

GÜÇ ELEKTRONİĞİNİN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI LABORATUVARI DENEY FÖYÜ



Dr. Öğr. Üyesi Hulusi KARACA Arş. Gör. Fehmi SEVİLMİŞ

Konya, 2019

İÇİNDEKİLER

Laboratuvar Kuralları ve Deney Grupları
Deney-1: Tek Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucunun Simülasyonu ve Deneyi5
Deney-2: Üç Fazlı Yarım ve Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucu19
Deney-3: Tek Fazlı Yarım Dalga Kontrollü Doğrultucu
Deney-4: AC-AC K1y1c1
Deney-5: DC-DC K1y1c1

Güç Elektroniğinin End. Uyg. Laboratuvarı Kuralları

- 1.) Deneyler iki haftada bir, ders programında belirtilen gün ve saatte yapılacaktır.
- 2.) Laboratuvarın ders içerisindeki ağırlığı %20'dir.
- **3.)** Devamsızlık hakkı <u>1 deneydir</u>. (2 veya daha fazla deneye gelmeyen laboratuvar notundan sıfır puan alacaktır.)
- **4.**) Her öğrenci kendi gün ve saatinde laboratuvara girecektir. Öğrenciler kendi grupları dışındaki herhangi bir grupla deneylere katılamayacaktır.
- 5.) Laboratuvara gününde ve saatinde gelmek mecburidir.
- 6.) Laboratuvara gelirken deney föyü ve kalem, silgi vb. dışında bir şey getirmeye gerek yoktur.
- **7.**) Laboratuvar vize ve final sınavları, vize ve final haftalarından 1 hafta önce uygulamalı olarak yapılacaktır. Değerlendirme notu bu sınavlara göre verilecektir.

AÇIKLAMALAR

- 1- Deneyde yaptığınız uygulamalardan ve deney sonrasında verilen çalışmalardan sorumlusunuz.
- 2- Deney sonrası verilen çalışmaları, ödev olarak getirmenize gerek yoktur. Ancak; vize ve final sınavlarında bu çalışmalar da dahildir.

Deneyler	Normal	Öğretim	İkinci Öğretim			
	A-Grubu	B-Grubu	A-Grubu	B-Grubu		
Deney-1	14 Mart	21 Mart	14 Mart	21 Mart		
Deney-2	28 Mart	28 Mart	28 Mart	28 Mart		
Vize Uygulama Sınavı	1 - 5 Nisan					
Deney-3	25 Nisan	25 Nisan	25 Nisan	25 Nisan		
Deney-4	2 Mayıs	9 Mayıs	2 Mayıs	9 Mayıs		
Deney-5	16 Mayıs	23 Mayıs	16 Mayıs	23 Mayıs		
Final Uygulama Sınavı		27 - 31	Mayıs			

*<u>Deney-2 (B-Grupları)</u>, NÖ için 17.00'da, İÖ için 13.00'da yapılacaktır. **<u>Deney-3 (B-Grupları)</u>, NÖ için 17.00'da, İÖ için 13.00'da yapılacaktır. ***Diğer tüm deneyler, ders programında belirtilen saatlerde yapılacaktır.

DENEY NO: 1 **DENEY ADI:** Tek Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucunun Simülasyonu ve Deneyi

1.1 DENEYİN AMACI

i. Bir faz yarım dalga kontrolsüz doğrultucu devresinde elde edilen çıkış işaretinin analizi

1.2 TEORİK BİLGİLER

Pek çok güç elektroniği uygulamasında, giriş gücü şebekeden alınan 50 Hz'lik AC güç şeklindedir ve uygulamada DC'ye çevrilir. Endüstride kontrollü gerilim ya da güç aktarımı gerekmeyen uygulamalarda maliyet açısından genel eğilim, diyotlu doğrultucular kullanmak yönündedir. Diyotlu doğrultucularda güç akışı, şebekeden yüke doğru olup sadece tek yönlüdür.

Diyotlu doğrultucuların kötü özelliklerinden bir tanesi ise şebekeden oldukça yüksek distorsiyonlu akım çekmeleridir.

Yarım Dalga Doğrultucu

Tek faz yarım dalga doğrultucular pek kullanılmasalar da, doğrultucu çalışmasının anlaşılması açısından iyi bir örnek teşkil ederler. Şekil 1.1'de tek fazlı bir yarım dalga doğrultucu görülmektedir.



Şekil 1.1 Tek faz yarım dalga doğrultucu

Yarım dalga doğrultucu, diyotun üzerine gelen negatif gerilimi iletmemesinden dolayı, sinüs şeklindeki gerilimin sadece pozitif kısmını doğrultacaktır. Yük omik ya da indüktif olabilir. Eğer yük omik ise, diyot sadece pozitif evreyi doğrultur ve kesim durumuna geçer, ancak yük indüktif ise yük akımı, gerilim sıfıra düştükten sonra bir süre daha pozitif yönde akmaya devam edeceği için diyot hemen kesime geçemez ve üzerindeki akım sıfıra düşene kadar negatif gerilimi iletir. Bütün bu durumlar Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Omik ve indüktif yük ile gerilim-akım ilişkisi

Gerilimin negatife düştüğü durumları engellemek için indüktif yüklü uygulamalarda çıkışa, **serbest çalışma diyodu** bağlanır. Bu, yüke ters paralel olarak bağlanan standart bir diyottur ve gerilim negatife düşme eğilimi gösterdiği zaman iletime geçerek, şebeke diyodunun üzerindeki akımı kendi üzerine alır. Böylece yük akımı boşta çalışma diyodu üzerinden akmaya devam eder ve yük üzerinde sadece oldukça küçük olan diyodun negatif gerilimi gözlenir.

1.3 DENEYİN SIMULINK'TE YAPILMASI

MATLAB/Simulink Programının Tanıtılması

Mühendislik sistemlerinde simülasyonun önemi gün geçtikçe artmaktadır. Sistemlerin tasarımında büyük oranda bilgisayar simülasyonlarından faydalanılmakta, mümkün olduğunca tasarımın test aşamaları da bilgisayarlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu da prototiplere olan ihtiyacı azaltarak maliyetlerin büyük oranda düşmesini sağlamaktadır.

Günümüzde mühendislik alanında en çok kullanılan programlardan birisi MATLAB'dir. Simulink, MATLAB ile birlikte bütünleşik olarak çalışan bir simülasyon ortamıdır. Simulink bize karmaşık sistemleri tasarlama ve simülasyon yapma olanağı vermektedir.

Birçok sistem, Simulink'in ihtiva ettiği zengin blok kütüphanesi ve blokları sürükle-bırak yöntemi ile çok kısa bir sürede kurularak simüle edilebilir, değişik durumlardaki cevabı test edilebilir.

J Gain	Kazanç: Bu bloğa gelen giriş sinyali bir kazanç (sayısal bir değer) ile çarpılır.
k	Mux: Sonlu sayıda skaler giriş sinyallerini bir çıkış sinyali
×	matrisi üretecek tarzda birleştiren bloktur. Giriş sayısı, blok
Mux	parametre ayarlarından arttırılabilir.

Simulink'te Sık Kullanılan Bloklar

Scope	Görüntüleme: Skaler veya vektör sinyallerini osiloskoptakine benzer tarzda grafik olarak gösteren bloktur.
sin Trigonometric Function	Trigonometrik Fonksiyon: Blok parametre ayarlarından, sinüs dışındaki diğer trigonometrik fonksiyonlar ayarlanabilir.
AC Voltage Source	AC Kaynak: Sinüzoidal bir AC kaynağı bu blok yardımıyla oluşturulur.
+ DC Voltage Source	DC Kaynak: DC bir kaynak bu blok yardımıyla oluşturulur.
Voltage Measurement	Gerilim ölçümü: Gerilimi ölçen bloktur.
Current Measurement	Akım ölçümü: Akımı ölçen bloktur.
■	Seri RLC kolu: R, L, C, RL, RC, LC veya RLC elemanları bu blok yardımıyla seçilir.
Diode	Diyod: Diyot elemanını gösteren bloktur.
S a b a b a b a b a b a b a b a b a b a	Tristör: Tristör elemanını gösteren bloktur.
yg ⊥_m ∎ □-↓ m Mosfet	Mosfet: Mosfet elemanını gösteren bloktur.

1. Adım: "New" menüsünden Simulink Model açınız.

📣 MATLAB R20)15a							• 💌
НОМЕ	PLOTS	APPS		1 B G D C I	2 🕐 🖬	earch Doc	umentation	🔺 🔍
New Script	Open 🔁 Co	nd Files Import Data	Save Workspace	New Variable Open Variable Clear Workspace VARIABLE		SIMULINK		RESOURCES
🖛 🔶 🔂 💹 🕨 C: 🕨 Program Files 🕨 MATLAB 🕨 MATLAB Production Server 🕨 R2015a 🕨 bin 🕨 🛛 🔻 🔎								
Current Folder	•	Command Win	dow			\odot	Workspace	$\overline{\mathbf{O}}$
 ■ Name ▲ ■ ■ m3iregist ■ ■ registry 	try	fx; >>					Name A	Vi listory 💿
	ol.bat 🚽						8 0 8× Untit 8 0	7 1 led 7
+								

2. Adım: Simulik penceresinde "Kütüphane simgesine" tıklayınız.

🍋 u	ntitled -	Simulii	nk										
File	Edit	View	Displ	ay	Diagran	n Si	imulation	Analysis	Code	Tools	Help		
▶	• 8			€		<u></u>	- 📰 -			• 10.0	»	✓ -	
unti	tled				Libr	arv R	rowser						
۲	🍋 unti	tled			LIDI	aryb	TOWSET						-
Q													
K N K N													
⇒													
ΑΞ													
\sim													
Read	У						10	0%					ode45

3. Adım: "Simulink çalışma penceresi" ile "kütüphane penceresi" yan yana gelecek şekilde bilgisayar ekranını ayarlayınız.



4. Adım: Çok sık kullanacağınız blokların kütüphaneleri altta kırmızı kutu içine alınmıştır. Buradan hareketle bloklarınızı seçebilirsiniz.



5. Adım: Deneyde yapacağımız "Tek fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucuyu" alttaki gibi Simulink'te fiziksel olarak modelleyiniz.



6. Adım: Kaynak gerilimini "max. 78 V ve 50 Hz" olarak ayarlayınız. Altta AC kaynak gerilimi ayar penceresini görebilirsiniz.

🔁 Block Parameters: AC Voltage Source	×
AC Voltage Source (mask) (link)	
Ideal sinusoidal AC Voltage source.	
Parameters	
Peak amplitude (V):	
78	
Phase (deg):	
0	
Frequency (Hz):	
50	
Sample time:	
0	
OK Cancel Help Ap	ply

7. Adım: Diyot elemanını alttaki gibi seçebilirsiniz.



Adım: Direnç veya kondansatör için "Elements" → "Seri RLC Branch" seçiniz. Altta olduğu gibi "Branch type" kısmından elemanınızı belirleyebilirsiniz.

🔁 Block Paramete	rs: Series RLC Branch	×				
-Series RLC Bran	ch (mask) (link)					
Implements a series branch of RLC elements. Use the 'Branch type' parameter to add or remove elements from the branch.						
Parameters						
Branch type: R		•				
Resistance (O <mark>R</mark>	LC					
10 L						
Measurement R R	L C					
0	C pen circuit Cancer neip App	" –				

- Adım: Voltaj ölçümü için "Measurements" → "Voltage Measurement" kütüphanesini kullanınız.
- **10. Adım:** Akım ölçüm bloğu (**Current Measurement**) gerilim ölçüm bloğu ile aynı kütüphane içerisindedir.

11. Sistem fiziksel olarak modellendiği için **"powergui"** bloğunu modelde boş bir yere yerleştiriniz. Bu bloğu bulmak için alttaki işlemi yapınız.



12. Adım: Omik yük (100R) için <u>akım ve gerilim grafikleri</u> alttaki gibi olmalıdır.

NOT: Modelde, akım sinyali değişimini gözlemleyebilmek için akım ölçüm sonucu **"20**" katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür.



1.4 DENEYİN YAPILMASI

- 1. Adım: Şekil 1.3'te görünen devreyi kurunuz. Bunun için aşağıdaki elemanları kullanınız.
 - i. Y-0035-002 DIODE MODULE (diyot için)
 - ii. Y-0035-018 RESISTIVE MODULE (omik yük için)
 - iii. Y-0035-019 INDUCTIVE LOAD MODULE (indüktif yük için)
 - iv. Y-0035-007 SWITCHING MODULE (1R'lik direnç için)
 - v. Y-0035-009 MEASUREMENT UNIT (gerilim ölçümü için)

NOT: Farklı renkte kablo kullanınız.



- 2. Adım: <u>OSİLOSKOP KANALLARININ TOPRAK UÇLARI</u> AYNI NOKTAYA GELECEK ŞEKİLDE BAĞLANMALIDIR.
- 3. Adım: <u>Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)
- **4.** Adım: Önce kaçak akım rölesini kaldırınız. Sonra <u>START butonuna basarak</u> devreye enerji veriniz. Yük geriliminin ve akımının grafiğini alta çiziniz.

v/div:		t/div:	•	

5. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz.

Max. yük gerilimi	Ort. yük gerilimi	Max. yük akımı	Ort.yük akımı

6. Adım: <u>Osiloskopta ölçüm yapmadan</u>, 1R'yi ihmal ederek, **yük ve diyot gerilimlerinin** dalga şeklini aynı eksen üzerinde çiziniz (Diyot idealdir).



- 7. Adım: <u>STOP butonuna basarak devrenin enerjisini kesiniz</u>. 100R'lik yüke seri olacak şekilde 50 mH'lik bobin bağlayarak R+L endüktif yük elde ediniz. <u>Devreyi lab sorumlusuna kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.</u>
- 8. Adım: Yük geriliminin ve akımının grafiğini alta çiziniz.



9. Adım: <u>Bobin değerini arttırdığımız zaman</u> hangi değişimler meydana gelir? Açıklayınız.

10. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz.

Yük geriliminin periyodu	Yük geriliminin frekansı

11. Adım: <u>STOP butonuna basarak</u> enerjiyi kesiniz. Osiloskopun güç düğmesini kapatınız. Kaçak akım rölesini indiriniz. Osiloskop propları hariç kabloları dolaptaki askılara yerleştiriniz. DENEYİNİZ BİTMİŞTİR.

1.5 DENEY SONRASI ÇALIŞMA SORULARI

Simulink'te yaptığımız uygulamayı aşağıdaki durumlar için gerçekleştiriniz.

Uygulama-1: Endüktif yük (100R + 50mH) için <u>akım ve gerilim grafiklerini</u> elde ediniz.

Cevap-1:



<u>Uygulama-2:</u> Endüktif yüklerde gerilimin negatife düşmesini engellemek için "**serbest çalışma diyodunu**" yüke ters ve paralel bağlayınız. Model ve grafikleri aşağıdaki gibi elde ediniz.





SORU: Akımın da gerilimle birlikte "**0,01. saniyede**" sıfırlanmasının nedeni nedir? Bobinden dolayı, akımın gerilimden daha sonra sıfırlanması gerekmez miydi? Açıklayınız.

<u>NOT:</u> Güç Elektroniğini anlama ve Simulink kullanma becerisini arttırmak için Güç Elektroniği dersinde görmüş olduğunuz diğer devrelerinin (iki fazlı) uygulamasını Simulink'te gerçekleştirebilirsiniz.

DENEY NO: 2 **DENEY ADI:** Üç Fazlı Yarım ve Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucu

2.1 DENEYİN AMACI

i. Üç fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu devresinde elde edilen çıkış işaretinin analizi

ii. Üç fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu devresinde elde edilen çıkış işaretinin analizi

2.2 TEORİK BİLGİLER

3-fazlı alternatif gerilimlerin mevcut olduğu sanayi uygulamalarında 3-faz tam dalga doğrultucu devrelerinin kullanımı 1-faz tam dalga doğrultuculara göre daha düşük harmonikli dalga biçimleri, daha yüksek güç oluşturma kapasiteleri ve daha iyi bir güç faktörüne sahip olmaları nedeniyle tercih edilir. Bu nedenle, bazı uygulamalarda üç fazlı bir doğrultucu için gereken filtre kapasitörü bir fazlı doğrultucu için gerekenden çok daha küçük olabilir.

Üç Fazlı Yarım Dalga Doğrultucu

Şekil 2.1'den görüldüğü gibi 3 tane tek faz yarım dalga doğrultucunun ortak bir uçta birleşmesiyle oluşmuştur. 3 faz dönüştürücüler tek faza göre, daha yüksek frekanslı ve daha düşük salınımı olan çıkış gerilimleri üretirler. Böylece maliyet ve boyut açısından daha kolay filtrelenen çıkış gerilimleri elde edilmiş olur.



Şekil 2.1 Üç fazlı yarım dalga doğrultucu

Üç faz yarım dalga doğrultucuda, <u>hangi faz daha pozitif ise</u> o faza bağlı olan diyot iletime geçer ve bir sonraki faz daha pozitif olup iletimi üzerine alana kadar kapanmaz. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi her diyot, fazlar arası gerilimin sıfır olduğu noktadan itibaren iletime geçer ve 120° boyunca iletimde kalır. Şekil 2.2'de çıkış geriliminin dalga şekli verilmiştir.



Şekil 2.2 Omik yükte doğrultucu çıkış sinyali

Endüktif yük durumunda da bir sonraki diyot, akımı üzerine alacağı için, gerilimin negatife düşmesi durumu, dolayısıyla da boşta çalışma diyotu kullanımına ihtiyaç yoktur. Üç faz yarım dalga doğrultucu yük üzerinde, giriş geriliminin 3 katı frekansında (150 Hz) bir salınım oluşturur. Bu sebeple **"3-darbeli doğrultucu"** şeklinde de adlandırılır. Çıkış geriliminin ortalama değeri ise aşağıda verilen formüllerle hesaplanabilir.

$$V_{\text{ort}} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{\text{m}} = 0.827 V_{\text{m}}$$

Üç Fazlı Tam Dalga Doğrultucu

3 fazlı gerilimin mevcut olduğu endüstriyel uygulamalarda, üç faz doğrultucular, tek faza tercih edilen bir doğrultucu çeşididir. Bunun sebebi ise, üç faz doğrultucunun, çıkışta daha düşük gerilim salınımları vermesi ve daha yüksek güç aktarabilmesidir. Devre şeması Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 Üç fazlı tam dalga doğrultucu

Üç fazlı yarım dalga doğrultucuya benzer şekilde, üst grupta anodu en yüksek gerilim seviyesinde olan diyot (D1, D3 ve D5) iletime geçerken diğer ikisi ters yönde kutuplanır. Alt grupta ise, katodu en düşük gerilim seviyesinde olan diyot (D2, D4 ve D6) iletime geçerken yine diğer ikisi ters yönde kutuplanır. Kısaca, en büyük anlık faz-faz arası gerilime sahip kaynak hattı çifti arasına bağlanan diyot çifti iletime geçer.

Bir fazlı tam dalga doğrultucuda çıkış geriliminin dalgalılık frekansı kaynak gerilimi frekansının iki katıyken (100 Hz), üç fazlı tam dalga doğrultucuda çıkış geriliminin dalgalılık frekansı giriş gerilimi frekansının altı katı olur (300 Hz). Bu durum, 3-fazlı kontrolsüz doğrultucu çıkışının daha kolay bir şekilde filtre edilebileceğini gösterir.

Çıkış geriliminin ortalama değeri ise aşağıda verilen formüllerle hesaplanabilir.

$$V_{ort} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1.654 V_m$$

Şekil 2.4'te doğrultucu çıkış geriliminin dalga şekli verilmiştir.



Şekil 2.4 Üç fazlı tam dalga doğrultucu çıkış gerilimi ve 3-faz gerilimler

2.3 DENEYİN YAPILIŞI

1. Adım: Aşağıdaki devreyi kurunuz.

NOT: Farklı renkte kablo kullanınız.



- Adım: Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden <u>devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)
- **3.** Adım: Önce kaçak akım rölesini kaldırınız. <u>START butonuna basarak</u> devreye enerji veriniz. Faz geriliminin ve yük geriliminin grafiğini alta çiziniz.



4. Adım: Tablodaki istenen değerleri ölçünüz.

Max. yük gerilimi	Ort. yük gerilimi	Dalgalılık gerilimi

5. Adım: Alttaki formül ile doğrultucunun ortalama değerini hesaplayıp ölçüm sonucu ile karşılaştırınız.

$$V_{ort} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m = 0.827 V_m$$
 $V_{ort} =$

6. Adım: Tablodaki istenen değerleri ölçünüz.

Kaynak Frekansı	Doğrultucu Frekansı	Darbe sayısı

7. Adım: Aşağıdaki tam dalga kontrolsüz doğrultucu devresini kurunuz.

NOT: Farklı renkte kablo kullanınız.



ŞEKİLDE BAĞLANMALIDIR.

8. Adım: Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden <u>devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)

9. Adım: Devreye enerji veriniz. Faz geriliminin ve yük geriliminin grafiğini alta çiziniz.



10. Adım: Tablodaki istenen değerleri ölçünüz.

Max. yük gerilimi	Ort. yük gerilimi	Dalgalılık gerilimi

11. Adım: Alttaki formül ile doğrultucunun ortalama değerini hesaplayıp ölçüm sonucu ile karşılaştırınız.

$$V_{ort} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1.654 V_m \qquad \qquad V_{ort} =$$

12. Adım: Tablodaki istenen değerleri ölçünüz.

Kaynak Frekansı	Doğrultucu Frekansı	Darbe sayısı

13. Adım: Ölçüm sonuçlarını ve doğrultucu çıkış gerilimlerini göz önünde bulundurarak <u>üç</u> <u>faz tam dalga doğrultucunun, yarım dalgaya göre avantajlarını</u> yazınız?

<u>Avantajları:</u>

14. Adım: <u>STOP butonuna basarak</u> enerjiyi kesiniz. Osiloskopun güç düğmesini kapatınız. Kaçak akım rölesini indiriniz. Osiloskop propları hariç kabloları dolaptaki askılara yerleştiriniz. DENEYİNİZ BİTMİŞTİR.

2.4 DENEY SONRASI ÇALIŞMA SORULARI

<u>Uygulama-1:</u> 3-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucuyu Simulinkte modelleyip 1-faz kaynak gerilimini, çıkış gerilimini ve akımını gözlemleyiniz. (Kaynaklar 55 V, yük 200R+100 mH endüktif)

<u>Not:</u> Akım sinyalini uygun bir katsayı ile çarpınız. Kaynaklar arasında 120° lik faz farkı bulunması gerekir.(**phase (deg)** kısmından ayarlayınız.)

Sonuç-1: Sonuç için diğer sayfaya bakınız. Yük endüktif olduğu için akım, gerilimden geri fazda olması gerekir.



<u>Uygulama-2:</u> 3-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucuyu Simulinkte modelleyip 3-faz kaynak gerilimini ve çıkış gerilimini gözlemleyiniz. (Kaynaklar 55 V, yük 200R omik)

<u>Sonuc-2:</u> Ortalama değeri 129 V civarı olur. Kaynak geriliminin bir periyotunda, çıkışta 6darbe olduğunu görebilirsiniz. (6-darbeli doğrultucu tanımlaması buradan gelir)



<u>NOT:</u> Güç Elektroniği ve Simulink kullanma becerisini arttırmak için Güç Elektroniği dersinde görmüş olduğunuz diğer devrelerinin (tek fazlı, iki fazlı veya üç fazlı) uygulamasını Simulink'te gerçekleştirebilirsiniz.

DENEY NO: 3 **DENEY ADI:** Bir Fazlı Yarım Dalga Kontrollü Doğrultucu

3.1 DENEYİN AMACI

i. Bir fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu devresinde elde edilen çıkış işaretinin analizi

3.2 TEORİK BİLGİLER

Deney 1 ve 2' de sabit çıkış gerilimi üretebilen diyotlu doğrultucuları inceledik. Eğer endüstriyel uygulama sabit değil de ayarlanabilir bir gerilime ihtiyaç duyuluyorsa bu durumda diyotlu doğrultucuları kullanamayız. Bu tip uygulamalarda diyotların yerini faz kontrollü tristörler alır. Doğrultucunun çıkış gerilimi, tristörün gecikme ya da ateşleme açısı değiştirilerek kontrol edilebilir. Tristör, kapı terminaline uygulanan bir akım darbesiyle iletime sokulur ve ancak üzerindeki gerilim negatifken, akım da belli bir değerin altına düşerse (tutma akımının altına) kapanır. AC sistemlerde gerilim ve akım doğal olarak negatife inerler ancak, DC sistemlerde böyle bir durum söz konusu olmadığı için bu sistemlerde tristör kullanılamaz.

Faz kontrollü sistemler basit, verimli ve nispeten ucuz oldukları için endüstriyel uygulamalarda, özellikle ayarlanabilir hızlı sürücü sistemlerinde birkaç kW'den MW seviyelerine kadar geniş bir aralıkta yaygın olarak kullanılırlar.

Tek Fazlı Yarım Dalga Tristörlü Doğrultucu

Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi devrede yarım dalga diyotlu doğrultucudaki diyodun tristörle değiştirilmesi dışında bir fark yoktur.



Şekil 3.1 Tek fazlı tam dalga doğrultucu

Faz kontrolü, giriş geriliminin pozitif evresinin istenildiği anında, tristörün iletime sokulmasıyla sağlanır. Eğer yük omik bir yük ise tristör akım ve gerilimlerinin dalga şekli aynı olur ve negatif gerilim sorunu yaşanmaz. Ancak diyotlu yarım dalga doğrultucuda olduğu gibi, endüktif yükte, tristörlü doğrultucu da, akım geriden geldiği için geç kapanarak bir süre negatif gerilimi geçirecek

bu da yüke uygulanan ortalama gerilimin azalmasına sebep olacaktır. Şekil 3.2'de farklı ateşleme açıları için yarım dalga doğrultucunun çıkışında gözlenebilecek dalga şekilleri görünmektedir.



Şekil 3.2 Omik ve endüktif yükte 0, 60, 90° ateşleme açılarında çıkış akım ve gerilim dalga şekilleri Çıkış geriliminin ortalama değeri (omik yük için) diyotlu doğrultuculardakine benzer şekilde hesaplanabilir.

$$V_{ort} = \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos\alpha)$$

3.3 DENEYİN YAPILIŞI

1. Adım: Şekildeki devreyi kurunuz.

NOT: Farklı renkte kablo kullanınız.



✤ <u>OSİLOSKOP KANALLARININ TOPRAK UÇLARI</u> AYNI NOKTAYA GELECEK ŞEKİLDE BAĞLANMALIDIR. 2. Adım: Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden <u>devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)

3. Adım: Önce kaçak akım rölesini kaldırınız. START butonuna basarak devreye enerji veriniz.

4. Adım: Tristörün ateşleme açısını yaklaşık **30 dereceye** ayarlayarak <u>tristör kapı sinyalini, yük</u> <u>gerilim ve akımının</u> dalga şeklini çiziniz.

<u>UYARI-1:</u> CH2 ile akımı ölçtükten sonra <u>enerjiyi kesip</u> tristörün kapı sinyalini ölçünüz. <u>UYARI-2:</u> <u>Tristörün kapı sinyalini ölçerken</u> <u>CH1 ile CH2'nin toprakları aynı noktaya</u>

<u>gelmelidir.</u>



5. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz.

Ortalama yük gerilimi	$V_{\rm ort} = \frac{V_{\rm m}}{2\pi} (1 + \cos\alpha)$	Ortalama yük akımı

6. Adım: Tristörün ateşleme açısını **90 dereceye** ayarlayarak <u>tristör kapı sinyalini, yük gerilim ve akımının</u> dalga şeklini çiziniz.

7. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz.

Ortalama yük gerilimi	$V_{\rm ort} = \frac{V_{\rm m}}{2\pi} \ (1 + \cos\alpha)$	Ortalama yük akımı

8. Adım: Ölçüm sonucu elde edilen ortalama yük geriliminin, formül sonucunda elde edilen ile farklı çıkmasının nedenini açıklayınız.

9. Adım: 30 ve 90 derece ateşleme durumları için ortalama yük gerilim ve akımının sonuçlarını göz önüne alarak yüke aktarılan ortalama güçleri bulunuz.

Ateşleme Açısı (α)	Ortalama Güç (P ₀ =V ₀ I ₀)
30°	
90°	

10. Adım: <u>Tek fazlı yarım dalga diyotlu doğrultucuya</u> göre tristörlü doğrultucunun **yüke aktarılan güç bakımından** ne gibi avantajı vardır?

<u>Avantajı</u>

11. Adım: <u>STOP butonuna basarak</u> enerjiyi kesiniz. Osiloskopun güç düğmesini kapatınız. Kaçak akım rölesini indiriniz. Osiloskop propları hariç kabloları dolaptaki askılara yerleştiriniz. <u>Masa</u> <u>üstündeki silgi tozlarını çöp kutusuna atınız.</u> DENEYİNİZ BİTMİŞTİR.

3.4 DENEY SONRASI ÇALIŞMA SORULARI

<u>Uygulama-1:</u> 1-fazlı tam dalga yarı kontrollü doğrultucuyu (2 tristörlü ve 2 diyotlu) Simulink'te modelleyip **90 derecelik** tristör ateşleme açısı için kapı sinyalini, doğrultucu çıkış gerilimini ve akımını gözlemleyiniz. (Kaynak 55 V_{rms} ve yük 50R+100 mH endüktif)

Not-1: Akım sinyalini uygun bir katsayı ile çarpınız.

Not-2: Diyot ve tristörleri diğer sayfadaki gibi seçiniz.

<u>Not-3:</u> Diyot ve tristörlerdeki "**m**" harfi ölçüm (**m**easurement) içindir. Blok parametresinden "**Show measurement port**" kutucuğundaki tiki kaldırarak pasif hale getirebilirsiniz.

Not-4: Diyot ve tristör parametrelerini ayarlamanıza gerek yok. Direkt kullanabilirsiniz.



<u>Not-5:</u> Tristörlerin tetiklenmesi için "**Pulse Generator**" bloğunu seçiniz. Blok parametre ayarları altta verilmiştir. Aynı sinyali 2 tristöre de uygulayabilirsiniz.

	Source Block Parameters: Pulse Generator	
	Pulse type: Time based	
	Time (t): Use simulation time	
	Amplitude:	
	20	
JUL	Period (secs):	_
Pulse	0.01	
Generator	Pulse Width (% of period):	
	5	=
	Phase delay (secs): 90 derecelik ateşleme	
	0.005 açısı için 5ms ayarlı	
	☑ Interpret vector parameters as 1-D	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	٣
	OK Cancel Help Apply	

<u>Sonuc-1</u>: Tam kontrollü doğrultucu ile kıyaslandığında gerilimin negatife düşme durumu yoktur. Sadece, diyot ve tristörün gerilim düşümlerinden dolayı **-1,6V'lik negatif gerilim** gözlenmektedir. Yani, negatif alternans başlangıcında bobinin enerjisi, negatif alternans tristörü ateşleninceye kadar, pozitif alternans tristörü ve diyodu üzerinden akmaya devam eder. Bu olay, serbest çalışma diyodunun yaptığı işle benzerlik gösterir.



<u>NOT:</u> Güç Elektroniği ve Simulink kullanma becerinizi arttırmak için Güç Elektroniği dersinde görmüş olduğunuz diğer devrelerinin (tek fazlı veya üç fazlı) uygulamasını Simulink'te gerçekleştirebilirsiniz.

4.1 DENEYİN AMACI

- i. AC-AC kıyıcı devresinin incelenmesi
- ii. Farklı tristör ateşleme açıları için çıkış sinyalinin analizi

4.2 TEORİK BİLGİLER

Şebeke ile yük arasına tristör anahtar koyulursa, yüke olan güç akışı AC gerilimin etkin değeri kontrol edilerek ayarlanabilir ve bu tür devrelere de AC gerilim denetleyicileri denir. Endüstride aydınlatma, ısıtma ve indüksiyon motorlarının hız kontrollerinde oldukça yaygın olarak kullanılan devrelerdir. Bunun için genelde **faz açısı kontrolü** yöntemi kullanılır.

Faz açısı kontrolü yönteminde, doğrultuculardaki gibi tristörlerin ateşleme açılarını kontrol ederek AC gerilimin etkin değeri kontrol edilir. Tristörler tek yönlü iletim elemanları oldukları için bu uygulamalarda ters paralel bağlanmış 2 tristör ya da 1 triyak kullanılır. Faz kontrol prensibi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Faz kontrol devreleri tek faz ya da üç faz olabilir. Bu deneyde sadece tek faz gerilim kıyıcılar incelenecektir.



Şekil 4.1 Faz açısı kontrolü

Ateşleme açısı 0'dan 180 dereceye kadar değiştirilerek, çıkış gerilimi de maksimum etkin değerle (55 V) sıfır arasında ayarlanabilir.

4.3 DENEYİN YAPILIŞI

1. Adım: Şekildeki devreyi kurunuz.





- * <u>OSİLOSKOP KANALLARININ TOPRAK UÇLARI</u> AYNI NOKTAYA GELECEK ŞEKİLDE BAĞLANMALIDIR.
- Her bir Tristör için kapı sinyalinin gate-katot (G1-K1, G2-K2) bağlantıları yapılmalıdır.

2. Adım: Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden <u>devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)

3. Adım: Önce kaçak akım rölesini kaldırınız. <u>START butonuna basarak</u> devreye enerji veriniz.

4. Adım: Tristörlerin ateşleme açısını **60 dereceye** ayarlayarak <u>yük gerilim ve akımının</u> dalga şeklini çiziniz.

5. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz ve hesaplayınız.

Etkin yük gerilimi	Etkin yük akımı	Etkin güç

6. Adım: Tristörlerin ateşleme açısını **135 dereceye** ayarlayarak <u>yük gerilim ve akımının</u> dalga şeklini çiziniz.

7. Adım: Alttaki tabloda istenen değerleri ölçünüz ve hesaplayınız.

Etkin yük gerilimi	Etkin yük akımı	Etkin güç

8. Adım: Tristörün ateşleme açısını 60 dereceden 135 dereceye değiştirdiğimizde, yükümüz parlaklığı ayarlanabilen bir lamba ise lambanın parlaklığı nasıl değişir?

9. Adım: Tristörün ateşleme açısını 135 dereceden 60 dereceye değiştirdiğimizde, yükümüz tek fazlı AC motor ise motorun hızı nasıl değişir?

10. Adım: <u>STOP butonuna basarak</u> enerjiyi kesiniz. Osiloskopun güç düğmesini kapatınız. Kaçak akım rölesini indiriniz. Osiloskop propları hariç kabloları dolaptaki askılara yerleştiriniz. DENEYİNİZ BİTMİŞTİR.

4.4 DENEY SONRASI ÇALIŞMA SORULARI

<u>Uvgulama-1</u>: 1-fazlı AC-AC kıyıcıyı Simulink'te modelleyip **60 derecelik** tristör ateşleme açısı için kapı sinyalini, yük gerilimini ve akımını gözlemleyiniz. (Kaynak 55 V, yük 50R+100 mH endüktif)

<u>Not-1</u>: Akım sinyalini uygun bir katsayı ile çarpınız.

Not-2: Tristörleri diğer sayfadaki gibi seçiniz.

<u>Not-3:</u> Tristörlerdeki "**m**" harfi ölçüm (measurement) içindir. Blok parametresinden "Show measurement port" kutucuğundaki tiki kaldırarak pasif hale getirebilirsiniz.

Not-4: Tristör parametrelerini ayarlamanıza gerek yok. Direkt kullanabilirsiniz.



<u>Not-5</u>: Tristörlerin tetiklenmesi için "**Pulse Generator**" bloğunu seçiniz. Blok parametre ayarları altta verilmiştir. Aynı sinyali 2 tristöre de uygulayabilirsiniz.

	🔁 Source Block Parameters: Pulse Generator 🗾	٢.
Pulse Generator		*
	Pulse type: Time based	
	Time (t): Use simulation time	
	Amplitude:	
	20	
	Period (secs):	
	0.01	
	Pulse Width (% of period):	
	5	_
	Phase delay (secs): 90 derecelik atesleme	=
	0.005 açısı için 5ms ayarlı	
	☑ Interpret vector parameters as 1-D	
		Ŧ
		_
	OK Cancel Help Apply	

Sonuc-1: Yük endüktif olduğu için gerilimin pozitiften alternanstan negatif alternansa düşme ve negatiften alternanstan pozitif alternansa yükselme eğilimi göstermesi normaldır.



<u>NOT:</u> Güç Elektroniği ve Simulink kullanma becerinizi arttırmak için Güç Elektroniği dersinde görmüş olduğunuz diğer devrelerinin (tek fazlı veya üç fazlı) uygulamasını Simulink'te gerçekleştirebilirsiniz.

DENEY NO: 5 **DENEY ADI:** DC-DC Gerilim Arttıran Dönüştürücü

5.1 DENEYİN AMACI

i. DC-DC gerilim arttıran dönüştürücü (boost converter) devresinin davranışını incelemek

ii. Darbe genişliğinin çıkış gerilimine etkisini gözlemlemek

5.2 TEORİK BİLGİLER

DC-DC dönüştürücüler endüstride oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaman zaman doğrudan, ayarlanabilir gerilimli bir güç kaynağı uygulaması, herhangi bir uygulamada gerekli olan herhangi bir DC gerilim seviyesinin elde edilmesi vb. sebepler için kullanılırlar.

Piyasada 1W seviyesinden birkaç yüz watt seviyesine kadar olan kHz seviyesinde frekanslarda anahtarlama yapan DC-DC dönüştürücüler bulunmaktadır.

Gerilim Arttıran (Boost) Dönüştürücünün Kalıcı Durum Devre Analizi

Şekil 5.1'de tipik tek transistörlü bir gerilim arttıran dönüştürücü devre şeması görülmektedir. Görüldüğü üzere devrede biri kontrollü (MOSFET) diğeri ise kontrolsüz (diyot) olan iki adet anahtar bulunmaktadır. MOSFET'in kapı-kaynak terminaline sabit frekansta, ayarlanabilir darbe genişliğine sahip, yine Şekil 5.2'de görülen PWM sinyali uygulanmaktadır. Bu sinyalin DT_s süresince (yani darbenin uygulandığı sürede) transistör, geriye kalan (1-D)T_s ile gösterilen süresinde de diyot iletimde olacaktır. Bu durum devrenin 2 ayrı modda çalışarak lineer olmayan bir yapı göstermesine sebep olur.

Şimdi devrenin bu 2 ayrı modunu inceleyerek gerilim arttıran dönüştürücünün giriş ile çıkış gerilimi arasındaki ilişkiyi bulabiliriz.



Şekil 5.1 DC-DC Boost Dönüştürücü Devresi



Şekil 5.3.a' da dönüştürücünün, MOSFET'in iletimde diyotun kesimde olduğu mod 1'deki durumu gösterilmiştir. MOSFET iletimde olduğu için kısa devre olarak, diyot ise kesim durumunda olduğu için açık devre olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.3. a) Mod **1 b)** Mod 2

Şekilde de görüldüğü gibi mod 1'de indüktör, MOSFET üzerinden doğrudan toprağa bağlanmıştır. Dolayısıyla bu modda indüktörün uçları arasında, giriş gerilim olduğu gibi görünecektir.

$$V_L = V_g$$

Şekil 5.3b'deki mod 2 durumunda bakarsak bu kez MOSFET'in kesimde diyotun iletimde olduğunu görürüz. Bu durumda indüktör de çıkışa enerji aktaracaktır. Bu durumda bobin gerilimi, giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki farka eşit olacaktır.

$$V_L = V_g - V$$

Bu durumda indüktör geriliminin dalga şekli Şekil 5.4'te gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil 5.4 İndüktör Gerilimi

D, darbe genişliği (duty cycle) olmak üzere giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki ilişki şu şekilde yazılabilir. D, 0-1 arasında değişmektedir.

$$V = \frac{1}{1 - D} V_g$$

5.3 DENEYİN YAPILIŞI

1. Adım: Şekil 5.5'te görünen devreyi kurunuz.





Şekil 5.5 Deney şeması

2. Adım: <u>Girişe gerilim uygulamadan</u> MOSFET anahtarlama frekansını 25 kHz'ye, duty cycle'i %10'a ayarlayınız ve alta çiziniz.

Periyot =**s**



3. Adım: Devre bağlantılarınızı laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden <u>devreye enerji</u> <u>vermeyiniz</u>. (Yanlış bağlantı durumunda modüllerin zarar görmesi söz konusu olabilir!!!)

4. Adım: Önce kaçak akım rölesini kaldırınız. <u>START butonuna basarak</u> devreye enerji veriniz.

5. Adım: Çıkışa osiloskopun diğer kanalı bağlayınız. Çıkış dalga şeklini çiziniz.



 $\mathbf{V}_{ort} = \dots \mathbf{V}$

6. Adım: Devrenin enerjisini kesiniz. Anahtarlama frekansını değiştirmeden D=0.25'e ayarlayınız.

7. Adım: Devreye enerji veriniz. Çıkış dalga şeklini çiziniz.



8. Adım: Devrenin enerjisini kesiniz. Anahtarlama frekansını değiştirmeden D=0.5'e ayarlayınız.
9. Adım: Devreye enerji veriniz. Çıkış dalga şeklini çiziniz.



12. Adım: <u>STOP butonuna basarak</u> enerjiyi kesiniz. Osiloskopun güç düğmesini kapatınız. Kaçak akım rölesini indiriniz. DENEYİNİZ BİTMİŞTİR.

5.4 DENEY SONRASI ÇALIŞMA SORULARI

Uygulama-1: Deneyde yaptığınız DC-DC Boost Kıyıcı devresini Simulink'te gerçekleyiniz.

<u>NOT:</u> Güç Elektroniği ve Simulink kullanma becerinizi arttırmak için Güç Elektroniği dersinde görmüş olduğunuz diğer devrelerinin (Buck veya Buck-Boost) uygulamasını Simulink'te gerçekleştirebilirsiniz.