü doğrultucu, çıkış geriliminde daha küçük dalgalanma bileşenine sahiptir (saf DA'a yakın) ve çıkış geriliminin polaritesi değiştirilebilir; yani, iki bölgeli bir dönüştürücüdür.

Şekil 2, saf omik yüke sahip üç fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devresi ve dalga şekillerini göstermektedir. Bu şekil, üç fazlı güç kaynağını, pozitif faz sırasında göstermektedir; yani, V_B , V_A 'nın 120° gerisindedir, V_C , V_A 'nın 120° ilerisindedir. Üç-fazlı tam dalga yarı-kontrollü doğrultucuya benzer şekilde, üç-fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucuda, tristörlerin tetikleme sinyalleri, sürekli darbe olmalıdır.

Tristörün tetikleme açısı $\alpha \leq \pi/6$ olduğunda, bu devre, üç fazlı tam dalga diyot doğrultucu ile aynı fonksiyona sahiptir; yani, ortalama çıkış gerilimi değiştirilemez. Normal çalışmada, bu doğrultucuda tristörlerin tetikleme açısı α , 30° ile 180° arasında olmalıdır. Ayrıca, üç fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucu altı tristöre sahip olduğu için ve bir anda iki tristör iletimde olacağı için; her bir tristörün tetikleme sinyali, $\pi/3$ 'e kadar uzatılmalıdır (herhangi iki tetikleme sinyali $\pi/3$ kadar örtüşmeli). Aksi halde, herhangi bir anda sadece bir tristör iletimde olur ve yük akımı üretilmez.



Şekil 2. Omik yüke sahip üç-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devresi ve dalga şekilleri

Şekil 2'de gösterildiği gibi, $\alpha \leq \omega t \leq \alpha + (\pi/3)$ aralığında, V_{AB} gerilimi maksimumdur, Q1 ve Q6 tetiklenerek iletime geçer, böylece doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_o = V_{AB}$ 'dir. $\alpha + \pi/3 \leq \omega t \leq \alpha + 2\pi/3$ aralığında, V_{AC} gerilimi maksimumdur, Q1 ve Q2 tristörleri tetiklenerek iletime geçerken, Q6 tristörü ters kutuplanmıştır ve tıkamadadır, bu yüzden doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_o = V_{AC}$

'dir. $\alpha + (2\pi/3) \leq \omega t \leq \alpha + \pi$ aralığında, V_{BC} gerilimi maksimumdur, Q2 ve Q3 tristörleri tetiklenerek iletme geçerken, Q1 tristörü ters kutuplanmıştır ve tıkamadadır, böylece doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_O = V_{BC}$ 'dir.

Bu incelemeden, her tristörün iletim açısının 60° olduğu görülür. Şekil 2(b)'deki dalga şekillerinden görüldüğü gibi, üç-fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucunun dalgalanma frekansı, AA kaynak frekansının 6 katıdır.

Önceki deneylerde kullanılan sembol ve kısaltma ifadelerinden ve Şekil 6-2(b)'deki dalga şekillerinden yararlanarak, ortalama ve rms çıkış gerilim değerleri aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$V_{O(av)} = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} \sqrt{3}V_{P(max)} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) d(\omega t) \quad (1.4)$$

$$V_{O(rms)} = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} [\sqrt{3}V_{P(max)} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})]^2 d(\omega t) \quad (1.5)$$

3. Deneyin Yapılışı

Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

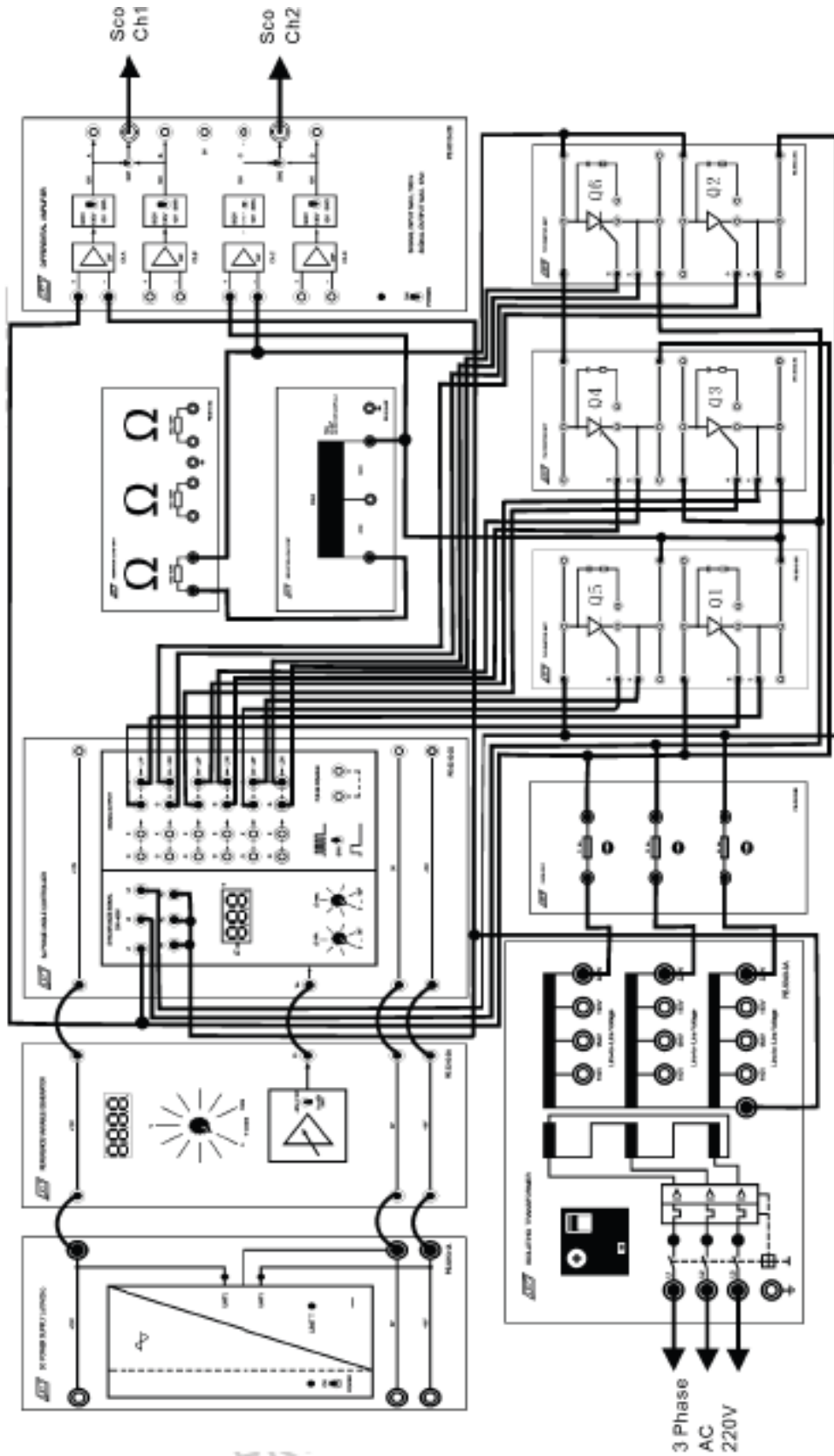
- PE-5340-3A İzolasyon Trafosu
- PE-5310-5B Sigorta Seti
- PE-5310-5C Tristör Seti (3 Adet)
- PE-5310-3B Wattmetre (Power meter)
- PE-5310-1A DC Güç Kaynağı
- PE-5310-2B Fark Yükseltici
- PE-5310-3C Omik Yük Ünitesi
- PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi
- PE-5310-2C Akım Transdüseri
- PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç Modülü
- PE-5310-2D 3φ Faz Açısı Denetleyici Modülü
- Dijital Bellekli Osiloskop (DSO)
- Bağlantı Kabloları ve Köprüleme Klipsleri

3.1. Tek Fazlı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Deneyinin Yapılışı

1. PE-5310-1A, PE-5310-2A, PE-5310-2D ve PE-5310-5C modüllerini deney düzeneğinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak (eğik çizgiler), Şekil 3'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu, tek faz 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 200Ω 'luk bir dirençtir. Referans değişken üreteç modülünde, V_c aralık seçici anahtarını $0\sim+10V$ konumuna getirin ve V kontrol düğmesini % 0 konumuna ayarlayın. 3ϕ faz açısı denetleyicisi modülünde, single pulse çıkışını seçin, referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini ayarlayarak tetikleme açısının 0° 'den 180° 'e değişebilmesi için $\alpha_{min}=0^\circ$ ve $\alpha_{max}=180^\circ$ yapın.
3. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini, 3ϕ faz açısı denetleyicisi'nin 7-segment displayinden tetikleme açısı $\alpha=60^\circ$ okunacak şekilde ayarlayın. Fark yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarlarını $500 V$ konumuna getirin. Osiloskobu kullanarak, tek fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini inceleyin. Farklı tetikleme açıları için, yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözlemleyin.
4. $\alpha=0$ ve 60° için ortalama çıkış gerilimi V_{da} 'yı ölçün ve kaydedin.
5. Yük devresinde, 200Ω 'luk direnç, seri olarak 200 mH 'lik bir indüktans bağlayın. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini, tetikleme açısını $\alpha=60^\circ$ yapmak için ayarlayın. Osiloskop kullanarak, doğrultucu giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini gözlemleyin. Farklı tetikleme açıları ve R, L değerleri için yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözlemleyin.
6. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini, tetikleme açısını $\alpha=60^\circ$ yapmak için ayarlayın. Osiloskop kullanarak, doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekillerini inceleyin.
7. Doğrultucunun yük akım dalga şeklini ölçmek için akım transduserini kullanın. Farklı tetikleme açıları ve R, L değerleri için yük akımı dalga şeklindeki değişimleri inceleyin.

3.2. Üç Fazlı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Deneyinin Yapılışı

1. PE-5310-5B, PE-5310-5C, PE-5310-2C, PE-5310-2B, PE-5310-1A, PE-5310-2A ve PE-5310-2D modüllerini deney Düzeneğinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, Şekil 4'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu, üç fazlı dört-telli 220 V'luk gerilimle (faz gerilimi=127V) çalışır ve seri bağlı 100 Ω 'luk bir direnç ve 200 mH'lik bir indüktanstan oluşan yük devresine sahiptir. Referans değişken üreteç modülünde, Vc aralık seçici anahtarını 0~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini % 0 konumuna ayarlayın. 3 ϕ faz açısı denetleyicisi modülünde, pulse train çıkışını seçin, $\alpha_{min}=30^\circ$ ve $\alpha_{max}=180^\circ$ yapın. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini ayarlanarak, tetikleme açısı 30° ile 180° arasında değiştirilebilir.
3. İndüktans uçlarına köprüleme klipsi bağlayarak endüktans yükünü kısa devre edin. Böylece saf omik bir yük devresi oluşmuş olur. Fark Yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için, V aralık seçici anahtarlarını (SWA,SWC) 500 V konumuna ayarlayın. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini, tetikleme açısını $\alpha =60^\circ$ yapmak için ayarlayın. Osiloskop kullanarak, üç-fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucunun V_A az gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini ölçün.
4. Referans değişken üreteç modülünün V kontrol düğmesini ayarlayarak, tetikleme açısını $\alpha=90^\circ$ yapın. Osiloskop kullanarak, üç-fazlı tam dalga tam-kontrollü doğrultucunun V_A faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini ölçün.
5. İndüktans uçlarındaki köprüleme klipsini kaldırarak indüktansı yeniden devreye alın. Böylece saf omik yük devresi, indüktif yüke dönüşmüş olur. Tetikleme açısı ayarlarını, 4. adımda olduğu gibi bırakın. Şekil 4'teki bağlantıları, V_A faz gerilimi (CH1) ve akım transdüseri üzerinden yük akımını (CH2) ölçmek için değiştirin. Sonuçları osiloskopta gözlemleyin.



Şekil 4. Saf Omik yüke sahip Üç-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun bağlantı diyagramı

4. Raporda İstenenler

1. Deney sonuçlarının grafiklerini ölçekli olarak çizerek yorumlayınız?
2. Elde edilen deneysel sonuçlarla hesapladığınız/hesaplayacağınız teorik sonuçları karşılaştırınız?
3. Yapılan deneylerin devrelerini MATLAB/Simulink ortamında elde ederek deneysel ve simülasyon sonuçlarını karşılaştırınız?
4. Deney 3.1.'de 3. adım için tristörün iletim açısı $\theta = \beta - \alpha = 120^\circ$ midir, yorumlayınız?
5. Deney 3.1.'de 4. Adım için V_{d60} / V_{d0} oranını hesaplayın ve sonucu Denklem 3 ile karşılaştırınız?
6. Deney 3.1.'de 5.adım için tristör iletim açısını hesaplayarak, 3. adımdaki saf omik yük durumu ile karşılaştırınız?
7. Deney 3.1'deki sonuçlara göre, daha sürekli yada daha küçük dalgalanmaya sahip yük akımı elde etmek için, R direnci ve L indüktansı'nın değeri arttırılmalı mıdır, azaltılmalı mıdır, yorumlayınız?
8. Deney 3.2'de 3.adım için çıkış gerilimindeki dalgalanma frekansı, AA giriş kaynak frekansının 6 katı mıdır, yorumlayınız?
9. Deney 3.2'de 4.adımda ortalama çıkış gerilimi artıyor mu, yorumlayınız?
10. Deney 3.2'de 5.adımdaki sonuçlar ile 4. adımdaki sonuçla karşılaştırılırsa, indüktif yüke sahip doğrultucu, saf omik yüke sahip doğrultucuya göre daha sürekli bir yük akımına sahip midir, yorumlayınız?

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MKM334-ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ LABORATUVARI

DENEY 6- Tek Bölgeli DC Kıyıcı

1. Deneyin Amacı

- Tek bölgeli kıyıcının çalışma prensibini anlamak,
- Saf omik ve R-L yükü için tek bölgeli DC kıyıcının çıkış gerilim ve akım dalga şekillerini ölçmek,
- Yük 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 her zaman açıktır ve buna bağlı D2 ters-paralel diyot, R-L yükünün serbest geçiş diyodu gibi davranır. Bu şekilde, yük bir DA motorudur. L ve R, DA motorunun endüvi indüktansını ve endüvi direncini temsil ederken, V ise DA motorunun zıt emk'sını temsil eder.

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.

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

$$V_o = \frac{t_{ON}}{T} V_s = D V_s \quad (1.2)$$

Burada;

V_o = Ortalama çıkış gerilimi

V_s = Kaynak gerilimi

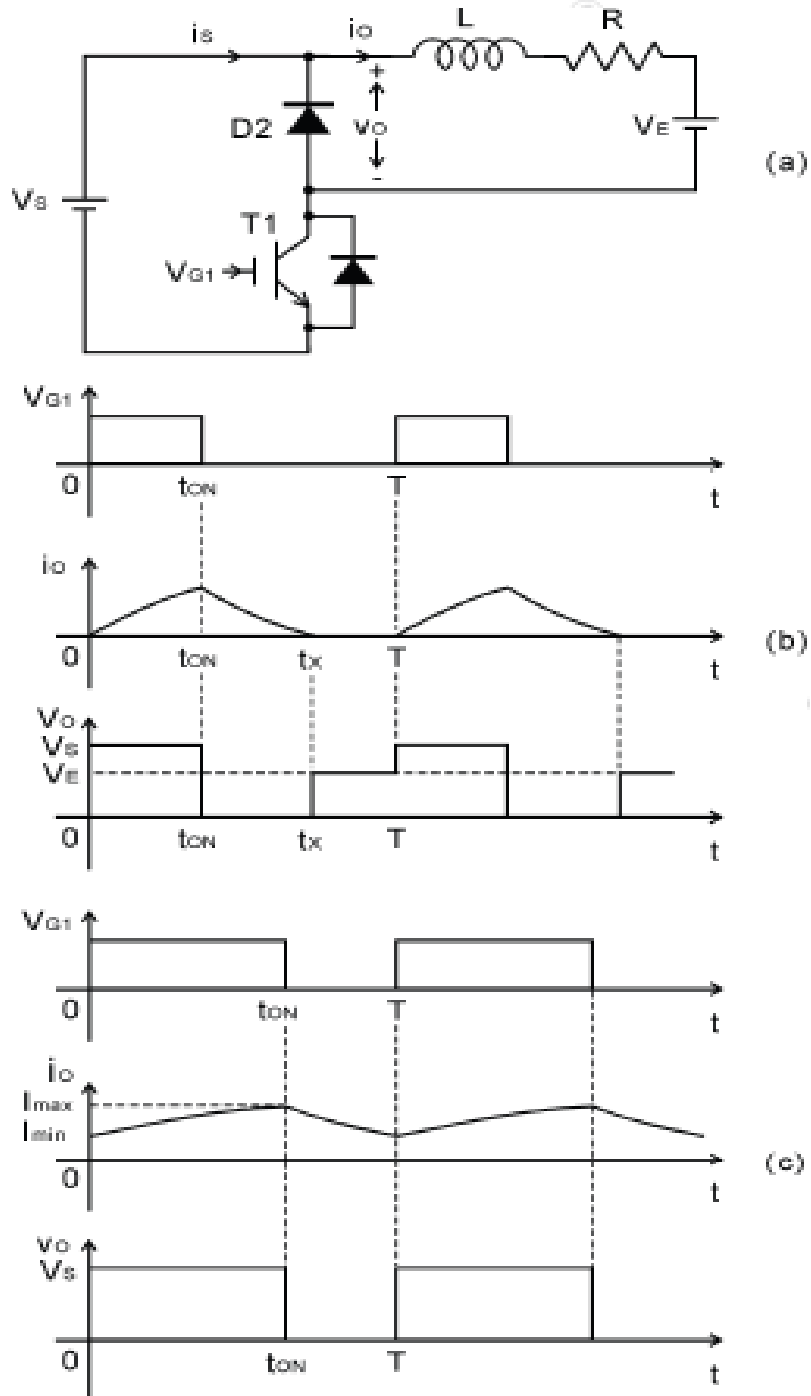
V_E = Batarya veya DA motorun zıt emk'sı

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

Bir R-L yükü için, $V_E=0$ olur. Bu nedenle tek bölgeli DC kıyıcı, sürekli akım modunda çalışır ve Denklem 1.1, Denklem 1.2'ye eşittir. Böyle durumlarda, V_o ortalama çıkış gerilimi, V_s kaynak geriliminin 0 ile 1 arasında değişen D doluluk boşluk oranı ile çarpımına eşittir.

Sürekli çıkış akımı, DA motor sürücüler için uygundur. Sürekli bir çıkış akımı oluşturmak 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.

3. Deneyin Yapılışı

Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

- 1.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-5310-3C Direnç Yük Ünitesi
- PE-5310-3E Endüktans Yük Ünitesi
- PE-5310-4F IGBT Sürücü Seti
- PE-5310-4G DC PWM Üretici
- PE-5310-4J Üç Fazlı Doğrultucu ve Filtre
- PE-5310-5B Sigorta Seti
- PE-5340-3A İzolasyon Trafosu
- Dijital Bellekli Osiloskop (DSO)
- Bağlantı Kabloları
- Köprüleme Klipsleri

3.1. Tek Bölge DC Kıyıcı Deneyinin Yapılışı

1. 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.
2. 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.
3. DC güç kaynağı modülünü açın. Referans değişken üreteç modülünde, Vc aralık seçici anahtarını (SW1) 0~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini yaklaşık Vc=1V olacak şekilde ayarlayın.
4. DC PWM üretici modülünde, üçgen dalgaının genlik seçici anahtarını (SW2) 0V~+10V ve KHz Frekans Seçici anahtarını (SW1) x1 (1 kHz) konumlarına getirin.
5. 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.
6. IGBT sürücü seti modülünü açın, osiloskop kullanarak, S1 PWM sinyalini ve T1 IGBT'sinin tetikleme sinyalini ölçün ve kaydedin.
7. Fark yükselticinin Ch.A ve Ch.C girişlerini, Şekil 2'deki bağlantı diyagramında gösterildiği gibi bağlayın.
8. 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.

-

37

4. Raporda İstenenler

1. Deney sonuçlarının grafiklerini ölçekli olarak çizerek yorumlayınız?
2. Elde edilen deneysel sonuçlarla hesapladığınız teorik sonuçları karşılaştırınız?
3. Deneyde kullanılan DC-DC kıyıcı devresini MATLAB/Simulink ortamında modelleyerek, simülasyon sonuçları ile deneylerden elde edilen sonuçları karşılaştırınız?
4. Deney 3.1.'de 10., 12. ve 13. adım için T1 IGBT'sinin doluluk-boşluk oranını hesaplayınız?(Üçgen dalga ve V_c gerilimini ölçekli olarak çizerek görev periyodunu belirleyiniz)