

Deney 1-3 SCR Karakteristikleri ve Ölçümü

DENEYİN AMACI

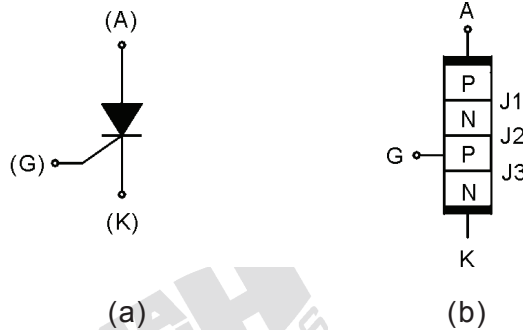
1. SCR'nin statik karakteristiklerini ölçmek.
2. SCR'nin V-I karakteristik eğrisini ölçmek.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-5D SCR/TRİYAK Seti x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteç Modülü x1
3. Dijital Bellekli Osiloskop x1
4. Analog avometre x1
5. Bağlantı kabloları

GENEL BİLGİLER

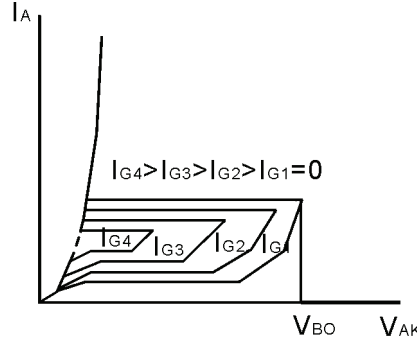
Silikon kontrollü doğrultucu yada basitçe SCR, şekil 1-7'de gösterildiği gibi, Anot (A), Katot (K) ve Kapı (G) olmak üzere üç terminale sahip olan dört tabakalı bir yarı iletken elmandır.



Şekil 1-7 SCR sembolü ve yapısı

SCR, tek yönlü iletim özelliğine sahiptir. Bir SCR ileri yönlü ise Şekil 1-8, SCR'nin iletim yönündeki V-I karakteristiğini göstermektedir, ters kutuplama durumundaki karakteristik, genel diyottaki ile aynıdır. SCR iletim durumundayken ($V_{AK} > 0V$), I_G kapı akımının genliği, V_{BO} ileri kırılma gerilimini değiştirecektir. I_G arttığı zaman, V_{BO} azalacak ve yük gerilimi artacaktır. Sonuç olarak, I_G 'nin genliğinin değişimi, SCR'nin tetikleme açısını ve yük devresine aktarılan gücü kontrol eder.

SCR iletim durumunda iken, I_G 'nin değiştirilmesi ile kapalı duruma getirilemez. İletim durumundaki SCR'yi kapatmak için, A ve K terminalleri ters kutuplanmalıdır ($V_{AK} < 0V$) yada I_A anot akımı, I_H tutma akımından düşük bir değere azaltılmalıdır.



Şekil 1-8 SCR V-I karakteristiği

DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-5D ve PE-5310-2B modüllerini Deney Düzeneklerinin üzerine koyun. Analog avometre ve dijital bellekli osiloskobu, çalışma masası üzerine yerleştirin.

Not: Analog avometrenin kırmızı probu, dahili pilin negatif kutbuna ve siyah probu dahili pilin pozitif kutbuna bağlanır.

2. SCR/TRİYAK Set modülünün gücünü kapatın. SCR'nin üç terminalini belirlemek için aşağıdaki adımları gerçekleştirin.

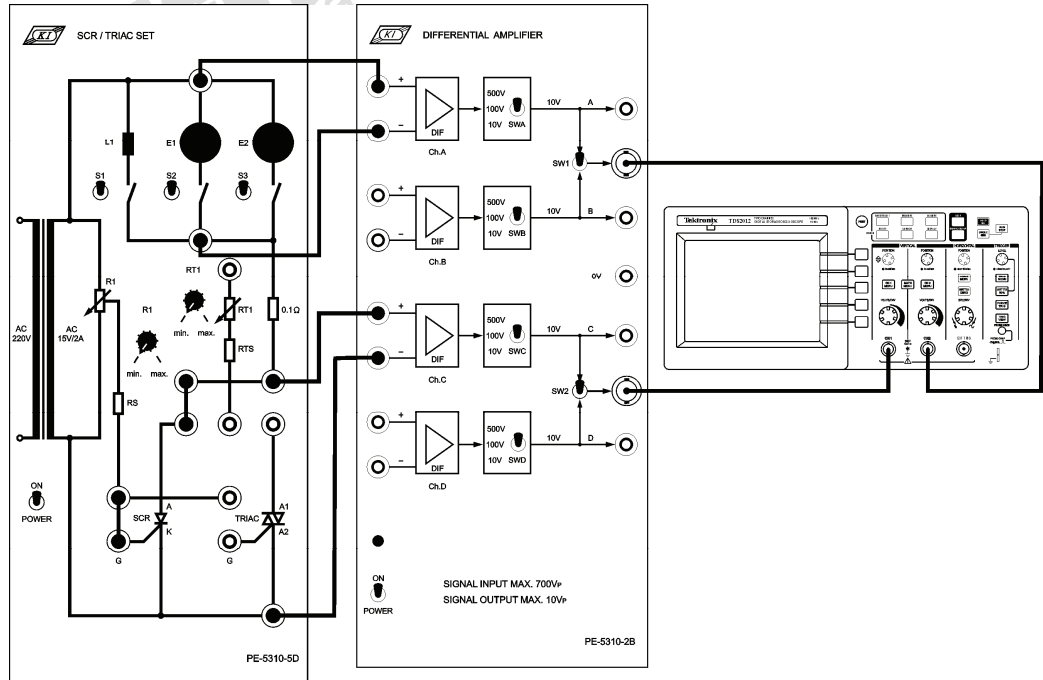
- (1) Analog avometrenin aralık seçici anahtarını Rx1 konumuna getirin ve sıfır ayarını gerçekleştirin.
- (2) A ve K terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{AK} = \text{_____} \Omega$. Avometrenin probalarını ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{AK} = \text{_____} \Omega$. G ve K terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{GK} = \text{_____} \Omega$.

Avometrenin problemlerini ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{GK} = \text{_____} \Omega$. A ve G terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{AG} = \text{_____} \Omega$. Avometrenin problemlerini ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{AG} = \text{_____} \Omega$. Sadece, kırmızı prob (negatif kutup) K'ya ve siyah prob (pozitif kutup) G'ye bağlıyken, düşük bir direnç ölçülecektir; diğer durumlarda yüksek bir direnç yada sonsuz ölçülmelidir.

- (3) Siyah probu A terminaline ve kırmızı probu K terminaline bağlayın. Böylece SCR ileri yönde kutuplanmış olur ($V_{AK} > 0V$). Bağlantı kablolarını kullanarak A ve G terminallerini birbirine bağlayın ve R_{AK} direncini ölçün $R_{AK} = \text{_____} \Omega$ (düşük olmalıdır). Bağlantı kablosunu G terminalinden çıkarın ve $R_{AK} = \text{_____} \Omega$ direncini ölçün (düşük kalmalıdır).

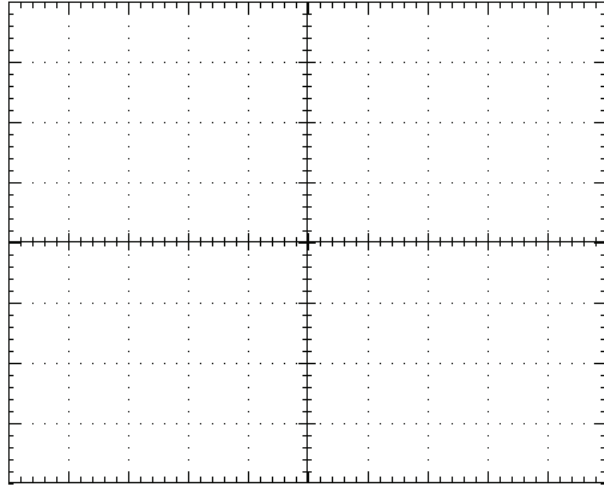
3. SCR Karakteristik Eğri Ölçümü

- (1) Şekil 1-9'daki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları tamamlayın. SCR/TRİYAK Set'in S2 anahtarını ON konumuna, S1 ve S3 anahtarını OFF konumuna getirin. SCR'nin anot-katot olan gerilimi V_{AK} , Fark Yükselteciindeki Ch.A üzerinden osiloskobun CH1 girişine, yük gerilimi (E1 lambası üzerindeki gerilim, I_{AK} anot akımını temsil eder) Fark Yükselteciindeki Ch.C üzerinden osiloskobun CH2 girişine bağlanır. Fark Yükselteciinde Ch.A ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarlarını (SWA, SWC) 100 V konumuna getirin.



Şekil 1-9 SCR karakteristik eğrisinin ölçümü için bağlantı diyagramı

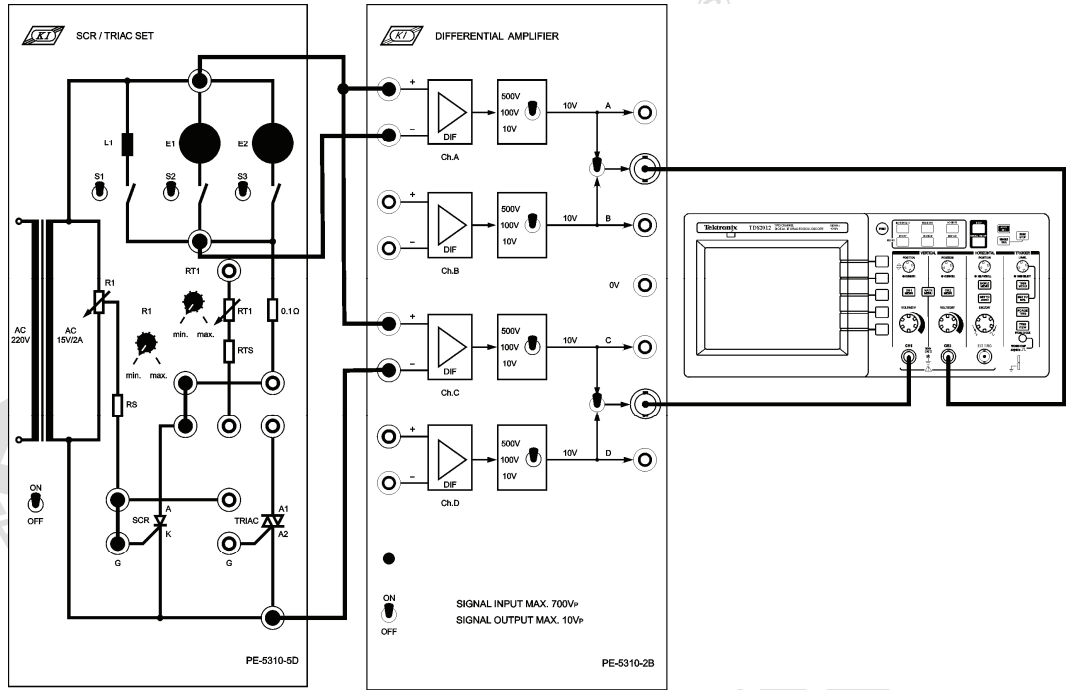
- (2) Dijital bellekli osiloskobun AUTOSET düğmesine basın. CH1 ve CH2'nin VOLTS/DIV kontrol düğmelerini, iki dalga şeklinin genliği yaklaşık aynı olacak şekilde ayarlayın.
- (3) DISPLAY düğmesine basın ve sonra "Format"a basıp, Lissajous grafiğini (X-Y gösterimi) göstermek için "XY" seçeneğini seçin.
- (4) Eğer ekranda düz bir çizgi görünüyorsa, SCR'yi tetiklemek için R1 kontrol düğmesini ayarlayın.
- (5) Anlaşılır bir eğri için, VOLTS/DIV kontrol düğmelerini (X-Y modunda CH1=X, CH2=Y) ayarlayın. "Persist" e basın ve "Infinite" seçeneğini seçin.
- (6) Ölçülen SCR karakteristik eğrisini, Şekil 1-10'a çizin. Bu karakteristik eğri, şekil 1-8'deki ile benzer midir?



Şekil 1-10 Ölçülen SCR karakteristik eğrisi

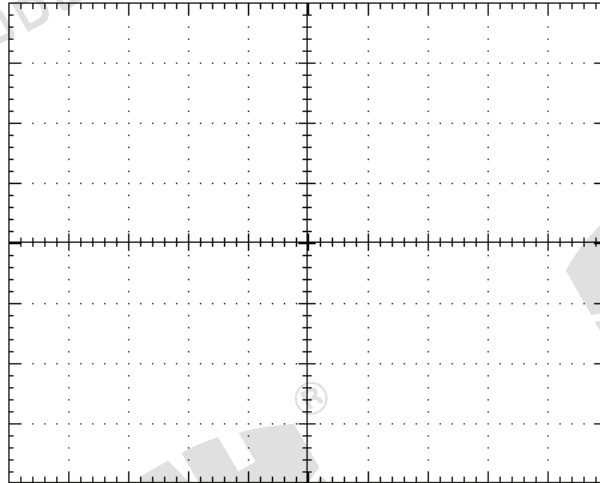
4. SCR Tetikleme Kontrolü

- (1) Şekil 1-9'daki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları tamamlayın. Fark Yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarlarını (SWA,SWC) 100 V konumuna getirin. SCR/TRİYAK Set modülünde, S2'yi ON, S1 ve S3'ü OFF yapın.



Şekil 1-11 SCR tetikleme kontrolü için bağlantı diyagramı

- (2) Tüm güç kaynaklarını açın. Osiloskobun AUTOSET düğmesine basın. AC15V'un negatif alternansında, SCR ters kutuplanmıştır ve kapalıdır, yük üzerinde gerilim yoktur. AC15V'un pozitif alternansında, R1 kontrol düğmesini ayarlayarak, I_G kapı akımını arttırın ve SCR'yi ilettime sokun. Giriş gerilimi ve yük gerilimi, şekil 1-12'de gösterilmiştir.



Şekil 1-12 Ölçülen giriş (CH1) ve yük (CH2) gerilimi dalga şekilleri

(3) R1 kontrol düğmesini, sırasıyla, $1/2\text{max}$, $2/3\text{max}$ ve max konumlarına ayarlayın ve yük gerilim dalga şeklindeki değişimi gözleyin. R1 ve yük gerilimi arasındaki ilişkiyi ifade edin. _____.

Deney 1-4 TRİYAK Karakteristikleri ve Ölçümü

DENEYİN AMACI

1. TRİYAK'ın statik karakteristiklerini ölçmek.
2. TRİYAK'ın V-I karakteristik eğrisini ölçmek.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-5D SCR/TRİYAK Seti x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteç Modülü x1
3. Dijital Bellekli Osiloskop x1
4. Analog avometre x1
5. Bağlantı kabloları

GENEL BİLGİLER

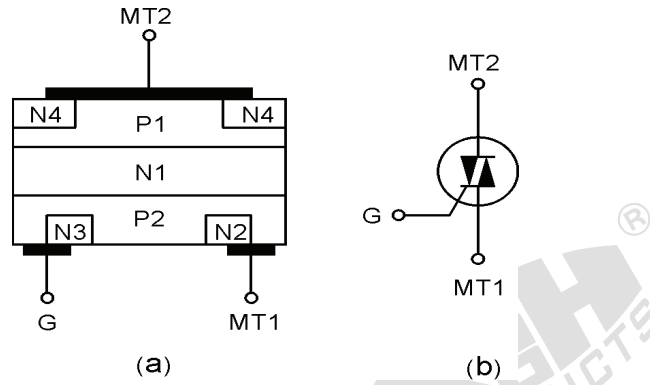
TRIAC, TRIYod AC Thyristor'un kısaltmasıdır. TRİYAK, kapı ucuna tetikleme darbesi uygulanarak, ac kaynağın hem pozitif hem de negatif alternansında iletim yapabilen üç uçlu bir elemandır.

Şekil 1-13, TRİYAK'ın yapısını ve sembolünü göstermektedir. TRİYAK'ın yapısı, ac güç kaynağının hem pozitif hem de negatif alternansında iletim yapabilecek şekilde, iki SCR'nin ters paralel bağlanmasına eşdeğerdir. Üç terminal, birinci anot MT1 (modül panelindeki A2), ikinci anot MT2 (modül panelindeki A1) ve kapı G olarak düzenlenmiştir. MT2 ve MT1 terminalleri ters yönde kullanılamazlar.

TRİYAK karakteristiği, ters paralel çalışan iki SCR'nin karakteristiğine eşdeğerdir. Birinci çeyrekte TRİYAK karakteristiği, şekil 1-8'deki karakteristik ile aynıdır, üçüncü çeyrekte ise benzer fakat ters kutupludur.

SCR, anot gerilimi pozitifken, pozitif kapı sinyali uygulanarak tetiklenir. TRIYAK, aşağıdaki dört kapı koşulu altında tetiklenebilir:

1. I+: MT2 pozitif, V_G pozitif
2. I- : MT2 pozitif, V_G negatif
3. III+: MT2 negatif, V_G pozitif
4. III- : MT2 negatif, V_G negatif



Şekil 1-13 TRIYAK sembolü ve yapısı

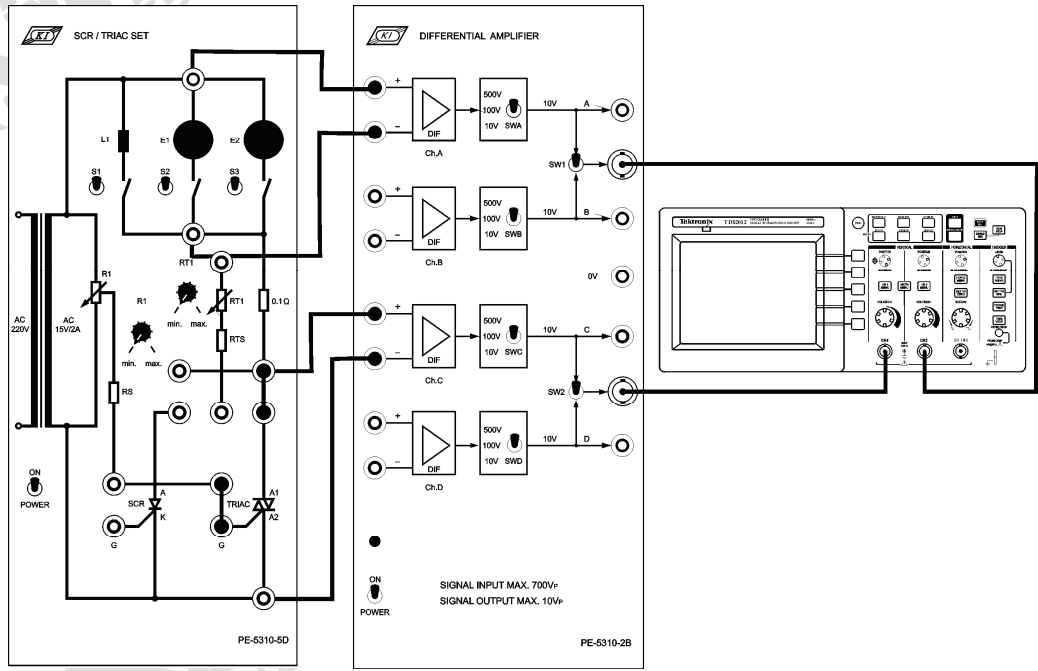
DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-5D ve PE-5310-2B modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun. Analog avometre ve dijital bellekli osiloskobu, çalışma masasının üzerine yerleştirin.
2. SCR/TRİYAK Set'in güç anahtarını OFF konumuna getirin. TRIYAK'ın üç terminalini belirlemek için aşağıdaki adımları gerçekleştirin:
 - (1) Analog avometrenin aralık seçici anahtarını Rx1 konumuna getirin ve sıfır ayarını gerçekleştirin.
 - (2) A1 ve A2 terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{A1A2} = \text{_____} \Omega$. Avometrenin problemlerini ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{A1A2} = \text{_____} \Omega$. A1 ve G terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{A1G} = \text{_____} \Omega$. Avometrenin problemlerini ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{A1G} = \text{_____} \Omega$. A2 ve G terminalleri arasındaki direnci ölçün ve kaydedin. $R_{A2G} = \text{_____} \Omega$. Avometrenin problemlerini ters çevirin ve ölçümü tekrarlayın. $R_{A2G} = \text{_____} \Omega$.

- (3) Siyah probu A1 terminaline ve kırmızı probu A2 terminaline bağlayın. Bağlantı kablolarını kullanarak, A1 ve G terminallerini birbirine bağlayın ve R_{A1A2} direncini ölçün $R_{A1A2} = \text{_____} \Omega$. Bağlantı kablosunu G terminalinden çıkarın ve $R_{A1A2} = \text{_____} \Omega$ direncini ölçün.

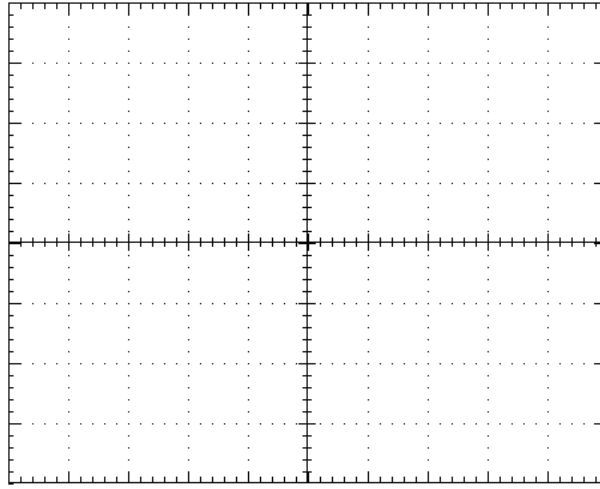
3. TRIYAK Karakteristik Eğri Ölçümü

- (1) Şekil 1-14'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları tamamlayın.



Şekil 1-14 TRIYAK karakteristlik eğrisinin ölçümü için bağlantı diyagramı

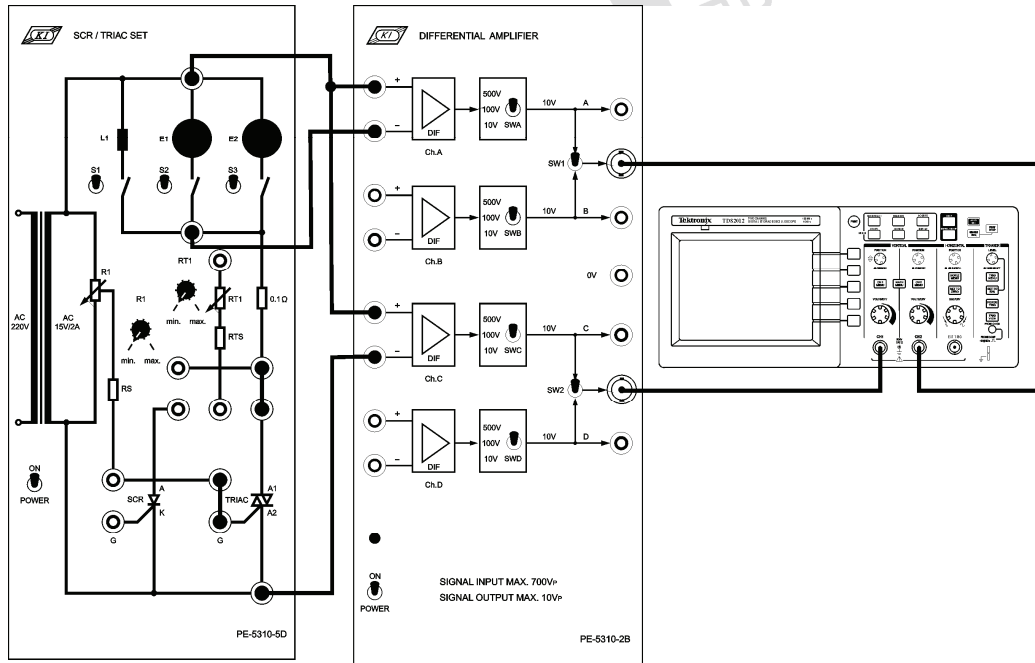
- (2) Tüm güç kaynaklarını açın. Şekil 1-15'te gösterilen TRIYAK karakteristlik eğrisini ölçün ve çizin.



Şekil 1-15 Ölçülen TRIAC karakteristik eğrisi

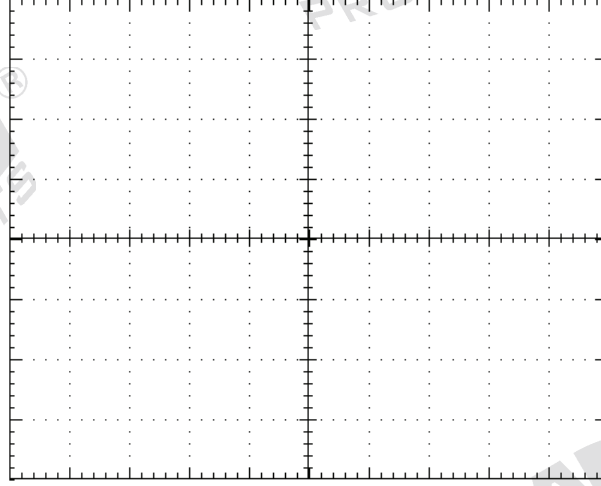
4. TRIYAK Tetikleme Kontrolü

(1) Şekil 1-16'daki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları tamamlayın.



Şekil 1-16 TRIYAK tetikleme kontrolü için bağlantı diyagramı

- (2) R1 kontrol düğmesini ayarlayarak, TRIYAK'ı ilettime sokun. Giriş ve yük gerilim dalga şekilleri şekil 1-17'de gösterilmiştir. Şekil 1-17 ve 1-12'deki dalga şekillerini karşılaştırın ve ikisi arasındaki farkları ifade edin.
-



Şekil 1-17 Ölçülen giriş (CH1) ve yük (CH2) gerilimi dalga şekilleri

- (3) Çeşitli R1 değerleri için yukardaki işlemleri tekrarlayın ve yük gerilimi dalga şeklindeki değişimi gözleyin.

DENEY 2-1[®]

Tek-Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu

DENEYİN AMACI

1. Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun karakteristiklerini anlamak.
2. Doğrultucular ile ilgili modüllerin kullanımına alışmak.
3. Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun akım ve gerilimini ölçmek.
4. Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun gücünün hesaplamak ve ölçmek.
5. Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun karakteristiklerini doğrulamak.

GENEL BİLGİLER

Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz (diyot) doğrultucunun devresini oluşturmak basittir, fakat çıkış gerilimi üzerindeki dalgalanma bileşeni yüksektir ve kontrol edilemez. Saç kurutma makinesi, meyve sıkacağı ve masaj aleti gibi elektrikli aletlerde, hız yada sıcaklık kontrolü için genellikle iki kademeli bir seçici anahtar bulunur. Tek-fazlı yarım dalga doğrultucu, doğrultucuların ve ac gerilim denetleyicilerin temelini oluşturur. Tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun karakteristiklerini anlamak, diğer doğrultucu ve ac gerilim denetleyicileri anlamaya yardımcı olur.

Şekil 2-1-1, saf dirençsel yüke sahip tek-faz yarım-dalga kontrolsüz doğrultucunun devresini göstermektedir. Karakteristikleri tanımlamak için gerekli sembol ve kısaltmalar aşağıda tanımlanmıştır.

V_i : AC giriş gerilimi

V_m : Tepe giriş gerilimi

$V_{i(rms)}$: rms (etkin) giriş gerilimi

V_o : dc çıkış gerilimi

$V_{o(av)}$: Ortalama çıkış gerilimi

$V_{o(rms)}$: rms (etkin) çıkış gerilimi

$V_{r(rms)}$: rms (etkin) dalgalanma gerilimi

$I_{o(av)}$: Ortalama çıkış akımı

$I_{o(rms)}$: rms (etkin) çıkış akımı

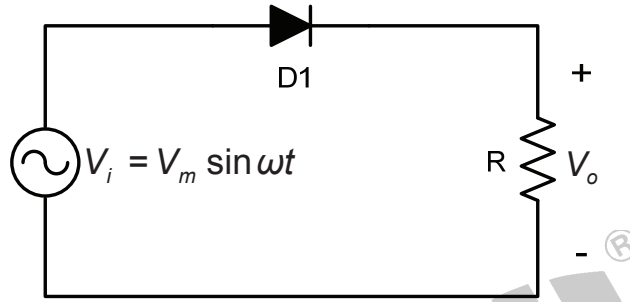
$P_{o(av)}$: Ortalama çıkış gücü

$P_{o(rms)}$: Etkin çıkış gücü

P_d : Dalgalılık artık gücü

η_r : Doğrultucu verimi

λ : Dalgalılık katsayısı



Şekil 2-1-1 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultucu

Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun karakteristikleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V_m = \sqrt{2} V_{i(rms)} \quad (2-1-1)$$

$$V_{o(av)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} V_m = 0.45 V_{i(rms)} \quad (2-1-2)$$

$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = 0.5 V_m = 0.707 V_{i(rms)} \quad (2-1-3)$$

$$I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R} \quad (2-1-4)$$

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} \quad (2-1-5)$$

$$P_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}^2}{R} = V_{o(av)} I_{o(av)} \quad (2-1-6)$$

$$P_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}^2}{R} = V_{o(rms)} I_{o(rms)} \quad (2-1-7)$$

$$\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} = \frac{0.45^2}{0.707^2} = 0.405 = 40.5\% \quad (2-1-8)$$

$$P_d = P_{o(rms)} - P_{o(av)} = \frac{V_{r(rms)}^2}{R} \quad (2-1-9)$$

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} = \frac{\sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2}}{V_{o(av)}} = 1.21 = 121\% \quad (2-1-10)$$

Tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultuculu devrede, rms çıkış gücü ve ortalama çıkış gücü birbirine eşit değildir ve bu iki güç arasındaki fark, P_d artık güç olarak isimlendirilir. Bu güç, çıkış dalgalanma gerilimi tarafından üretilir ve denklem (2-1-9) kullanılarak hesaplanır. Eğer artık güç ölçülürse, rms dalgalanma gerilimi, ölçülen artık güç ve aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$V_{r(rms)} = \sqrt{P_d \times R} \quad (2-1-11)$$

Şekil 2-1-2(a), RL yükü sahip tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultucuyu göstermektedir. Lenz yasasına göre, V_i 'nin negatif alternansında, endüktans yükünden dolayı $D1$ iletmeye devam eder ve $\omega t = \beta$ 'da akım kesilir. I_o ve V_o dalga şekilleri, şekil 2-1-2(b)'de gösterilmiştir. Önemli karakteristikler:

$$L \frac{di_o}{dt} + Ri_o = V_m \sin \omega t \quad (2-1-12)$$

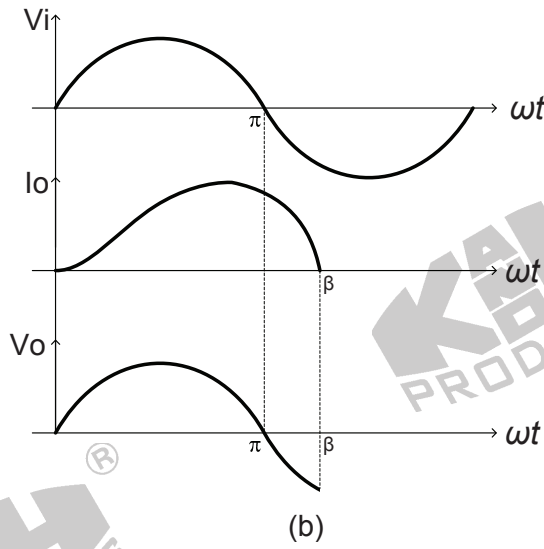
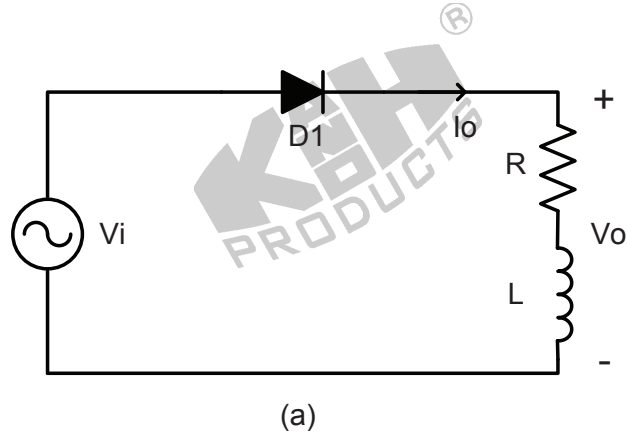
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (2-1-13)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \quad (2-1-14)$$

$$i_o = \frac{V_m}{Z} [\sin(\omega t - \Phi) + e^{-\frac{R}{L}t} \sin \Phi], 0 < \omega t < \beta \quad (2-1-15)$$

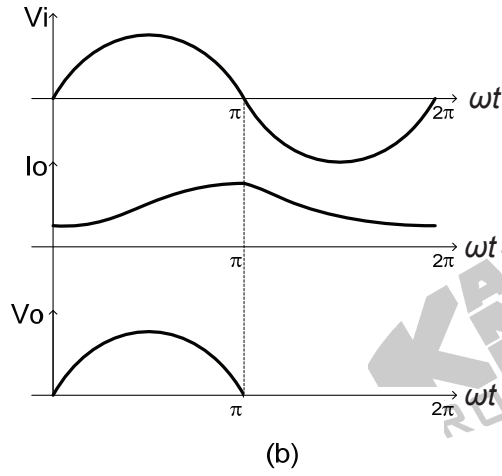
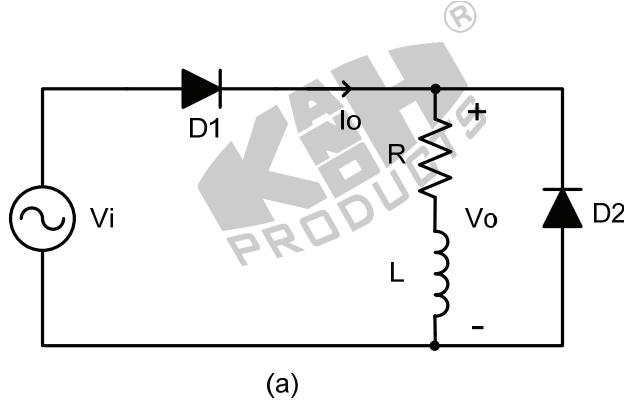
$$i_o = 0, \beta < \omega t < 2\pi \quad (2-1-16)$$

Denklem (2-1-13) ve (2-1-15)'de, Z , RL yükünün empedansdır, Φ ise V_i ve I_o arasındaki faz açısıdır ve bu açı yükün güç faktör açısı olarak da adlandırılır. I_o , kararlı-durum akımı ve geçici akım bileşenlerinden oluşur.



Şekil 2-1-2 RL yüklü tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

Şekil 2-1-3(a), tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun yük devresine paralel bağlanmış \$D_2\$ serbest geçiş diyodunu göstermektedir. \$V_i\$'nin pozitif alternansında, \$D_1\$ diyotu iletimdedir ve \$R\$ direnci enerji tüketirken, \$L\$ endüktansı enerji depolamaktadır. \$V_i\$'nin negatif alternansında, \$D_1\$ diyotu tıkamadadır ve Lenz yasasına göre, \$L\$ endüktansı zıt emk üretecektir. Bu ters kutuplu gerilim, \$D_2\$ serbest geçiş diyodunu ilettime geçmeye zorlar ve böylece \$L\$ endüktansı, \$D_2\$ ve \$R\$ direnci üzerinden enerjisini boşaltır. \$V_o\$ ve \$I_o\$ dalga şekilleri, şekil 2-1-3(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 2-1-3 Serbest geçiş diyotlu tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

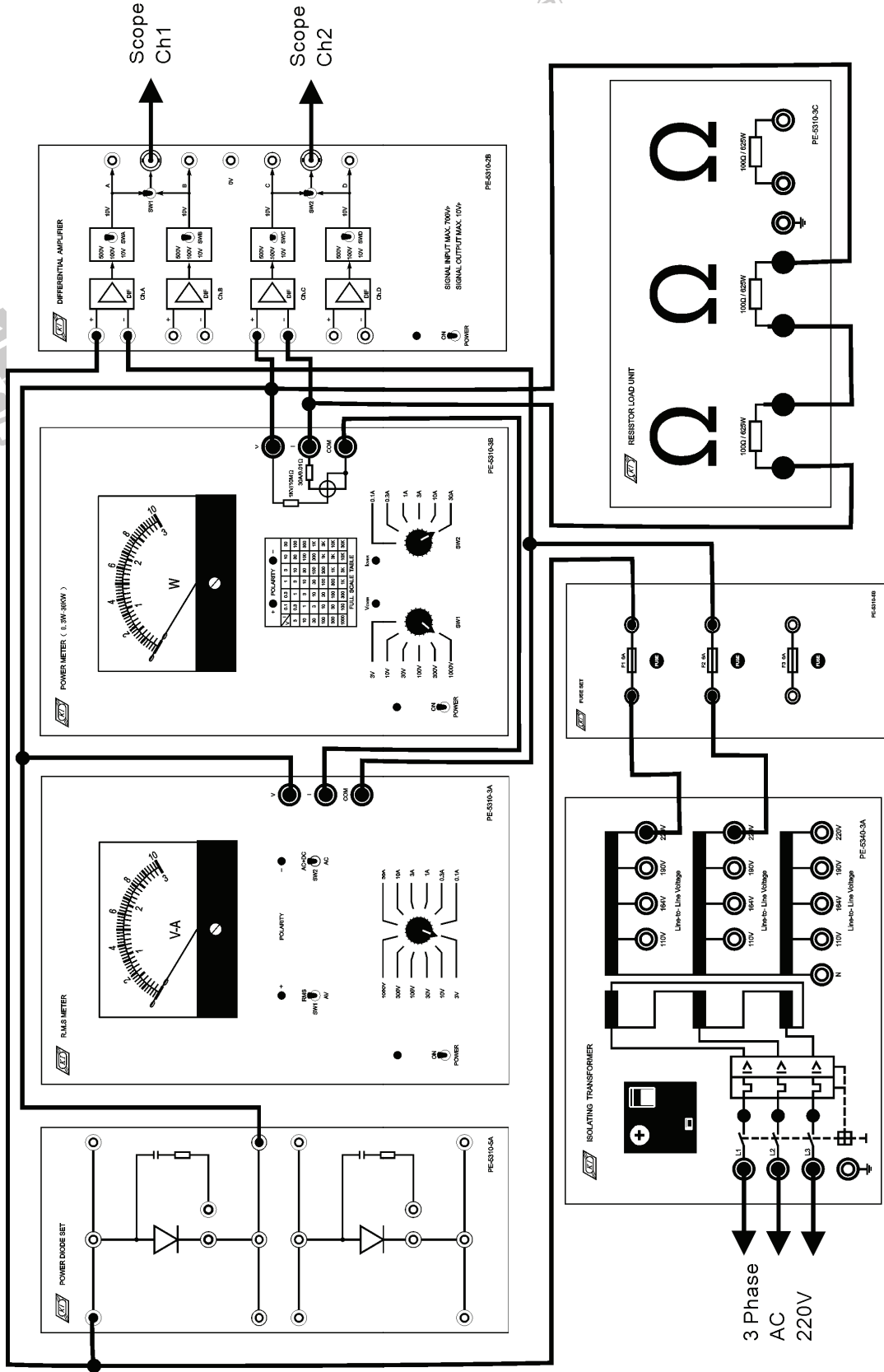
Şekil 2-1-2(b)'deki i_o dalga şekli ile karşılaştırılırsa, i_o akımı daha sürekli ve di_L/dt değişimi azalmıştır. $V_L = L \frac{di_L}{dt}$ 'den, endüktanstan kaynaklanan zıt emk V_L 'nin azaldığı ve R direnci üzerinde harcanan gücün arttığını görülür.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
2. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
3. PE-5310-5A Güç Diyot Seti x1
4. PE-5310-3A RMS Ölçer
5. PE-5310-3B Güç Ölçer x1
6. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
7. PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi x1
8. PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi x1
9. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
10. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
11. Bağlantı Kabloları

DENEYİN YAPILIŞI

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 kablolarını kullanarak, şekil 2-1-4'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu tek-faz 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 200Ω 'luk bir dirençtir. Osiloskobun CH1 girişi, Fark Yükselteciindeki Ch.A üzerinden doğrultucunun giriş gerilimini ölçmek için bağlanırken, CH2 girişi ise Fark Yükselteciindeki Ch.C üzerinden yük gerilimini ölçmek için bağlanır.



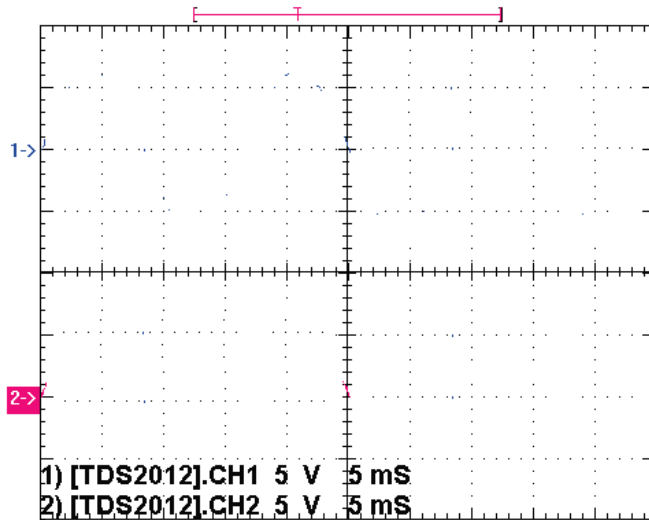
Şekil 2-1-4 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

3. Fark Yükseltecinde Ch.C için V Aralık seçici anahtarını 500 V konumuna ($V_i/V_o=500/10=50$) getirin. Tek-faz yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini, şekil 2-1-5'te gösterildiği gibi, ölçün. Gerçek gerilim değeri, okunan değer ile V_i/V_o oranının çarpımına eşittir, böylece $V_m = 6.22V \times 50 = 311V$.

4. Güç Ölçer V (SW1) ve I (SW2) Aralık seçici anahtarlarını, sırasıyla, 300V ve 1A'e ayarlayın. Etkin çıkış gücünü ölçün ve kaydedin. $P_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ W.

5. RMS ölçerin üzerinde, AC+DC/AC seçim (SW2) anahtarını AC+DC konumuna getirin, RMS/AV seçim (SW1) anahtarını RMS konumuna getirin ve V/I aralık seçici (SW3) anahtarını 300V konumuna getirin. rms çıkış gerilimini ölçün $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V. V/I aralık seçim (SW3) anahtarını 1A konumuna getirin, rms çıkış akımını ölçün $I_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$, $P_{o(rms)} = V_{o(rms)} \times I_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ W değerini hesaplayın. Hesaplanan değer 4.adımda ölçülen değere yakın mı?

6. RMS Ölçerde, AC+DC/AC seçici anahtarını (SW2) AC+DC konumuna, RMS/AV seçici anahtarını (SW1) RMS konumuna ve V/I Aralık seçici anahtarını (SW3) 300V konumuna getirin. Ortalama çıkış gerilimini ölçün $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V. V/I aralık seçici anahtarını (SW3), 1A konumuna getirin ve ortalama çıkış akımını ölçün $I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ A. Bu ölçülen değerleri, denklem (2-1-6)'da yerine koyarak, ortalama çıkış gücünü hesaplayın $P_{o(av)} = V_{o(av)} \times I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ W.



Şekil 2-1-5 Saf dirençsel yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

7. 4. ve 6. adımlarda hesaplanan ve ölçülen değerleri denklem (2-1-9)'da yerine koyarak, P_d 'yi hesaplayın $P_d = P_{o(rms)} - P_{o(av)} = \frac{P_{o(rms)} - P_{o(av)}}{W}$. Daha sonra, hesaplanan P_d değeri ve yük direnci R 'yi, denklem (2-1-11)'de yerine koyarak

$$V_{r(rms)} = \sqrt{P_d \times R} = \sqrt{P_d \times 200} \text{ V değerini hesaplayın. } P_{o(rms)} \text{ ve } P_{o(av)}\text{'yi,}$$

denklem (2-1-8)'de yerine koyarak, $\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} \times 100\%$ değerini hesaplayın.

Hesaplanan değer 40.5%'e yakın mıdır?

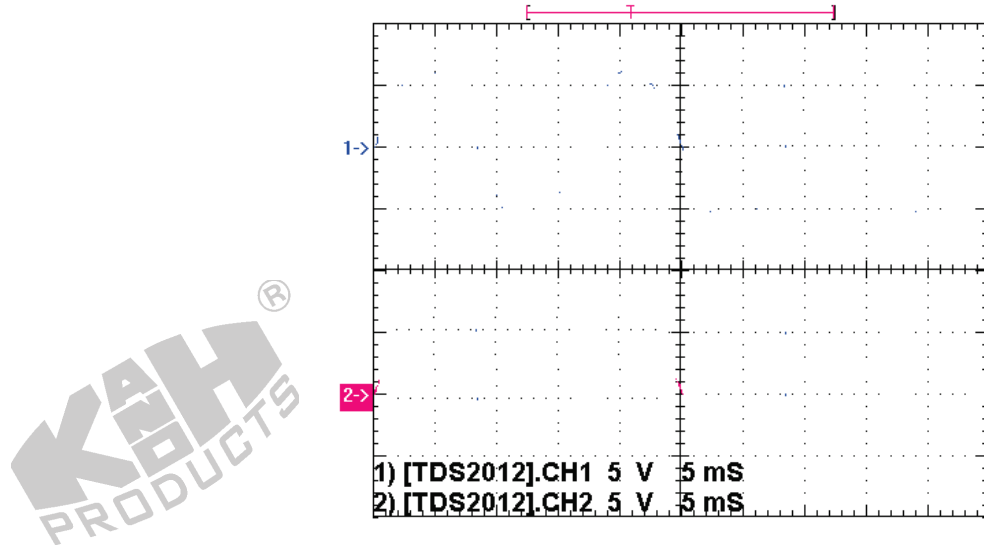
8. RMS Ölçerde, AC+DC/AC seçici anahtarını (SW2) AC konumuna, RMS/AV seçici anahtarını (SW1) RMS konumuna ve V/I Aralık seçici anahtarını (SW3) 300V konumuna getirin. Doğrultucunun rms dalgalanma gerilimini ölçün ve kaydedin $V_{r(rms)} = \text{_____ V}$. Ölçülen değer, 7. adımda hesaplanan değere yakın mıdır?

9. 7. ve 9. adımlarda ölçülen değerleri, denklem (2-1-10)'da yerine koyarak,

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} \times 100\% \text{ değerini hesaplayın ve hesaplanan değer 121%'e yakın}$$

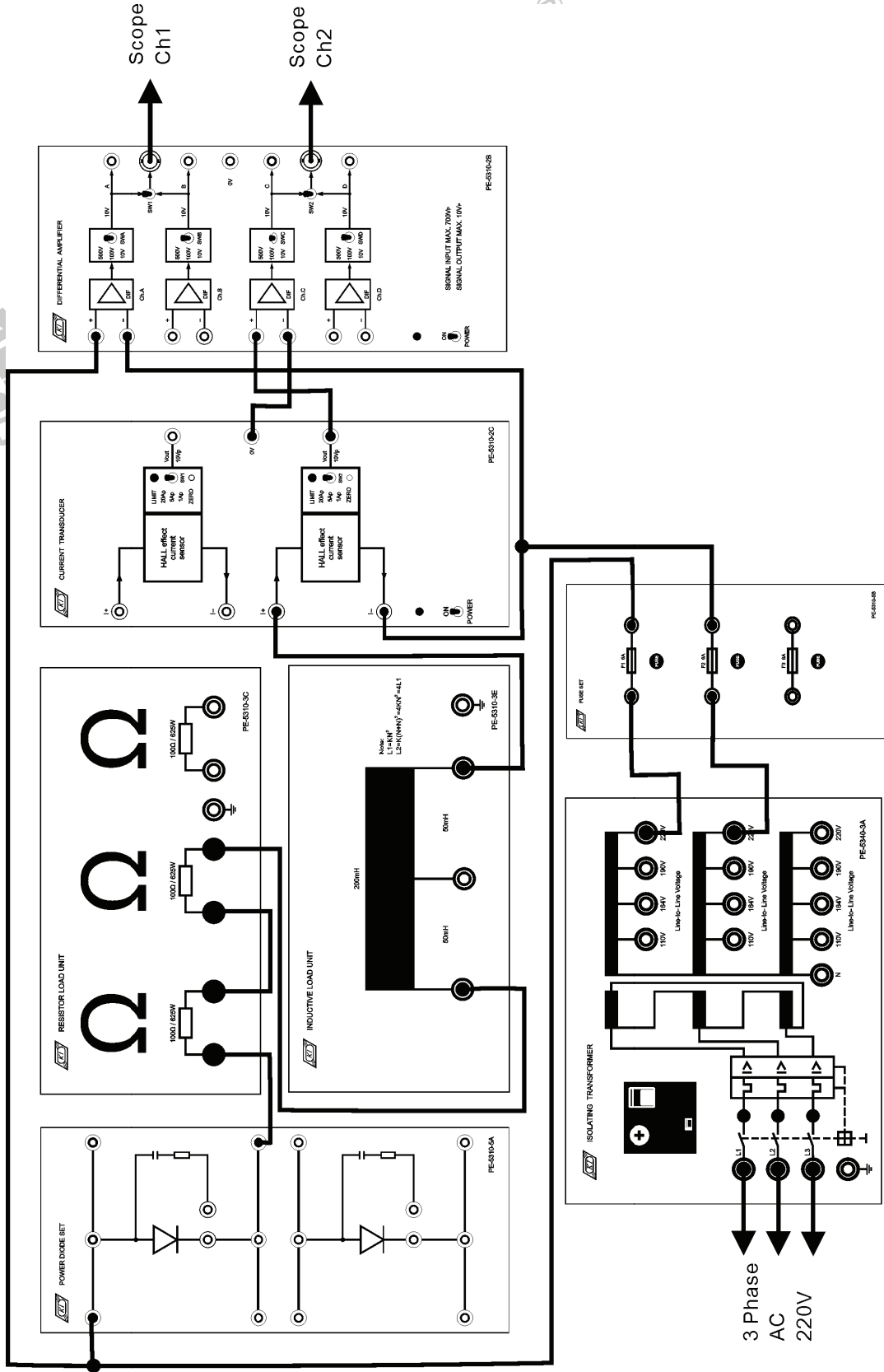
olup olmadığını görün _____.

10. 200 Ω 'luk dirence, seri olarak 200mH'lik bir endüktans bağlayarak, saf dirençsel yükü endüktif yüke dönüştürün. Doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini, şekil 2-1-6'da gösterildiği gibi, ölçün (Fark Yükseltecinde Ch.C için V Aralık seçici anahtarını, 3. adımdaki ile aynı konumda bırakın).

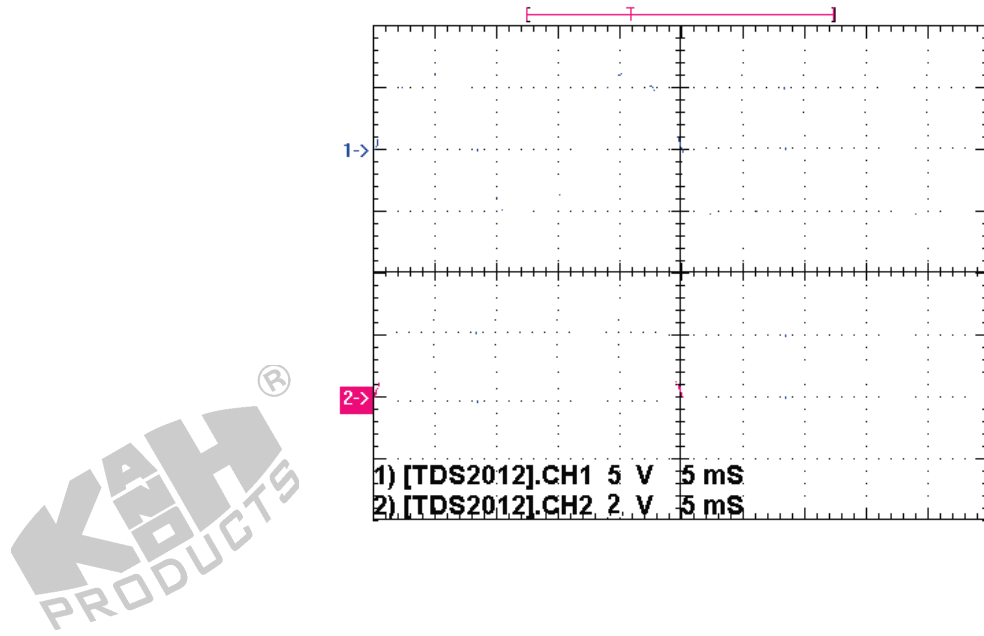


Şekil 2-1-6 Endüktif yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

11. Devre bağlantılarını, şekil 2-1-7’de gösterildiği gibi değiştirin. Osiloskobun CH1 girişi, Fark Yükselteci’ndeki Ch.A üzerinden doğrultucunun giriş gerilimi dalga şeklini ölçmek için kullanılırken, CH2 girişi ise Fark Yükselteci’ndeki Ch.C ve Akım Transdüseri üzerinden yük gerilimi dalga şeklini ölçmek için kullanılır. Fark Yükselteci’nde, Ch.A için V Aralık seçici anahtarını 500V konumuna ($V_i/V_o=500/10=50$) ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarını 10V konumuna ($V_i/V_o=10/10=1$) getirin. Akım Transdüserinin I Aralık seçici anahtarını 5A konumuna ($I_i/I_o=5/10=0.5$) getirin. Ölçülen dalga şekilleri, şekil 2-1-8’de gösterilmiştir. Gerçek akım değeri, CH2’deki gerilim değeri ile I_i/V_o oranı 0.5’in çarpımına eşittir, böylece tepe akımı yaklaşık $3 \times 0.5 = 1.5A$ ’dır.

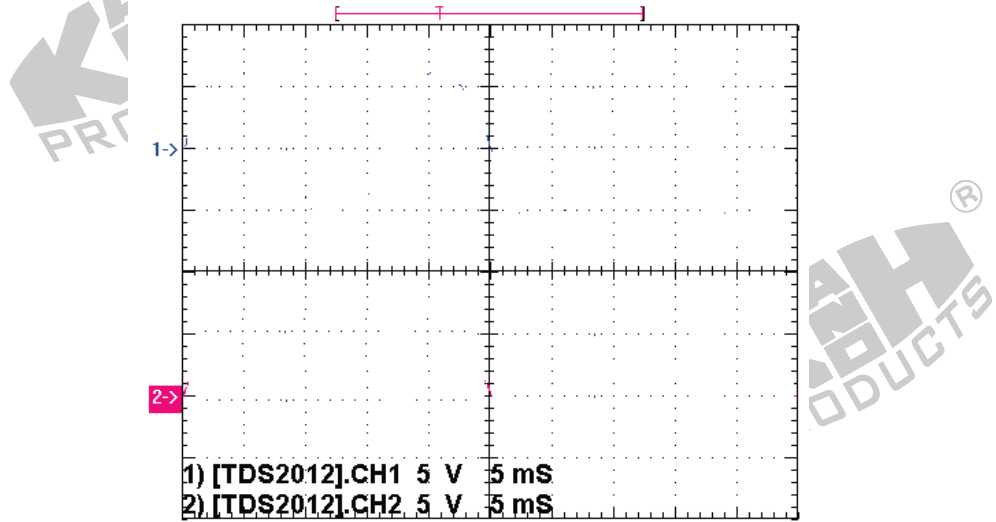


Şekil 2-1-7 Endüktif yüke sahip tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

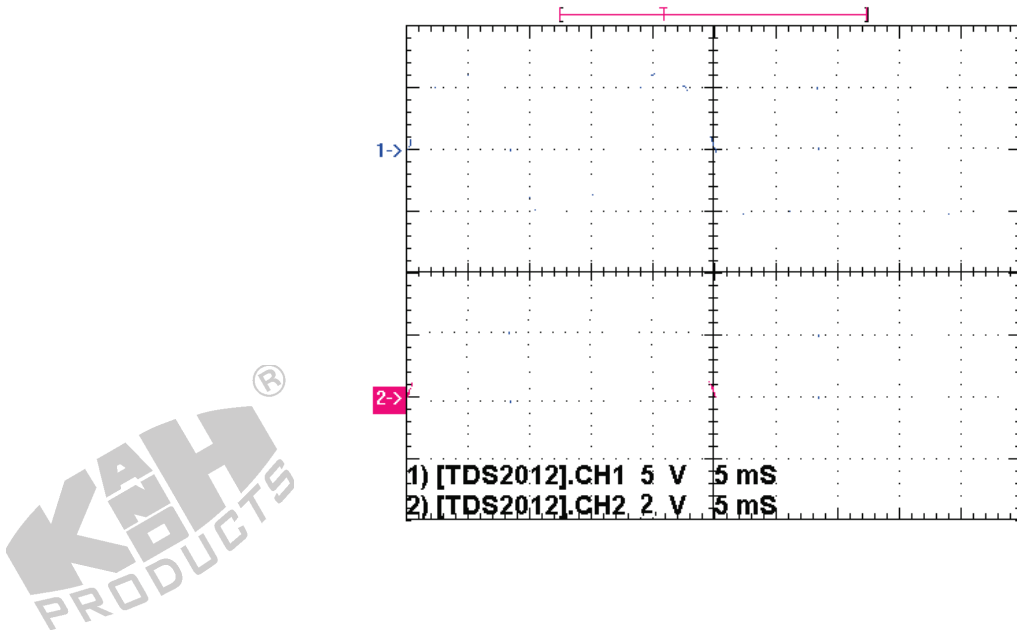


Şekil 2-1-8 Endüktif yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

12. Şekil 2-1-3'teki devreden yararlanarak, şekil 2-1-7'de gösterilen devrenin endüktif yüküne paralel olarak, bir serbest geçiş diyodu bağlayın (güç diyot setindeki başka bir diyodu kullanın). Endüktif yüke ve serbest geçiş diyoduna sahip, tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun akım ve gerilim dalga şekillerini, şekil 2-1-9'da gösterildiği gibi ölçmek için, 10. ve 11.adımları tekrarlayın.



(a) Giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

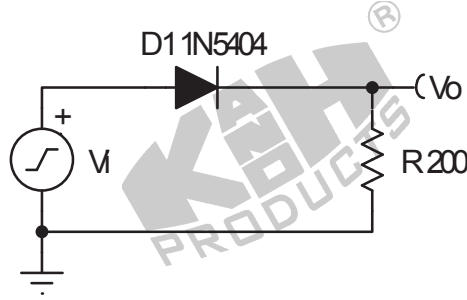


(b) Giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

Şekil 2-1-9 Endüktif yüke ve serbest geçiş diyoduna sahip, tek-fazlı yarım dalga doğrultucunun ölçülen gerilim ve akım dalga şekilleri

BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

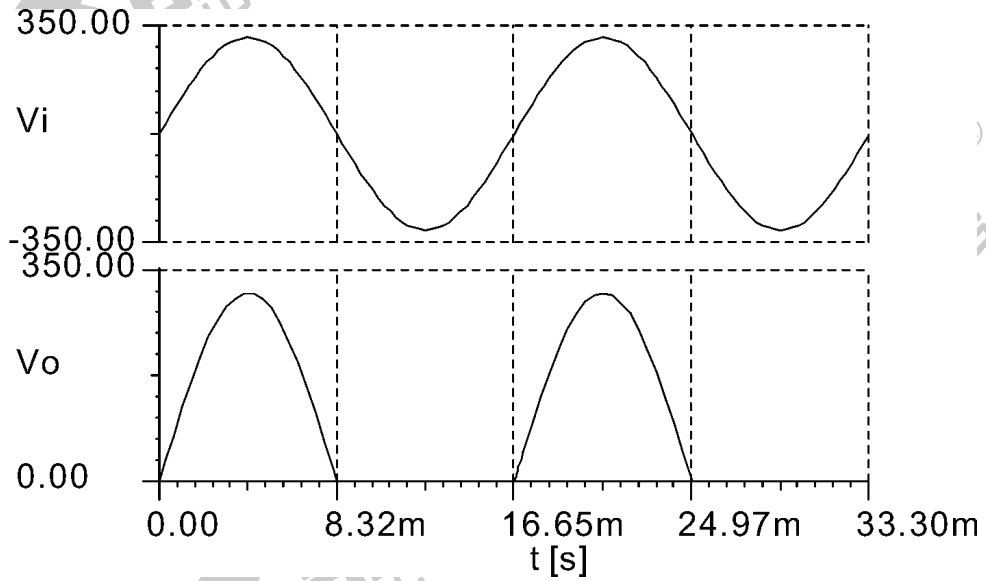
1. Günümüzde güç elektroniği devrelerinin analizi için kullanılan pek çok simülasyon yazılım paketi vardır. Bilgisayar simülasyonu ile, bir güç elektroniği devresinin değişik karakteristiklerini doğrulamak için, TINAPro simülasyon yazılımı kullanılır. Daha fazla bilgi için lütfen DesignSoft Inc. resmi sitesine gidin: <http://www.designsoftware.com/>.
2. TINAPro yazılımını bilgisayarınıza kurun. TINAPro'yu çalıştırın. Schematic Editör penceresinde, şekil 2-1-10'da gösterilen devreyi oluşturun. Signal Editor diyalog penceresinde, giriş gerilim kaynağı V_i için, işaret tipi olarak sinüzoidal seçin ve Genliği (Amplitude) 311V (), Frekansı (Frequency) 60 Hz olarak ayarlayın.



Şekil 2-1-10 Saf dirençsel yüke sahip tek-faz yarım dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

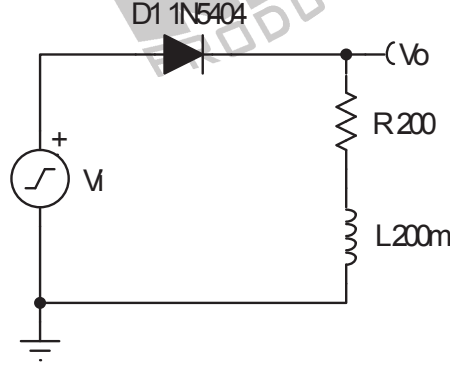
3. *Analysis* menüsünden *Transient* komutunu çalıştırın. Transient Analysis diyalog penceresinde, Start display değerini 0ms ve End display değerini 33.3 ms (kaynak periyodunun iki katı) olarak ayarlayın, Draw excitation kutusunu işaretleyin ve OK butonuna basın. TR sonucu şekil 2-1-11’de gösterilmiştir. TR sonucu, Şekil 2-1-5’deki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____. A kursorünü hareket ettirin ve tepe çıkış gerilimini okuyun _____ V.

Not: TR sonuç penceresinde birden çok eğri göstermek için, basitçe *View/Seperate curves* komutunu seçin. *Set Axis* diyalogunu açmak için, t[s] eksenine çift tıklayın ve daha sonra *Upper limit* ve *Lower limit* değerlerini ayarlayın. Örneğin, 2 tam periyodu gözlemlemek için, *Upper limit* değerini 33.3ms’ye ayarlayın.



Şekil 2-1-11 Saf dirençsel yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun TR simülasyon sonucu

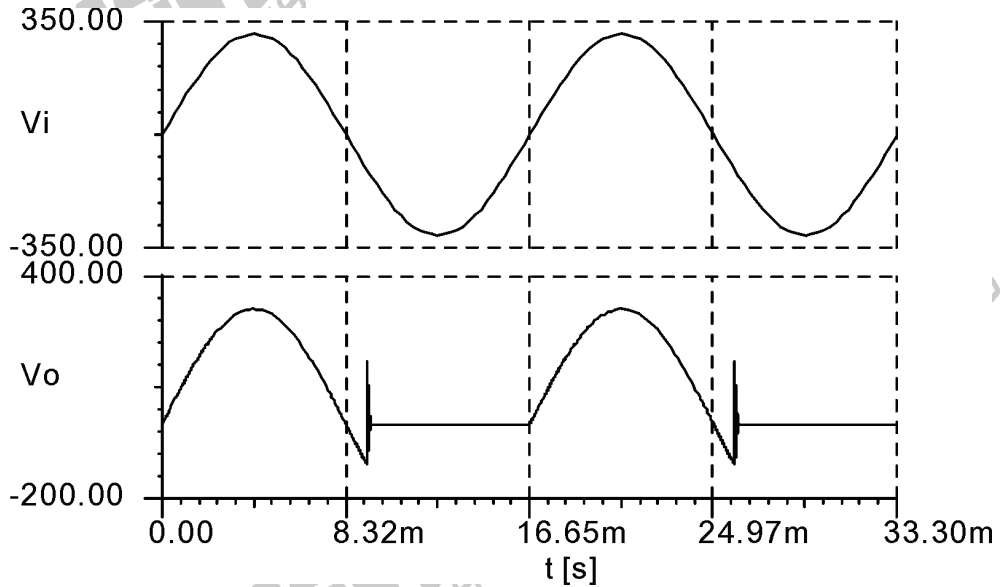
4. Şekil 2-1-12’de gösterildiği gibi, 200Ω ’luk dirence seri olarak 200mH ’lik endüktans bağlayarak, yük devresini endüktif yük olarak değiştirin.



Şekil 2-1-12 Endüktif yüke sahip tek-faz yarım dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

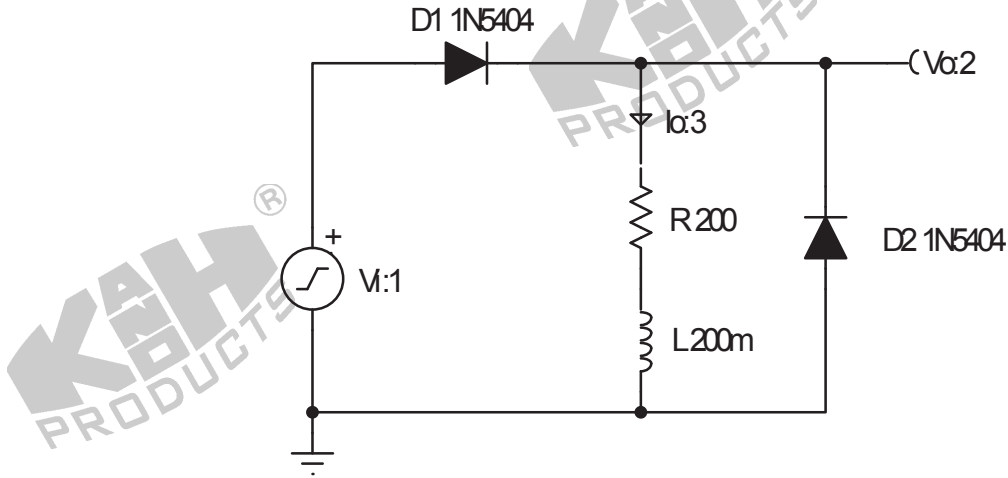
5. 2. adımı tekrarlayın. Analysis/Transient komutunu çalıştırın ve şekil 2-1-13’te gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, 2-1-6’daki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____.

Not: V_0 dalga şeklindeki ani darbeler, diyot iletimden tıkamaya geçtiği anda, endüktans tarafından üretilen zıt emk’dır.



Şekil 2-1-13 Endüktif yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun TR simülasyon sonucu

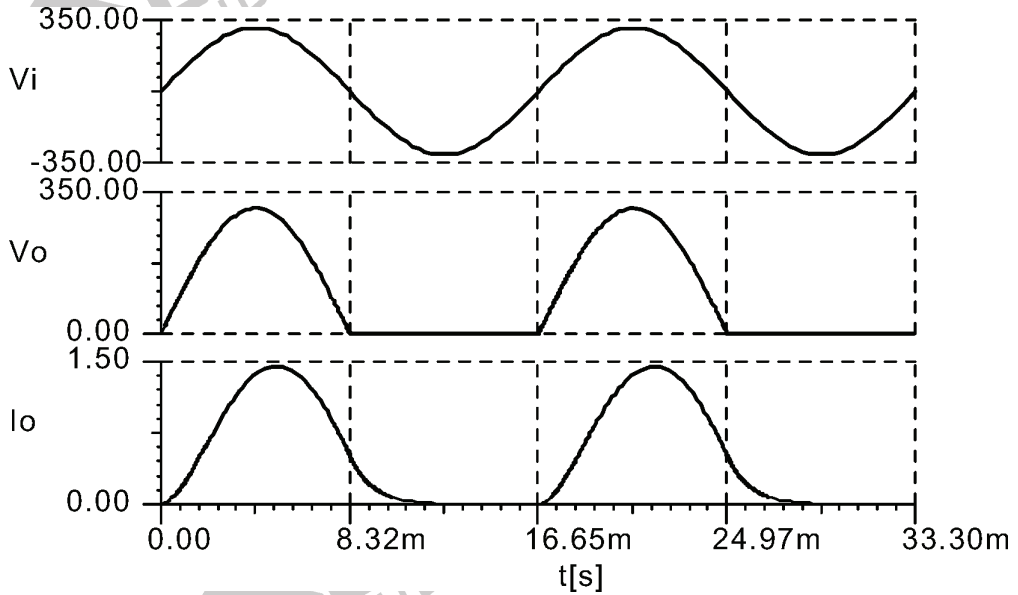
6. Şekil 2-1-14'te gösterildiği gibi, endüktif yüke paralel olarak bir serbest geçiş diyodu bağlayın.



Şekil 2-1-14 Endüktif yüke ve serbest geçiş diyoduna sahip tek-faz yarım dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

7. 3. adımı tekrarlayın. Analysis/Transient komutunu çalıştırın ve şekil 2-1-15'te gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, 2-1-9'daki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____.

Not: Şekil 2-1-14'te gösterildiği gibi, “:” ve bir sayısal değerle takip edilen giriş yada çıkış sinyali, ekran sırasını belirtmektedir. Örneğin, Vi:1, Vi dalga şeklinin, TR sonuç penceresinin en üstünde görüntüleneceğini belirtmektedir.



Şekil 2-1-15 Endüktif yüke sahip tek-faz yarım dalga doğrultucunun TR simülasyon sonucu

DENEY 2-2[®]

Tek-Fazlı Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucu

DENEYİN AMACI

1. Tek-fazlı[®] tam dalga kontrolsüz doğrultucunun çalışma prensibini ve karakteristiklerini anlamak.
2. Tek-fazlı tam dalga kontrolsüz bir doğrultucuda, gerilim ve akım değerlerini ölçmek.
3. Tek-fazlı tam dalga kontrolsüz bir doğrultucuda, gücü hesaplamak ve ölçmek.
4. Tek-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun karakteristiklerini doğrulamak.

GENEL BİLGİLER

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

Şekil 2-2-1, saf dirençsel 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. Bir tek-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun karakteristiklerini tanımlamak için gerekli sembol ve kısaltmalar aşağıda tanımlanmıştır.

V_i : AC giriş gerilimi

V_m : Maksimum ac giriş gerilimi (tepe değeri)

$V_{i(rms)}$: rms ac giriş gerilimi

V_o : DC çıkış gerilimi

$V_{o(av)}$: Ortalama çıkış gerilimi

$V_{o(rms)}$: rms çıkış gerilimi

$V_{r(rms)}$: rms dalgalanma gerilimi

I_m : Maksimum ac giriş akımı

$I_{o(av)}$: Ortalama çıkış akımı

$I_{o(rms)}$: rms çıkış akımı

$I_{d(av)}$: Ortalama diyot akımı

$I_{d(rms)}$: rms diyot akımı

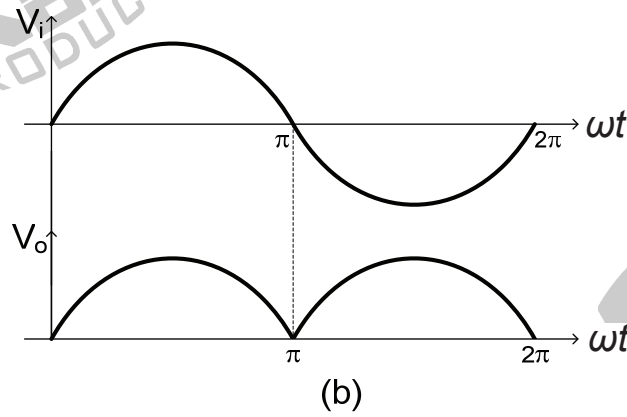
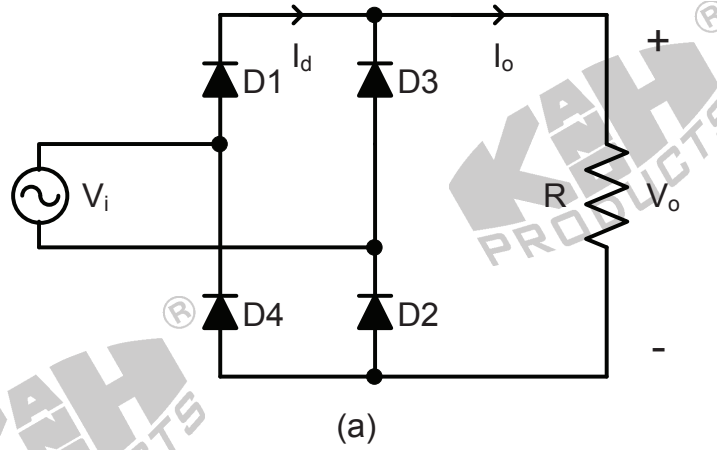
$P_{o(av)}$: Ortalama çıkış gücü

$P_{o(rms)}$: Etkin (rms) çıkış gücü

P_d : Dalgalılık artık gücü

η_r : Doğrultucu verimi

λ : Dalgalılık katsayısı



Şekil 2-2-1 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrolsüz
doğrultucunun devresi ve dalga şekilleri

Aşağıdaki denklemler, saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrolsüz
doğrultucunun önemli karakteristiklerini tanımlamaktadır.

$$V_m = \sqrt{2}V_{i(rms)} \quad (2-2-1)$$

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

$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = 0.707V_m = V_{i(rms)} \quad (2-2-3)$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad (2-2-4)$$

$$I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R} = \frac{2}{\pi} I_m \quad (2-2-5)$$

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} = 0.707I_m \quad (2-2-6)$$

$$I_{d(av)} = \frac{I_{o(av)}}{2} = 0.5I_{o(av)} \quad (2-2-7)$$

$$I_{d(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = \frac{1}{2} I_m = \frac{\pi}{4} I_{o(av)} \quad (2-2-8)$$

$$P_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}^2}{R} = V_{o(av)} I_{o(av)} \quad (2-2-9)$$

$$P_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}^2}{R} = V_{o(rms)} I_{o(rms)} \quad (2-2-10)$$

$$\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} = \frac{0.9^2}{1^2} = 0.81 = 81\% \quad (2-2-11)$$

$$P_d = P_{o(rms)} - P_{o(av)} = \frac{V_{r(rms)}^2}{R} \quad (2-2-12)$$

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} = \frac{\sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2}}{V_{o(av)}} = 0.482 = 48.2\% \quad (2-2-13)$$

(2-2-11) ve (2-2-13) denklemleri, (2-1-8) ve (2-1-10) denklemleri ile karşılaştırılırsa, tek-fazlı tam dalga doğrultucunun doğrultucu verimi ve dalgalılık katsayısı gibi karakteristiklerinin, tek-fazlı yarım dalga doğrultucudan daha iyi olduğu görülebilir. Ayrıca şekil 2-2-1(b)'den görülebileceği gibi, tek-fazlı tam dalga doğrultucunun diğer bir avantajı, çıkış geriliminin dalgalanma frekansının, kaynak frekansının iki katı olmasıdır. Böylece filtrelemeden sonra daha küçük bir dalgalanma bileşeni elde edilebilir.

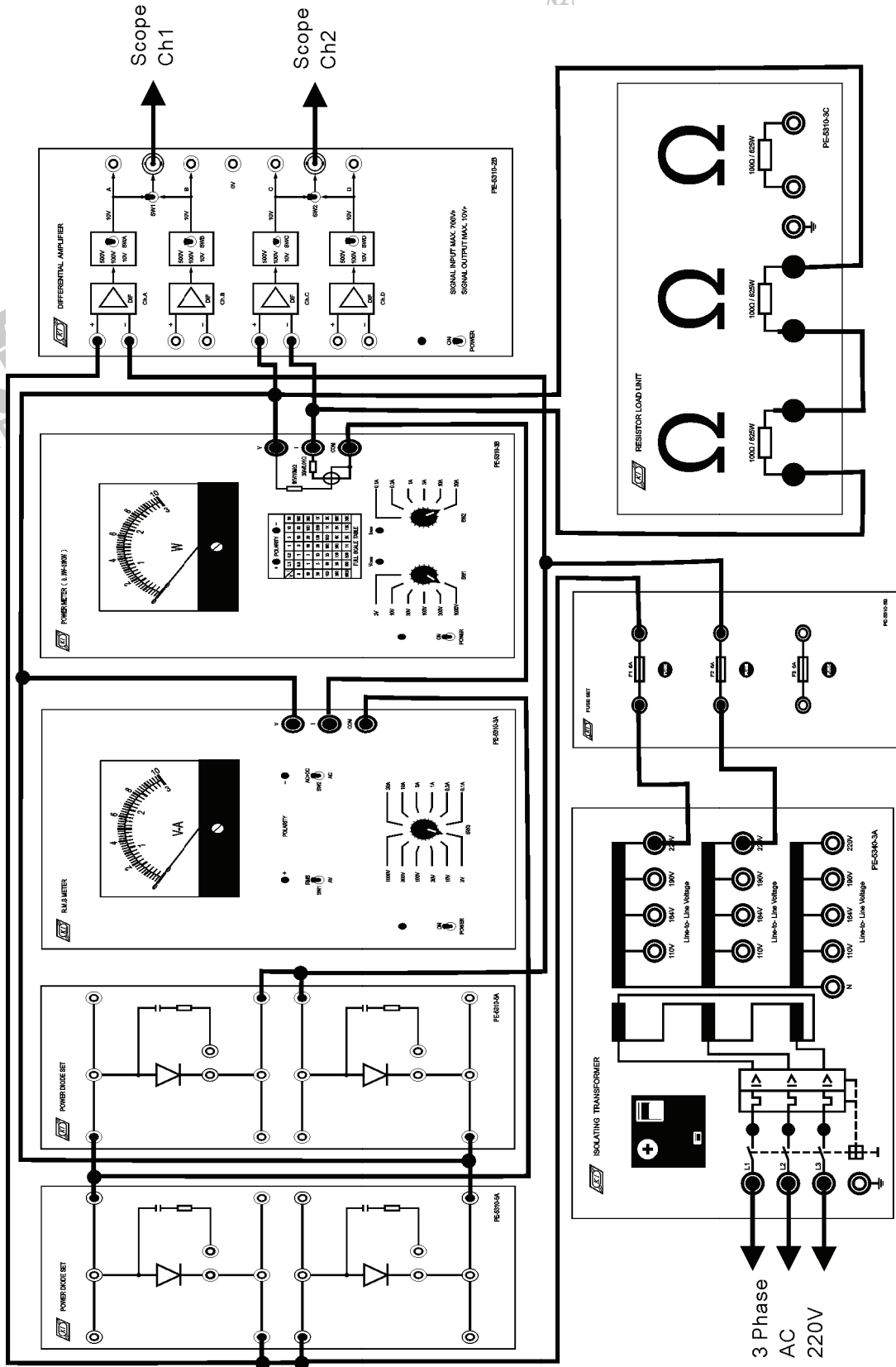
Tek-fazlı tam dalga köprü doğrultucunun tek dezavantajı 4 diyot gerektirmesidir. Bununla birlikte, giriş geriliminin her bir yarım alternansında iki diyot iletimde diğer iki diyot tıkamada olmaktadır. Bu yüzden, her bir diyot için gerekli Ters Tepe Gerilimi (PIV) değeri, giriş tepe geriliminin sadece yarısıdır.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
2. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
3. PE-5310-5A Güç Diyodu Seti x2
4. PE-5310-3A R.M.S.metre
5. PE-5310-3B Wattmetre (Power meter) x1
6. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
7. PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi x1
8. PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi x1
9. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
10. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
11. Bağlantı Kabloları

DENEYİN YAPILIŞI

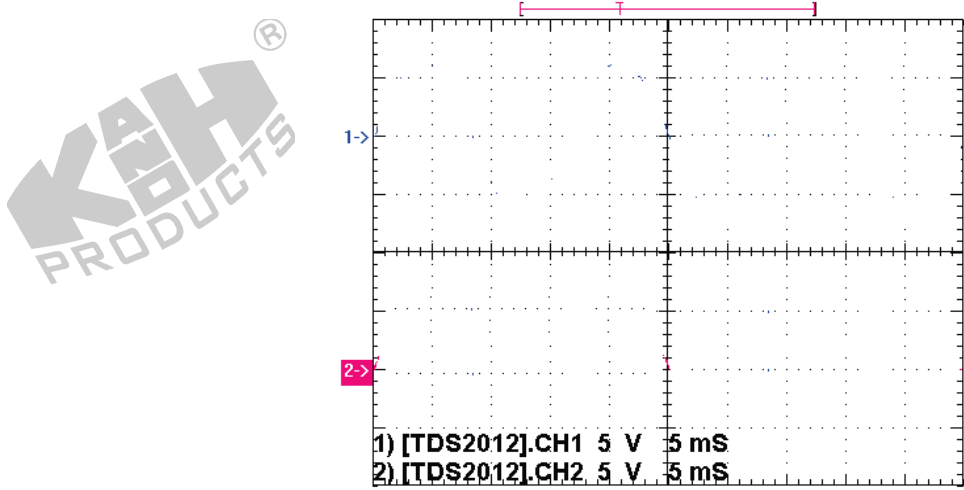
1. PE-5310-5A, PE-5310-5B, PE-5310-3A, PE-5310-3B ve PE-5310-2B modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak, şekil 2-2-2'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu tek-faz 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 200Ω 'luk bir dirençtir. Doğrultma öncesi ve sonrasındaki gerilim dalga şekillerini gözleyebilmek için, osiloskobun CH1 girişi, Fark Yükseltici Ch.A üzerinden ac kaynağa, CH2 girişi ise Fark yükseltici Ch.C üzerinden yüke bağlanır.



Şekil 2-2-2 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

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, şekil 2-2-3'te gösterildiği gibi, gözleyin ve giriş geriliminin tepe değerini kaydedin.

$V_m =$ _____ V.



Şekil 2-2-3 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

4. Güç Ölçerin V Aralık (SW1) ve I Aralık (SW2) seçici anahtarlarını sırasıyla 300V ve 1A 'e ayarlayın. Etkin çıkış gücünü ölçün. $P_{o(rms)} =$ _____ W
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 300V kademesine ayarlayın ve etkin çıkış gerilimini ölçün $V_{o(rms)} =$ _____ V. V/I Aralık (SW3) seçici anahtarını 1A kademesine ayarlayın ve etkin çıkış akımını ölçün $I_{o(rms)} =$ _____ A. Etkin çıkış gücünü hesaplayın $P_{o(rms)} = V_{o(rms)} \times I_{o(rms)} =$ _____ W. Hesaplanan değer, 4.adımda ölçülen değere yakınlığını değerlendirin.

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 300V kademesine ayarlayın ve ortalama çıkış gerilimini ölçün $V_{o(av)} = \text{_____} V$. V/I Aralık (SW3) seçici anahtarını 1A kademesine ayarlayın ve ortalama çıkış akımını ölçün $I_{o(av)} = \text{_____} A$. Ortalama çıkış gücünü hesaplayın $P_{o(av)} = V_{o(av)} \times I_{o(av)} = \text{_____} W$.

7. 4. ve 6. adımlarda ölçülen ve hesaplanan değerleri (2-2-12) denkleminde yerine koyun ve P_d 'yi hesaplayın $P_d = P_{o(rms)} - P_{o(av)} = \text{_____} W$. Hesaplanan P_d ve yük direnci R 'yi kullanarak, $V_{r(rms)}$ 'i hesaplayın. $V_{r(rms)} = \sqrt{P_d \times R} = \sqrt{P_d \times 200} = \text{_____} W$. $P_{o(rms)}$ ve $P_{o(av)}$ değerlerini (2-2-11) denkleminde yerine koyun ve verimi hesaplayın $\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} = \text{_____} \%$. Hesaplanan değer %81 değerine yakın mıdır?

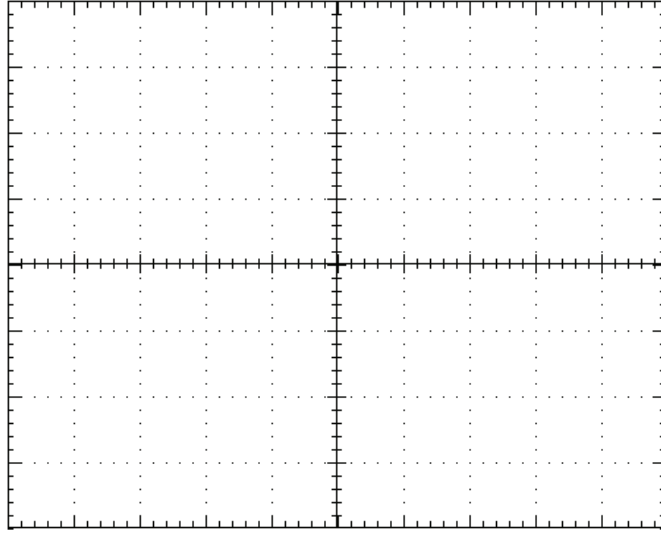
8. RMS Ölçerin AC+DC/AC (SW2) ve RMS/AV (SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC ve RMS konumlarına getirin. V/I Aralık (SW3) seçici anahtarını 300V kademesine ayarlayın ve etkin dalgalanma gerilimini ölçün $V_{r(rms)} = \text{_____} V$. Ölçülen değer, 7.adımda hesaplanan değere yakın mıdır?

9. 6. ve 8. adımlarda ölçülen değerleri (2-2-13) denkleminde yerine koyarak dalgalılık katsayısını hesaplayın $\lambda = V_{r(rms)} / V_{o(av)} = \text{_____} \%$. Hesaplanan değer %48.2 değerine yakın mıdır?

10. RMS Ölçerin bağlantılarını şekil 2-2-4'te gösterildiği gibi değiştirin. RMS Ölçeri kullanarak ortalama diyot akımını $I_{d(av)} = \text{_____} A$ (AC+DC/AC(SW2) seçici anahtarı AC+DC konumunda, RMS/AV(SW1) seçici anahtarı AV konumunda) ve etkin diyot akımını $I_{d(rms)} = \text{_____} A$ (AC+DC/AC(SW2) seçici anahtarı AC+DC konumunda, RMS/AV(SW1) seçici anahtarı RMS konumunda) ölçün. Ölçülen sonuçlar, (2-2-7) ve (2-2-8) denklemleri ile uyumlu mudur? ($I_{o(av)}$, 6. adımda ölçüldü).

11. Şekil 2-2-4'teki tek-fazlı tam dalga doğrultucunun yük devresinde, 200Ω 'luk dirence, seri olarak 200mH 'lik bir endüktans bağlayın. Böylece saf direçsel yük, endüktif yüke dönüşmüş olur. Osiloskop kullanarak, doğrultucu çıkış gerilimi (CH1) ve 200mH 'lik endüktans üzerindeki gerilimin (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve bu dalga şekillerini şekil 2-2-5'te çizin (Osiloskobun VOLTS/DIV ve Fark Yükseltecinin V Aralık kademelerini not edin).

12. Osiloskop kullanarak, çıkış gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve bu dalga şekillerini şekil 2-2-6'ya kaydedin. (Osiloskobun VOLTS/DIV, Fark Yükseltecinin V Aralık ve Akım Transduserinin I Aralık kademelerini not edin).



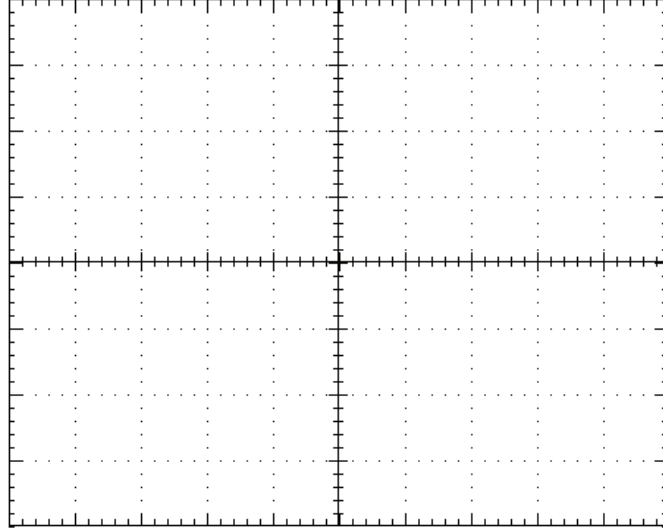
CH1:

DIF AMP V Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

CH2:

DIF AMP V Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

Şekil 2-2-5 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun, ölçülen çıkış gerilimi (CH1) ve endüktans gerilimi (CH2) dalga şekilleri



CH1:

DIF AMP V Range: _____

VOLTS/DIV: _____

SEC/DIV: _____

CH2:

DIF AMP V Range: _____

Current Transducer

I Range: _____

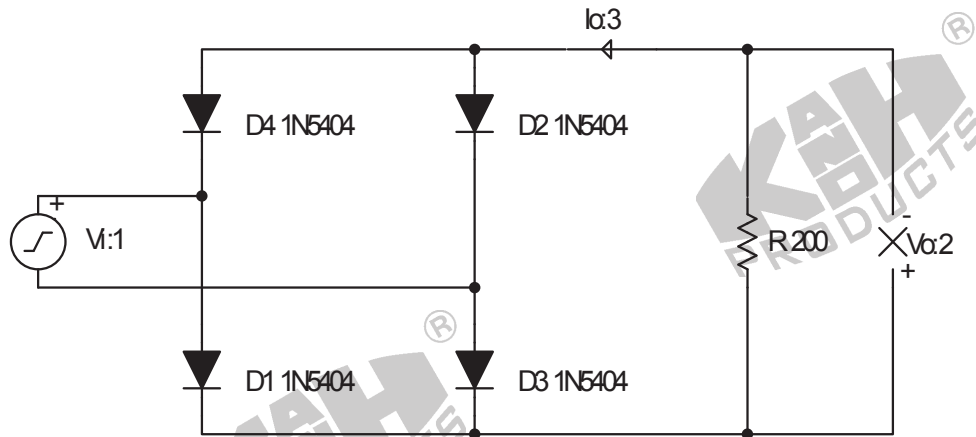
VOLTS/DIV: _____

SEC/DIV: _____

Şekil 2-2-6 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun, ölçülen çıkış gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

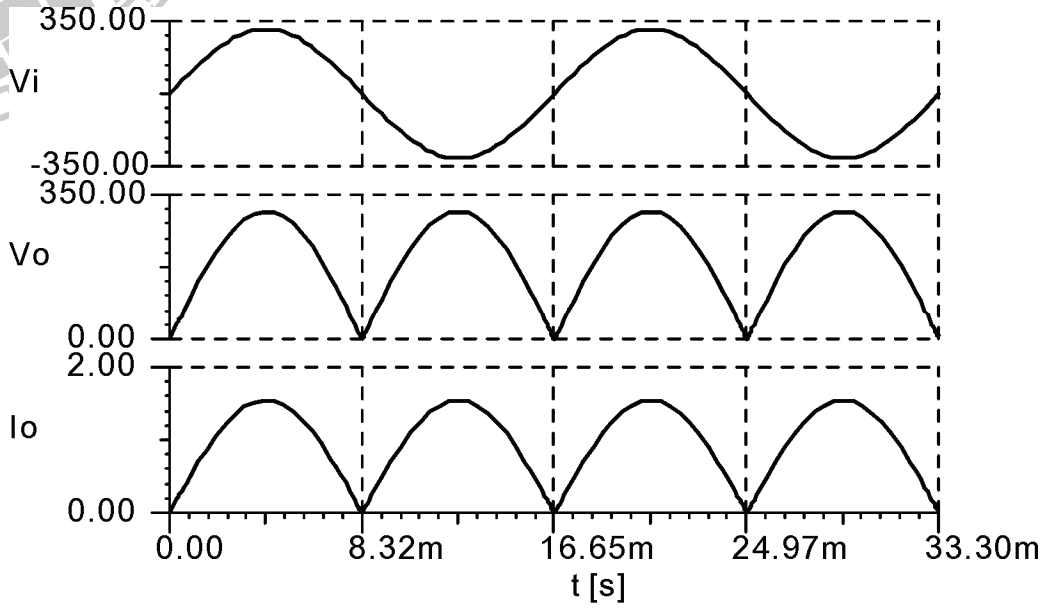
BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

1. TINAPro'yu çalıştırın. Schematic Editör penceresinde, şekil 2-2-7'de gösterilen devreyi oluşturun. Signal Editor diyalog penceresinde, giriş gerilim kaynağı V_1 için, işaret tipi olarak sinüzoidal seçin ve Genliği (Amplitude) 311V, Frekansı(Frequency) 60 Hz olarak ayarlayın.



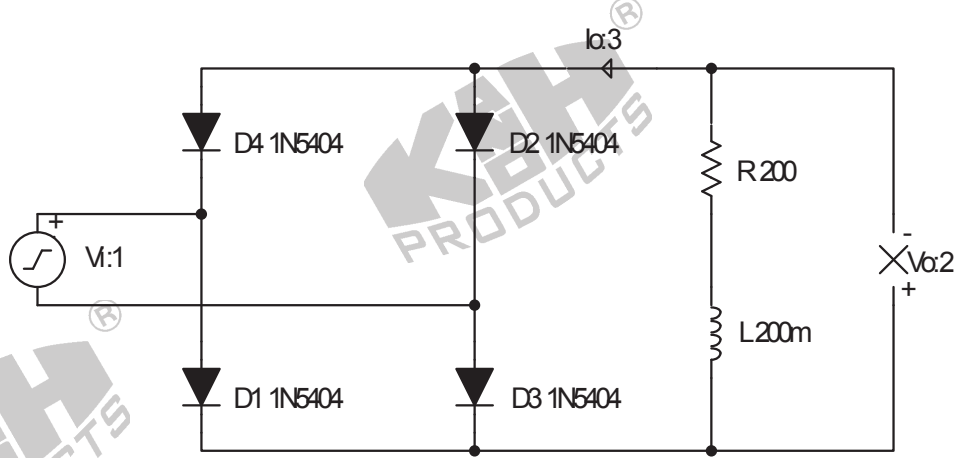
Şekil 2-2-7 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

2. Analysis menüsünden Transient komutunu çalıştırın. Transient Analysis diyalog penceresinde, Start display değerini 0ms ve End display değerini 33.3 ms (giriş işaretinin iki tam periyodunu göstermek için) olarak ayarlayın, Draw excitation kutusunu işaretleyin ve OK butonuna basın. Açılan TR sonuç penceresi şekil 2-2-8'de gösterilmiştir. TR sonucu, Şekil 2-2-3'teki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____ . Çıkış akım dalga şekli I_o , çıkış gerilimi dalga şekliyle V_o aynı mıdır? _____ .



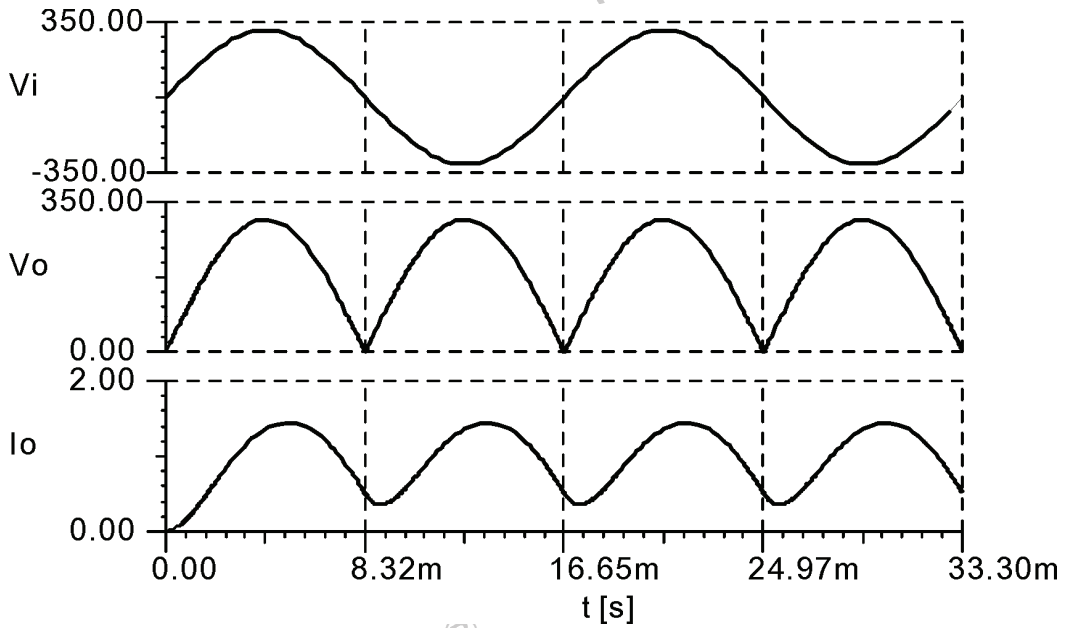
Şekil 2-2-8 Saf dirençsel yüke sahip tek-faz tam dalga doğrultucunun TR simülasyon sonucu

3. Yük devresini, şekil 2-2-9'da gösterildiği gibi, 200Ω 'luk dirence seri olarak 200mH 'lik endüktans bağlayarak değiştirin.



Şekil 2-2-9 Endüktif yüke sahip tek-faz tam dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

4.2. adımı tekrarlayın. Analysis/Transient komutunu çalıştırın ve şekil 2-2-10'da gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, Şekil 2-2-5 ve 2-2-6'daki ölçme sonuçlarıyla uyumlu mudur? _____.



Şekil 2-2-10 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga diyot doğrultucunun TR simülasyon sonucu

DENEY 2-3[®]

Tek-Fazlı Yarım Dalga Kontrollü Doğrultucu

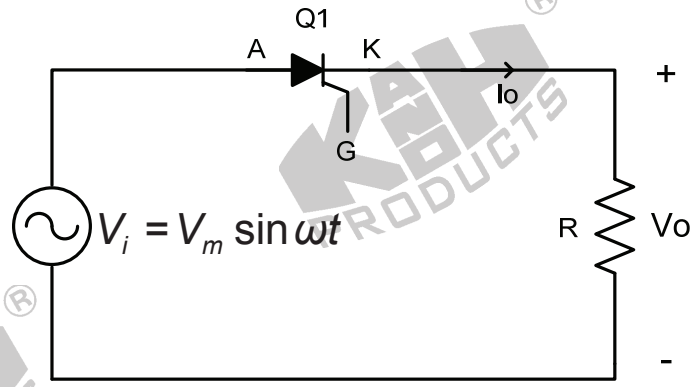
DENEYİN AMACI

1. Tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun karakteristiklerini anlamak.
2. Tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, gerilim ve akım değerlerini ölçmek.
3. Tristör tetikleme açısının, tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun dc çıkış gerilimine etkisini incelemek.
4. Tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun karakteristiklerini doğrulamak.

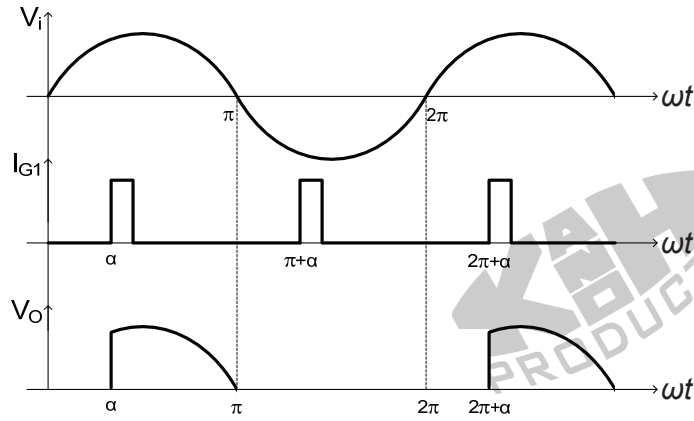
GENEL BİLGİLER

Tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu devresini oluşturmak, tek-fazlı yarım dalga diyot doğrultucununki ile benzerdir. Dc çıkış gerilimin ortalama değerini değiştirmek için, diyot yerine tristör (SCR) kullanılmıştır. Tristörün α ateşleme açısı değiştirilerek, tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun ortalama çıkış gerilimi değiştirilmiş olur.

Şekil 2-3-1, saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun devresini ve dalga şekillerini göstermektedir. Tristör iletim koşullarına göre: (1) V_{AK} ve V_{GK} pozitif olmalıdır, (2) I_A anot akımı, tristörün I_H tutma akımından büyük olmalıdır. Bundan dolayı, V_i 'nin negatif alternansında, tristörün kapı ucuna $\omega t = \pi + \alpha$ anında tetikleme darbesi uygulansa bile, tristör OFF durumundadır. Böylece $V_o = 0V$ 'dur. Tetikleme açısı α 'nın, 0° ile 180° arasında değişmesine karşılık gelen çıkış gerilimi dalga şekli şekil 2-3-1(b)'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2-3-1 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

Tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu, giriş gerilimi V_i 'nin bir tam periyodunda yüke sadece bir çıkış darbesi sağladığı için, bu devre tek-darbe kontrollü doğrultucu olarak da adlandırılır. Bu doğrultucu basit ve ucuz olmakla birlikte, giriş akımına dc bileşen ilave edilmesi pratik açıdan uygun değildir.

Şekil 2-3-1'de gösterildiği gibi, tristör ateşleme açısı α 'nın, 0° ile 180° arasında değiştirilmesiyle dc çıkış geriliminin ortalama değeri değiştirilebilir. $\alpha=0$ iken, bu devre, yarım-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. Örneğin, $\alpha=60^\circ$ için ortalama çıkış gerilimi V_{d60} olur.

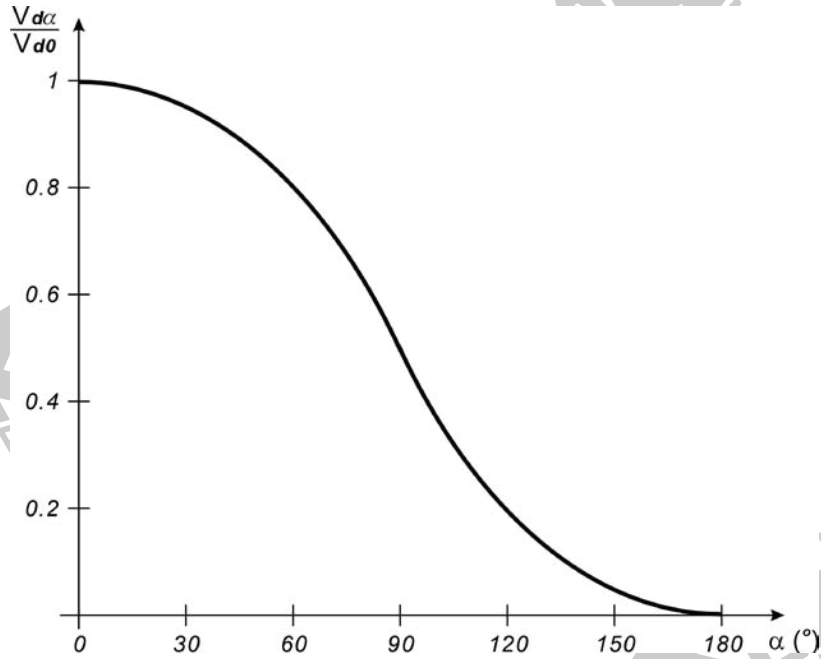
$$V_{d0} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} V_m \quad (2-3-1)$$

$$V_{d\alpha} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} V_m (1 + \cos \alpha) \quad (2-3-2)$$

(2-3-1) denklemi, (2-3-2) de yerine konulursa

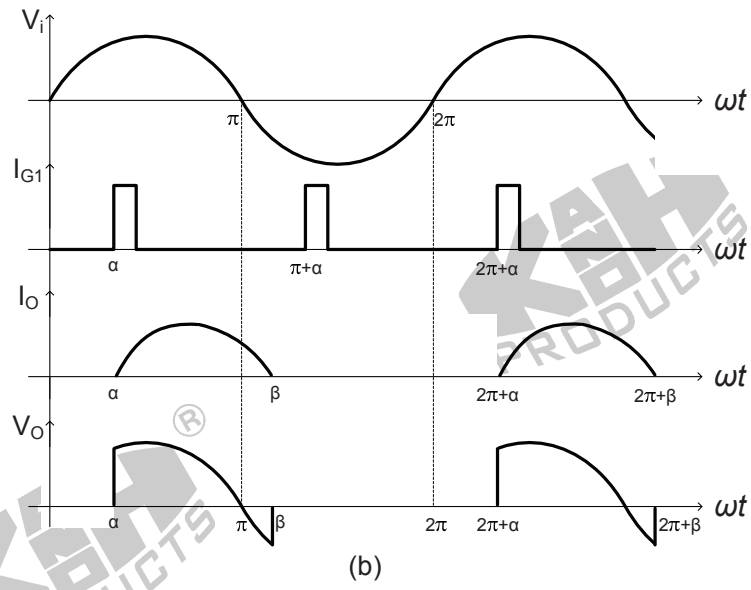
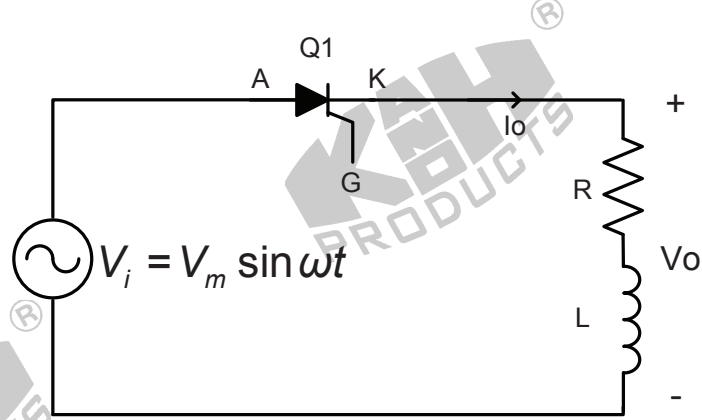
$$V_{d\alpha} = 0.225 V_{i(rms)} (1 + \cos \alpha) = \frac{V_{d0}}{2} (1 + \cos \alpha) \quad (2-3-3)$$

Burada $V_{i(rms)}$, rms giriş gerilimidir. Tetikleme açısı α 'yı, 0° 'den 180° 'e değiştirerek, ortalama çıkış gerilimi $0.45V_{i(rms)}$ 'den 0V değerine kadar değiştirilebilir. Böylece $V_{d\alpha}$ 'nın en büyük değeri $0.45V_{i(rms)}$ olur. Şekil 2-3-2, saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucuda, $V_{d\alpha} / V_{d0}$ 'ın, α tetikleme açısına göre değişimini göstermektedir.



Şekil 2-3-2 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, $V_{d\alpha} / V_{d0} - \alpha$ eğrisi

Şekil 2-3-3, RL yüke sahip tek-fazlı yarım-dalga kontrollü doğrultucunun devre ve dalga şekillerini göstermektedir. L endüktansı, akımdaki değişime karşı koyan bir enerji depolama elemanı olduğu için, akım, saf dirençsel yüke sahip doğrultucuya göre daha yavaş değişir ve $\omega t = \beta$ da sona erer. Bu doğrultucu, daha sürekli bir akım sağlar.



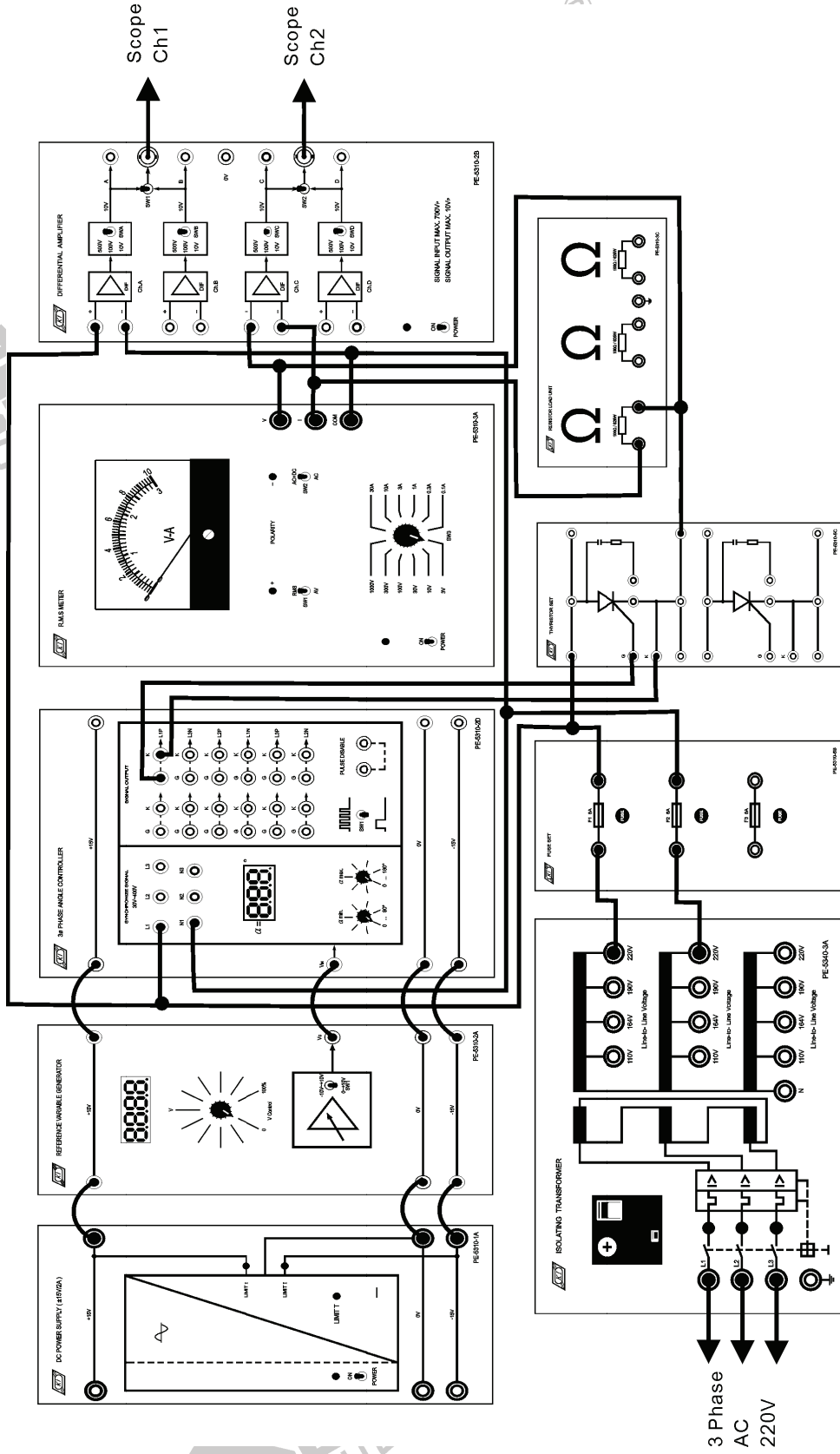
Şekil 2-3-3 RL yükü sahip tek-fazlı yarım-dalgalı kontrollü doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
2. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
3. PE-5310-5C Tristör Seti x1
4. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
5. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
6. PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi x1
7. PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi x1
8. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
9. PE-5310-1A DC Güç Kaynağı
10. PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç modülü
11. PE-5310-2D 3 ϕ Faz Açık Denetleyicisi modülü
12. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
13. Bağlantı Kabloları ve Köprüleme klipsleri

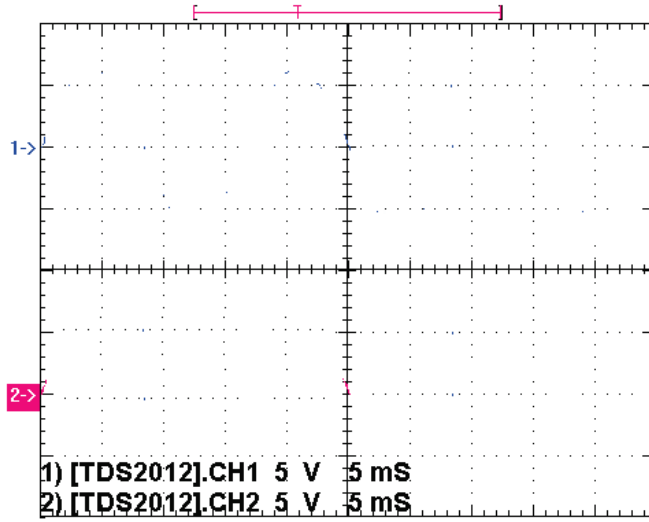
DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-1A, PE-5310-2A, PE-5310-2D ve PE-5310-5C modüllerini Deney Düzenekinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, şekil 2-3-4'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. Bu doğrultucu, tek-fazlı 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 100 Ω 'luk bir dirençtir. Referans Değişken Üreteç modülünde, Vc Aralık seçici anahtarını 0~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini %0 pozisyonuna ayarlayın. 3 ϕ Faz Açık 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.



Şekil 2-3-4 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun bağlantı diyagramı

3. Referans Değişken Üreteç modülünün V kontrol düğmesini, tetikleme açısını $\alpha=90^\circ$ yapmak için ayarlayın (3 ϕ Faz Açısı Denetleyicisi'nin 7-segment displayinden okunabilir). Fark Yükseltecinde Ch.A ve Ch.C için V Aralık seçici anahtarlarını 500 V konumuna getirin. Osiloskobu kullanarak, tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini, şekil 2-3-5'te gösterildiği gibi, gözleyin. Farklı tetikleme açıları için, yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözlemleyin.



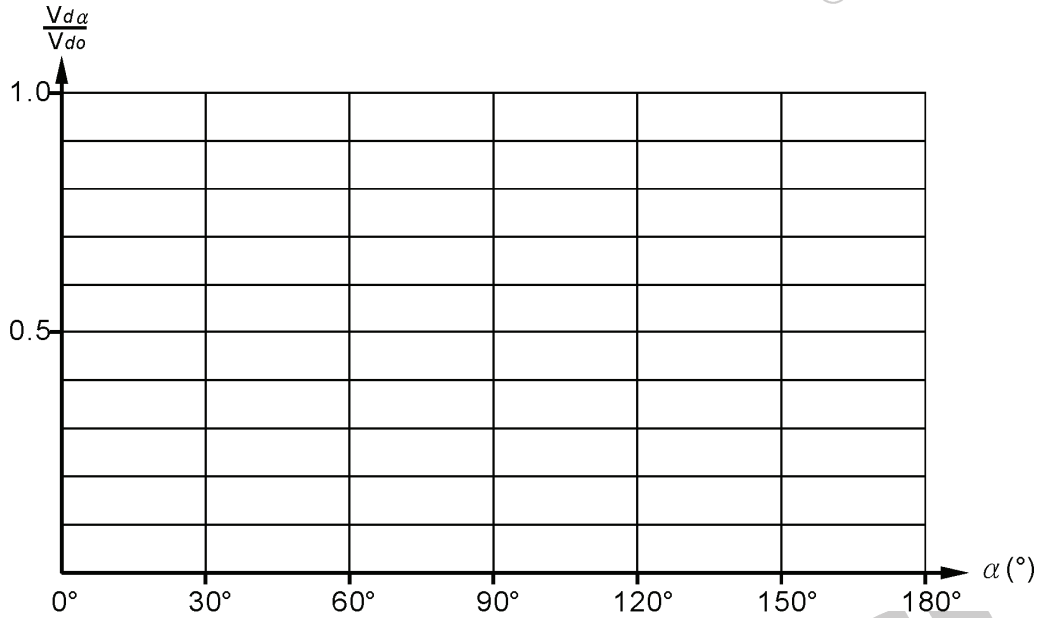
Şekil 2-3-5 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

4. RMS Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve AV konumlarına getirin. Tetikleme açısını, $\alpha=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ ve 180° yaparak ortalama çıkış gerilimi V_{da} 'yı ölçün ve sonuçları Tablo 2-3-1'e kaydedin. V/I Aralık (SW3) seçici anahtarını, ortalama çıkış gerilimi değişimlerini hassas olarak okuyabilmek için uygun konuma ayarlayın.

Tablo 2-3-1 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen $V_{d\alpha}$ değerleri

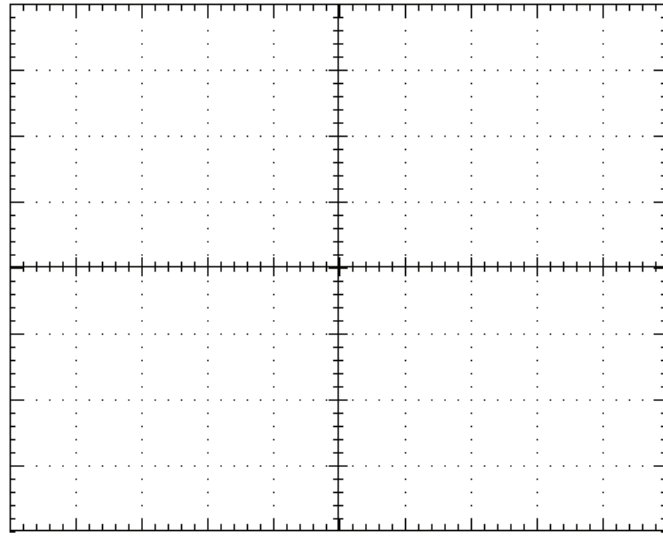
$\alpha[^\circ]$	0	30	60	90	120	150	180
$V_{d\alpha}$							
$\frac{V_{d\alpha}}{V_{d0}}$	1						0

5. Tablo 2-3-1’de kaydedilen $V_{d\alpha}$ değerlerini kullanarak, $V_{d\alpha} / V_{d0}$ oranını hesaplayın. $V_{d\alpha} / V_{d0}$ ’nın α ’ya göre değişimini şekil 2-3-6 ya çizin. Bu eğri, şekil 2-3-2’deki eğri ile benzer midir? _____



Şekil 2-3-6 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, $V_{d\alpha} / V_{d0} - \alpha$ eğrisi

6. Şekil 2-3-’teki yük devresinde, 100Ω ’luk dirence, seri olarak 200mH’lik bir endüktans bağlayın. Böylece saf dirençsel yük, endüktif yüke dönüşmüş olur. Referans Değişken Üreteç modülünün V kontrol düğmesini, tetikleme açısını $\alpha=90^\circ$ yapmak için ayarlayın. Osiloskop kullanarak, doğrultucu giriş gerilimi (CH1) ve 200mH’lik yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve bu dalga şekillerini şekil 2-3-7’ye kaydedin.



CH1:

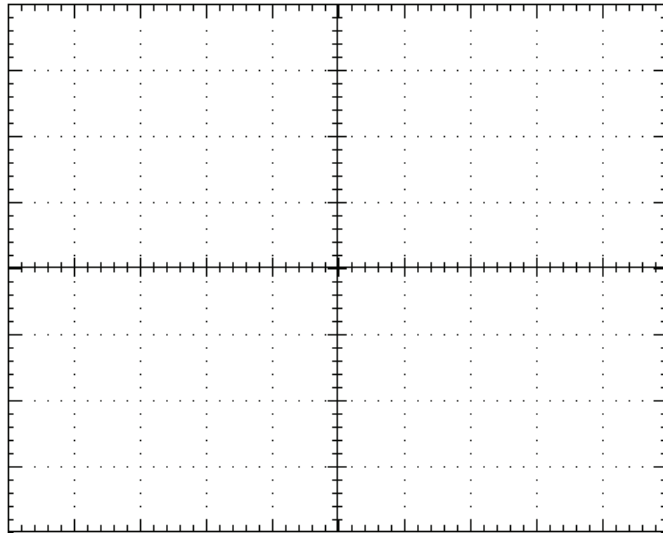
DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

Şekil 2-3-7 Endüktif yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

7. Tetikleme açısı ayarını 6. adımdaki gibi bırakın. Osiloskop kullanarak, doğrultucunun giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekillerini gözleyin ve bu dalga şekillerini şekil 2-3-8'e kaydedin.



CH1:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

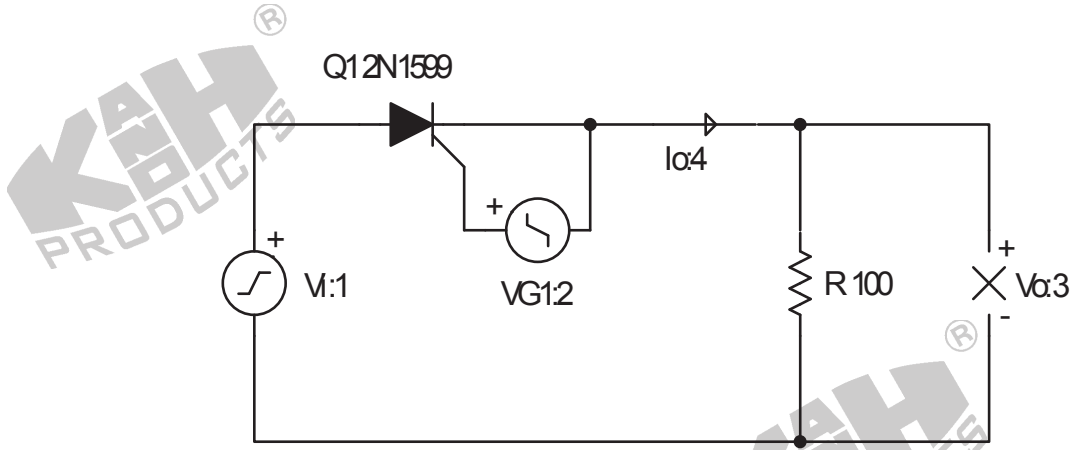
DIF AMP V Range: ____
Current Transducer
I Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

Şekil 2-3-8 Endüktif yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

8. Şekil 2-1-7'de gösterilen bağlantı diyagramı yardımıyla, yük akım dalga şeklini ölçmek için Akım Transduserini kullanın.

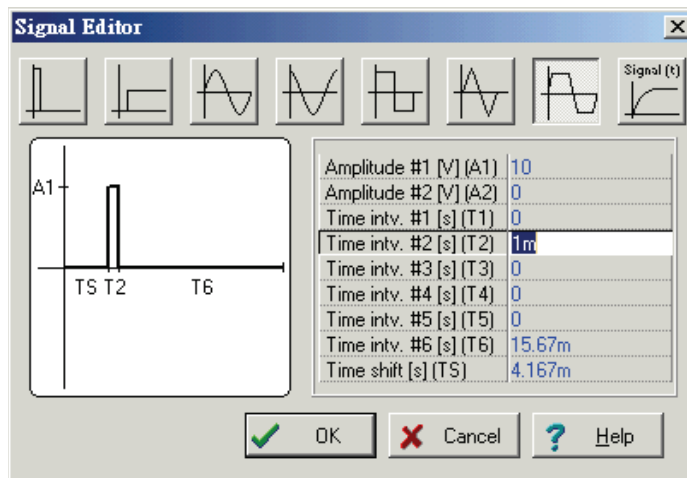
BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

1. TINAPro'yu çalıştırın. Schematic Editör penceresinde, şekil 2-3-9'da gösterilen devreyi oluşturun. V_i için, işaret tipi olarak sinüzoidal seçin ve Genliği (Amplitude) 311V, Frekansı (Frequency) 60 Hz olarak ayarlayın.



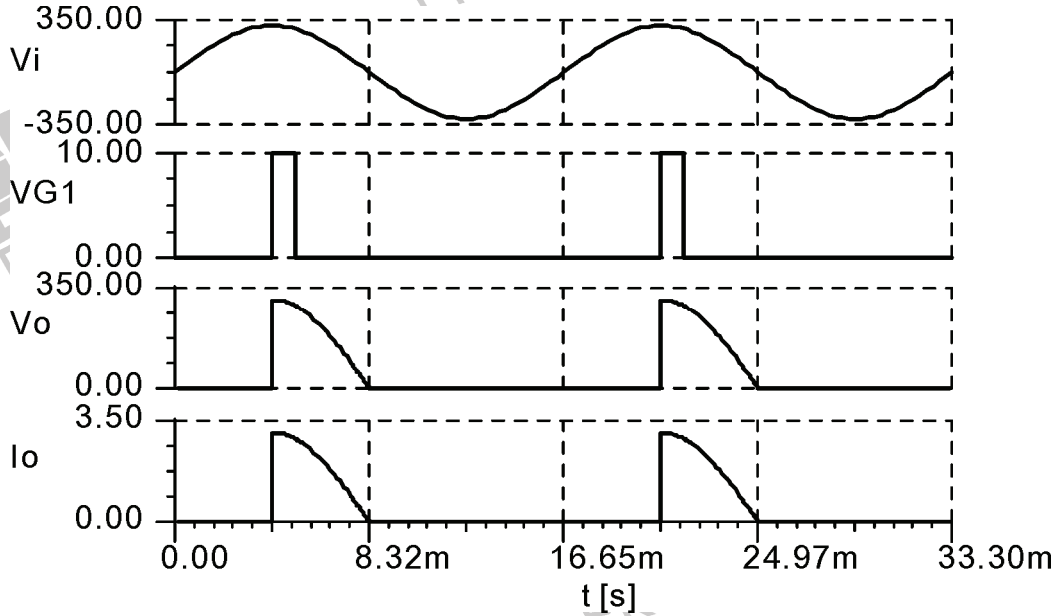
Şekil 2-3-9 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun simülasyon devresi

2. Signal Editor diyalog penceresinde, şekil 2-3-10'da gösterilen V_{G1} tetikleme darbesini üretin. General wave seçin ve SCR'nin tetikleme darbesini oluşturun. Genliği (Amplitude) 10V'a ($A1=10V$, $A2=0V$), Genişliği (Width) 1ms'ye ($T2=1ms$), Periyodu 16.67 ms'ye ($T2=1msn$, $T6=15.67ms$) ve tetikleme açısını 90° 'ye ($TS=16.67ms \times 90 / 360=4.167 ms$) ayarlayın, OK butonuna basın.



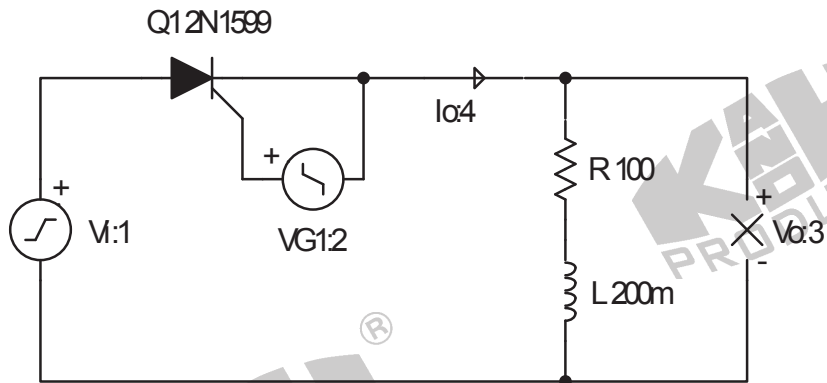
Şekil 2-3-10 SCR tetikleme darbesi üretimi

3. *Analysis/Transient* komutunu çalıştırın. Transient Analysis diyalog penceresinde, Start display değerini 33.3 ms olarak ayarlayın, Draw excitation kutusunu işaretleyin ve OK butonuna basın. TR sonucu şekil 2-3-11'de gösterilmiştir. TR sonucu, Şekil 2-3-5'teki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____.



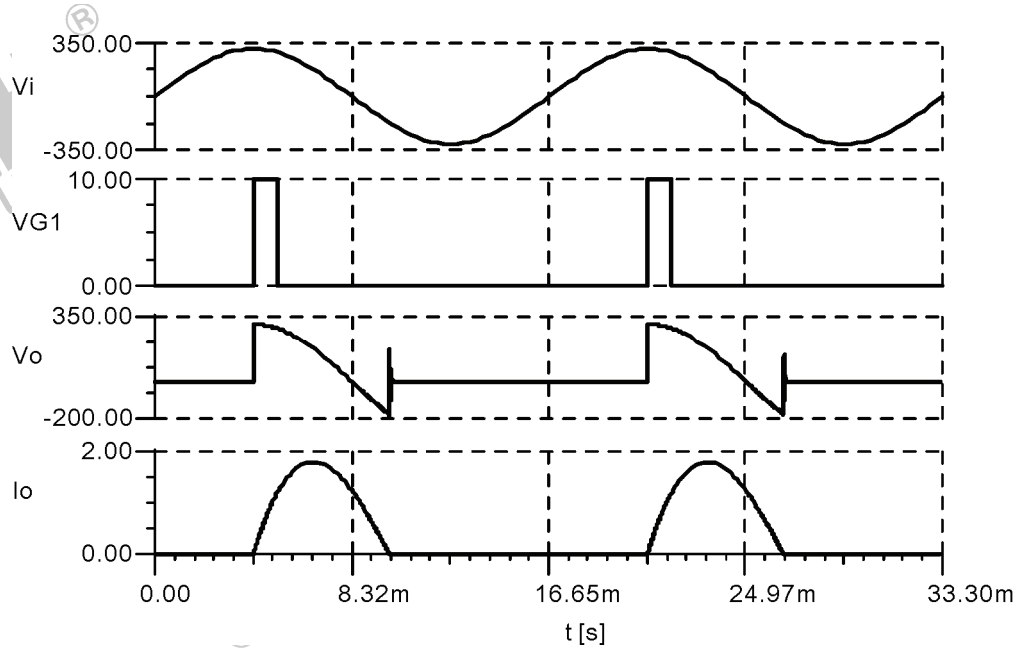
Şekil 2-3-11 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun TR simülasyon sonucu

4. Yük devresini, şekil 2-3-12'de gösterildiği gibi, 100 Ω 'luk dirence seri olarak 200mH'lik endüktans bağlayarak değiştirin.



Şekil 2-3-12 Endüktif yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun simülasyon devresi

5. 3. adımı tekrarlayın. Analysis/Transient komutunu çalıştırın ve şekil 2-3-13'te gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, Şekil 2-3-7 ve 2-3-8'deki ölçme sonuçlarıyla uyumlu mudur? _____. TR sonuç penceresinde, a ve b imleçlerini kullanarak, sönüm açısını $\beta = \text{_____}^\circ$ ve iletim açısını $\theta = \text{_____}^\circ$ ($\theta = \beta - \alpha$) ölçün.



Şekil 2-3-13 Endüktif yüke sahip tek-fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun TR simülasyon sonucu

6. Farklı SCR tetikleme açıları (30° , 60° , 120°) ve RL yük devreleri (100Ω -50mH, 200Ω -50mH, 200Ω -200mH) ile ortaya çıkan sonuçları inceleyin.

DENEY 2-4[®]

Tek-Fazlı Tam Dalga Kontrollü Doğrultucu

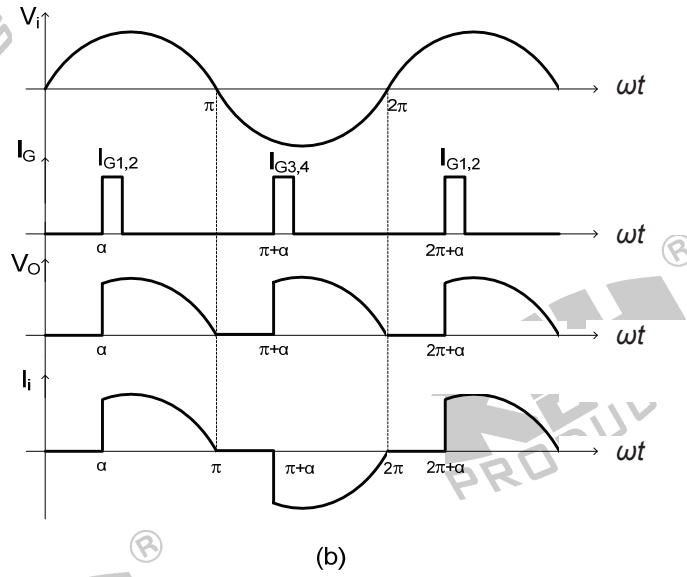
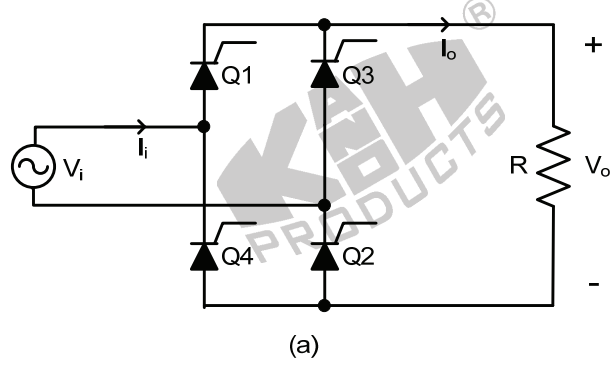
DENEYİN AMACI

1. Tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun karakteristiklerini anlamak.
2. Tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun, gerilim ve akım değerlerini ölçmek.
3. Tristör ateşleme açısının, tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun çıkış gerilimine etkisini incelemek.
4. Tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun karakteristiklerini doğrulamak.

GENEL BİLGİLER

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 α ateşleme açısı değiştirilerek, tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun ortalama çıkış gerilimi değiştirilebilir.

Şekil 2-4-1, saf dirençsel 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 ilettime 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 ilettime 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 2-4-1(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 2-4-1 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

Tek-fazlı tam-dalga kontrollü doğrultucu, giriş gerilimi V_i 'nin bir tam periyodunda yüke iki çıkış darbesi sağladığı için, bu devre iki-darbeli kontrollü doğrultucu olarak da adlandırılır. Bu doğrultucu, giriş akımı dc bileşen içeren yarım dalga kontrollü doğrultucunun bu dezavantajını ortadan kaldırır. Şekil 2-4-1(b)'de görüldüğü gibi, giriş akımı I_i , simetrik dalga şekline sahiptir ve dc bileşen içermez.

Şekil 2-4-1(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. Örneğin, $\alpha=90^\circ$ için ortalama çıkış gerilimi V_{d90} olur.

$$V_{d0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} V_m \quad (2-4-1)$$

$$V_{d\alpha} = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} V_m (1 + \cos \alpha) \quad (2-4-2)$$

(2-4-1) denklemi, (2-4-2) de yerine konulursa

$$V_{d\alpha} = 0.45 V_{i(rms)} (1 + \cos \alpha) = \frac{V_{d0}}{2} (1 + \cos \alpha) \quad (2-4-3)$$

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

Şekil 2-4-2, RL yüke sahip tek-faz tam dalga kontrollü doğrultucunun devre 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. Bu sırada L endüktansı, manyetik alan formunda enerji depolar. V_i 'nin negatif alternansında, $\pi \leq \omega t \leq \pi + \alpha$ aralığında, Q1 ve Q2 iletmeye devam eder ve bu aralıkta L endüktansı depoladığı enerjiyi boşaltır. $\omega t = \pi + \alpha$ anında, Q1 ve Q2 kapalı, Q3 ve Q4 açık durumda olur.

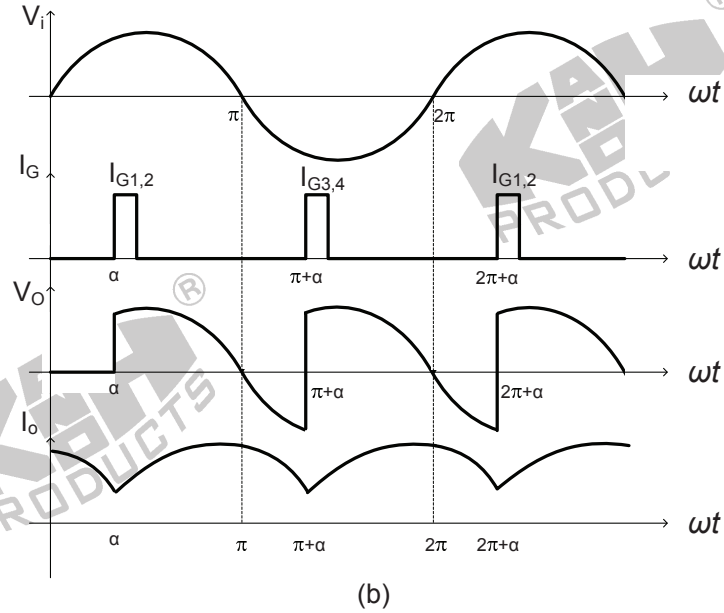
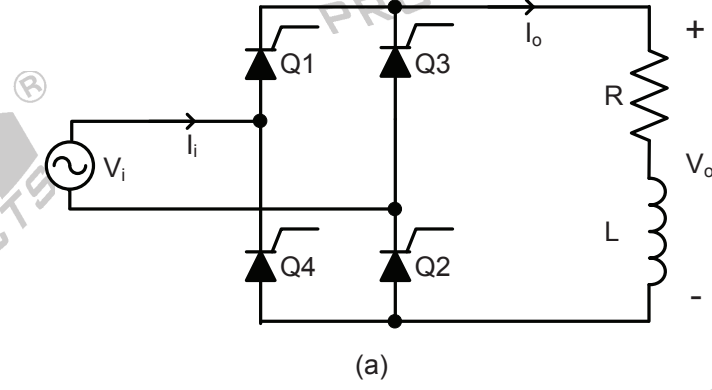
Şekil 2-4-2(b)'den, tetikleme açısı α değiştirilerek tek-faz tam dalga kontrollü doğrultucunun ortalama çıkış gerilimi pozitif yada negatif yapılabilir. Saf endüktif yük durumunda, yük akımı sürekli olarak değiştirilebilir ve çıkış gerilimi şu şekilde ifade edilebilir.

$$V_{d\alpha} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi + \alpha} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} V_m \cos \alpha \quad (2-4-4)$$

(2-4-1) denklemi, (2-4-4) de yerine konulursa

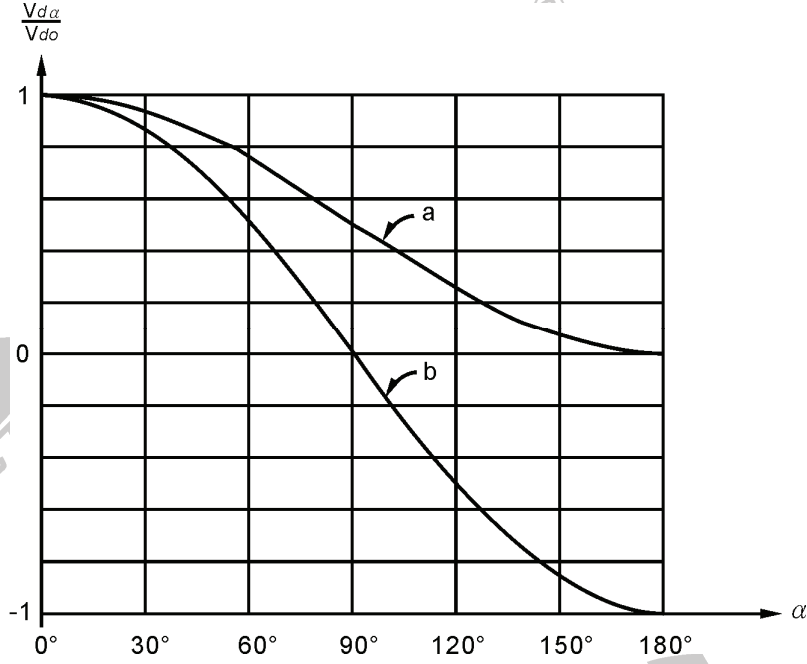
$$V_{d\alpha} = 0.9 V_{i(rms)} \cos \alpha = V_{d0} \cos \alpha \quad (2-4-5)$$

Tetikleme açısı α 'nın, 0° 'den 180° 'e değiştirilmesiyle, ortalama çıkış gerilimi $V_{d\alpha}$, $-0.9V_{i(rms)}$ 'den $0.9V_{i(rms)}$ değerine kadar değiştirilebilir ve en büyük $V_{d\alpha}$ değeri $0.9V_{i(rms)}$ olur.



Şekil 2-4-2 RL yükü sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

(2-4-3) ve (2-4-5) denklemlerine göre, tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucuda, $V_{d\alpha} / V_{d0}$ 'ın, α tetikleme açısına göre değişimi Şekil 2-4-3'te gösterilmiştir. a eğrisi, saf dirençsel yükü sahip doğrultucunun karakteristik eğrisini, b eğrisi ise saf endüktif yükü sahip doğrultucunun karakteristik eğrisini göstermektedir. Endüktif yükü sahip doğrultucunun karakteristik eğrisi, a ve b eğrileri arasında yer almalıdır.



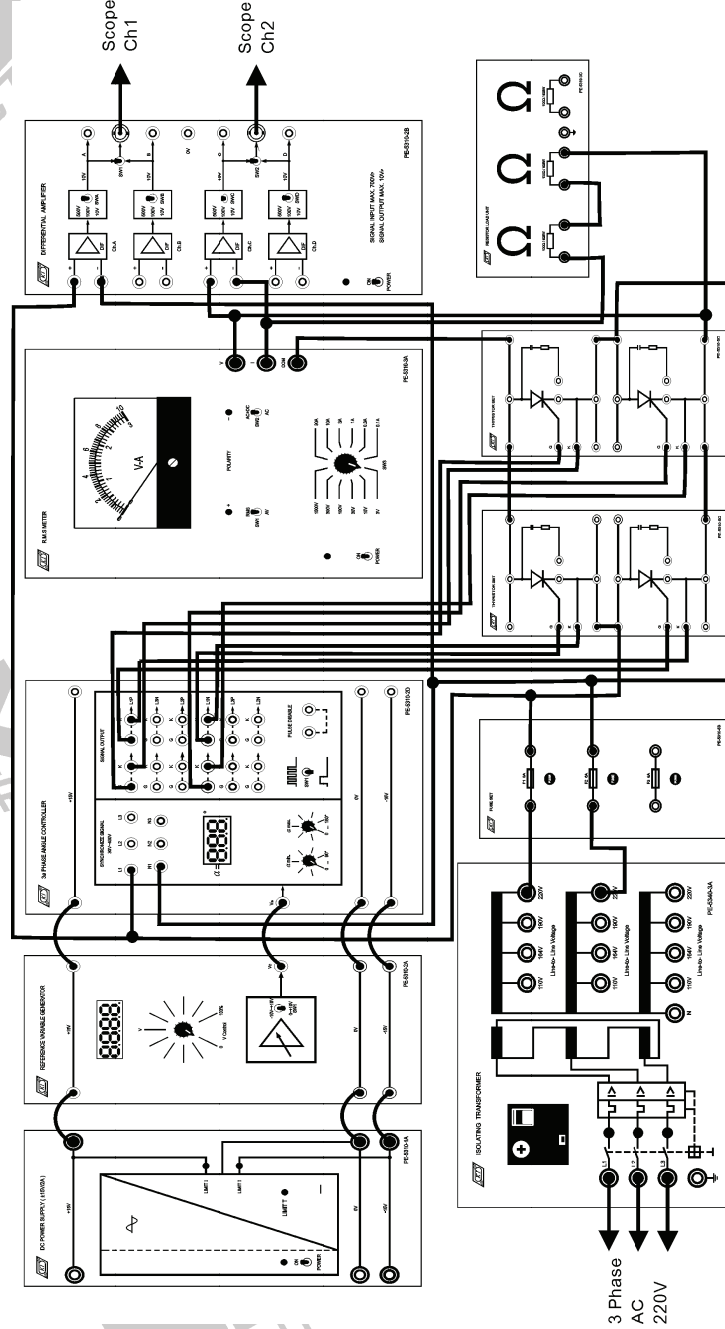
Şekil 2-4-3 Tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun $V_{d\alpha} / V_{d0} - \alpha$ eğrisi

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
2. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
3. PE-5310-5C Tristör Seti x2
4. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
5. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
6. PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi x1
7. PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi x1
8. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
9. PE-5310-1A DC Güç Kaynağı
10. PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç modülü
11. PE-5310-2D 3 ϕ Faz Açısı Denetleyicisi modülü
12. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
13. Bağlantı Kabloları ve Köprüleme klipsleri

DENEYİN YAPILIŞI

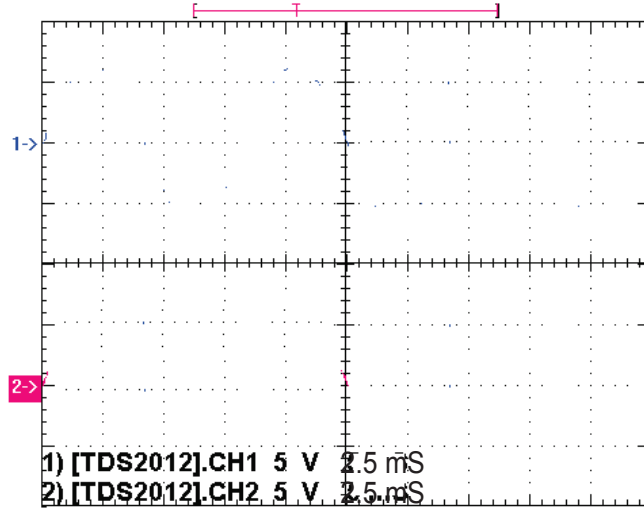
1. PE-5310-1A, PE-5310-2A, PE-5310-2D ve PE-5310-5C modüllerini Deney Düzenekinin üzerine koyun. PE-5310-3C ve PE-5340-3A modülleri ile osiloskobu deney masasına yerleştirin. Bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak (eğik çizgiler), şekil 2-4-4'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.



Şekil 2-4-4 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun bağlantı diyagramı

2. Bu doğrultucu, tek-faz 220 V'luk gerilimle çalışır ve yük devresi 200Ω 'luk bir dirençtir. Referans Değişken Üreteç modülünde, Vc Aralık seçici anahtarını $0\sim+10V$ konumuna getirin ve V kontrol düğmesini %0 konumuna ayarlayın. 3 ϕ Faz Açık 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, 3 ϕ Faz Açık 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, şekil 2-4-5'te gösterildiği gibi, gözleyin. Farklı tetikleme açıları için, yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözlemleyin. Tristörün iletim açısı $\theta=\beta-\alpha=120^\circ$ midir?_____. Farklı tetikleme açıları için, yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözleyin.

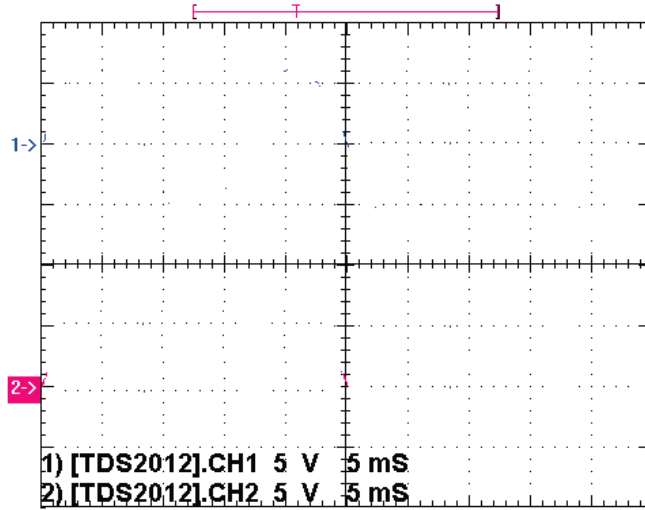


Şekil 2-4-5 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

4. RMS. Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve AV konumlarına getirin. $\alpha=0^\circ$ ve 60° için, ortalama çıkış gerilimi V_{da} 'yı ölçün ve kaydedin. Daha sonra, V_{d60}/V_{d0} oranını hesaplayın ve (2-4-3) denklemini doğrulayın.

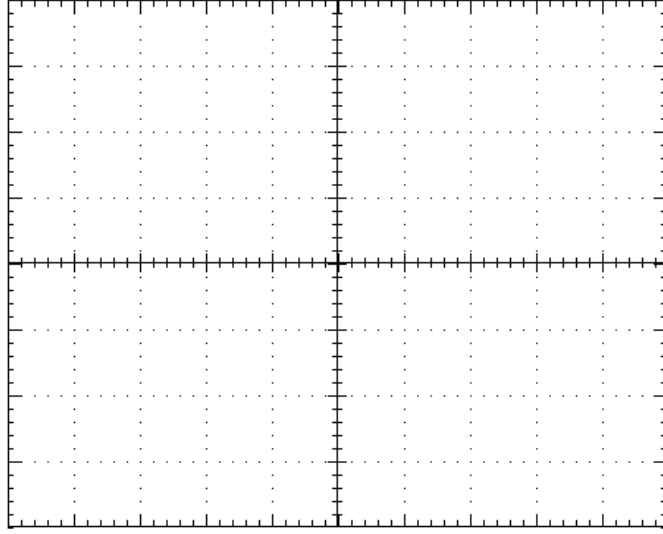
- (1) RMS. Ölçer kullanarak, $V_{d0} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ve $V_{d60} = \underline{\hspace{2cm}}$ V değerlerini ölçün.
- (2) $V_{d60} / V_{d0} = \underline{\hspace{2cm}}$ oranını hesaplayın.
- (3) (2-4-3) denklemini kullanarak, $V_{d60} = V_{d0}(1 + \cos 60^\circ)/2 = \underline{\hspace{2cm}}$ V değerini hesaplayın. Bu değer, ölçülen değere yakın mıdır? $\underline{\hspace{2cm}}$

5. Yük devresinde, 200 Ω 'luk dirence, seri olarak 200mH'lik bir endüktans 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, şekil 2-4-6'da gösterildiği gibi gözleyin. Tristör iletim açısını hesaplayın $\theta = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$. İletim açısı, 3. adımdaki saf dirençsel yük durumuna göre daha büyük müdür? $\underline{\hspace{2cm}}$. Bu durumu açıklayın. Farklı tetikleme açıları ve R,L değerleri için yük gerilimi dalga şeklindeki değişimleri gözleyin.



Şekil 2-4-6 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

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 gözleyin ve bu dalga şekillerini şekil 2-4-7'ye kaydedin.



CH1:

DIF AMP V Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

CH2:

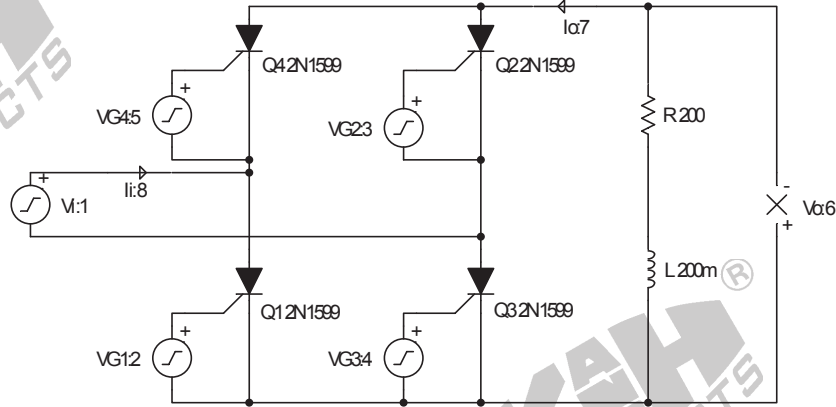
DIF AMP V Range: _____
Current Transducer
I Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

Şekil 2-4-7 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun, ölçülen giriş gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

7. Şekil 2-1-7’de gösterilen bağlantı diyagramı yardımıyla, doğrultucunun yük akım dalga şeklini ölçmek için Akım Transduserini kullanın. Farklı tetikleme açıları ve R,L değerleri için yük akımı dalga şeklindeki değişimleri gözleyin.
8. Yukarıdaki sonuçlara göre, daha sürekli yada daha küçük dalgalanmaya sahip yük akımı elde etmek için, R direnci _____ (azaltılmalıdır/arttırılmalıdır) ve L endüktansı _____ (azaltılmalıdır/arttırılmalıdır).

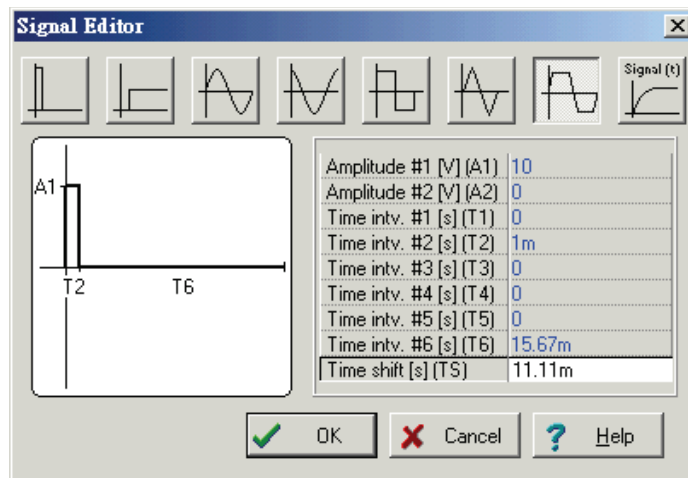
BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

1. TINAPro'yu çalıştırın. Schematic Editör penceresinde, şekil 2-4-8'de gösterilen devreyi oluşturun. Signal Editör diyalog penceresinde V_i için, işaret tipi olarak sinüzoidal seçin ve Genliği (Amplitude) 311V, Frekansı (Frequency) 60 Hz olarak ayarlayın.



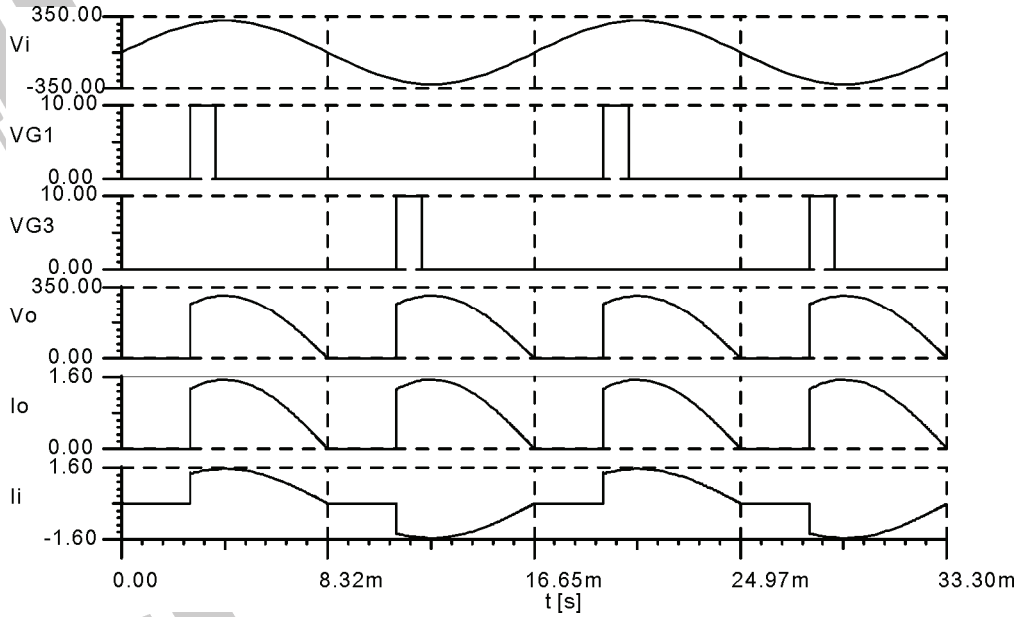
Şekil 2-4-8 Tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun simülasyon devresi

2. Signal Editor diyalog penceresinde, General wave seçin ve şekil 2-4-9'da gösterilen V_G tristör tetikleme darbesini üretin. Genliği (Amplitude) 10V'a ($A1=10V$, $A2=0V$), Genişliği (Width) 1ms'ye ($T2 = 1ms$), Periyodu 16.67 ms'ye ($T2=1msn$, $T6=15.67ms$), Q1 ve Q2 tristörlerinin tetikleme açısını 60° 'ye ($TS=16.67ms \times 60 / 360=2.78 ms$), Q3 ve Q4 tristörlerinin tetikleme açısını $180^\circ + 60^\circ$ 'ye ($TS=16.67ms \times 240/360=11.11 ms$) ayarlayın ve OK butonuna basın.



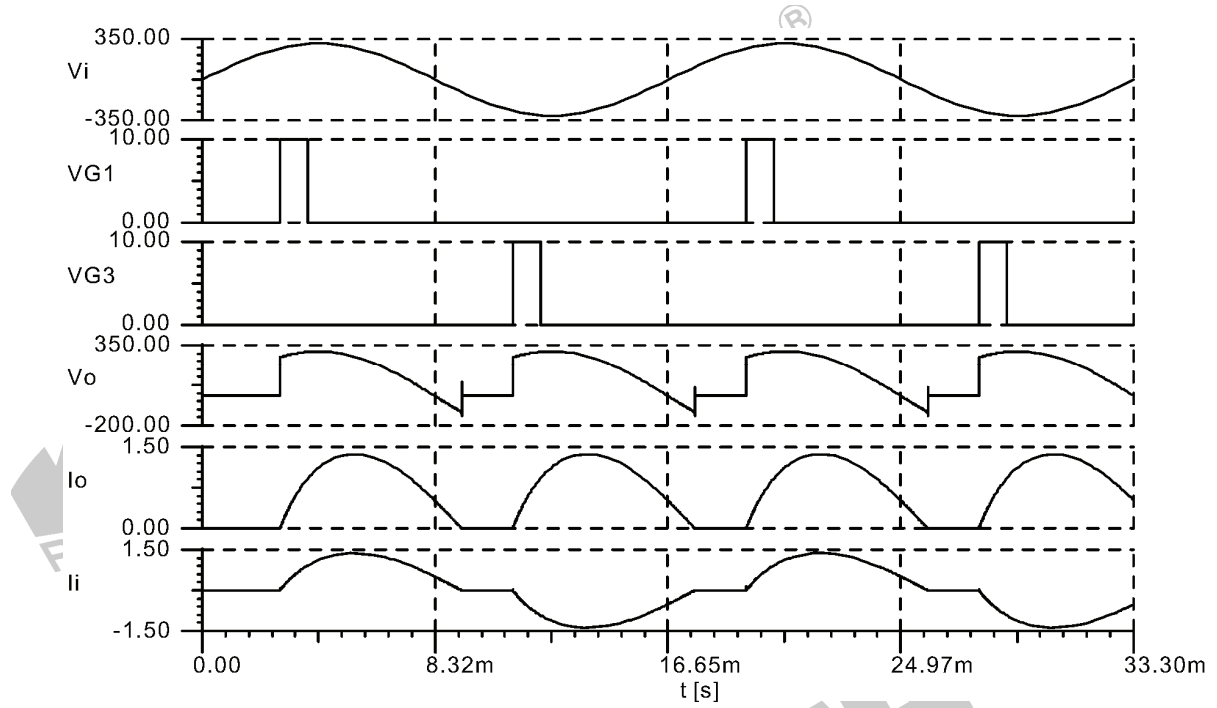
Şekil 2-4-9 SCR tetikleme darbesi üretimi

3. Endüktans değerini $L=0$ yapın. Böylece saf dirençsel bir yük devresi oluşur. *Analysis/Transient* komutunu çalıştırın. Transient Analysis diyalog penceresinde, Start display değerini 0 ms, End display değerini 33.3 ms olarak ayarlayın, Draw excitation kutusunu işaretleyin ve OK butonuna basın. TR sonucu şekil 2-4-10'da gösterilmiştir. TR sonucu, Şekil 2-4-5'teki ölçme sonucuyla uyumlu mudur? _____. Giriş akımı I_i dc bileşen içeriyor mu? _____.



Şekil 2-4-10 Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun TR simülasyon sonucu

4. Endüktif yük oluşturmak için endüktans değerini $L=200\text{mH}$ yapın. 3. adımdaki işlemleri tekrarlayın ve şekil 2-4-11'de gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, şekil 2-4-6 ve 2-4-7'deki sonuçlarla aynı mıdır? _____.



Şekil 2-4-11 Endüktif yüke sahip tek-fazlı tam dalga kontrollü doğrultucunun TR simülasyon sonucu

5. Farklı SCR tetikleme açıları (30° , 60° , 120°) ve RL yük devreleri ($R=200\Omega$, $L=50\text{mH}$ ve $R=200\Omega$, $L=200\text{mH}$) ile ortaya çıkan sonuçları inceleyin.

Bölüm 3 ÜÇ-Fazlı Doğrultucular ve AC Gerilim Denetleyiciler

Deney 3-1

ÜÇ-Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu

DENEYİN AMACI

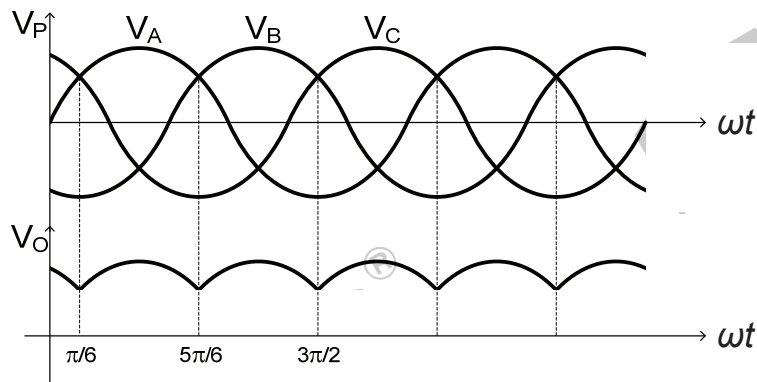
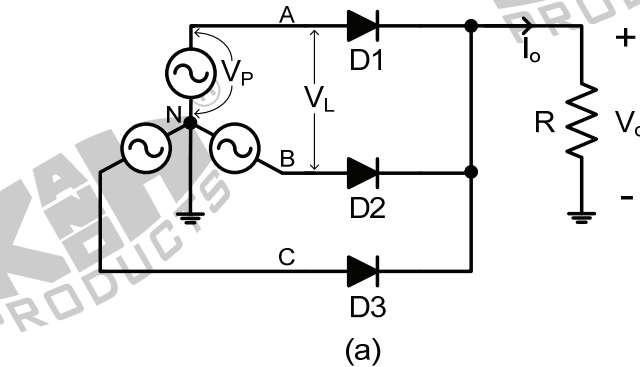
1. Üç-fazlı yarım-dalga kontrolsüz doğrultucunun çalışma prensibini ve karakteristiklerini anlamak.
2. Tek-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu ile üç-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun avantaj ve dezavantajları karşılaştırmak.
3. Üç-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun akım ve gerilim değerlerini ölçmek.
4. Üç-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun karakteristiklerini doğrulamak.

GENEL BİLGİLER

Üç-fazlı ac güç kaynağı, endüstriyel güç kaynaklarında yaygın olarak kullanılır. Tek-fazlı doğrultucular ile karşılaştırıldığında, üç-fazlı doğrultucular, düşük dalgalanma gerilimi, yüksek performanslı güç şartlandırma, yüke daha yüksek güç ve düzgün dc gerilim sağlama gibi avantajlara sahiptir. Tek-fazlı doğrultuculara benzer şekilde, üç fazlı doğrultucular da, kaynak geriliminin bir periyodu boyunca yük akımının darbe sayısına göre, yarım dalga doğrultucular ve tam dalga doğrultucular olarak sınıflandırılabilir. Çıkış geriliminin denetlenebilirliğine göre de, üç-fazlı doğrultucular, kontrollü ve kontrolsüz doğrultucular olarak sınıflandırılır. Üç-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun (yada sadece üç-fazlı yarım dalga doğrultucu) devre yapısı, üç-fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucuya göre daha basittir, fakat çıkış gerilimindeki dalgalanma bileşeni daha yüksektir ve her bir fazın (güç transformatörünün sekonderi) giriş akımında dc bileşen içerilir. Pratik güç elektroniği uygulamalarında, güç transformatörünün primeri, giriş akımındaki dc bileşeni ortadan kaldırmak ve transformatör çekirdeğini doyumdan korumak için Δ -bağlantılı olmalıdır.

Şekil 3-1-1, saf dirençsel yüke sahip üç-fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun devre ve dalga şekillerini göstermektedir. Bu devre, üç adet diyot kullanarak oluşturulmuştur, o yüzden üç-fazlı tam dalga diyot doğrultucu olarak isimlendirilir. Bu şekil, üç-fazlı ac kaynak gerilimlerini, pozitif faz sırasında göstermektedir; yani, V_B , V_A 'nın 120° gerisindedir, V_C , V_A 'nın 120° ilerisindedir. $\pi/6 \leq \omega t \leq 5\pi/6$ aralığında, V_A faz gerilimi, diğer faz gerilimlerinden daha büyüktür, D1 güç diyodu iletimdedir ve doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_O = V_A$ 'dır. $5\pi/6 \leq \omega t \leq 3\pi/2$ aralığında, V_B faz gerilimi, diğer faz gerilimlerinden daha büyüktür, D2 güç diyodu iletimde D1 tıkamadadır ve doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_O = V_B$ 'dir. $3\pi/2 \leq \omega t \leq 13\pi/6$ aralığında, V_C faz gerilimi maksimumdur, bu yüzden D3 güç diyodu iletimde ve D2 tıkamadadır, doğrultulmuş çıkış gerilimi $V_O = V_C$ 'dir.

Şekil 3-1-1(b)'deki V_O dalga şeklinden görüldüğü gibi, üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun çıkış dalgalanma frekansı, giriş (kaynak) frekansının 3 katıdır, bundan dolayı bu doğrultucu, üç-darbeleri doğrultucu devre olarak da isimlendirilmektedir.



Şekil 3-1-1 Saf dirençsel yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun devre ve dalga şekilleri

Üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun karakteristiklerini tanımlamak için gerekli semboller ve kısaltmalar aşağıda tanımlanmıştır:

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

Saf dirençsel yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun karakteristikleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V_{L(rms)} = \sqrt{3}V_{P(rms)} \quad (3-1-1)$$

$$V_{P(max)} = \sqrt{2}V_{P(rms)} \quad (3-1-2)$$

$$V_{O(av)} = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} V_{P(max)} \sin \omega t d(\omega t) = 0.827V_{P(max)} \quad (3-1-3)$$

$$V_{O(av)} = 1.17V_{P(rms)} = 0.68V_{L(rms)} \quad (3-1-4)$$

$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} (V_{P(max)} \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = 0.84V_{P(max)} \quad (3-1-5)$$

$$I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R} \quad (3-1-6)$$

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} \quad (3-1-7)$$

$$I_{d(av)} = \frac{1}{3} I_{o(av)} \quad (3-1-8)$$

$$I_{d(rms)} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{o(av)} = 0.58 I_{o(av)} \quad (3-1-9)$$

$$P_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}^2}{R} = V_{o(av)} I_{o(av)} \quad (3-1-10)$$

$$P_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}^2}{R} = V_{o(rms)} I_{o(rms)} \quad (3-1-11)$$

$$\eta_r = \frac{P_{o(av)}}{P_{o(rms)}} = \frac{0.827^2}{0.84^2} = 0.9677 = 96.77\% \quad (3-1-12)$$

$$\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} = \frac{\sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(av)}^2}}{V_{o(av)}} = \frac{\sqrt{0.84^2 - 0.827^2}}{0.827} = 18.24\% \quad (3-1-13)$$

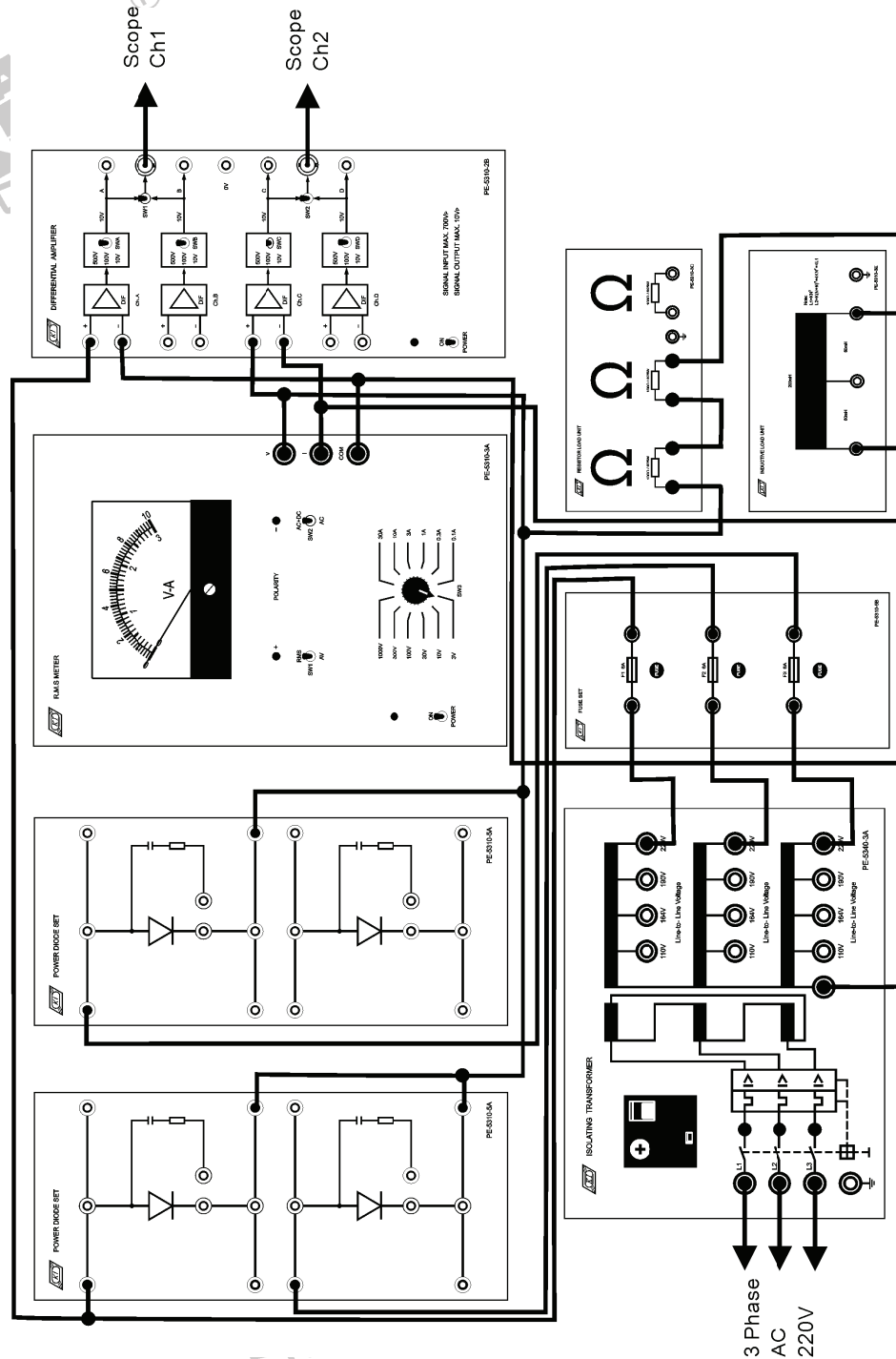
$$PIV \geq \sqrt{3} V_{P(max)} = V_{L(max)} = \sqrt{6} V_{P(rms)} = \sqrt{2} V_{L(rms)} \quad (3-1-14)$$

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
2. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
3. PE-5310-5A Güç Diyodu Seti x2
4. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
5. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
6. PE-5310-3C Dirençsel Yük Ünitesi x1
7. PE-5310-3E Endüktif Yük Ünitesi x1
8. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
9. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
10. Bağlantı Kabloları ve Köprüleme klipsleri

310-3A ve PE-531
10-3C ve PE-5340-3

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 3-1-2'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.



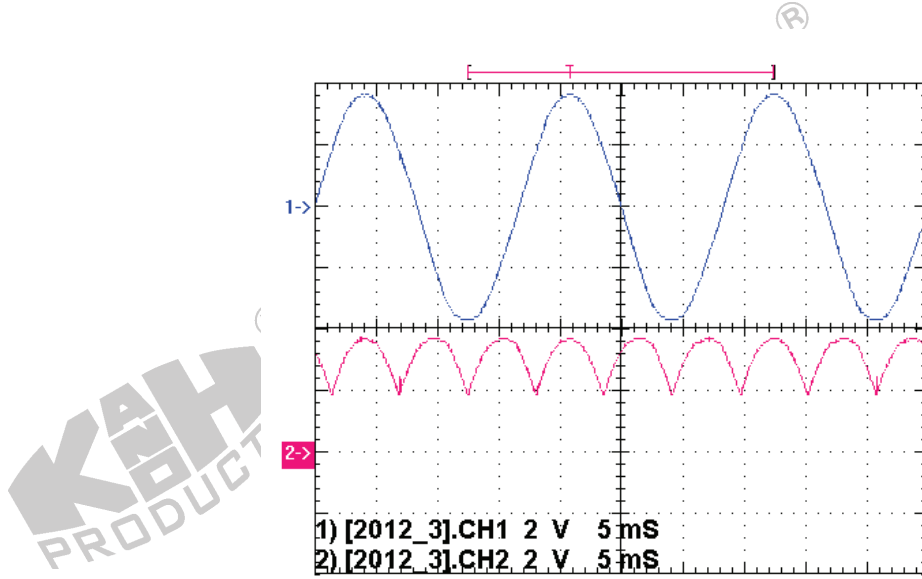
Şekil 3-1-2 Üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun bağlantı diyagramı

2. Bu doğrultucu, üç-fazlı dört-telli 220 V'luk gerilimle (faz gerilimi=127V) çalışır ve seri bağlı 200Ω'luk bir direnç ve 200mH'lık bir endüktanstan oluşan yük devresine sahiptir. Osiloskobun CH1'i, Fark Yükselteci'ndeki Ch.A üzerinden, V_A faz gerilimini ölçmek için kullanılırken, CH2, Fark Yükselteci'ndeki Ch.C üzerinden yük gerilimini ölçmek için kullanılır.

3. Endüktans uçlarına köprüleme klipsi bağlayarak endüktans yükünü kısa devre edin. Böylece saf dirençsel bir yük devresi oluşmuş olur. Fark Yükselteci'nde Ch.A ve Ch.C için, V Aralık seçici anahtarlarını (SWA,SWC) 500V konumuna ayarlayın. Osiloskobu kullanarak, üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun giriş faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini, şekil 3-1-3'te gösterildiği gibi gözleyin. Maksimum giriş faz gerilimi $V_{P(max)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V.

4. RMS. Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve AV konumlarına getirin. Ortalama çıkış gerilimini $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ve ortalama çıkış akımını $I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ A ölçün. RMS. Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC+DC ve RMS konumlarına getirin. rms çıkış gerilimini $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ve rms çıkış akımını $I_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ A ölçün.

5. 3. adımda ölçülen $V_{P(max)}$ değerini, denklem (3-1-3)'te yerine koyarak, ortalama çıkış gerilimini hesaplayın $V_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V. Hesaplanan değer, 4.adımda ölçülen $V_{o(av)}$ ile uyumlu mudur? . 3. adımda ölçülen $V_{P(max)}$ değerini, denklem (3-1-5)'te yerine koyarak, rms çıkış gerilimini hesaplayın $V_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V. Hesaplanan değer, 4.adımda ölçülen $V_{o(rms)}$ ile uyumlu mudur? .



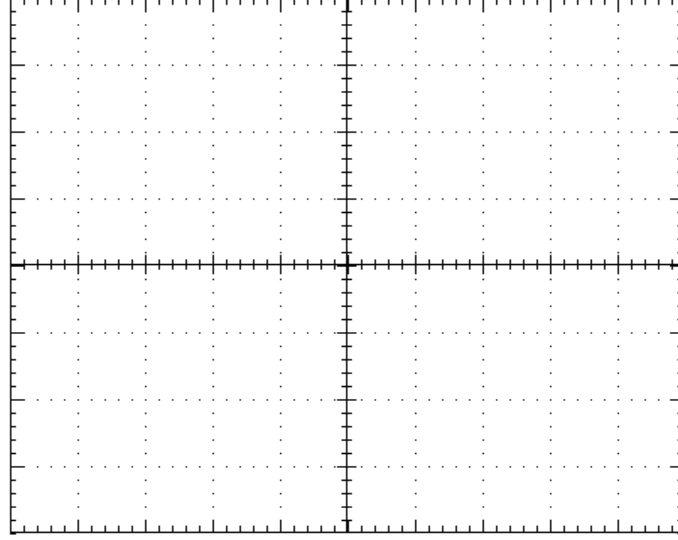
Şekil 3-1-3 Saf dirençsel yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun ölçülen V_A faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

6. 4.adımda ölçülen değerleri, denklem (3-1-10) ve (3-1-11)'de yerine koyarak, $P_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ W ve $P_{o(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ W değerlerini hesaplayın. Hesaplanan sonuçları, denklem (3-1-12)'de yerine koyarak, $\eta_r = \underline{\hspace{2cm}}\%$ değerini hesaplayın. Hesaplanan değer, %96.77'ye yakın mıdır? .

7. RMS. Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını sırasıyla, AC ve RMS konumlarına getirin. rms dalgalanma gerilimini ölçün $V_{r(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ V. 4. ve 7.adımlarda ölçülen sonuçları, denklem (3-1-13)'te yerine koyarak, λ değerini hesaplayın $\lambda = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(av)}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}\%$. Hesaplanan değer, %18.24'e yakın mıdır? .

8. RMS. Ölçerin AC+DC/AC(SW2) ve RMS/AV(SW1) seçici anahtarlarını uygun konumlarına getirin. Ortalama diyot akımı $I_{d(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ A ve rms diyot akımını $I_{d(rms)} = \underline{\hspace{2cm}}$ A ölçün. 4. ve 8. adımda ölçülen değerleri, denklem (3-1-8)'de yerine koyarak, $I_{d(av)} / I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ oranını hesaplayın. Oran, 0.333'müdür? . Denklem (3-1-9)'u kullanarak $I_{d(rms)} / I_{o(av)} = \underline{\hspace{2cm}}$ oranını hesaplayın. Oran 0.58'midir? .

9. Endüktans uçlarındaki köprüleme klipsini kaldırarak endüktansı yeniden devreye alın. Böylece saf dirençsel yük devresi, endüktif yüke dönüşmüş olur. 3. adımdaki işlemleri tekrarlayın ve üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun V_A faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekillerini, şekil 3-1-4'te gösterildiği gibi ölçün.



CH1:

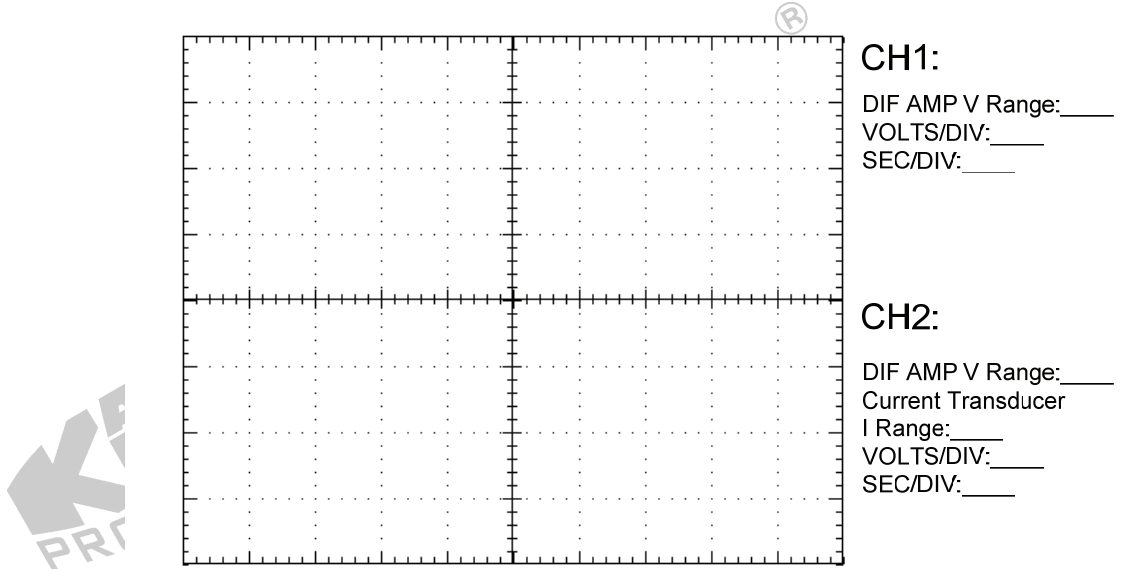
DIF AMP V Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

CH2:

DIF AMP V Range: _____
VOLTS/DIV: _____
SEC/DIV: _____

Şekil 3-1-4 Endüktif yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun ölçülen V_A faz gerilimi (CH1) ve yük gerilimi (CH2) dalga şekilleri

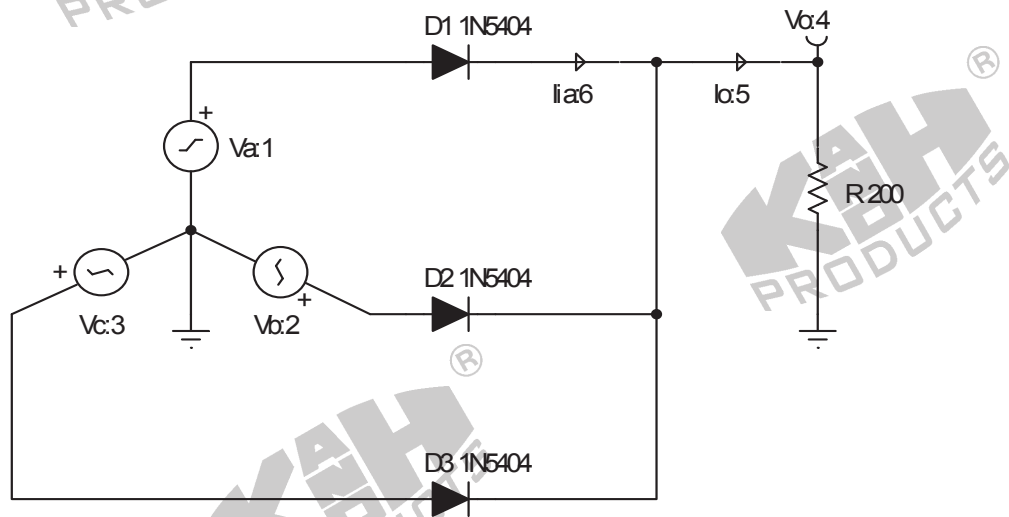
10. Yük devresini, 9. adımda olduğu gibi bırakın. Şekil 3-1-2'deki bağlantıları, üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun V_A faz gerilimi (CH1) ve yük akımı (Akım Transdüseri üzerinden CH2) dalga şekillerini gözleyecek şekilde değiştirin. Sonuçları şekil 3-1-5'te kaydedin.



Şekil 3-1-5 Endüktif yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun ölçülen V_A faz gerilimi (CH1) ve yük akımı (CH2) dalga şekilleri

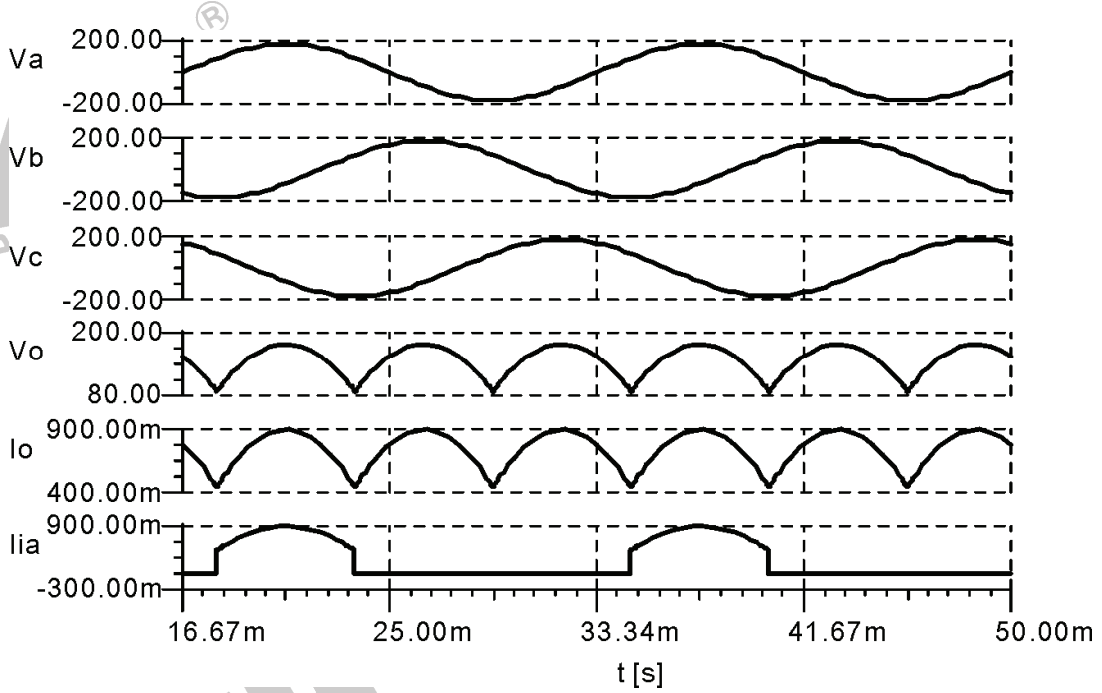
BİLGİSAYAR SİMULASYONU

1. TINAPro'yu çalıştırın. Schematic Editör penceresinde, şekil 3-1-6'da gösterilen devreyi oluşturun. Üç-fazlı dört-telli ac kaynağın üç faz gerilimini, şu şekilde ayarlayın: Sinüzoidal dalga, Genlik 180V ($=127V \times 1.414$), Frekans 60 Hz, V_A 'nın fazı 0° , V_B 'nin fazı -120° , V_C 'nin fazı 120° .



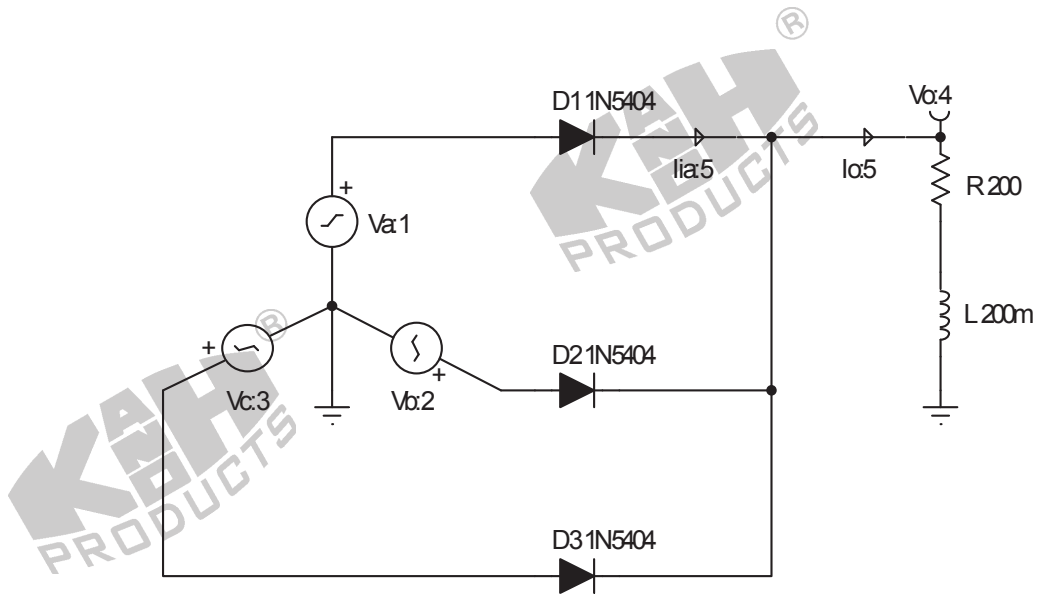
Şekil 3-1-6 Saf dirençsel yüke sahip, üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

2. *Analysis/Transient* komutunu çalıştırın. Transient Analysis diyalog penceresinde, *Start display* değerini 16.67 ms, *Stop display* değerini 50 ms olarak ayarlayın, Draw excitation kutusunu işaretleyin ve OK butonuna basın. TR sonucu şekil 3-1-7’de gösterilmiştir. TR sonucu, Şekil 3-1-3’teki ölçme sonucuyla uyumlu mudur?_____.



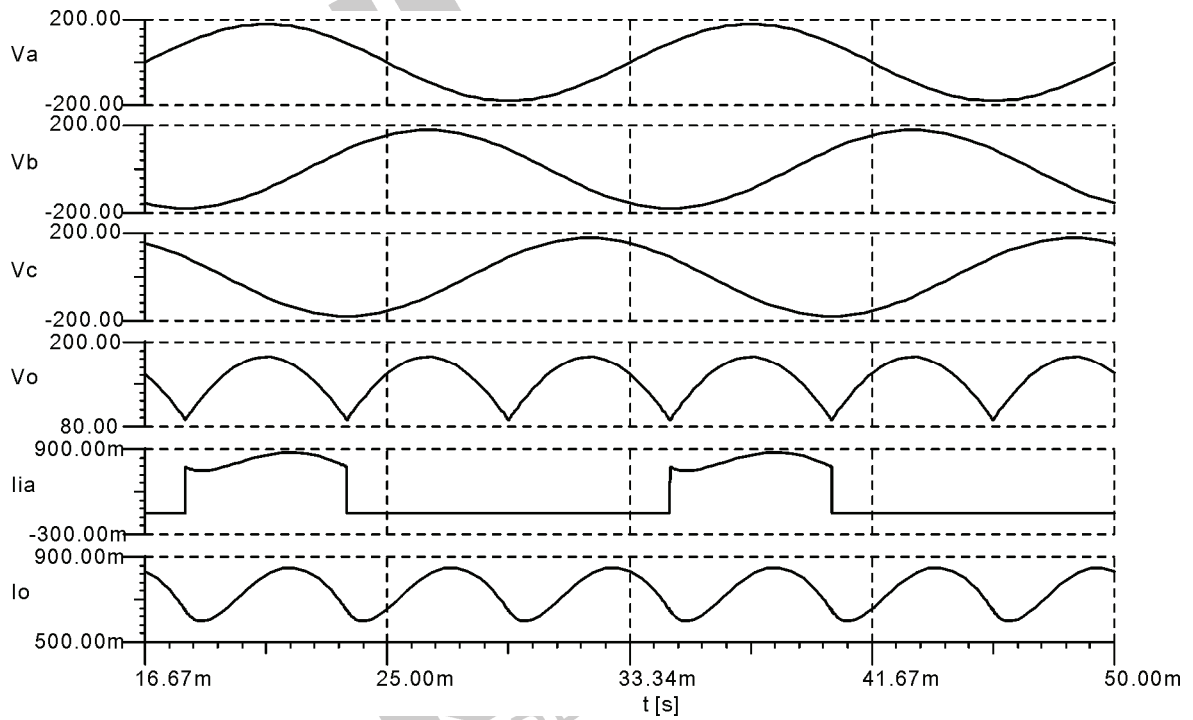
Şekil 3-1-7 Saf dirençsel yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun TR simülasyon sonucu

3. Yük devresini, şekil 3-1-8’de gösterildiği gibi, 200Ω ’luk dirence seri olarak 200mH’lik endüktans bağlayarak değiştirin.



Şekil 3-1-8 Endüktif yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun simülasyon devresi

4. 2. adımı tekrarlayın. Analysis/Transient komutunu çalıştırın ve şekil 3-1-9'da gösterilen TR sonucunu elde edin. TR sonucu, Şekil 3-1-4 ve 3-1-5'teki ölçme sonuçlarıyla uyumlu mudur? _____.



Şekil 3-1-9 Endüktif yüke sahip üç-fazlı yarım dalga diyot doğrultucunun TR simülasyon sonucu

Deney 4-1 DC PWM Denetleyici

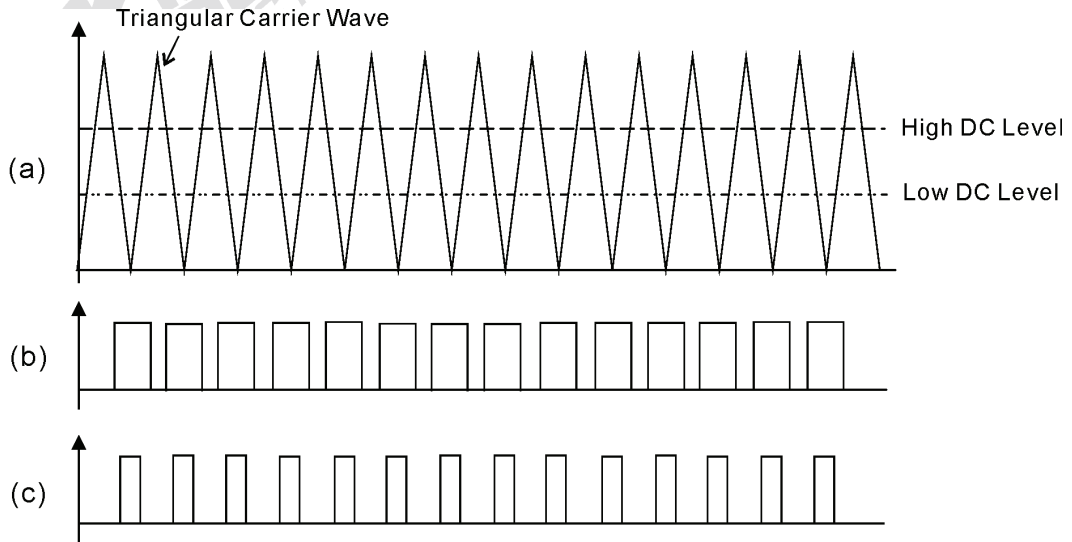
DENEYİN AMACI

1. DC PWM üreticinin çalışma prensibini anlamak.
2. Bir dc PWM Denetleyici oluşturmak.
3. Çeşitli çalışma koşullarında, dc PWM denetleyicinin PWM çıkış sinyallerini ölçmek.

GENEL BİLGİLER

Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) tekniği, kıyıcılar, eviriciler, anahtarlama-mod regülatörler, kesintisiz güç kaynakları ve motor sürücüler gibi endüstriyel uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

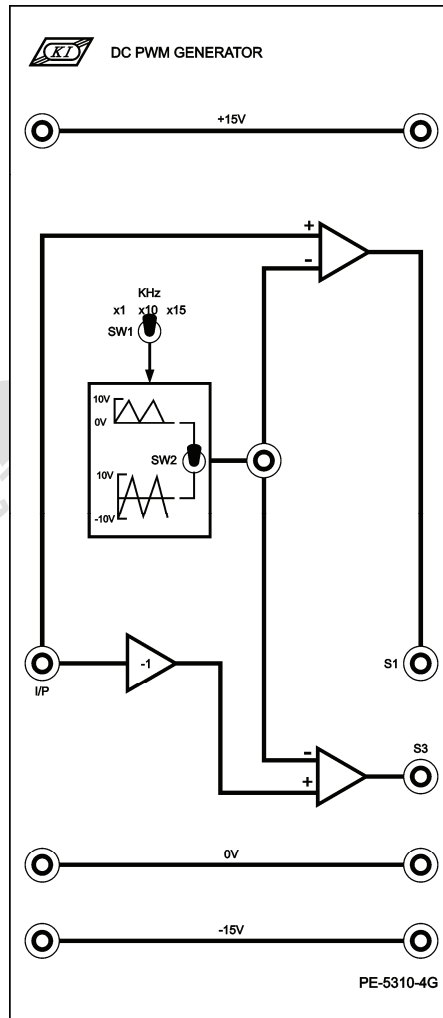
PWM üretici, genellikle, iki giriş sinyalinin genliğini karşılaştıran ve bir darbe dizisi çıkışı üreten, bir gerilim karşılaştırıcı kullanarak oluşturulur. Şekil 4-1-1(a), karşılaştırıcının iki giriş sinyalini göstermektedir.



Şekil 4-1-1 PWM işlevi

Şekil 4-1-1(b)'de gösterildiği gibi, taşıyıcı genliği, referans geriliminden (örneğin, yüksek dc referans seviyesi) daha büyük olduğunda, çıkış gerilim seviyesi alçaktır; aksine, taşıyıcı genliği, referans geriliminden daha küçük olduğunda, çıkış gerilim seviyesi yüksektir. Şekil 4-1-1(c), referans giriş alçak seviyede iken PWM çıkışını göstermektedir. PWM'in çıkış frekansın taşıyıcı frekansına eşittir ve eşit darbe genişlikleri, referans gerilim seviyesi tarafından belirlenir.

Şekil 4-1-2'de gösterilen DC PWM Üreteç modülü, DC kıyıcılar için gerekli olan kapılama sinyallerini üretmek için kullanılır. Bu modül, esasen, aşağıdaki bloklar ve kontrollerden oluşmaktadır:



Şekil 4-1-2 DC PWM Üreteci

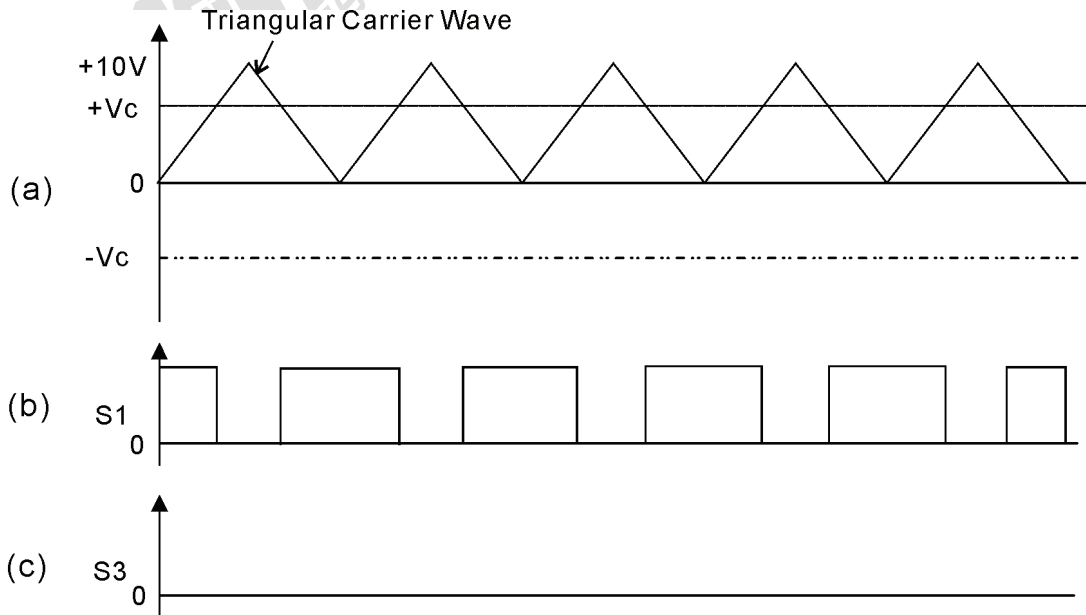
Kumanda Gerilim Girişi I/P: Tek- ve iki-bölgeli kıyıcı çalışması için $0 \sim +10V$ dc referans gerilimi yada dört-bölgeli kıyıcı çalışması için $-10V \sim +10V$ dc referans gerilimi.

Üçgen Taşıyıcı Dalga Üretici, KHz Frekans Seçici ve Genlik Seçici anahtarlarının konumuyla belirlenen bir üçgen taşıyıcı dalga üretir. KHz Frekans Seçici anahtarı, 1KHz (x1 konumu), 10KHz (x10 konumu) ve 15KHz (x15 konumu) seçebilir. Genlik Seçici anahtarı, üçgen dalganın genliğini ayarlar: Tek- ve iki-bölgeli çalışma için $0 \sim +10V$ ve dört-bölgeli çalışma için $-10V \sim +10V$.

Evirici, giriş kumanda geriliminin polaritesini tersine çevirir.

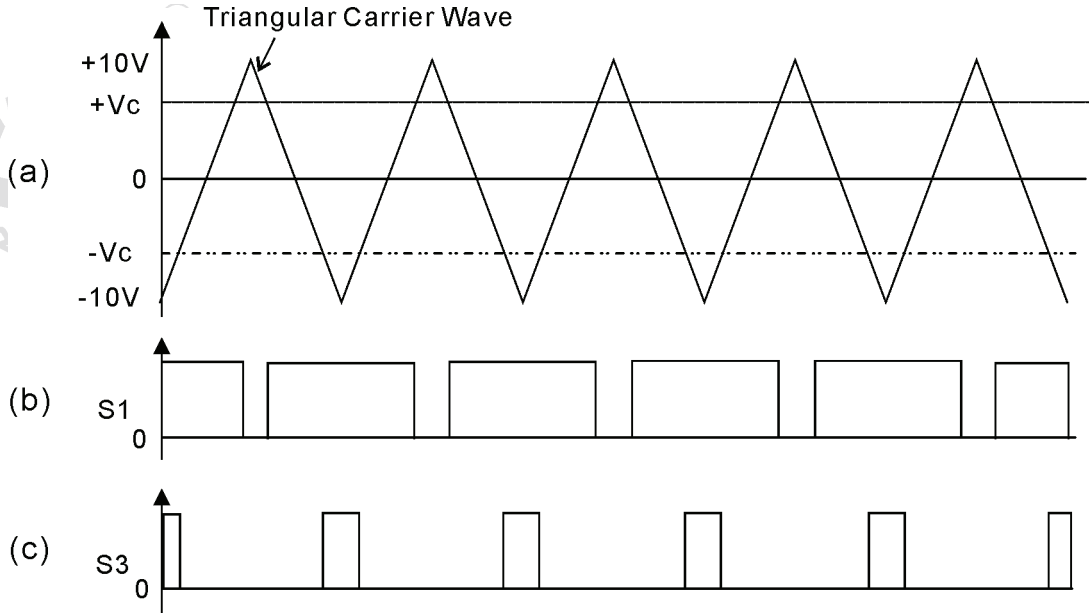
Karşılaştırıcılar: Üstteki karşılaştırıcı, kumanda giriş gerilimini ($+V_c$) üçgen taşıyıcı dalga ile karşılaştırır ve darbe genişliği, I/P terminalindeki kumanda gerilimi ile belirlenen PWM çıkışını üretir. Tek- ve iki-bölgeli çalışma için, sadece S1 çıkışındaki PWM sinyali gerekliken, dört-bölgeli çalışma için S1 ve S3 çıkışlarındaki PWM sinyallerinin her ikisi de gereklidir.

Şekil 4-1-3, üçgen taşıyıcı dalga, $0 \sim +10V$ ve V_c pozitif iken, PWM çıkış sinyallerini göstermektedir.



Şekil 4-1-3 DC PWM üretici çalışması. (a) $0 \sim +10V$ üçgen dalga;
(b) S1 PWM çıkışı; (c) S3 PWM çıkışı

Şekil 4-1-4'te gösterilen dört-bölgeli kontrol için, V_c giriş kumanda gerilimi (dc referans sinyali) pozitif olduğu zaman, S1 sinyalinin doluluk boşluk oranı %50'den büyük, S3 sinyalinin doluluk boşluk oranı %50'den küçüktür. Tersine, V_c giriş kumanda gerilimi negatif olduğu zaman, S1 sinyalinin doluluk boşluk oranı %50'den küçük, S3 sinyalinin doluluk boşluk oranı %50'den büyüktür.



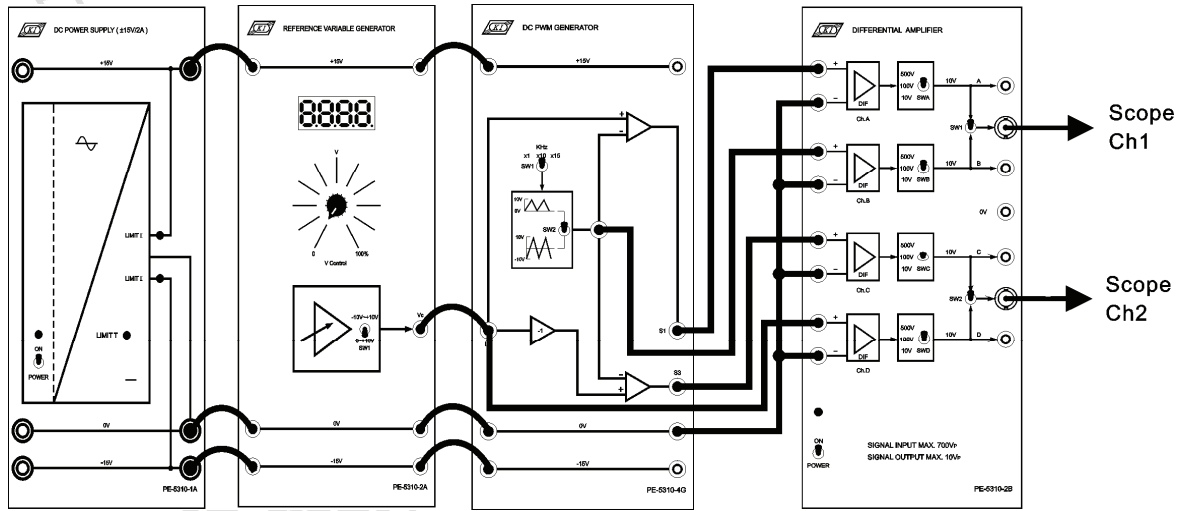
Şekil 4-1-4 DC PWM üretici çalışması. (a) -10V~+10V üçgen dalga;
(b) S1 PWM çıkışı; (c) S3 PWM çıkışı

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1A DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç x1
3. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
4. PE-5310-4G DC PWM Üreteci
5. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
6. Bağlantı Kabloları
7. Köprüleme Klipsleri

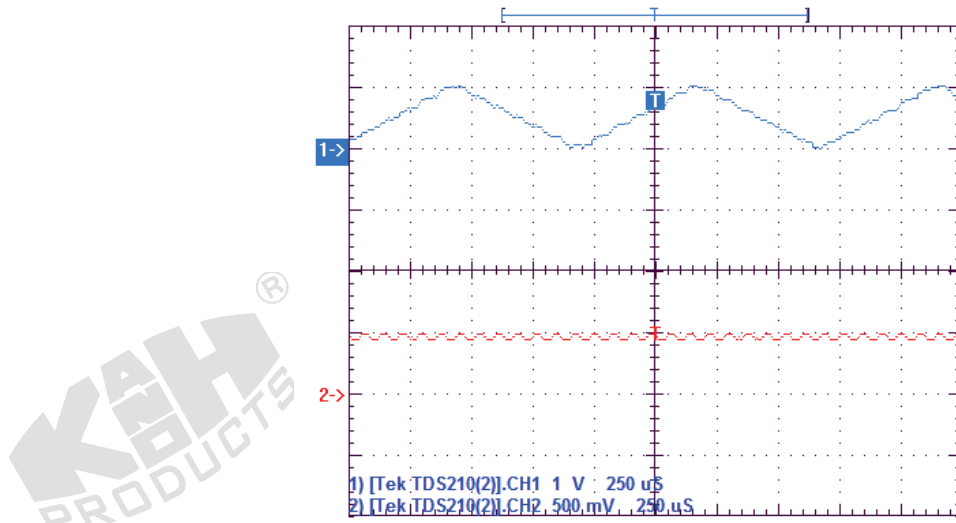
DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-1A, PE-5310-5E, PE-5310-2B ve PE-5310-4G modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO), çalışma masasına yerleştirin.
2. Güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, şekil 4-1-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı ve Fark Yükseltici modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.



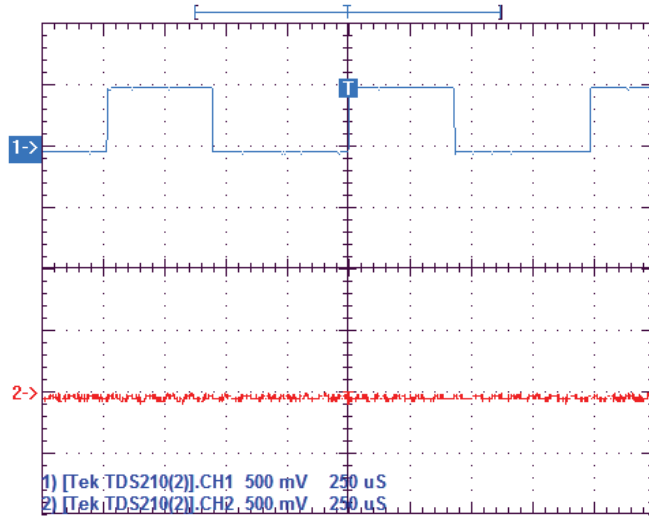
Şekil 4-1-5 DC PWM Üreteci ölçümü için bağlantı diyagramı

3. Tüm güç kaynaklarını açın. Referans Değişken Üreteç modülünde, Vc Aralık seçici anahtarını (SW1) 0~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini $V_c = \pm 5V$ olacak şekilde ayarlayın. DC PWM Üreteci modülünde, KHz Frekans Seçiciyi (SW1) x1 (1KHz) ve Genlik Seçiciyi (SW2) 0V~+10V (yukarı konum) konumlarına getirin.
4. Fark Yükseltici modülünde, tüm V Aralık Seçicilerini (SWA,B,C,D) 100V konumuna getirin ve Ch Seçicileri (SW1,SW2), B ve D olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, üçgen taşıyıcı dalga ve Vc'yi, şekil 4-1-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



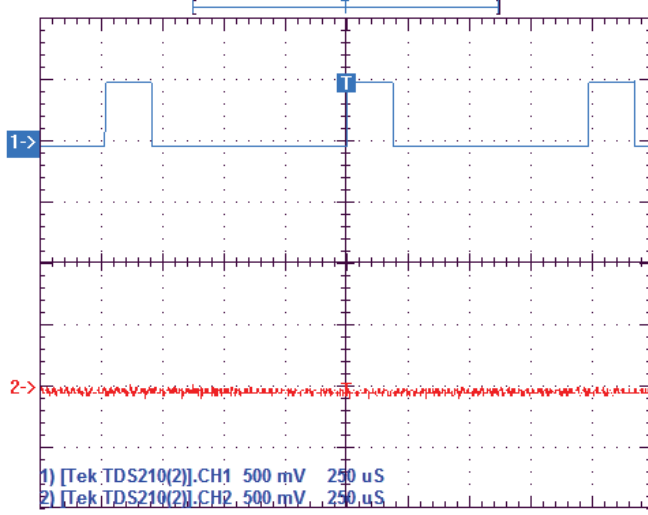
Şekil 4-1-6 Ölçülen taşıyıcı (CH1) ve V_c (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

5. Fark Yükseltecinin Ch Seçicilerini (SW1,SW2), A ve C olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



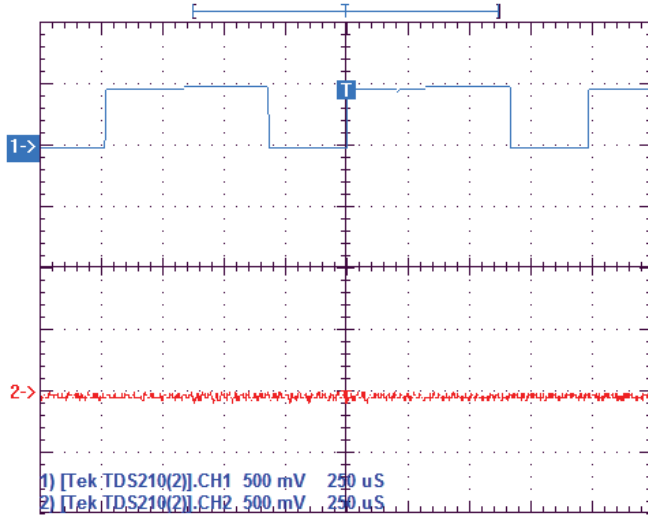
Şekil 4-1-7 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

6. Referans Değişken Üreticinin V Kontrol düğmesini, $V_c=+2.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



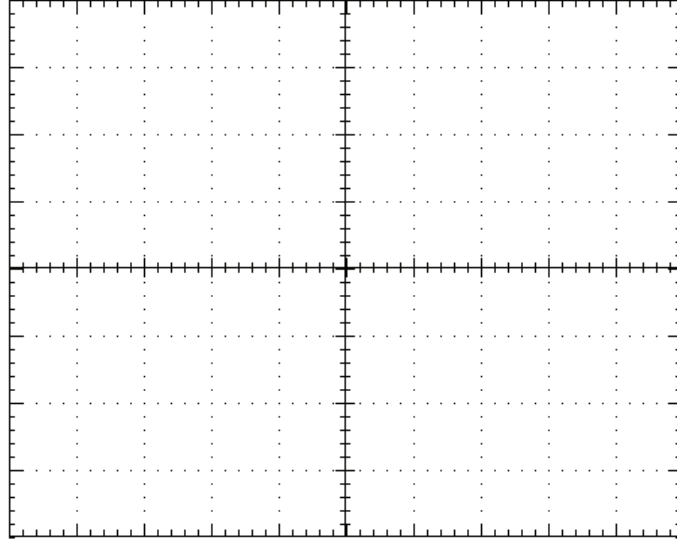
Şekil 4-1-8 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=2.5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

7. Referans Değişken Üreticinin V Kontrol düğmesini, $V_c=+7.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 4-1-9 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

8. DC PWM Üretecinin KHz Frekans Seçicisini (SW1) x10'a (10KHz) ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini ölçün ve Şekil 4-1-10'a kaydedin.



CH1:

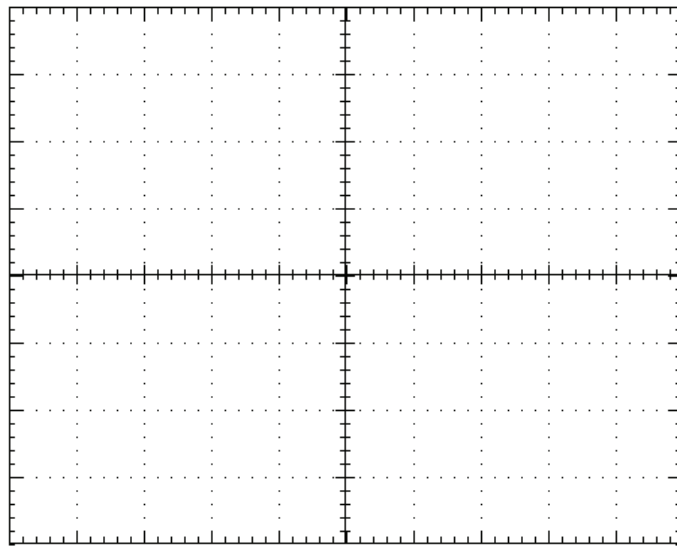
DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

Şekil 4-1-10 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=10KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

9. DC PWM Üretecinin KHz Frekans Seçicisini (SW1) x15'e (10KHz) ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini ölçün ve Şekil 4-1-11'e kaydedin.



CH1:

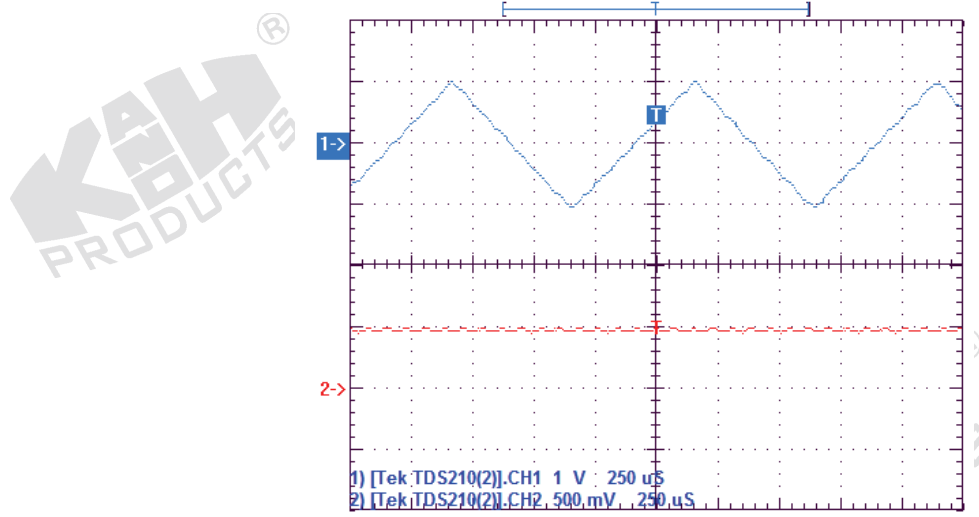
DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

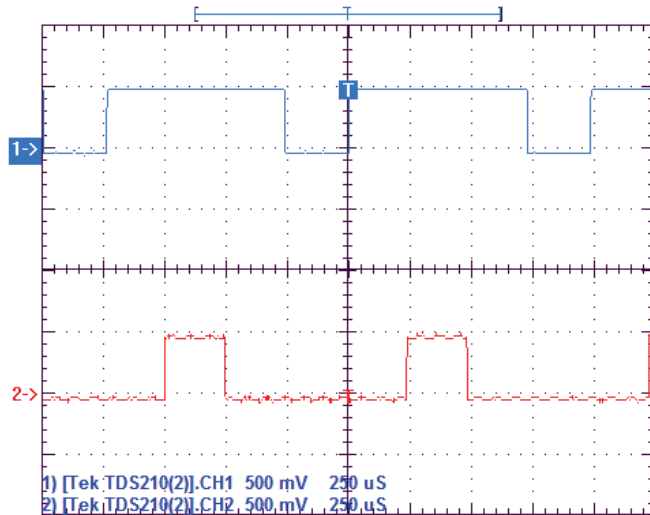
Şekil 4-1-11 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=15KHz$, $A_c=0V\sim+10V$

10. DC PWM Üretici modülünde, KHZ Frekans Seçicisini (SW1) x1 (1KHz) ve Genlik Seçicisini (SW2), -10V~+10V (aşağı konum) konumlarına ayarlayın. Fark Yükseltecinin Ch Seçicilerini (SW1,SW2), B ve D olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, üçgen taşıyıcı dalga ve V_c 'yi, şekil 4-1-12'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



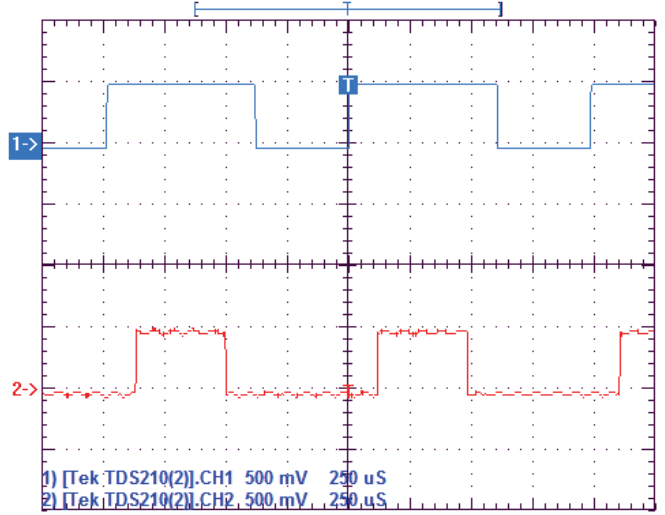
Şekil 4-1-12 Ölçülen taşıyıcı (CH1) ve V_c (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

11. Fark Yükseltecinin Ch Seçicilerini (SW1,SW2), A ve C olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-13'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



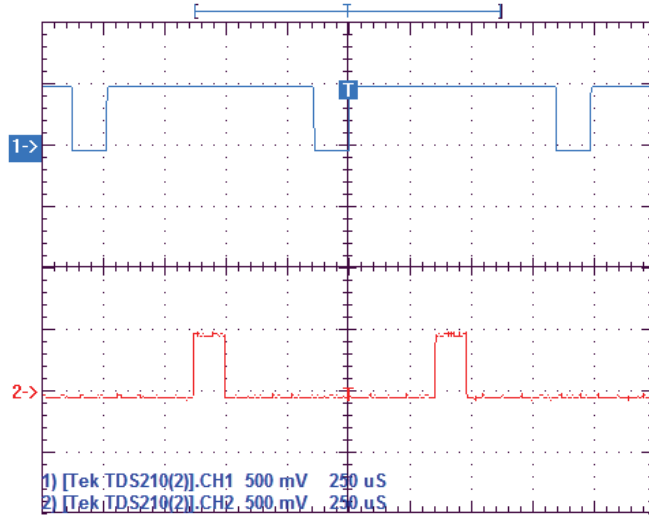
Şekil 4-1-13 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

12. Referans Değişken Üretecini V Kontrol düğmesini $V_c=+2.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-14'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



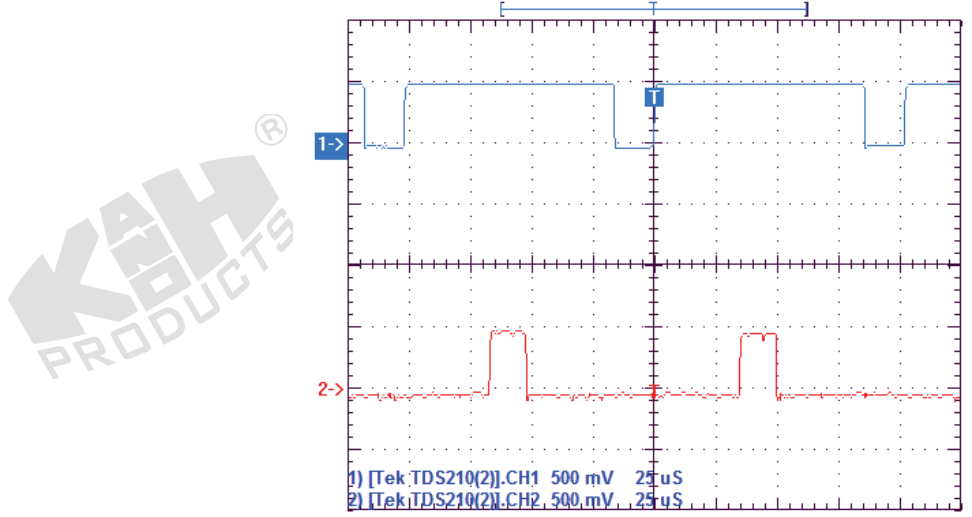
Şekil 4-1-14 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=2.5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

13. Referans Değişken Üretecini V Kontrol düğmesini $V_c=+7.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-15'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



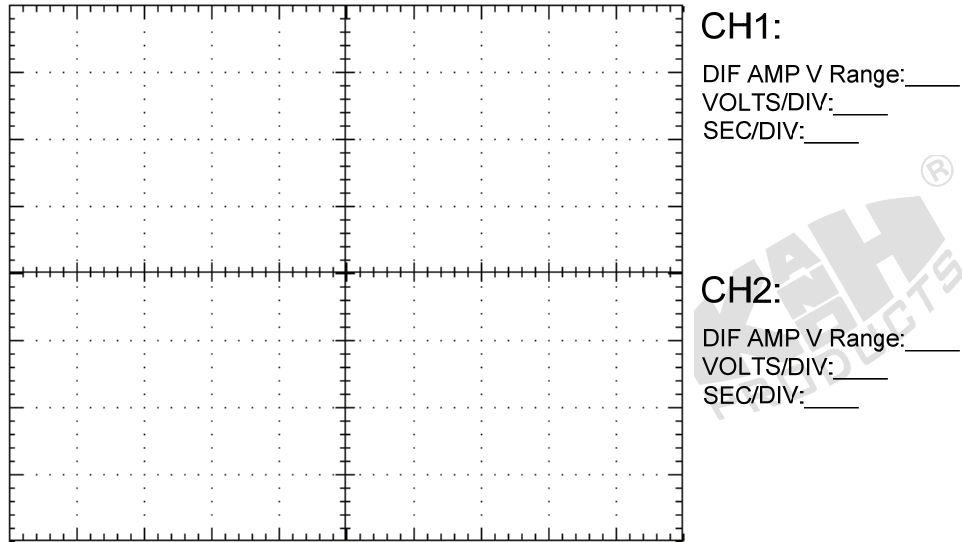
Şekil 4-1-15 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=1KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

14. DC PWM Üreticinin KHz Frekans Seçicisini (SW1) x10 (10 KHz) olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-16'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



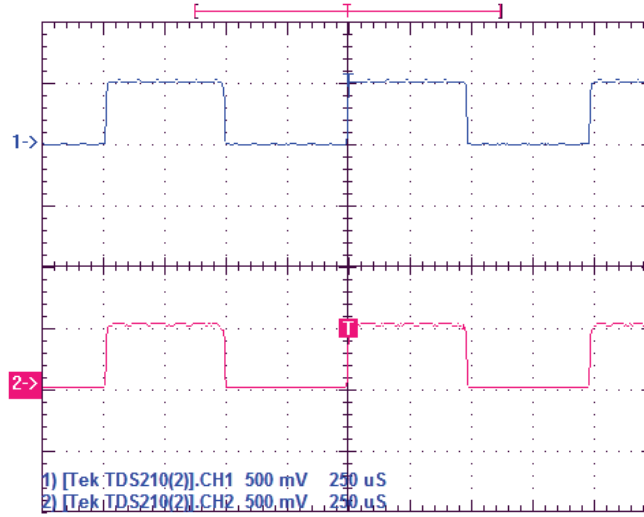
Şekil 4-1-16 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=10KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

15. DC PWM Üreticinin KHz Frekans Seçicisini (SW1) x15 (10 KHz) olarak ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-17'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



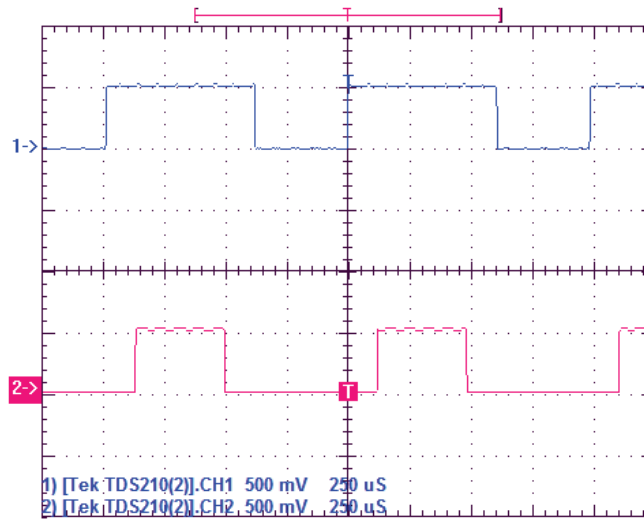
Şekil 4-1-17 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c=7.5V$, $f_c=15KHz$, $A_c=-10V\sim+10V$

16. Referans Değişken Üreteç modülünde, Vc Aralık Seçici anahtarını (SW1) -10V~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini Vc=0V olacak şekilde ayarlayın. DC PWM Üreteci modülünde, KHz Frekans Seçiciyi (SW1) x1 (1KHz) ve Genlik Seçiciyi (SW2) -10V~+10V (aşağı konum) konumlarına getirin. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini ölçün ve Şekil 4-1-18'e kaydedin.



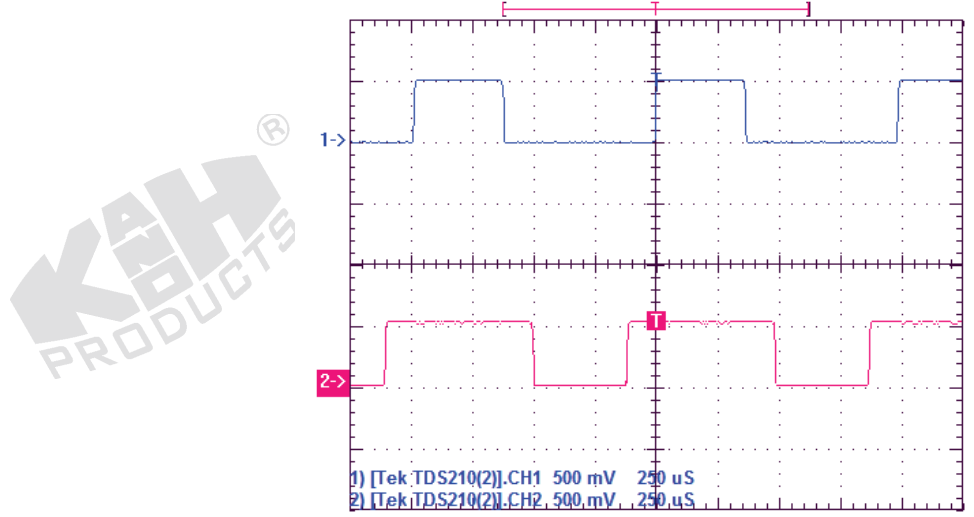
Şekil 4-1-18 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); Vc=0V, fc=1KHz, Ac=-10V~+10V

17. Referans Değişken Üretecin V Kontrol düğmesini Vc=+2.5V olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-19'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



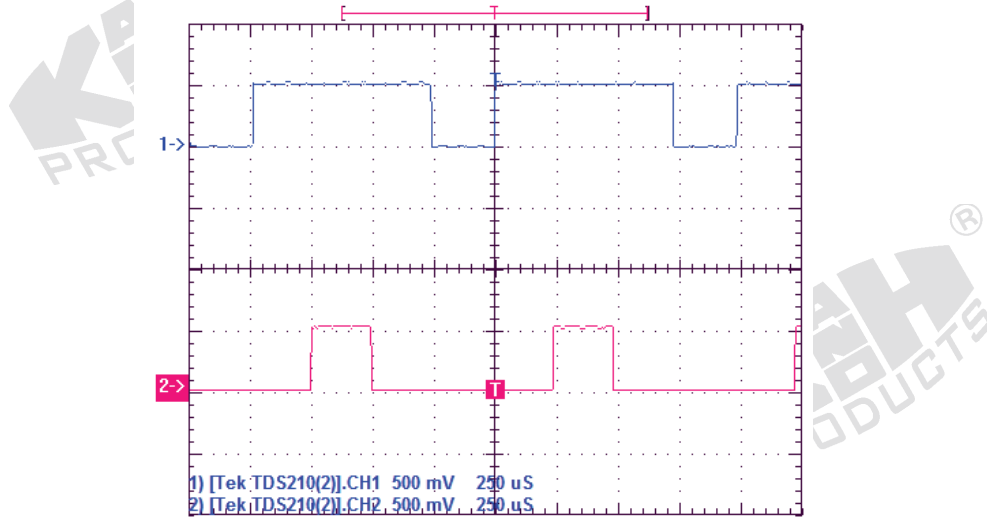
Şekil 4-1-19 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); Vc=2.5V, fc=1KHz, Ac=-10V~+10V

18. Referans Değişken Üretecini V Kontrol düğmesini $V_c = -2.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-20'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



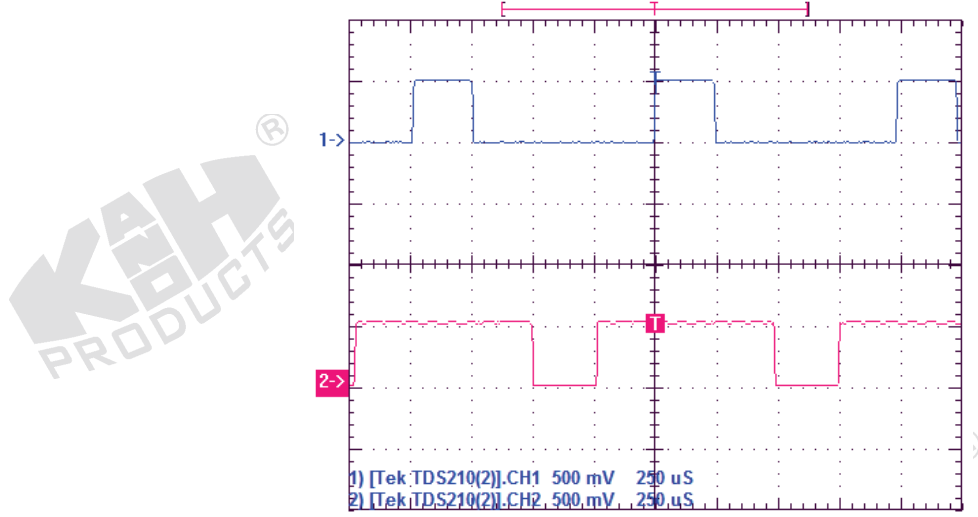
Şekil 4-1-20 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c = -2.5V$, $f_c = 1KHz$, $A_c = -10V \sim +10V$

19. Referans Değişken Üretecini V Kontrol düğmesini $V_c = 5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-21'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



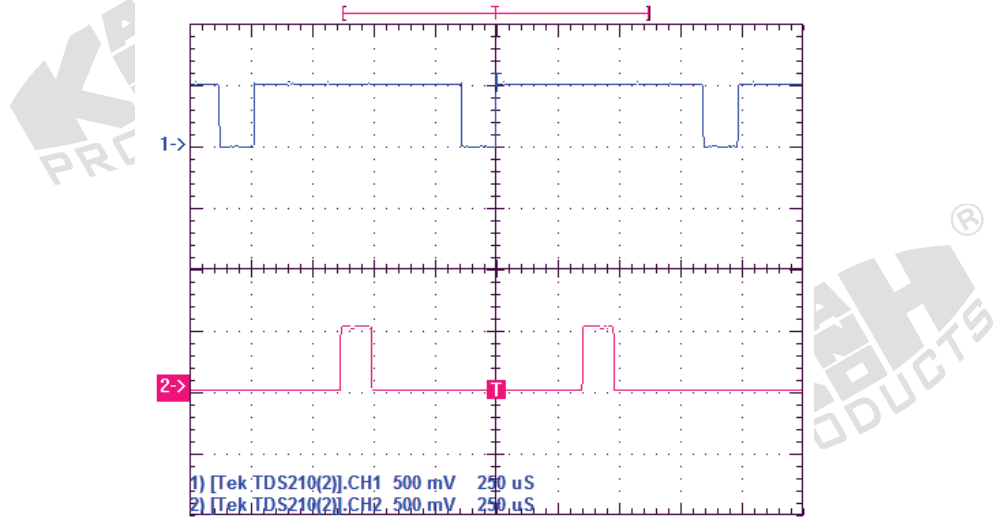
Şekil 4-1-21 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c = 5V$, $f_c = 1KHz$, $A_c = -10V \sim +10V$

20. Referans Değişken Üreticinin V Kontrol düğmesini $V_c = -5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-22'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



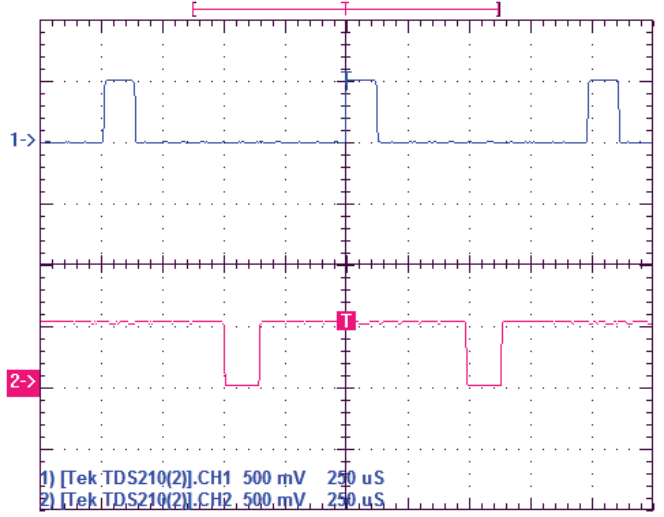
Şekil 4-1-22 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c = -5V$, $f_c = 1KHz$, $A_c = -10V \sim +10V$

21. Referans Değişken Üreticinin V Kontrol düğmesini $V_c = 7.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-23'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 4-1-23 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c = 7.5V$, $f_c = 1KHz$, $A_c = -10V \sim +10V$

22. Referans Değişken Üreticinin V Kontrol düğmesini $V_c = -7.5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, S1 ve S3 PWM çıkış dalga şekillerini, şekil 4-1-24'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 4-1-24 Ölçülen S1 (CH1) ve S3 (CH2); $V_c = -7.5V$, $f_c = 1KHz$, $A_c = -10V \sim +10V$

Deney 5-2 Tek-Fazlı Evirici

DENEYİN AMACI

1. Tek-fazlı tam köprü eviricinin çalışma prensibini anlamak.
2. Tek-fazlı eviricinin çıkış gerilimini ve kapılama sinyallerini anlamak.
3. Tek-fazlı eviricinin çıkış gerilimini ve kapılama sinyallerini ölçmek.
4. Saf dirençsel yüke sahip tek-fazlı eviricinin çıkış gerilimi ve çıkış akımını ölçmek.
5. RL yüke sahip tek-fazlı eviricinin çıkış gerilimi ve çıkış akımını ölçmek.

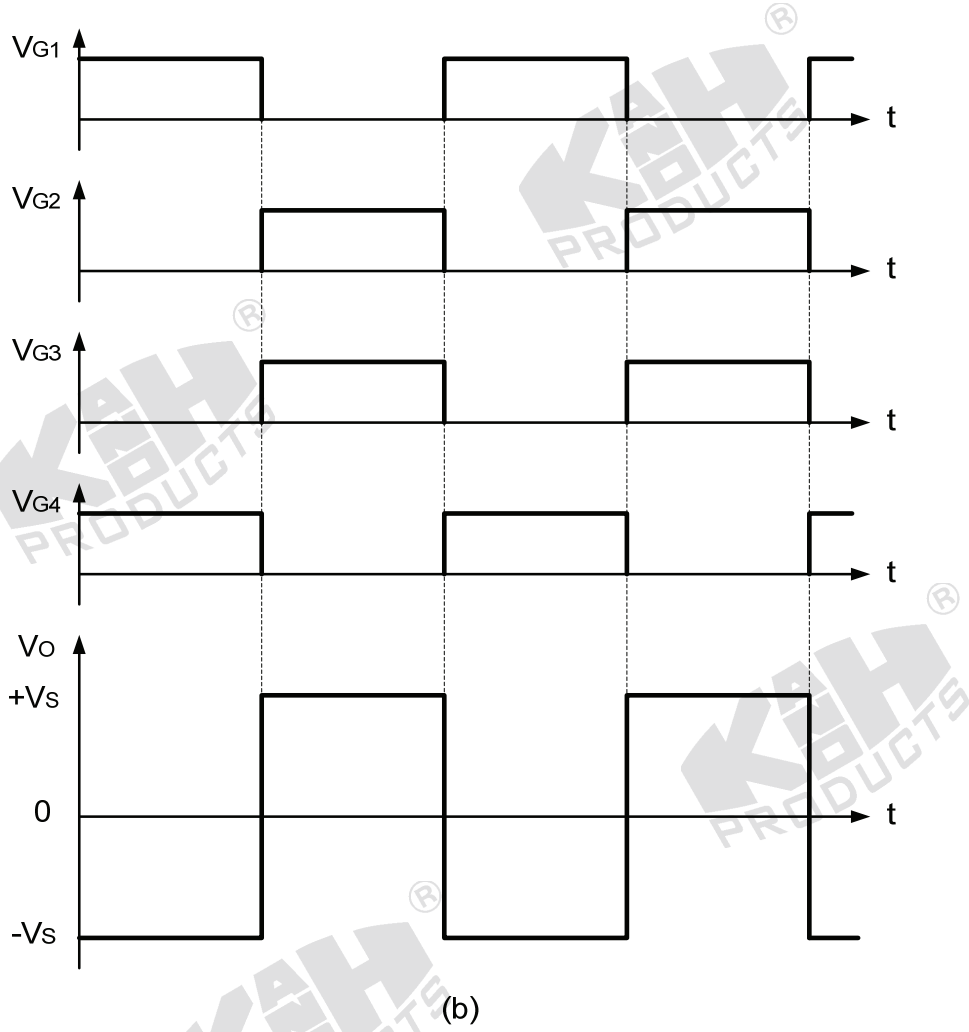
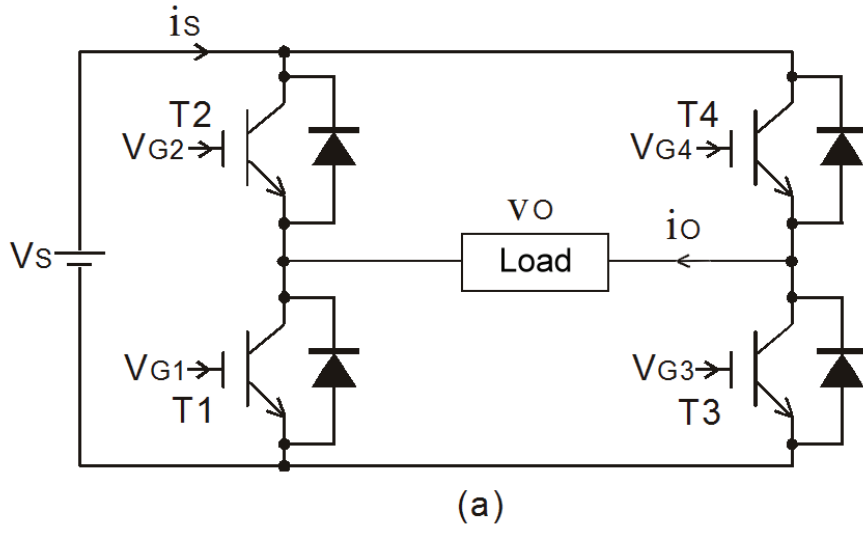
GENEL BİLGİLER

Şekil 5-2-1(a)'da gösterildiği gibi, tek-fazlı tam köprü eviricinin güç devresi, dört-bölgeli kıyıcı ile aynıdır. T2 ve T3 IGBT'leri aynı anda ilettime geçtiklerinde, V_s besleme gerilimi doğrudan yük üzerinde görünür. T1 ve T4 IGBT'leri aynı anda ilettime geçtiklerinde, yük uçlarındaki çıkış gerilimi ters kutupludur ve $-V_s$ 'dir.

Tek-fazlı eviricinin kare kapılama sinyalleri ve çıkış gerilimi, Şekil 5-2-1(b)'de gösterilmiştir. Kapılama sinyalleri PWM sinyal ise, çıkış gerilimi de bir PWM dalga olur. Endüktif yük durumunda, çıkış akımı sinüzoidal dalga şeklindedir.

Bu deneyde, PE-5310-4H Tek-Fazlı PWM Üretici modülü, tek-fazlı eviriciye gerekli olan kapılama sinyallerini üretmek için kullanılacaktır. Kapılama sinyalleri kare veya PWM olabilirken, yük devresi de saf dirençsel yada RL olabilir.

Tek fazlı eviricinin çıkış frekansı, kapılama sinyalinin frekansı tarafından belirlenir. Tepeden-tepeye çıkış gerilimi, $2V_s$ 'ye eşittir.



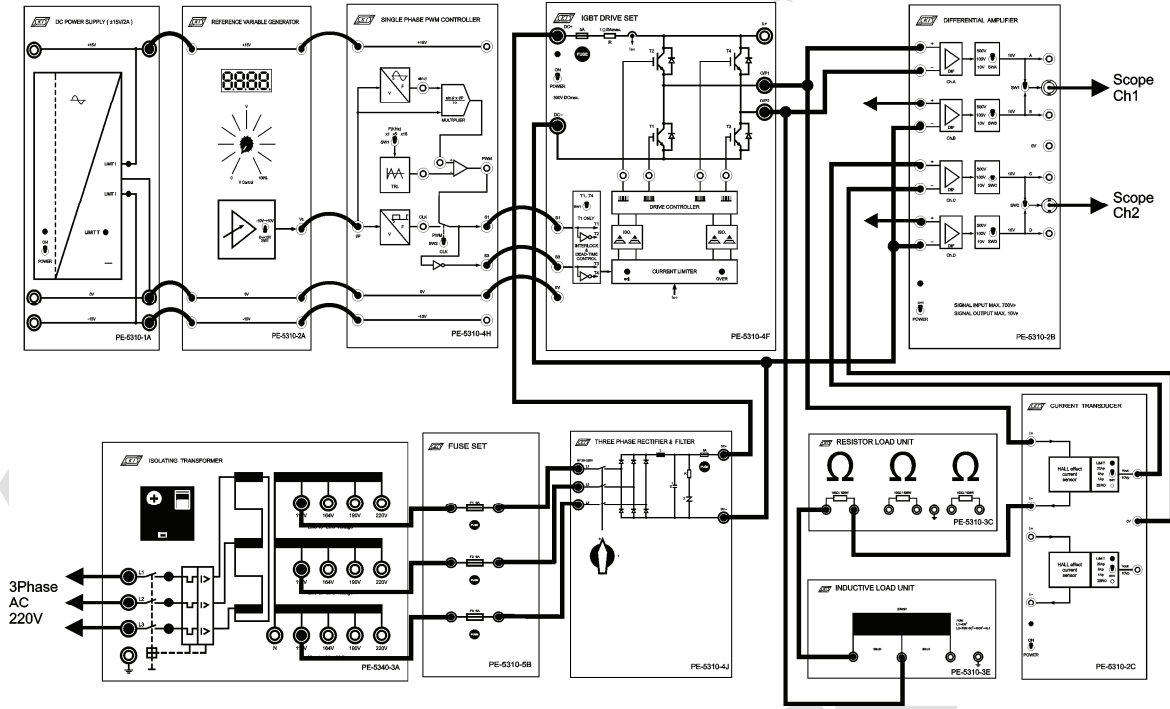
Şekil 5-2-1 Tek-fazlı tam köprü evirici. (a) Güç devresi; (b) Kapılama sinyalleri ve çıkış gerilimi

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1A DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2A Referans Değişken Üreteç x1
3. PE-5310-2B Fark Yükseltici x1
4. PE-5310-2C Akım Transdüseri x1
5. PE-5310-3C Direnç Yük Ünitesi x1
6. PE-5310-3E Endüktans Yük Ünitesi x1
7. PE-5310-4F IGBT Sürücü Seti x1
8. PE-5310-4H Tek-Fazlı PWM Üreteci x1
9. PE-5310-4J Üç Fazlı Doğrultucu & Filtre x1
10. PE-5310-5B Sigorta Seti x1
11. PE-5340-3A İzolasyon Trafosu x1
12. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
13. Bağlantı Kabloları
14. Köprüleme Klipsleri

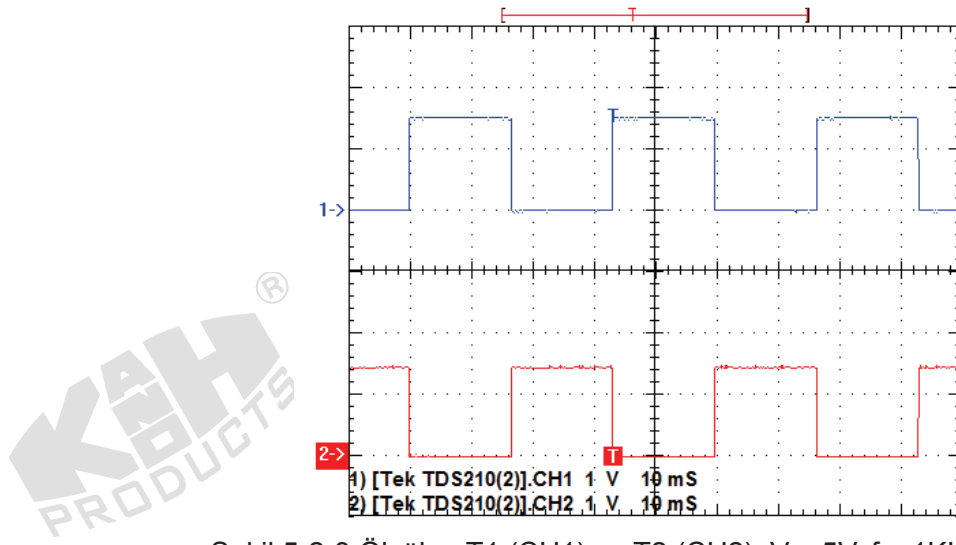
DENEYİN YAPILIŞI

1. PE-5310-1A, PE-5310-2A, PE-5310-2B, PE-5310-4H, PE-5310-4J, PE-5310-5B ve PE-5310-4F 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 5-2-2'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Akım Transdüseri, IGBT Sürücü Seti ve Fark Yükseltici modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.



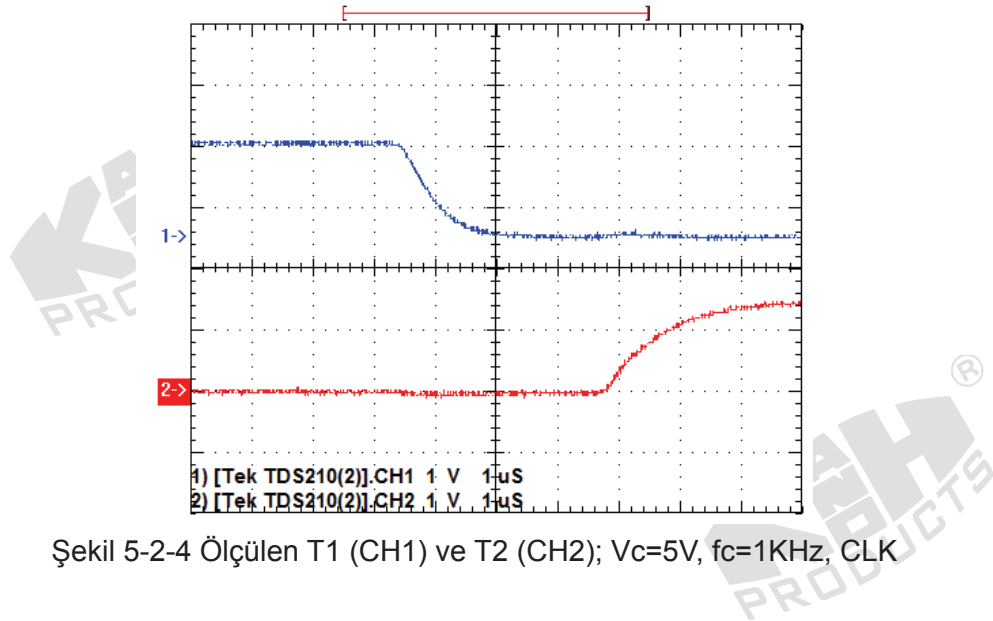
Şekil 5-2-2 Tek-fazlı evirici ölçümü için bağlantı diyagramı

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=5V olacak şekilde ayarlayın.
4. Tek-Fazlı PWM Üreteci modülünde, PWM/CLK Seçici anahtarını (SW2), CLK (saat) konumuna ve üçgen dalganın F(KHz) Frekans Seçici anahtarını (SW1) x1 (1KHz) konumuna getirin.
5. IGBT Sürücü Seti modülünü açın. Tetikleme Seçici anahtarını (SW1), T1...T4 konumuna getirin Fark Yükseltici modülünde, Ch.B ve Ch.D'nin V Aralık Seçicilerini (SWB,SWD) 100V konumuna ve Ch Seçicileri (SW1,SW2), B ve D konumlarına getirin. Ch.B girişlerini T1'e (+ T1'e, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T2'ye (+ T2'ye, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T1 ve T2 IGBT'lerinin kapılma sinyallerini, şekil 5-2-3'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



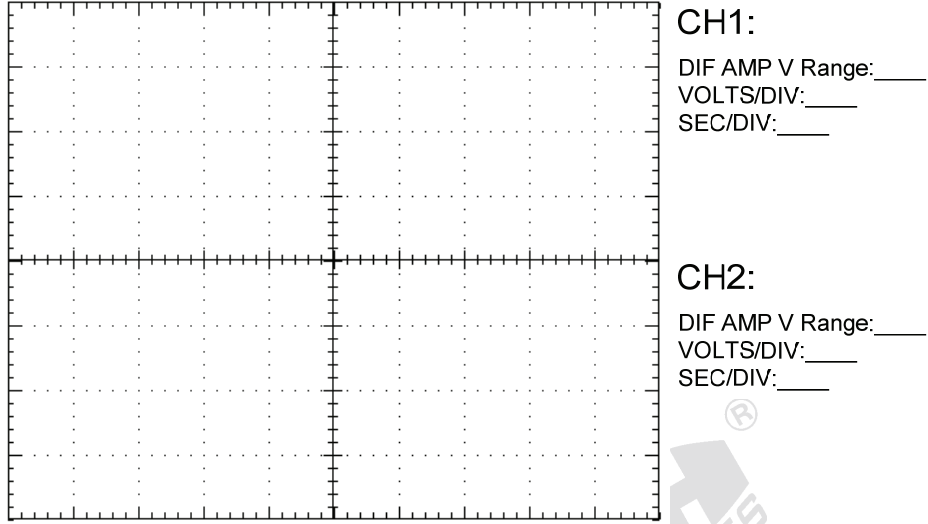
Şekil 5-2-3 Ölçülen T1 (CH1) ve T2 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

6. T1 ve T2 kapılama sinyallerini, şekil 5-2-4'te gösterildiği gibi, görmek için osiloskobun SEC/DIV düğmesini ayarlayın. Ölü zamanı ölçün ve kaydedin = _____ μs (yaklaşık $3\mu s$).



Şekil 5-2-4 Ölçülen T1 (CH1) ve T2 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

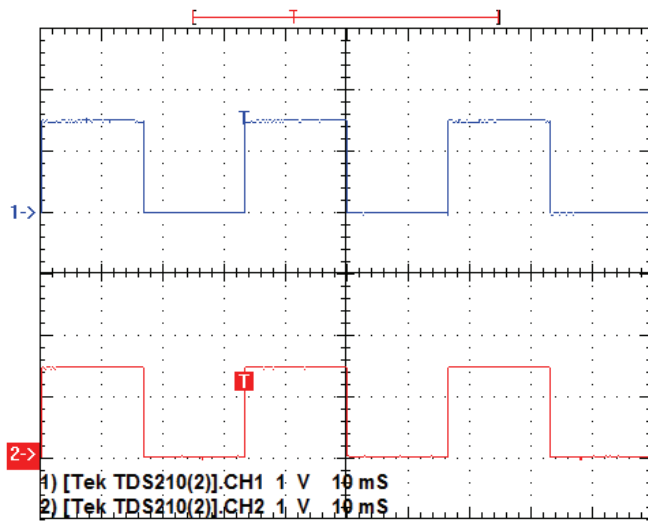
7. Ch.B girişlerini T3'e (+ T3'e, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T4'e (+ T4'e, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T3 ve T4 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-5'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-5 Ölçülen T3 (CH1) ve T4 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

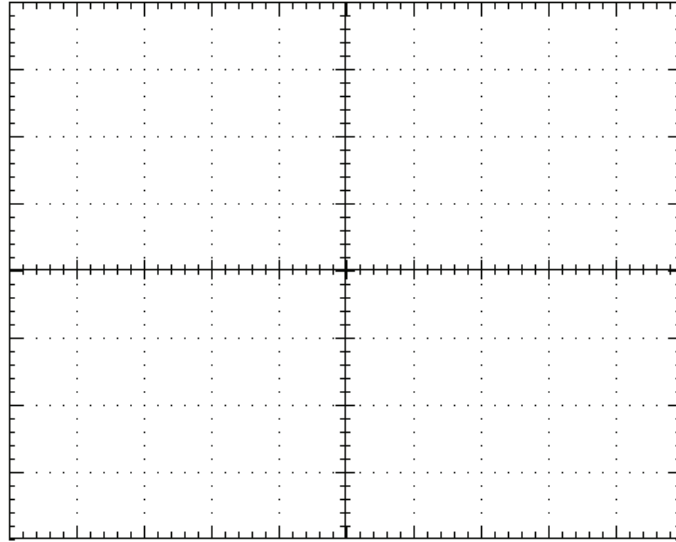
8. 6. adımı tekrarlayın. Ölü zamanı ölçün ve kaydedin = _____ μs .

9. Ch.B girişlerini T1'e (+ T1'e, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T4'e (+ T4'e, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T1 ve T4 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-6 Ölçülen T1 (CH1) ve T4 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

10. Ch.B girişlerini T2'ye (+ T2'ye, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T3'e (+ T3'e, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T2 ve T3 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



CH1:

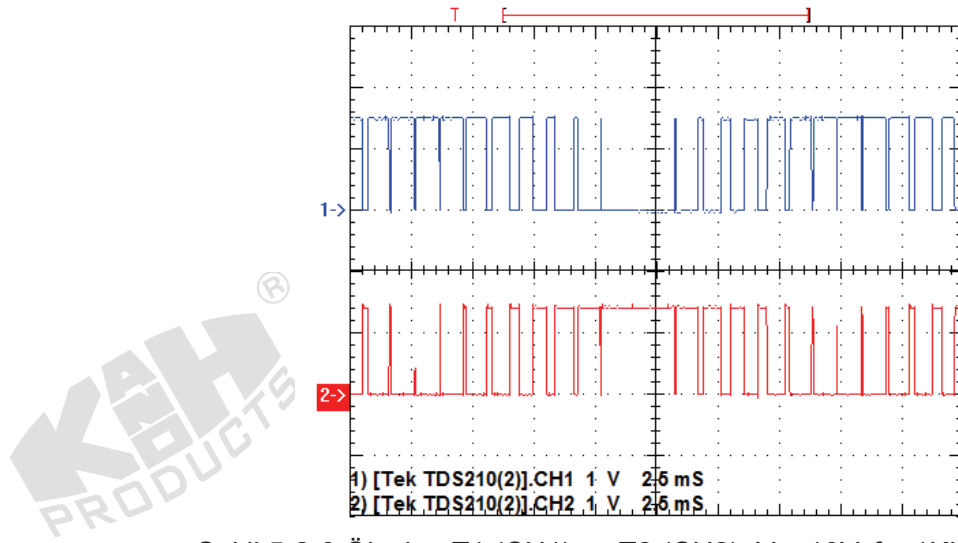
DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

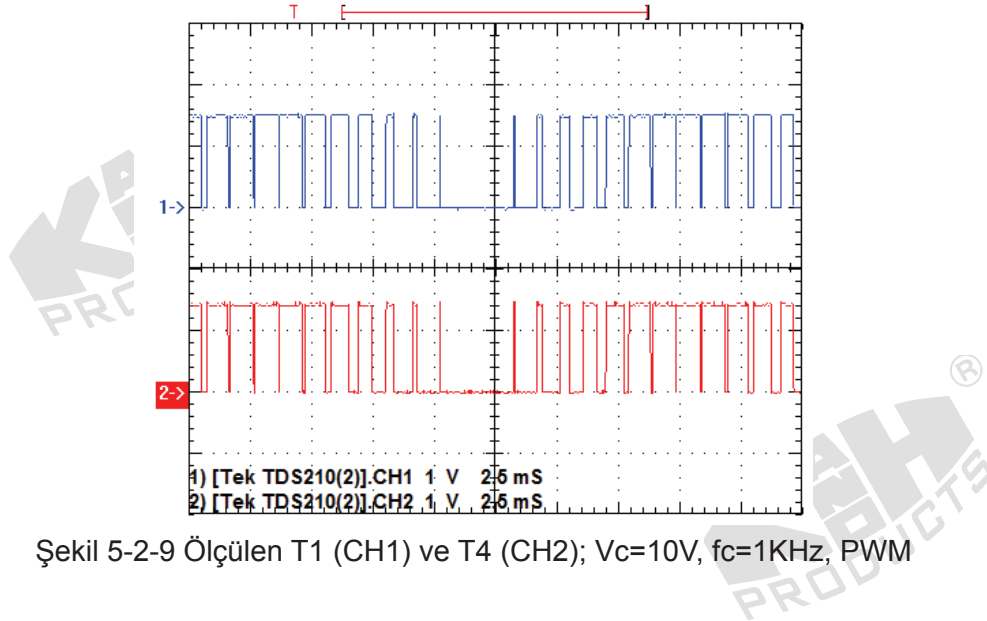
Şekil 5-2-7 Ölçülen T2 (CH1) ve T3 (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

11. Referans Değişken Üreteç modülünde, V_c Aralık Seçici anahtarını (SW1) 0~+10V konumuna getirin ve V kontrol düğmesini %100 konumuna getirin (yaklaşık $V_c=10V$). Tek-Fazlı PWM Üreteci modülünde, PWM/CLK Seçici anahtarını (SW2), PWM konumuna getirin.
12. Ch.B girişlerini T1'e (+ T1'e, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T2'ye (+ T2'ye, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T2 ve T3 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



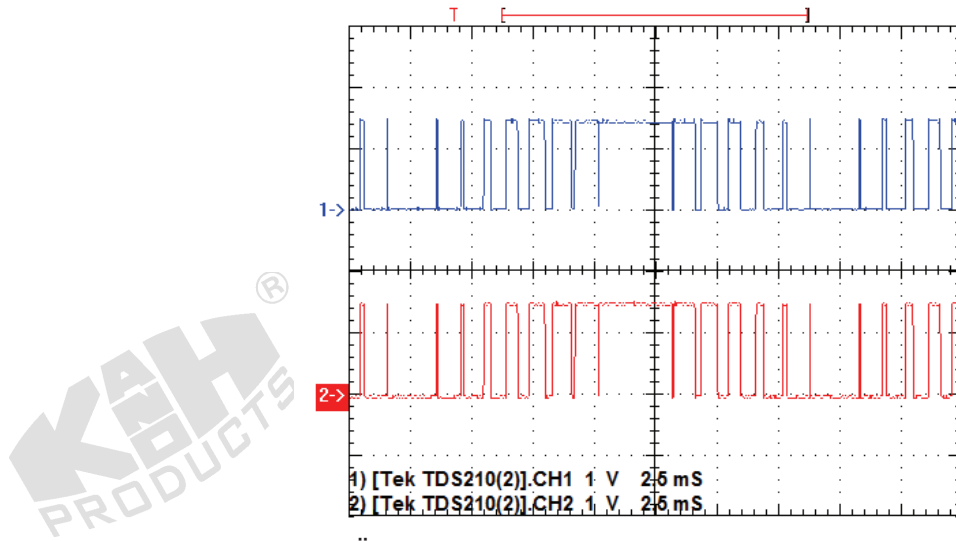
Şekil 5-2-8 Ölçülen T1 (CH1) ve T2 (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

13. Ch.B girişlerini T1'e (+ T1'e, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T4'e (+ T4'e, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T1 ve T4 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



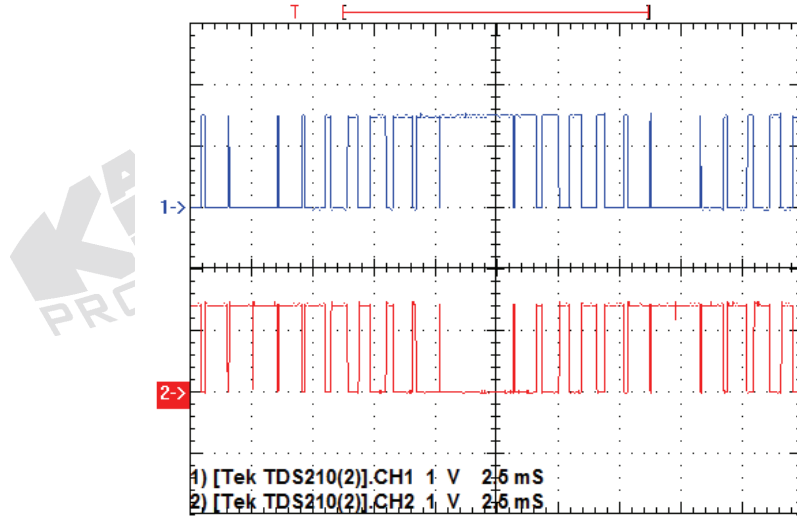
Şekil 5-2-9 Ölçülen T1 (CH1) ve T4 (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

14. Ch.B girişlerini T2'ye (+ T2'ye, - DC-'ye) ve Ch.D girişlerini T3'e (+ T3'e, - DC-'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T2 ve T3 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-10'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-10 Ölçülen T2 (CH1) ve T3 (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

15. Ch.B girişlerini T3'e (+ T3'e, - DC-ye) ve Ch.D girişlerini T4'e (+ T4'e, - DC-ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T3 ve T4 IGBT'lerinin kapılama sinyallerini, şekil 5-2-11'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.

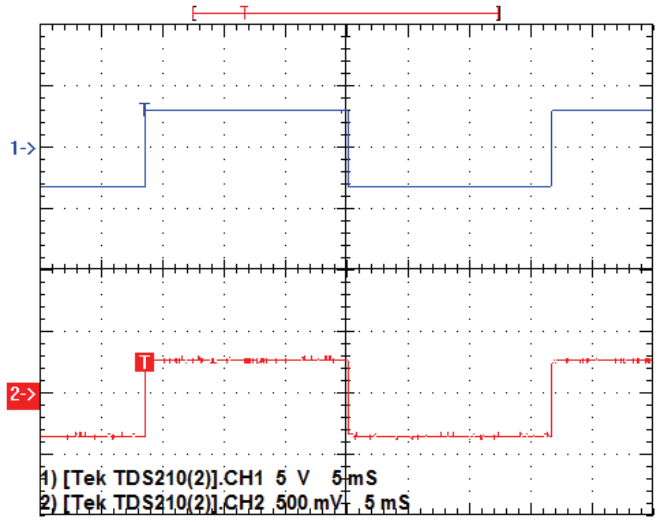


Şekil 5-2-11 Ölçülen T3 (CH1) ve T4 (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

16. Şekil 5-2-2'deki bağlantıları yeniden oluşturun. 50mH'lik endüktans uçlarına bağlantı kablosu bağlayarak endüktans yükünü kısa devre edin. Böylece O/P1 ve O/P2 çıkış terminalleri arasında, saf dirençsel bir yük devresi (100Ω) oluşur.

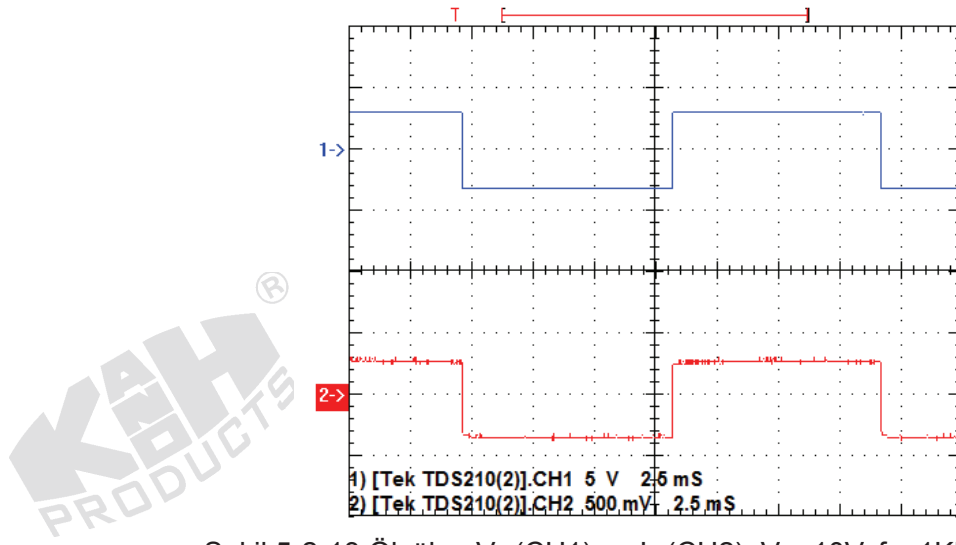
17. Fark Yükseltisinde V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), Ch.A için 500V ve Ch.C için 100V konumlarına, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Akım Transduseri modülünde, I Aralık Seçici anahtarını 5Ap konumuna getirin. Tek-Fazlı PWM Üretici'nde, PWM/CLK Seçici anahtarını (SW2) CLK konumuna getirin. Tüm güç kaynaklarını açın.

18. Referans Değişken Üretcinin V kontrol düğmesini, $V_c=5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, V_L yük gerilimi ve I_L yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-12'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Çıkış frekansını = _____ Hz (yaklaşık 30Hz) hesaplayın ve kaydedin.



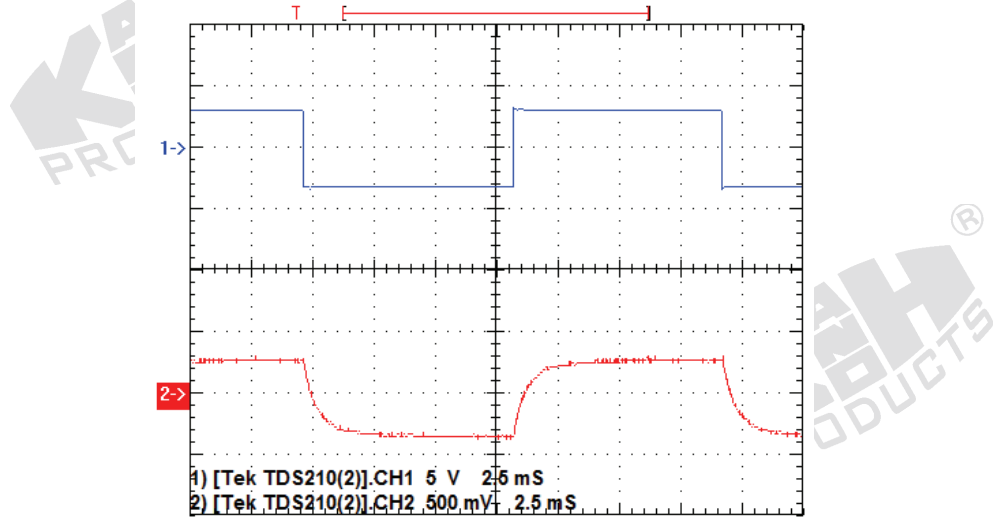
Şekil 5-2-12 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

19. Referans Değişken Üretcinin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=10V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-13'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Çıkış frekansını = _____ Hz (yaklaşık 60Hz) hesaplayın ve kaydedin.



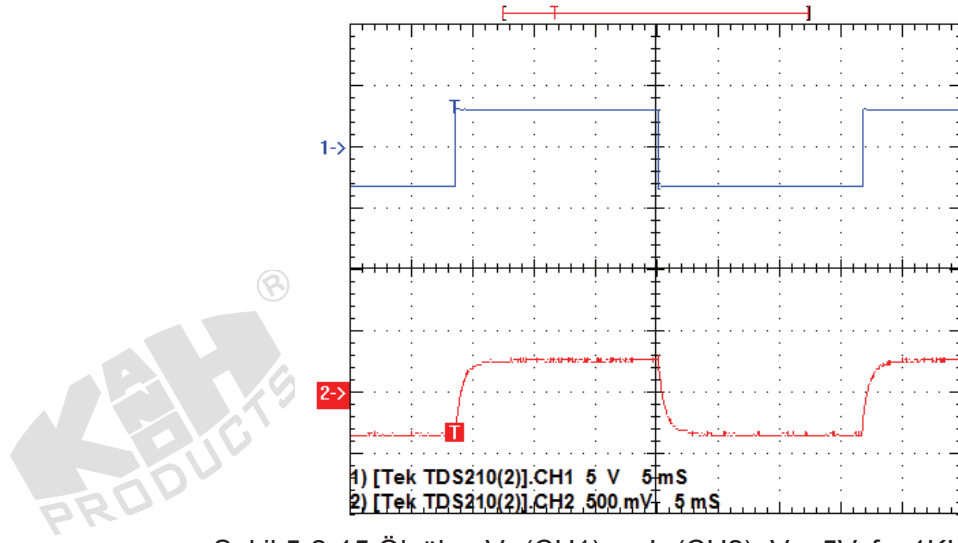
Şekil 5-2-13 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, CLK

20. Gücü kapatın. Endüktans uçlarındaki bağlantı kablosunu kaldırarak endüktansı yeniden devreye alın. Böylece saf dirençsel yük devresi, RL yükü (50mH ile seri bağlı 100 Ω) dönüşmüş olur. Gücü açın. Referans Değişken Üreticinin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=10V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-14'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-14 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, CLK

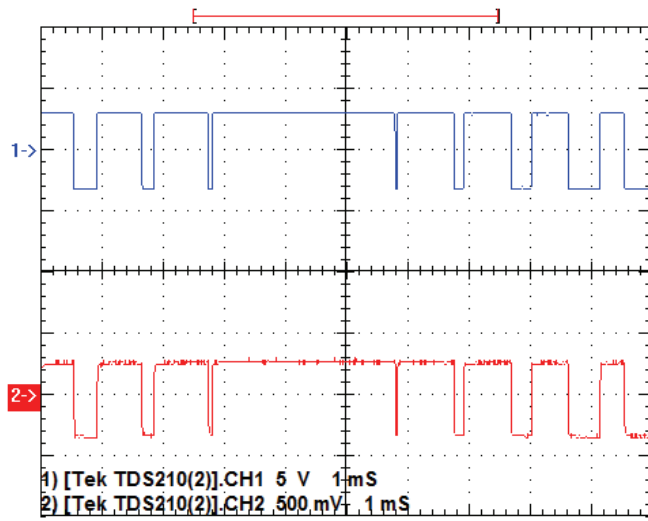
21. Referans Değişken Üreticinin V kontrol düğmesini, $V_c=5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-15'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-15 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, CLK

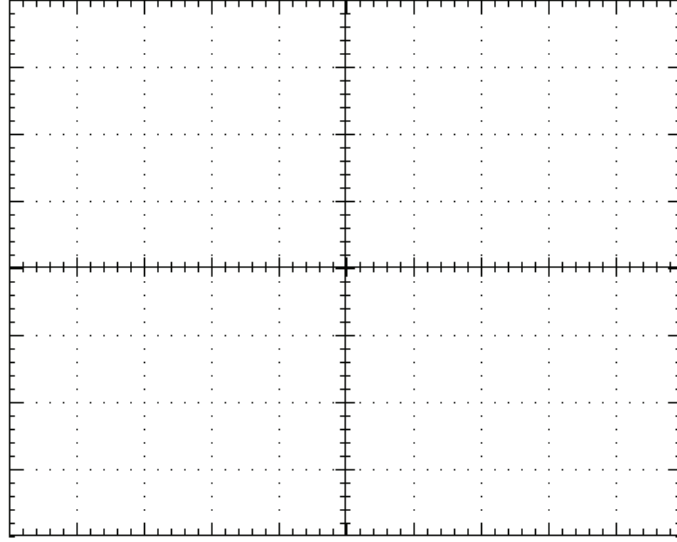
22. Tek-Fazlı PWM Denetleyici modülünde, PWM/CLK Seçici anahtarını (SW2) PWM konumuna ve üçgen dalganın F(KHz) Frekans Seçici anahtarını (SW1), x1 (1KHz) konumuna getirin. 50mH'lik endüktans uçlarına bağlantı kablosu bağlayarak endüktans yükünü kısa devre edin. Böylece saf dirençsel bir yük devresi (100Ω) oluşur.

23. Referans Değişken Üreticinin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=10V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-16'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-16 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

24. Referans Değişken Üreticinin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini ölçün ve şekil 5-2-17'ye kaydedin.



CH1:

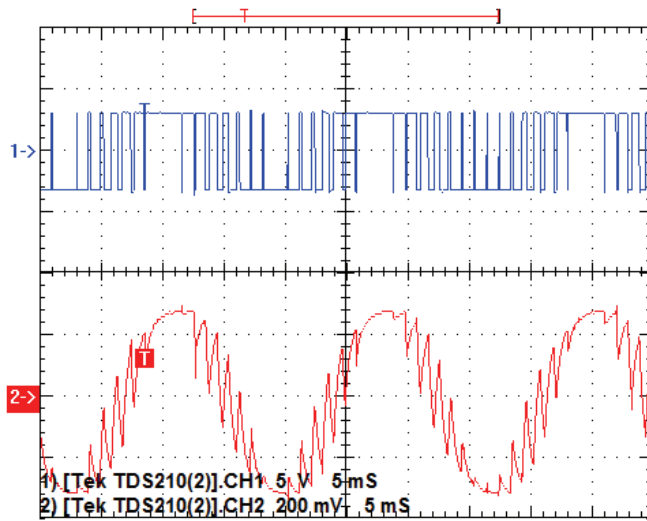
DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

CH2:

DIF AMP V Range: ____
VOLTS/DIV: ____
SEC/DIV: ____

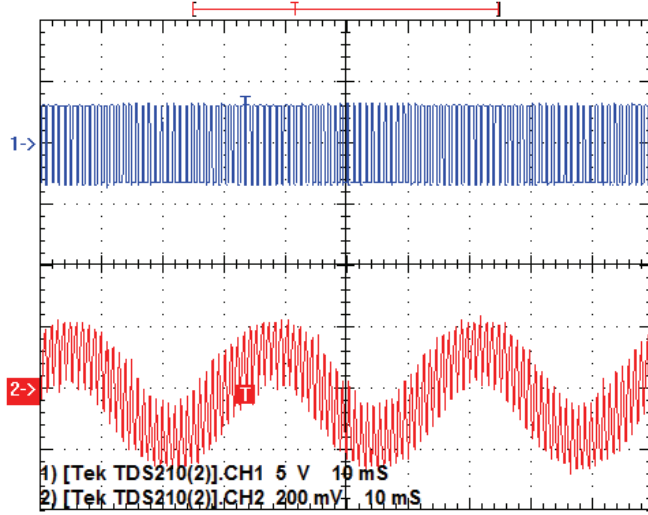
Şekil 5-2-17 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$

25. Endüktans uçlarındaki bağlantı kablosunu kaldırarak endüktansı yeniden devreye alın. Böylece saf dirençsel yük devresi, R_L yüke (50mH ile seri bağlı 100Ω) dönüşmüş olur. Gücü açın. Referans Değişken Üreticinin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=10V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, 100Ω üzerindeki yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-18'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



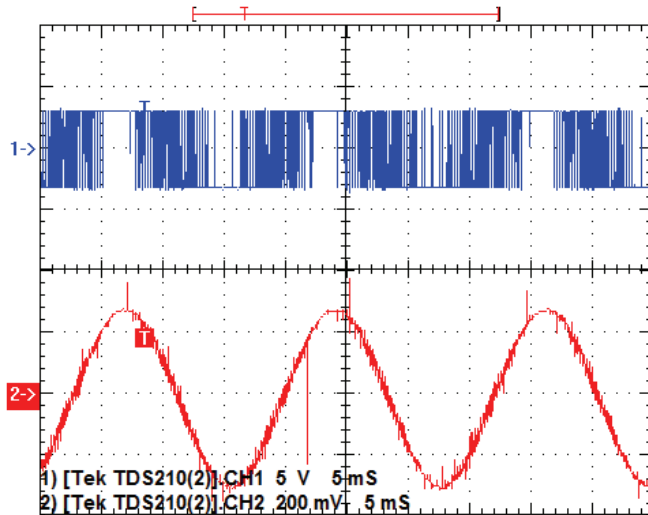
Şekil 5-2-18 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=1KHz$, PWM

26. Referans Değişken Üretcin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=5V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, 100Ω üzerindeki yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-19'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



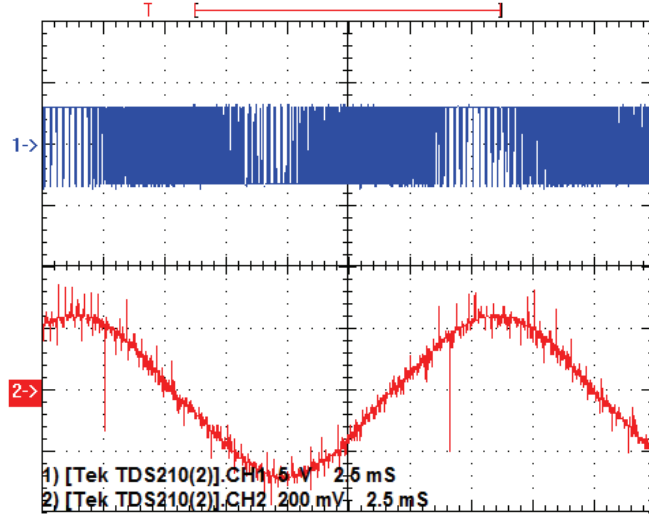
Şekil 5-2-19 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=5V$, $f_c=1KHz$, PWM

27. Tek-Fazlı PWM Denetleyici modülünde, üçgen dalganın $F(KHz)$ Frekans Seçici anahtarını (SW1), x5 (5KHz) konumuna getirin. Referans Değişken Üretcin V kontrol düğmesini, yaklaşık $V_c=10V$ olacak şekilde ayarlayın. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-20'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-20 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=5KHz$, PWM

28. Tek-Fazlı PWM Denetleyici modülünde, üçgen dalganın F(KHz) Frekans Seçici anahtarını (SW1), x15 (15KHz) konumuna getirin. Osiloskop kullanarak, yük gerilimi ve yük akımı dalga şekillerini, şekil 5-2-21’de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 5-2-21 Ölçülen V_L (CH1) ve I_L (CH2); $V_c=10V$, $f_c=15KHz$, PWM

Deney 6-1 Alçaltan (Buck) Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Alçaltan anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Alçaltan anahtarlama regülatörün çıkışındaki dalgalılığı ve tam-yük regülasyonu ölçmek.
4. Alçaltan anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.
5. PWM denetleyicinin çıkış sinyalini ölçmek.

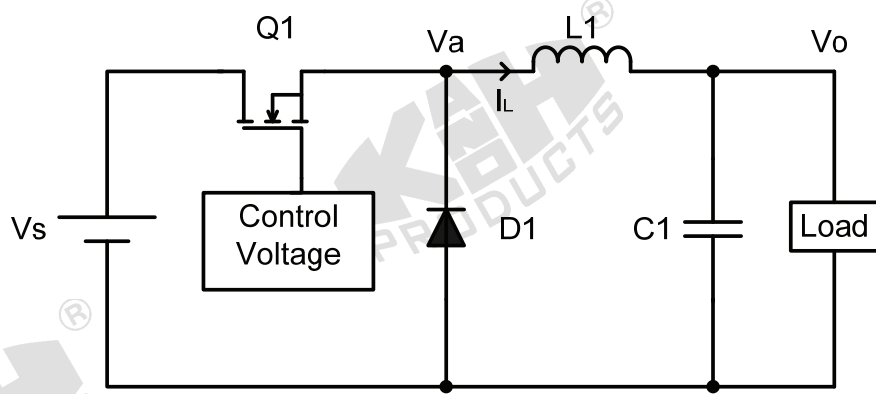
GENEL BİLGİLER

Basit bir alçaltan anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-1-1'de gösterilmiştir. MOSFET Q1 iletimde olduğunda, V_a gerilimi, kaynak gerilimi V_s 'ye eşit olur ve C1 kapasitesi, doğrusal olarak artan I_L endüktans akımı ile şarj olur. Q1 kesimde olduğunda, V_a sıfıra eşit olur, L1 endüktansında depolanan enerji, şekil 6-1-2'de gösterildiği gibi, yüke aktarılmaya başlar. Endüktans akımının sıfıra eşit olmadığını kabul ederek (endüktans akımı I_L sürekli), V_a 'nın ortalama değeri, Q1'in iletim süresi (t_{on}) ile belirlenir. Şekil 6-1-1'deki devrede,

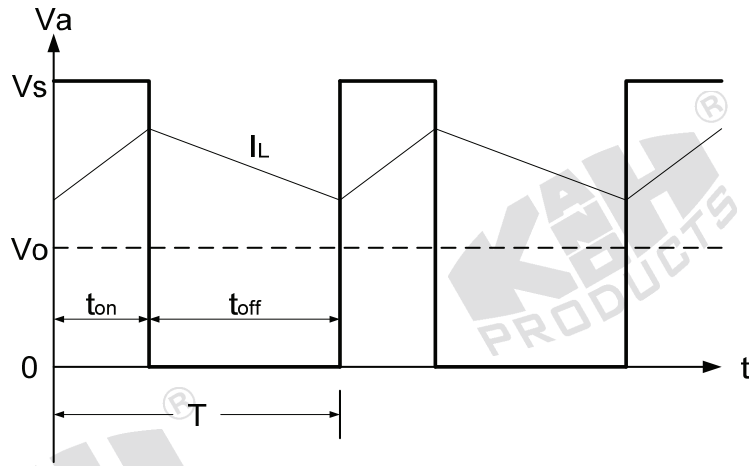
$$V_a = L \frac{di}{dt} + V_o$$

$$L \frac{di}{dt} = V_a - V_o$$

$$L di = \int_{ON} (V_a - V_o) dt + \int_{OFF} (V_a - V_o) dt$$



Şekil 6-1-1 Temel alçaltan anahtarlama güç kaynağı



Şekil 6-1-2 Alçaltan anahtarlama güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Kararlı durumda, akımdaki değişim $di/dt=0$ 'dır, Q1 MOSFET'i ve D1 diyodu iletimdedir, bundan dolayı iletim süresi boyunca $V_a=V_s$ ve kesim süresi boyunca $V_a=0$ 'dır. Böylece yukarıdaki denklem, aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir:

$$0 = L di = \int_0^{t_{on}} (V_s - V_o) dt + \int_{t_{on}}^{t_{on}+t_{off}} (-V_o) dt$$

$$(V_s - V_o)t_{on} - V_o t_{off} = 0$$

$$V_o = V_s \frac{t_{on}}{T}$$

(6-1-1)

Doluluk boşluk oranı D şu şekilde tanımlanır;

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

Çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$V_o = DV_s \quad (6-1-2)$$

V_o çıkış gerilimi, doluluk boşluk oranı yada dc kırıyıcının iletim süresi ile orantılıdır. Ortalama yük gerilimi, dc kırıyıcının iletim süresini kontrol ederek değiştirilir. Normalde, regülasyon, sabit bir kırıyıcı periyodu T ve değişken iletim süresi t_{on} durumunda, PWM tarafından gerçekleştirilir. Devrenin hiç kayba sahip olmadığını kabulederseniz, giriş gücü çıkış gücüne eşittir.

$$V_o I_o = V_s I_s$$

Buradan

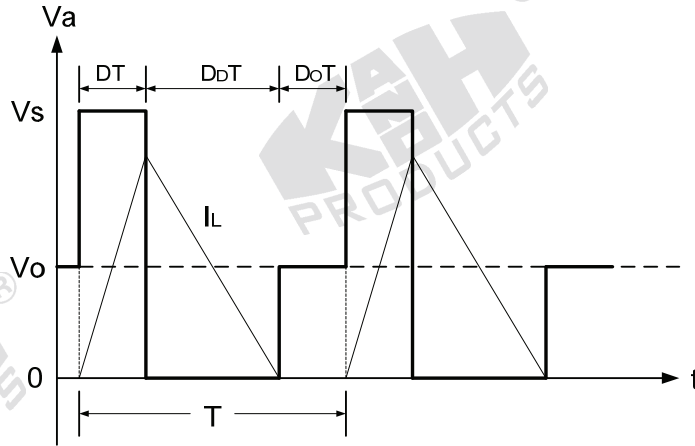
$$I_s = DI_o$$

Yukarıdaki denklem, I_L endüktans akımının sürekli ve sıfırdan büyük olduğu varsayımına dayalıdır.

Eğer I_L endüktans akımı sürekli değilse, Q1 MOSFET'i kesimdeyken, şekil 6-1-3'te gösterildiği gibi, I_L akımı iki kısma ayrılabilir, $D_D T$ süresinde D1 diyodu iletimdedir ve $D_O T$ süresince diyot akımı 0'dır. Çıkış gerilimi aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$(V_s - V_o)DT + (0 - V_o)D_D T = 0$$

$$V_o = V_s \frac{D}{D + D_D} \quad (6-1-3)$$



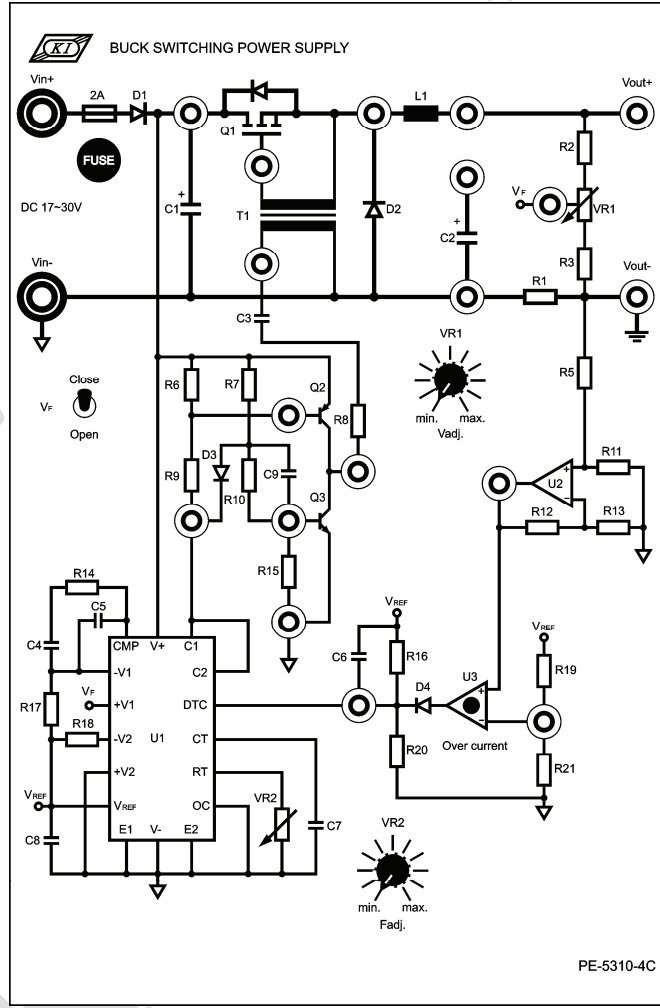
Şekil 6-1-3 Alçaltan anahtarlama güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-1-4, PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Bu şekilde, D1 diyodu, negatif giriş gerilimini engellemek için kullanılır. Bu modülün giriş gerilim aralığı, 17V ile 30V arasındadır; çıkış gerilimleri VR1 (Vadj kontrol) ile 10V - 15V arasında ayarlanır ve maksimum çıkış akımı 2A'dır.

Alçaltan anahtarlama regülatör, güç devresi ve kontrol devresi kısımlarına ayrılabilir. Güç devresi temel olarak, Q1, D2, L1 ve C2 ana elemanlarından oluşan bir azalan dc kıyıcıdır. Kontrol devresi, PWM denetleyici, sürücü devre, aşırı akım koruma devresi ve çıkış gerilimi geri besleme devresinden oluşmuştur.

Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkış), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükseltici (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.



Şekil 6-1-4 PE-5310-4C Alçaktan Anahtarlama Güç Kaynağı modülü

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (Fadj kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1 / (VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 transistörü kesime gider. Böylece, T1 transformatörü ile bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 transistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, hata yükselteci 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. R2, VR1 ve R3'ten oluşan gerilim bölücüden gelen çıkış geri besleme gerilimi V_F , hata yükselteci 1'in (V_F anahtarı Close konumunda) terslemeyen girişine (+V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve Vadj kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükselteci tarafından yükseltilir. Hata yükseltecinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

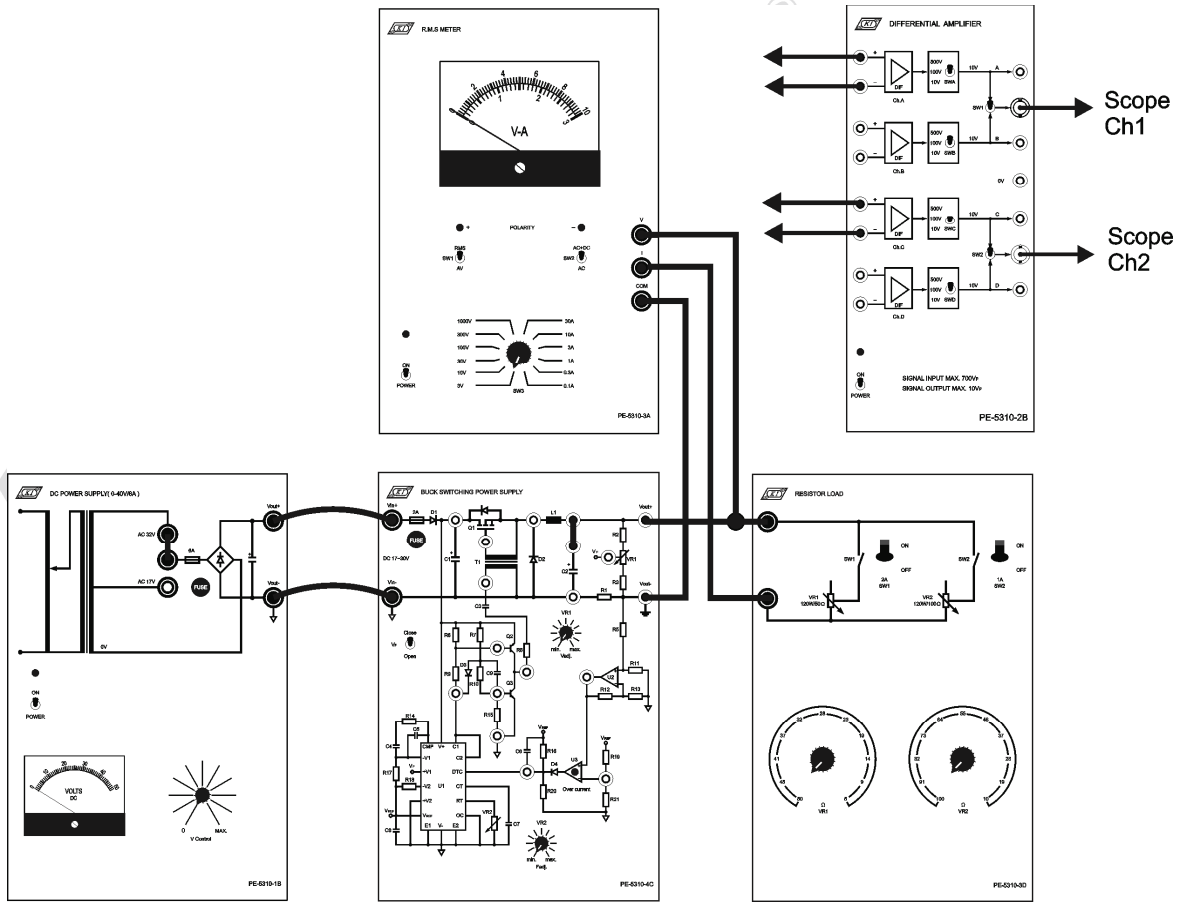
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükselteci ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcısı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcısı U3, ölü zaman karşılaştırıcının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-4C Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı x1
5. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

DENEYİN YAPILIŞI

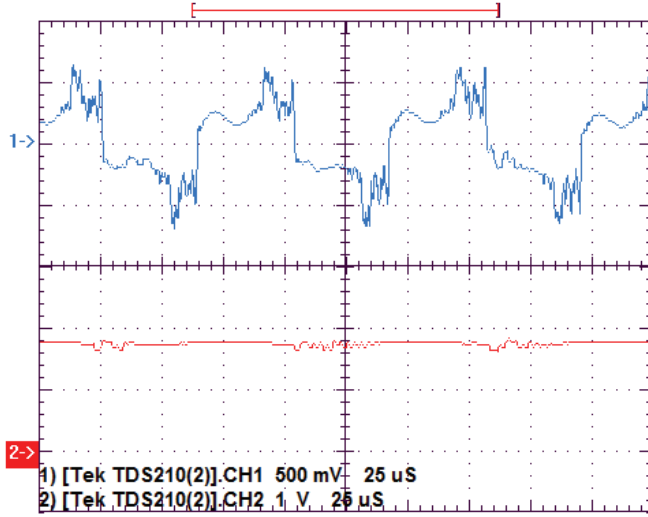
1. PE-5310-1B, PE-5310-4C, PE-5310-3A ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzeneklerinin üzerine koyun. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) ve PE-5310-3D modülünü çalışma masasına yerleştirin. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükselteci ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.
2. Tüm güç kapalıyken, Şekil 6-1-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. DC Güç Kaynağı modülünü kapatın. Direnç Yüğü modülü üzerindeki ON/OFF anahtarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saatin dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. R.M.S. Ölçeri açın.
3. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve dc çıkış gerilimi $V_{out}=20V$ olacak şekilde (Voltmetreden okuyun), V kontrol düğmesini ayarlayın. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 30V konumuna getirin.



Şekil 6-1-5 Alçaltan anahtarlamalı güç kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

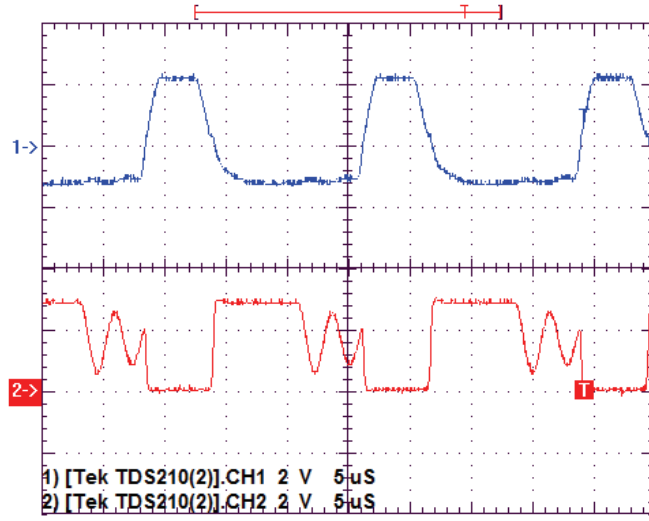
4. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_F anahtarını Close konumuna getirin ve V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10V). V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 15V).
5. DC Güç Kaynağının V kontrol düğmesini, giriş gerilimi $V_{in+}=30V$ olacak şekilde ayarlayın. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10V). V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 15V).
6. Alçaltan Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini (VR1), yüksüz çıkış gerilimi $V_{NL}=12V$ olacak şekilde ayarlayın.

7. Fark Yükseltecinde, V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), Ch.A için 10V ve Ch.C için 100V konumlarına, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, Q1'in G ve S terminallerine (+ G'ye, -S'ye) ve Ch.C girişlerini, Q1'in D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-1-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

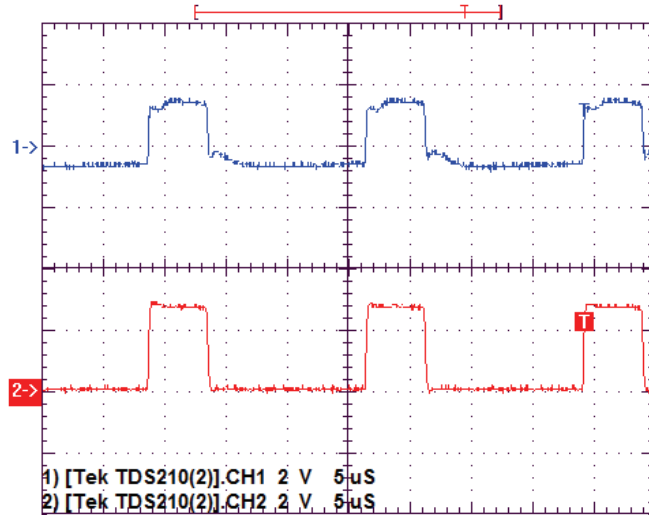
8. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 6 Ω ve 12 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.** Fark Yükselteci modülünde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçicilerini (SWA,SWC) 100V konumuna getirin. Osiloskop kullanarak, V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-1-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-7 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

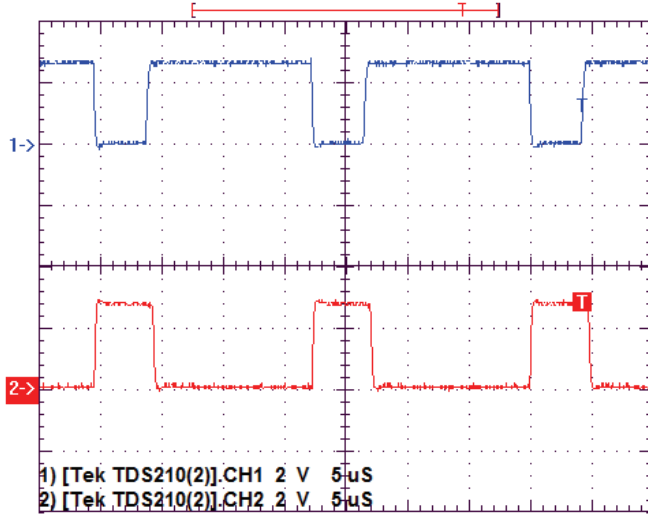
9. Q1'in iletim süresini = _____ μs (yaklaşık $6\mu s$) ve Q1'in kesim süresini = _____ μs (yaklaşık $12\mu s$) ölçün ve kaydedin.

10. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, T1 transformatörünün primerine (+ T1 primerine, - Vin-ye) ve Ch.C girişlerini, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) çıkışına (+ çıkışa, - Vin-ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, T1 primer sargısının giriş sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-1-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-8 Ölçülen V_{T1} (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

11. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, PWM çıkışına (+ U1'in C1'ine, - Vin-ye) bağlayın ve Ch.C girişlerini değiştirmeyin. Osiloskop kullanarak, PWM çıkış sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-1-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-1-9 Ölçülen PWM çıkışı (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2), tam yük

12. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). R.M.S. Ölçeri kullanarak, tam yük çıkış gerilimini $V_{FL} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 11.8V).
13. 6.adımdaki V_{NL} 'yi ve 11.adımdaki V_{FL} 'yi, $(V_{NL} - V_{FL})/V_{FL} \times 100$ denkleminde yerine koyarak, tam yük regülasyon yüzdesini hesaplayın = $\underline{\hspace{2cm}}$ % (yaklaşık %1.7).
14. 50 Ω 'un ON/OFF anahtarını, OFF konumuna ve 100 Ω 'un Ω kontrol düğmesini 100 konumuna getirerek, yük direncini 100 Ω olarak ayarlayın.
15. Alçaltan Anahtarlama Güç Kaynağı modülünde, V_{adj} kontrol düğmesini max'a ayarlayın ve R.M.S. Ölçeri kullanarak, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 5V). V_{adj} kontrol düğmesini min'e ayarlayın, R.M.S. Ölçeri kullanarak geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 5V).

16. V_F anahtarını Open konumuna getirin, V_{adj} 'yi min'e ayarlayın, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 13.5V). V_F anahtarını Open konumuna getirin, V_{adj} 'yi max'a ayarlayın, geri besleme gerilimini ölçün ve kaydedin $V_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V (yaklaşık 9V).

Deney 6-2 Yükselten (Boost) Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Yükselten anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Yükselten anahtarlama regülatörün çıkışındaki dalgalılığı ve tam-yük regülasyonu ölçmek.
4. Yükselten anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.
5. PWM denetleyicinin çıkış sinyalini ölçmek.

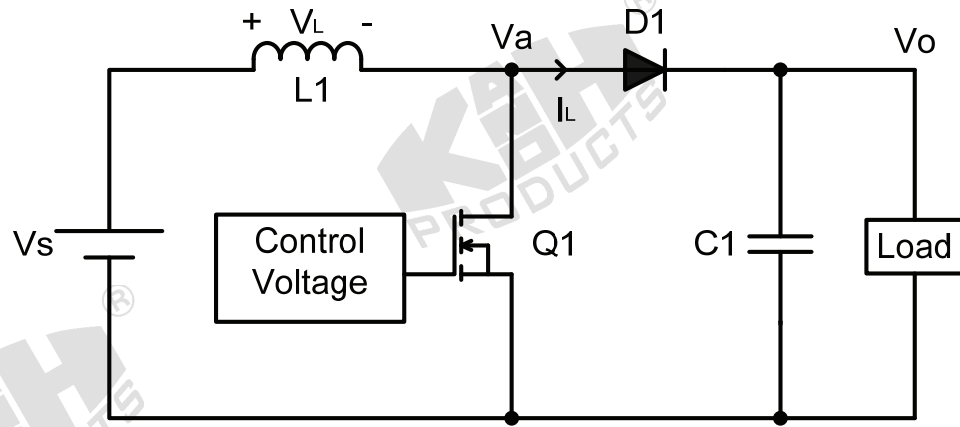
GENEL BİLGİLER

Basit bir yükselten anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-2-1'de gösterilmiştir. MOSFET Q1 iletimde olduğunda, $V_a=0$ olur, giriş akımı yükselir ve L1 endüktansı ve Q1 MOSFET'i üzerinden akar. Endüktans akımı I_L doğrusal olarak artar. Q1 MOSFET'i kesimde olduğunda, V_L gerilimi, V_S kaynak gerilimi eksi V_O çıkış gerilimine eşittir, I_L endüktans akımı, D1, C1 ve yük üzerinden akar ve Q1 MOSFET'i tekrar iletime geçene kadar azalır. Endüktansta depolanan enerji yüke aktarılır. Yükselten anahtarlama güç kaynağının gerilim ve akım dalga şekilleri şekil 6-2-2'de gösterilmiştir. Endüktans akımının sürekli olduğu kabul edilirse,

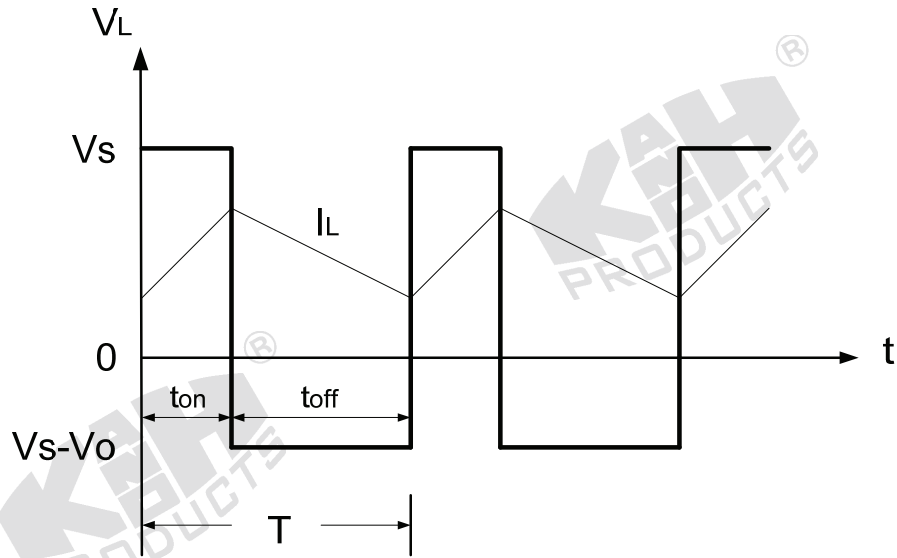
$$V_S T_{on} + (V_S - V_O) T_{off} = 0$$

Buradan

$$V_O = V_S \frac{T}{T_{off}} = V_S \frac{1}{1-D} \quad (6-2-1)$$



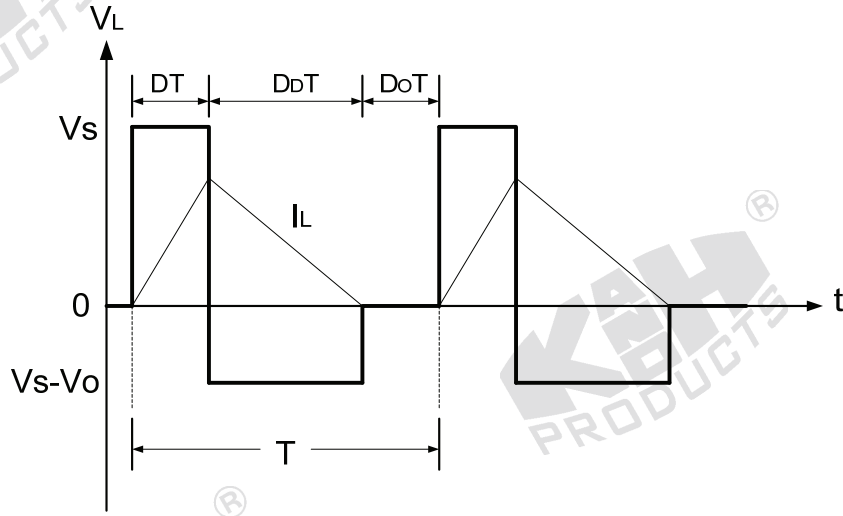
Şekil 6-2-1 Temel yükselten anahtarlamalı güç kaynağı



Şekil 6-2-2 Yükselten anahtarlamalı güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Denklem (6-2-1)'e göre, çıkış gerilimi, D doluluk boşluk oranı ve V_s kaynak gerilimi tarafından belirlenir. Doluluk boşluk oranı D, 0 ile 1 arasında bir değerdir. Doluluk boşluk oranı $D=0$ iken, Q1 MOSFET'i daima kesimdedir ve V_o çıkış gerilimi, V_s kaynak gerilimine eşittir. Pratikte çıkış gerilimi sonsuz olamayacağı için, $D=1$ durumu mümkün değildir.

Şekil 6-2-3, sürekli olmayan endüktans akımı durumunda, yükselten anahtarlama güç kaynağının endüktans gerilimi ve akımının dalga şekillerini göstermektedir. Q1 MOSFET'i iletimdeyken, V_L endüktans gerilimi, V_s kaynak gerilimine eşittir. Q1 MOSFET'i kesimdeyken, V_L endüktans gerilimi, V_s kaynak gerilimi ile V_o çıkış gerilimi arasındaki gerilim farkına eşittir. I_L endüktans akımı, D1, C1 ve yük üzerinden akar. Endüktansta depolanan enerji tamamen aktarılınca, V_L endüktans gerilimi 0 olur.



Şekil 6-2-3 Yükselten anahtarlama güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

Şekil 6-2-3'te görünen endüktans akımına göre,

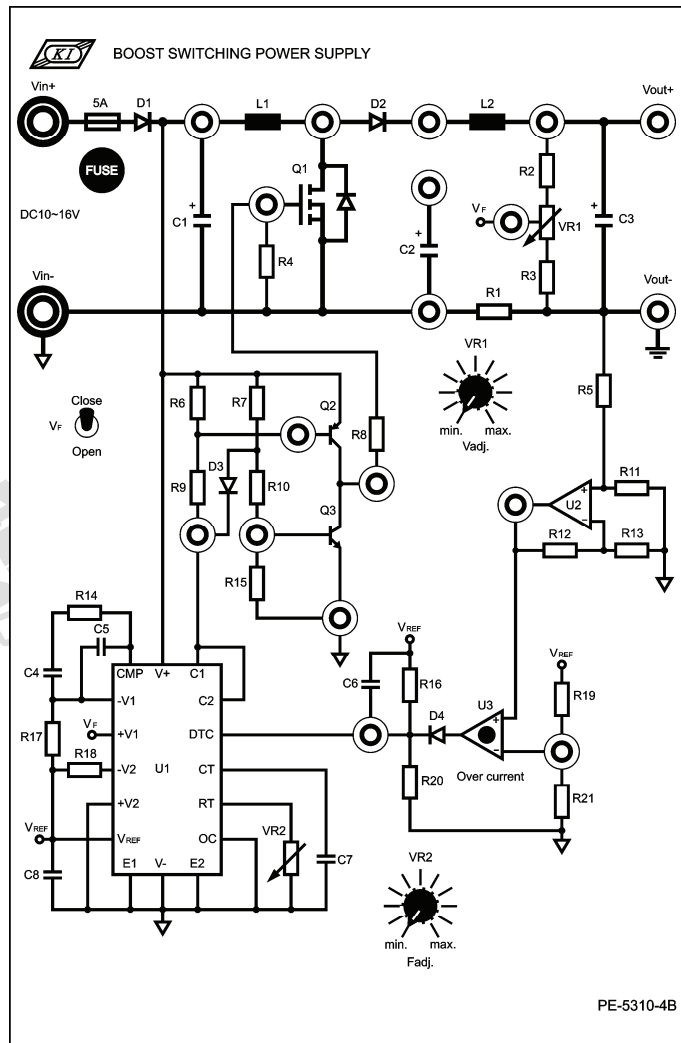
$$V_s DT = (V_o - V_s) D_o T$$

Bundan dolayı

$$V_o = V_s \frac{D + D_d}{D_d} \quad (6-2-2)$$

PE-5310-4B Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-2-4, Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Önceki deneyde ele alınan alçaltan anahtarlama güç kaynağı ile karşılaştırılırsa, yükselten anahtarlama güç kaynağının güç devresinde, çıkış gerilimindeki dalgalanmayı azaltmak için, ekstra L2 filtre endüktansı ve C2 filtre kapasitesi kullanıldığı görülür. İzin verilen giriş gerilimi, 10V'dan 16V'a kadardır, çıkış gerilimleri, VR1'in (V_{adj} kontrolü) ayarlanması ile 18V'dan 30V'a kadar olabilir ve maksimum çıkış akımı 2A'dır.



Şekil 6-2-4 Yükselten anahtarlama güç kaynağı modülü

Q1 MOSFET'inin kaynak terminali (S), direk olarak dc kaynağın negatif terminali Vin-'ye bağlandığından dolayı, darbe tranformatörüne gerek yoktur. Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkışı), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükselteci (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (V_{adj} kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1/(VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 tranzistörü kesime gider. Böylece, kapısına bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 tranzistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, hata yükselteci 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. R2, VR1 ve R3'ten oluşan gerilim bölücüden gelen çıkış geri besleme gerilimi V_F , hata yükselteci 1'in (V_F anahtarı Close konumunda) terslemeyen girişine (+V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve V_{adj} kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükselteci tarafından yükseltilir. Hata yükseltecinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

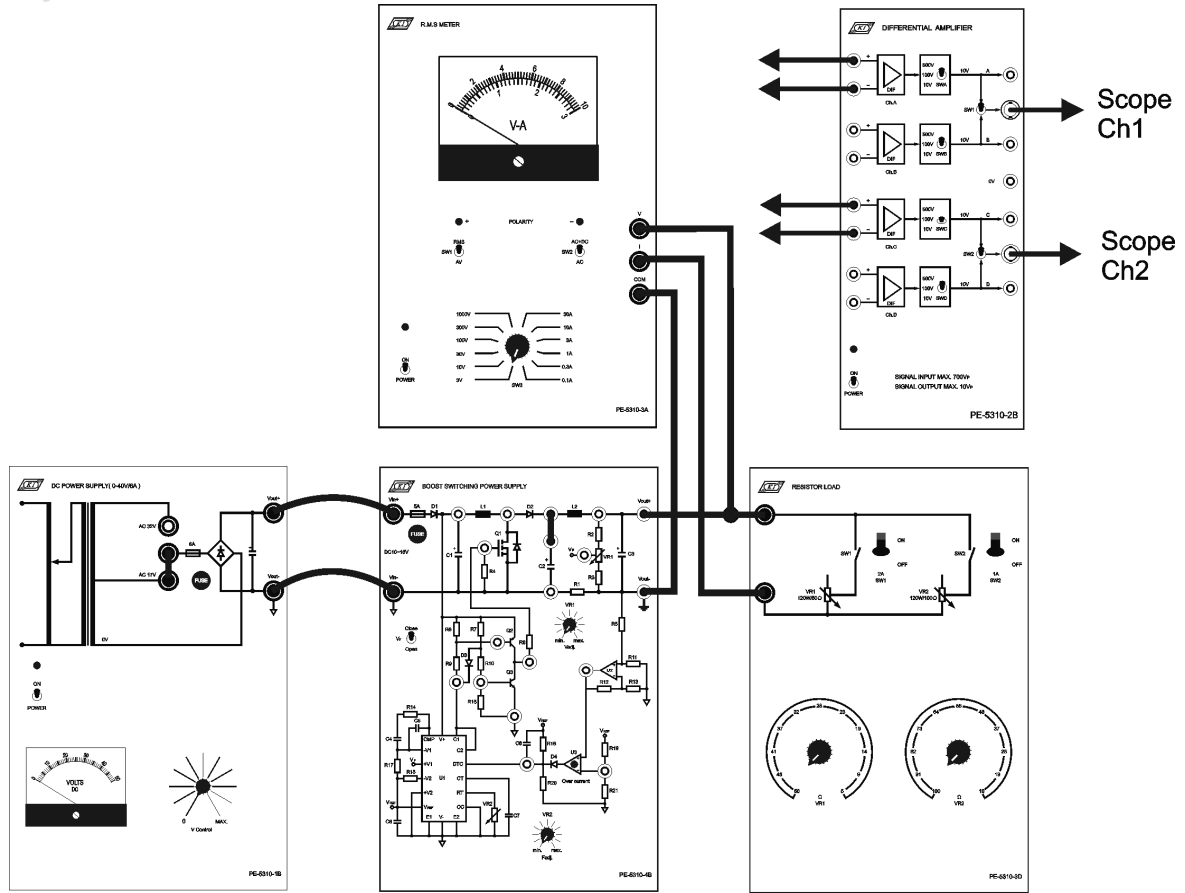
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükselteci ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcı U3, ölü zaman karşılaştırıcısının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
5. PE-5310-4B Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

DENEYİN YAPILIŞI

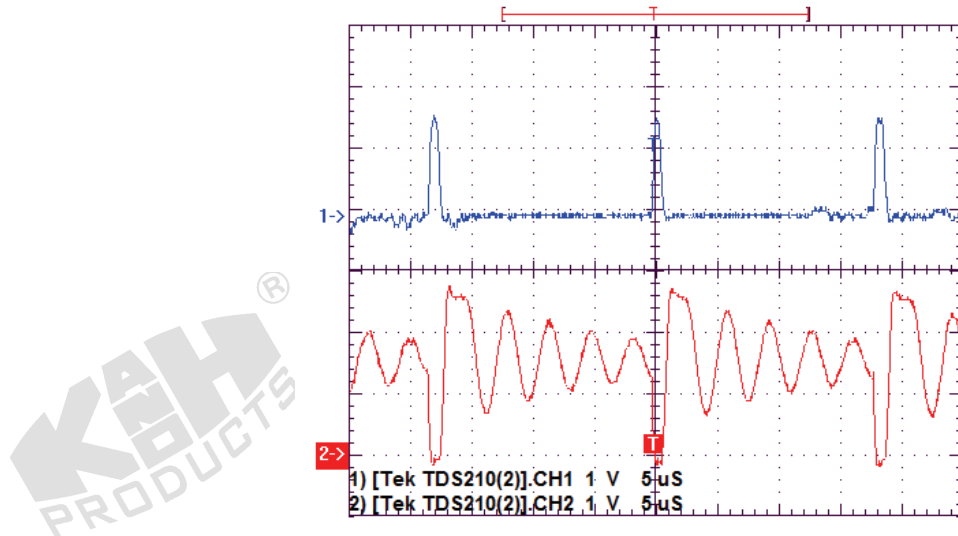
1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-1B, PE-5310-4B, PE-5310-3A ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzenekinin üzerine koyun.
2. Tüm güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini kullanarak, şekil 6-2-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükseltici ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın.



Şekil 6-2-5 Yükselten anahtarlama güç kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

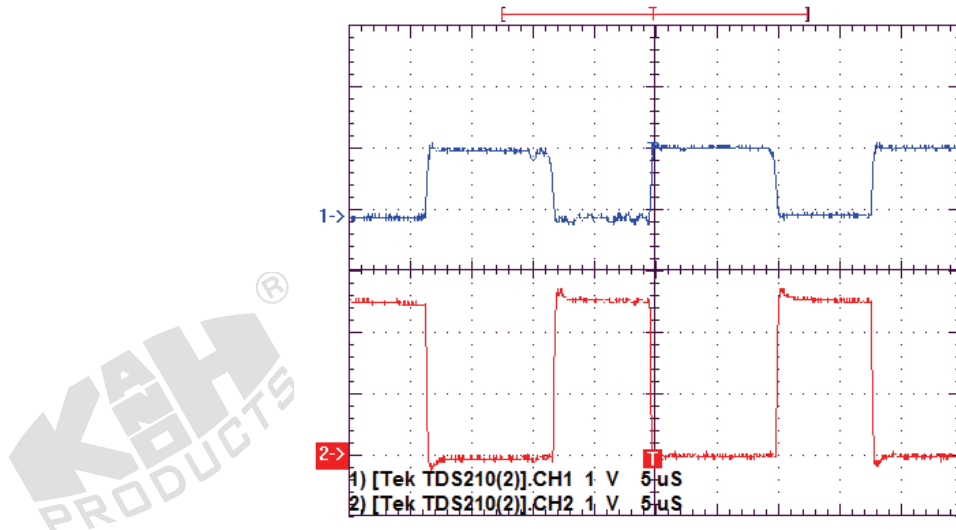
3. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin.

4. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve çıkış gerilimi 10V olacak şekilde, V kontrol düğmesini ayarlayın.
5. R.M.S Ölçeri açın. RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 30V konumuna getirin.
6. Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünde, V_F anahtarını Close konumuna getirin ve Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 10.8V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 30V).
7. DC Güç Kaynağının çıkış gerilimi 16V'a ayarlayın. Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünde, Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Çıkış gerilimini $V_{out} =$ _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 16V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Çıkış gerilimini $V_{out} =$ _____ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 30V).
8. Vadj kontrol düğmesini (VR1), yüksüz çıkış gerilimi $V_{NL} = 12V$ olacak şekilde ayarlayın.
9. Fark Yükseltecinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.
10. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

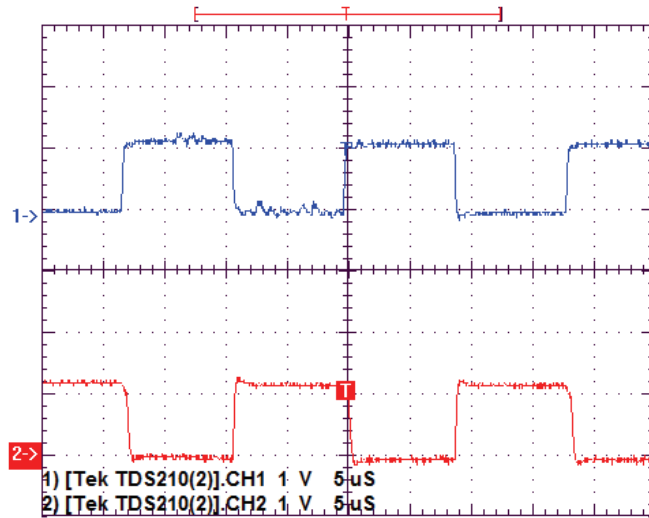
11. Direnç Yük modülünde, ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 12.5 Ω ve 25 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.** Tam yük çıkış gerilimini $V_{FL} = \underline{\hspace{2cm}}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 24V).
12. 8.adımdaki V_{NL} 'yi ve 11.adımdaki V_{FL} 'yi, $(V_{NL} - V_{FL})/V_{FL} \times 100$ denkleminde yerine koyarak, tam yük regülasyon yüzdesini hesaplayın = $\underline{\hspace{2cm}}$ %(yaklaşık %4).
13. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-7 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

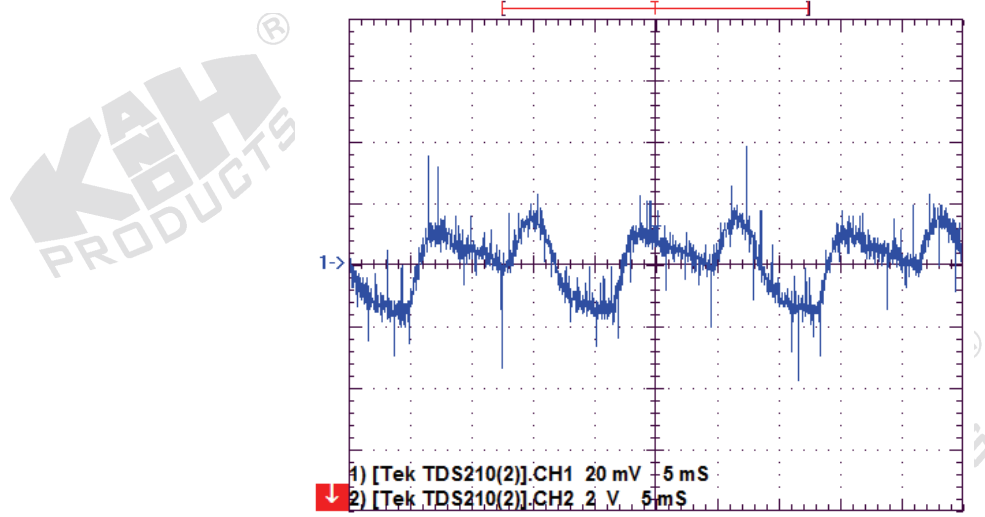
14. Q1'in iletim süresini = _____ μs (yaklaşık $10\mu s$) ve Q1'in kesim süresini = _____ μs (yaklaşık $7.5\mu s$) ölçün ve kaydedin. Doluluk boşluk oranı=iletim süresi/(iletim süresi+kesim süresi) ifadesini kullanarak, Q1'in doluluk boşluk oranını hesaplayın _____ (yaklaşık 0.57).

15. Yük akımını 1.9A'de tutun (tam yük). Fark Yükseltecinin Ch.A girişlerini, PWM çıkışına (+ U1'in C1'ine, - Vin'-ye) ve Ch.C girişlerini push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) çıkışına (+ çıkışa, - Vin'-ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, PWM çıkış sinyalini ve push-pull yükselteç çıkış sinyalini, şekil 6-2-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



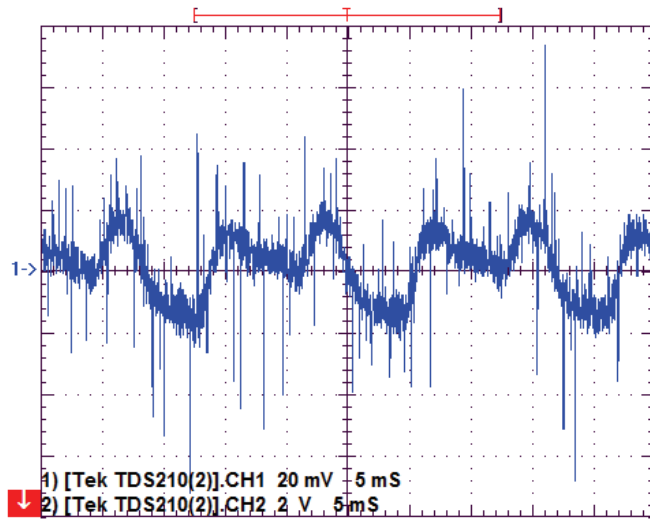
Şekil 6-2-8 Ölçülen PWM çıkışı (CH1) ve push-pull yükselteç çıkışı (CH2), tam yük

16. Ch.A girişlerini, regülatör çıkış terminalleri arasına (+ Vout+'ya, - Vout-'ye) bağlayın. V Aralık Seçici anahtarını 100V konumuna getirin. Osiloskop kullanarak (ac konumda), çıkıştaki dalgalanmayı, şekil 6-2-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Tepeden-tepeye dalgalanma gerilimini belirleyin $V_r = \text{_____} V_{pp}$ (yaklaşık 320mVpp).



Şekil 6-2-9 Ölçülen çıkış dalgalanma gerilimi, tam yük

17. Bağlantı kablosu kullanarak, L2 filtre endüktansını kısa devre edin. Osiloskop kullanarak (ac konumda), çıkıştaki dalgalanmayı, şekil 6-2-10'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin. Tepeden-tepeye dalgalanma gerilimini belirleyin $V_r = \text{_____} V_{pp}$ (yaklaşık 400mVpp).

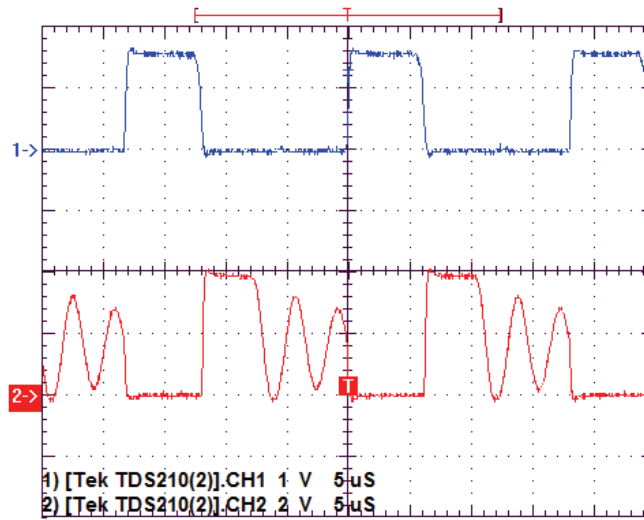


Şekil 6-2-10 Ölçülen çıkış dalgalanma gerilimi, tam yük, L2 kısa devre

18. L2 filtre endüktansı uçlarındaki bağlantı kablosunu kaldırın. 50Ω'un ON/OFF anahtarını, OFF konumuna ve 100Ω'un Ω kontrol düğmesini 100 konumuna getirerek, yük direncini 100Ω olarak ayarlayın. V_F anahtarını Open konumuna getirin. R.M.S. Ölçeri kullanarak, çıkış gerilimini $V_{out} = \text{_____}$ V ölçün ve kaydedin (yaklaşık 39V).

19. Fark Yükseltecinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın.

20. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-2-11'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-2-11 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, $R_L=100\Omega$

21. Q1'in iletim süresini = _____ μs (yaklaşık 6.5 μs) ve Q1'in kesim süresini = _____ μs (yaklaşık 11 μs) ölçün ve kaydedin. Doluluk boşluk oranı=iletim süresi/(iletim süresi+kesim süresi) ifadesini kullanarak, Q1'in doluluk boşluk oranını hesaplayın _____ (yaklaşık 0.37).

Deney 6-3

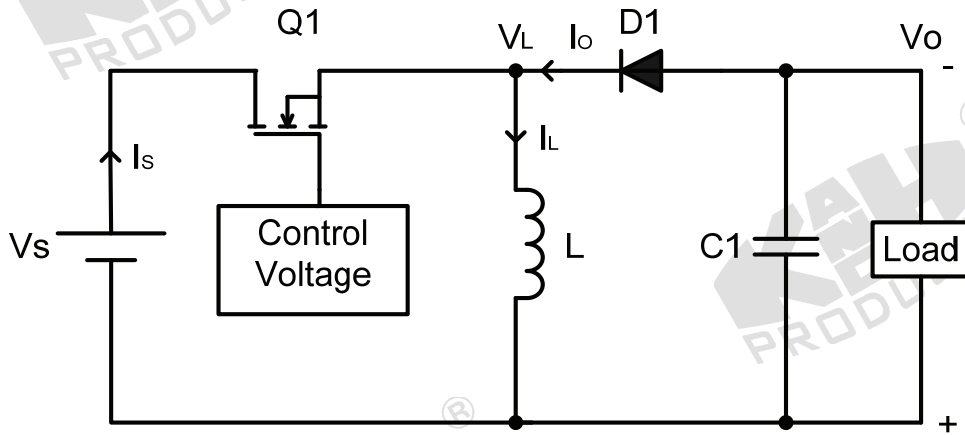
Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı

DENEYİN AMACI

1. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatörün çalışma prensibini anlamak.
2. Gerilim regülasyonunda negatif geri beslemenin etkilerini anlamak.
3. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatörün endüktans gerilim dalga şeklini ve çıkış gerilimini ölçmek.
4. Alçaltan-yükselten anahtarlama regülatör devresinde, anahtarlama elemanının gerilim dalga şekillerini ölçmek.

GENEL BİLGİLER

Basit bir alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı devresi, şekil 6-3-1’de gösterilmiştir. Q1 iletimde ve D1 diyodu ters kutuplandığında, giriş akımı yükselir ve L endüktansı ve Q1 MOSFET’i üzerinden akar. L endüktansında enerji depolanır ve çıkış gerilimi sabit olur.



Şekil 6-3-1 Basit alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı

Q1 kesimdeyken, endüktans akımı C1, D1 ve yük üzerinden akar, L endüktansında depolanan enerji yüke aktarılır ve endüktans akımı, Q1 MOSFET'i tekrar ilettime geçene kadar, azalır. V_o çıkış gerilimi ve V_s kaynak gerilimi zıt polaritelidir, bundan dolayı alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı aynı zamanda evirici regülatör olarak da isimlendirilir. Alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağının devresinin çalışması aşağıda anlatılmıştır:

1. Sürekli Endüktans Akımı Durumunda

Mod 1: Q1 iletimde ve D1 kesimdeyken, I_L endüktans akımı doğrusal olarak artar.

Bundan dolayı

$$V_s = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\Delta I_L^+ = \frac{V_s}{L} \cdot t_{on}$$

Mod 2: Q1 kesimdeyken, Lentz yasasına göre, endüktans geriliminin polariteleri, D1 diyodunun iletimde olması için, terstir. C1 kapasitesinin sarj edilmesiyle enerji yüke aktarılır, bu yüzden çıkış gerilimi negatiftir.

$$V_L = -V_C$$

$$V_o = -L \frac{di_L}{dt}$$

$$V_s(DT) = V_o(DT) = V_o(1-D)T$$

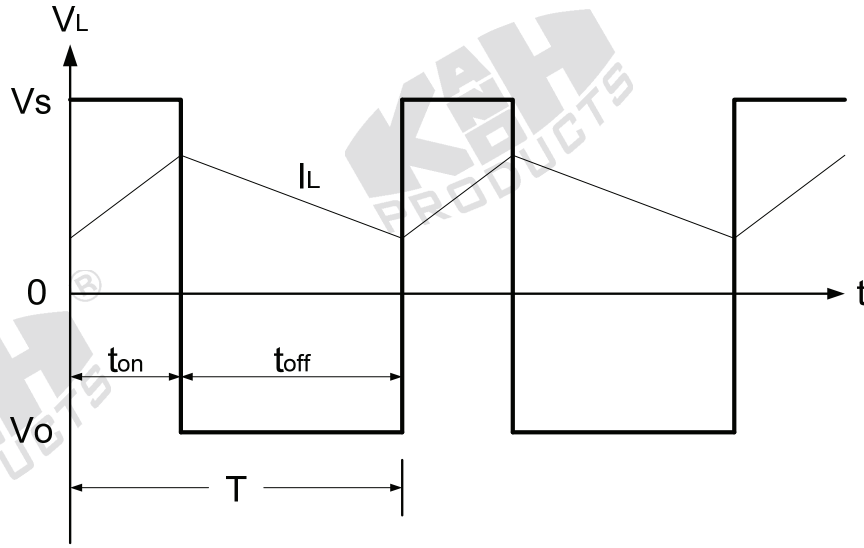
Sürekli endüktans akımı durumunda, alçaltan-yükselten anahtarlamalı güç kaynağı devresinin gerilim ve akım dalga şekilleri, şekil 6-3-2'de gösterilmiştir.

Gerilim kazancı

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{1-D} \quad (6-3-1)$$

Akım kazancı

$$\frac{I_o}{I_s} = \frac{1-D}{D} \quad (6-3-2)$$



Şekil 6-3-2 Alçaltan-yükselten anahtarlmalı güç kaynağı (sürekli endüktans akımı)

Doluluk boşluk oranı $D < 0.5$ olduğunda, bu devre alçaltan anahtarlmalı güç kaynağı olarak çalışır. $D > 0.5$ olduğunda ise, bu devre yükselten anahtarlmalı güç kaynağına eşdeğerdir.

2. Sürekli Olmayan Endüktans Akımı durumunda

$$\int_0^T V_L dt = 0$$

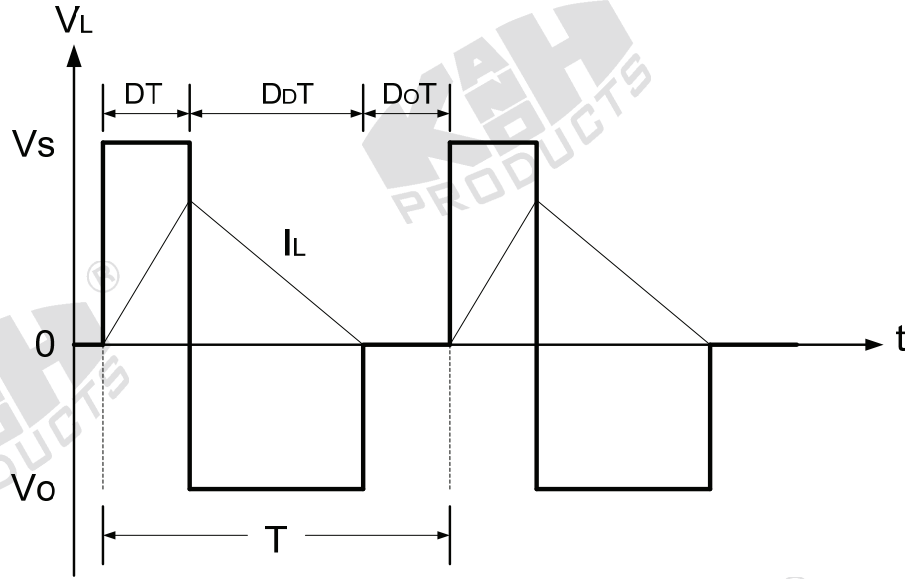
$$V_s DT + (-V_o) D_D T = 0$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{D_D} \quad (6-3-3)$$

Giriş gücü çıkış gücüne eşit olduğu için,

$$\frac{I_o}{I_s} = \frac{D_D}{D} \quad (6-3-4)$$

Sürekli olmayan endüktans akımı durumunda, alçaltan-yükselten anahtarlmalı güç kaynağı devresinin gerilim ve akım dalga şekilleri, şekil 6-3-3'te gösterilmiştir.

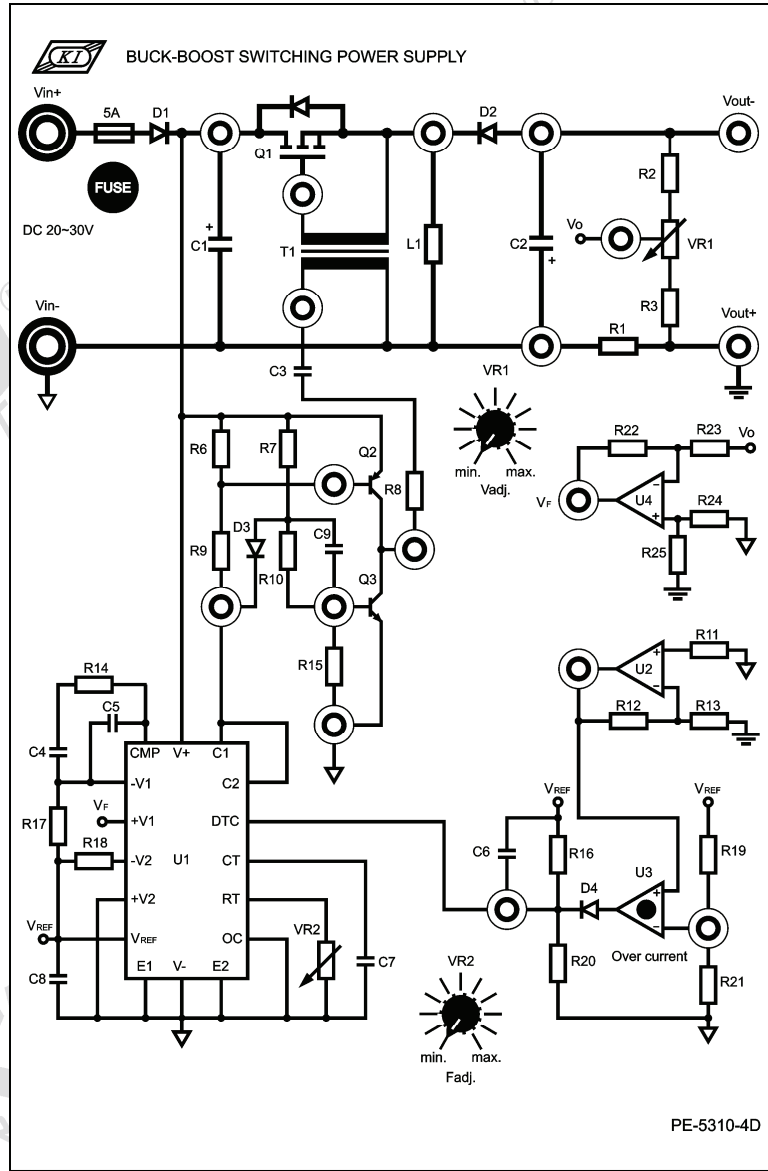


Şekil 6-3-3 Alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynağı (sürekli olmayan endüktans akımı)

PE-5310-4D Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Şekil 6-3-4, Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı modülünün devresini göstermektedir. Bu devrede, L1 endüktansı enerji depolamak için kullanılır. Q1 Güç MOSFET'i iletimde ve D2 diyodu ters kutupluysen, giriş akımı Q1 ve L1 endüktansı üzerinden akar. Q1 kesimdeyken L1 endüktansında depolanan enerji yükü aktarılır ve endüktans akımı C2 ve D2 üzerinden akar, bu yüzden çıkış geriliminin polaritesi giriş geriliminin tersidir. Eğer Q1'in doluluk boşluk oranı 0.5'ten küçük ise bu devre, bir alçaltan anahtarlama güç kaynağı olarak çalışır. Eğer Q1'in iletim süresi (doluluk boşluk oranı D) 0.5'ten büyükse çıkış gerilimi kaynak geriliminden daha yüksek olabilir (yükselten regülatör). Çıkış enerjisi, endüktansta depolandığı ve endüktanstan salıverildiği için, güç dönüşüm verimliliği, yükselten ve alçaltan anahtarlama güç kaynaklarına göre daha düşüktür.

Alçaltan-yükselten anahtarlama güç kaynak modülünün giriş DC gerilim aralığı 20V'dan 30V'a kadardır, Vadj kontrol düğmesi (VR1) ile kontrol edilen çıkış gerilimleri 5V'dan 30V'a kadardır ve çıkış akımının maksimum değeri 2A'dır.



Şekil 6-3-4 Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı Modülü

Kontrol devresinin kalbi, bir osilatör (RT ve CT girişleri), 5V referans regülatör (V_{REF} çıkış), bir PWM karşılaştırıcı, bir ölü zaman karşılaştırıcı (DTC giriş), iki hata yükselteci (+V1 ve -V1 girişler, +V2 ve -V2 girişler), iki çıkış transistörü (C1 ve E1 çıkışlar, C2 ve E2 çıkışlar), flip flop ve bir çıkış kontrol devresinden (OC giriş) oluşan, U1 PWM denetleyicisidir. U1, 7V ile 40V arasındaki güç kaynağı gerilimlerinde çalışabilir.

Testere dişi osilatörün frekansı, C7 ve VR2 (F_{adj} kontrol) tarafından belirlenir ve $f \approx 1.1 / (VR2 \times C7)$ denklemi ile hesaplanabilir.

Daha yüksek sürücü akımlarına sahip olmak için, denetleyici çıkış transistörleri paralel bağlanır (C1 ve C2 birleştirilir) ve çıkış kontrol ucu (OC) tek-tarafli çalışma için toprağa bağlanır. Çıkış anahtarlama frekansı, osilatörün frekansına eşit olacaktır. PWM çıkışı alçak olduğunda, push-pull yükseltecin (Q2 ve Q3) Q2 transistörü iletime geçerken, ileri yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini alçak yaptığı için Q3 tranzistörü kesime gider. Böylece, T1 transformatörü ile bağlanan pozitif kapılama sinyali sayesinde, Q1 güç MOSFET'i iletimde olur. PWM çıkışı yüksek olduğunda, Q2 kesime gider ve ters yönde kutuplanmış D3 diyodu, Q3'ün baz gerilimini yüksek yaptığı için Q3 tranzistörü iletime gider. Böylece, kapılama sinyali olmadığı için, Q1 güç MOSFET'i kesimdedir.

Sabit 5V referans gerilimi V_{REF} , R17 üzerinden, dahili hata yükselteci 1'in tersleyen girişine (-V1) bağlanır. Geri besleme gerilimi V_F , direk olarak çıkış gerilimi V_{OUT} ile orantılıdır ve V_{adj} kontrolü (VR1) kullanılarak ayarlanır. V_{REF} ve V_F arasındaki fark, hata yükselteci tarafından yükseltilir. Hata yükseltecinin çıkışı, PWM sinyalinin doluluk boşluk oranını ve Q1 güç MOSFET'inin iletim süresini değiştirmek için, PWM karşılaştırıcının girişine beslenir. Sonuç olarak, çıkış geriliminin, geri besleme devresi vasıtası ile ayarlanan değerde kalması sağlanabilir ve böylece gerilim regülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

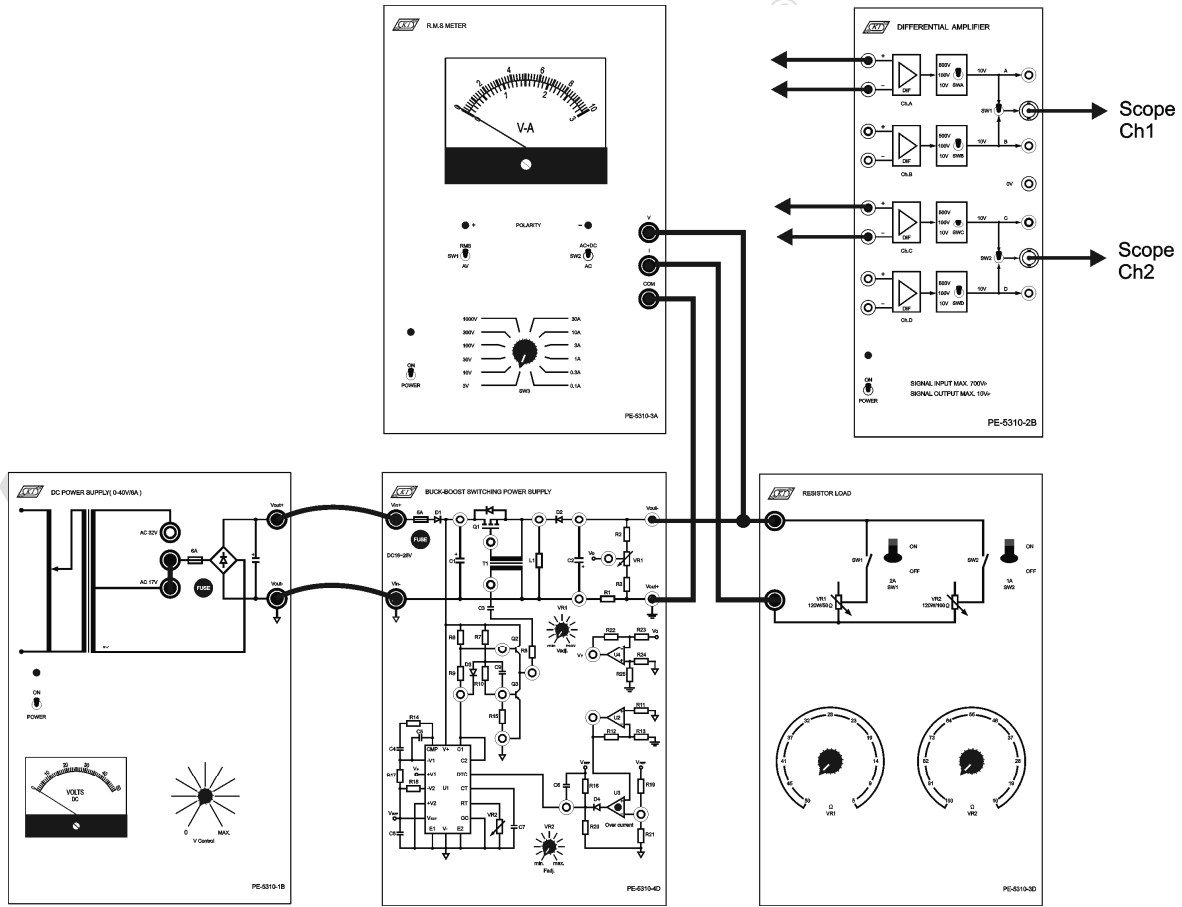
Aşırı akım koruma devresi, aşırı yük akımından dolayı güç elemanlarının zarar görmesini engellemek için kullanılır. Koruma devresi; akım duyarlı R1 direnci, U2 terslemeyen yükselteci ve U3 aşırı akım karşılaştırıcısından oluşmuştur. R1 üzerindeki gerilim düşümünün genliği, direk olarak çıkış akımı ile orantılı olduğundan, çıkış akımı arttıkça gerilim düşümü de artacaktır. Gerilimdeki bu artış terslemeyen yükselteç U2 tarafından yükseltilir ve çıkış, aşırı akım karşılaştırıcı U3'ün terslemeyen girişine beslenir. Normal çalışma durumunda, U3'ün tersleyen girişindeki gerilim, terslemeyen girişindeki gerilimden büyüktür (V_{REF} , R19 ve R21 ile maksimum akım ayarı), U3 çıkışı alçaktır. Eğer çıkış akımı, ayarlanan maksimum akımı aşarsa, aşırı akım karşılaştırıcı U3, ölü zaman karşılaştırıcının DTC girişine yüksek seviyeli gerilim üretecektir. Bu, PWM sinyalin doluluk boşluk oranını artırır ve Q1'in iletim süresini azaltır, bu yüzden çıkış gerilimi düşer. Aynı zamanda, aşırı akım gösterge LED'i yanar.

KULLANILACAK ELEMANLAR

1. PE-5310-1B DC Güç Kaynağı x1
2. PE-5310-2B Fark Yükselteci x1
3. PE-5310-3A R.M.S. Ölçer x1
4. PE-5310-3D Direnç Yüğü x1
5. PE-5310-4D Alçaltan-Yükselten Anahtarlama Güç Kaynağı x1
6. Dijital Bellekli Osiloskop (DSO) x1
7. Bağlantı Kabloları
8. Köprüleme Klipsleri

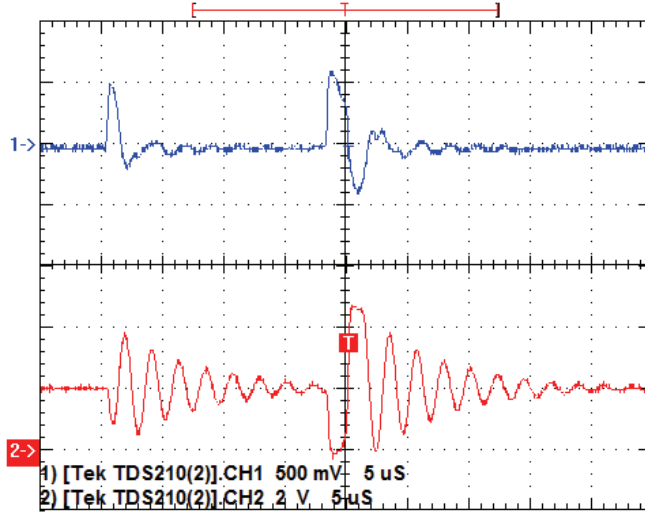
DENEYİN YAPILIŞI

1. Dijital Bellekli Osiloskobu (DSO) çalışma masasına yerleştirin. PE-5310-1B, PE-5310-4D, PE-5310-3A, PE-5310-3B ve PE-5310-3D modüllerini Deney Düzeneğinin üzerine koyun.
2. Tüm güç kapalıyken, bağlantı kabloları ve köprüleme klipslerini (eğik çizgiler) kullanarak, şekil 6-3-5'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Direnç Yüğü modülünde, ON/OFF anahtarlarını OFF konumuna getirin ve Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. Topraklı üç uçlu fişleri kullanarak, DC Güç Kaynağı, Fark Yükselteci ve R.M.S. Ölçer modüllerine, 220V AC kaynak bağlayın. DC Güç Kaynağı kapatın. R.M.S. Ölçeri açın.
3. DC güç kaynağı modülünde, V kontrol düğmesini 0 konumuna getirin. DC Güç Kaynağını açın ve dc çıkış gerilimi $V_{out} = -20V$ olacak şekilde (Voltmetreden okuyun), V kontrol düğmesini ayarlayın. R.M.S Ölçerde, RMS/AV Seçici anahtarını(SW1), RMS konumuna, AC/AC+DC Seçici anahtarını(SW2), AC+DC konumuna ve V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 100V konumuna getirin. R.M.S. Ölçeri açın.



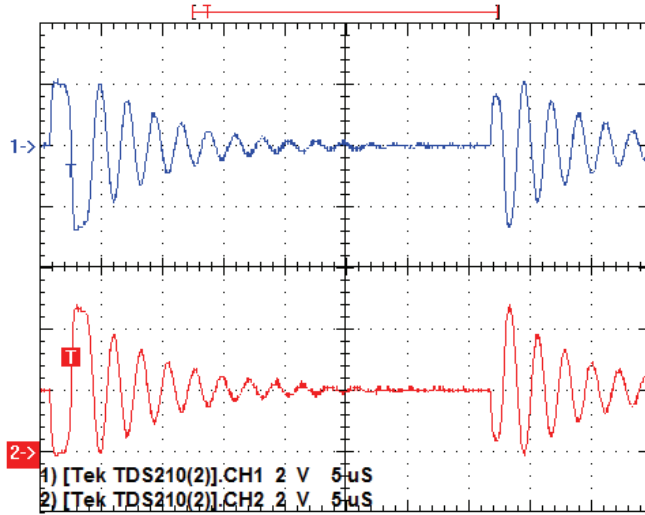
Şekil 6-3-5 Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı ölçümü için bağlantı diyagramı

4. Alçaltan-Yükselten Anahtarlamalı Güç Kaynağı modülünde, Vadj kontrol düğmesini(VR1), min'e ayarlayın. Minimum çıkış gerilimini = _____V ölçün ve kaydedin (yaklaşık -5.4V). Vadj kontrol düğmesini (VR1), max'a ayarlayın. Maksimum çıkış gerilimini = _____V ölçün ve kaydedin (yaklaşık -32V).
5. Vadj kontrol düğmesini, regülatör çıkış gerilimi V_{out} = 25V olacak şekilde ayarlayın.
6. Fark Yükseltecinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, G ve S terminallerine (+ G'ye, - S'ye) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-6'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-6 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

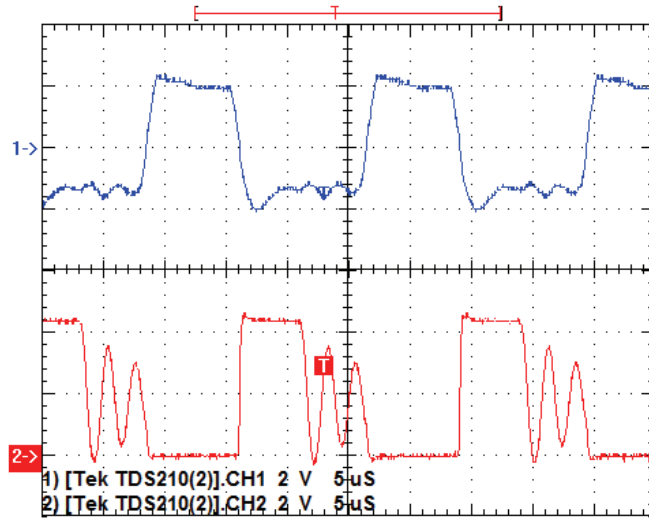
7. Fark Yükseltisinde, Ch.A ve Ch.C için V Aralık Seçici anahtarlarını (SWA,SWC), 100V konumuna, Ch Seçicilerini (SW1,SW2) A ve C konumlarına getirin. Ch.A girişlerini, L1 endüktansı uçlarına (+ üst terminale, - alt terminale) ve Ch.C girişlerini, D ve S terminallerine (+ D'ye, - S'ye) bağlayın. Osiloskop kullanarak, V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-7'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-7 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, yüksüz

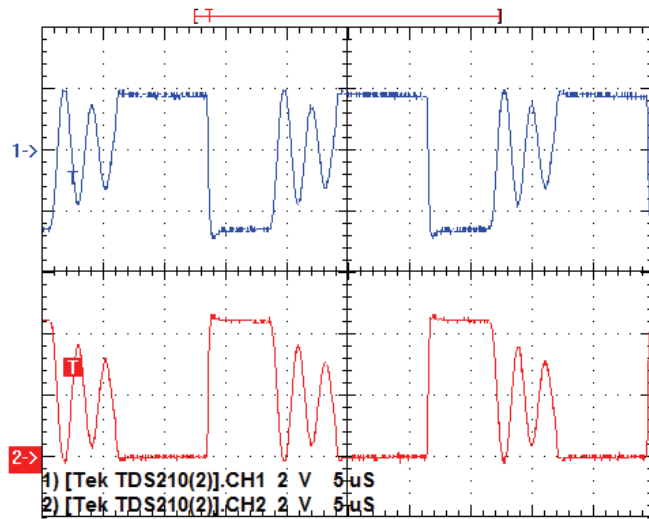
8. Direnç Yük modülünde, Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. **Not: 50 Ω ve 100 Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 12.5 Ω ve 25 Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.**

9. 6. adımı tekrarlayın ve Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-8'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-8 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

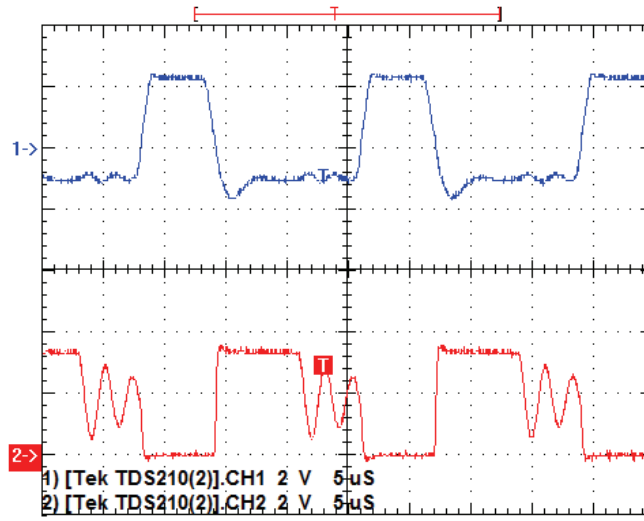
10. 7. Adımı tekrarlayın ve V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-9'da gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-9 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

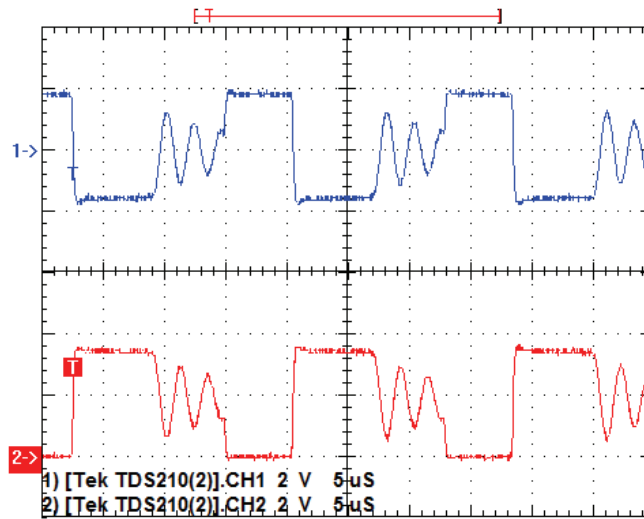
14. Direnç Yük modülünde, Ω kontrol düğmesini, saat dönüş yönünün tersine tam olarak çevirin. ON/OFF anahtarlarını ON konumuna getirin. Yük akımını yaklaşık 1.9A yapmak için, Ω kontrol düğmelerini dikkatli bir şekilde çevirin. R.M.S. Ölçerin V/I Aralık Seçici anahtarını(SW3), 3A konumuna getirin. **Not: 50Ω ve 100Ω 'luk yük dirençlerini, sırasıyla 7.5Ω ve 15Ω 'dan küçük değerlere ayarlamayın.**

15. 6. adımı tekrarlayın ve Q1'in V_{GS} ve V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-12'de gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-12 Ölçülen V_{GS} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük

16. 7. Adımı tekrarlayın ve V_{L1} ve Q1'in V_{DS} gerilim dalga şekillerini, şekil 6-3-13'te gösterildiği gibi, ölçün ve kaydedin.



Şekil 6-3-13 Ölçülen V_{L1} (CH1) ve V_{DS} (CH2) gerilim dalga şekilleri, tam yük