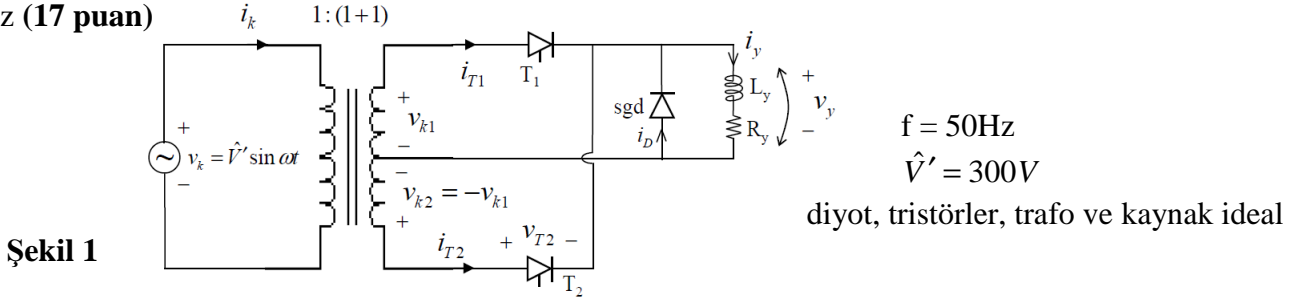


GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

15 Haziran 2011 Süre: 80 dakika

Her soru 25 puandır. Sorulardan 4 tanesini çözmeniz beklenmektedir.

1) Şekil 1'deki devrede tristörler $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla tetikleniyor. $R_y = 30\Omega$ 'luk omik yükte ($L_y = 0$) bir süredir çalışılıyor. Primer akımının (i_k) dalga şeklini çiziniz (8puan) ve temel bileşenin etkin değerini I_{k1}^{rms} hesaplayınız (17 puan)

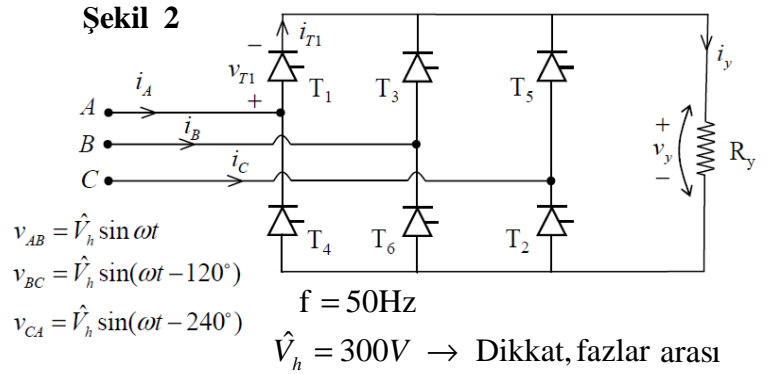


2) Şekil 1'deki devrede $i_y = I_d = 5A$ 'lik tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) ve $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışılıyor.

a) v_y , i_{T2} ve v_{T2} dalga şekillerini çiziniz. (7+5+8 puan) (v_{T2} çiziminde kılavuz çizgilerin fonksiyonlarını ne kabul ettiğinizi (v_k , $2v_k$, $v_k/2$ ya da eksilerinden hangileri olduğu) belirtmelisiniz.)

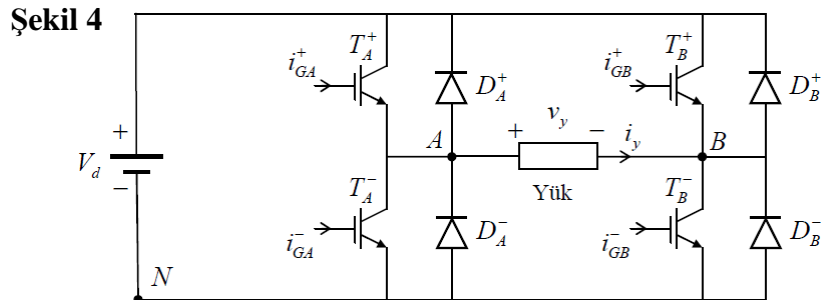
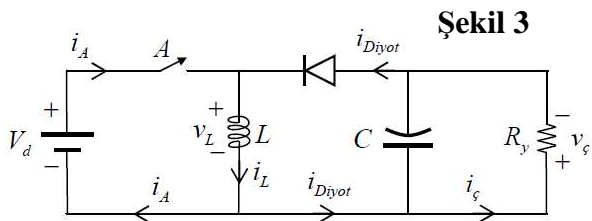
b) Bu çalışma şartları, akım tamamen dengeye gelecek kadar uzun bir süredir devam ediyorsa R_y üzerindeki ortalama güç ne olur? (5 puan) (R_y değeri bilinmiyor.)

3) Şekil 2'deki devrede tristörler ideal, A, B, C uçlarına bağlı sekonderi Y trafonun her bir faz sekonder sargısının kaçak reaktansı ise $L_k = 7mH$ 'dir. $\alpha = 30^\circ$ ateşleme açısıyla çalışılıyor. Aktarım anlarında yük akımı $i_y = I_d = 5A$ değerinde yaklaşık sabit kabul edilebiliyor. Buna göre aktarım açısını (\hat{u}), aktarım süresini (t_{akt}), aktarımın etkisi de dikkate alındığında yük üzerindeki ortalama gerilimi (V_{ydc}^{gercek}) hesaplayınız. (9 + 4 + 12 puan)



4) Şekil 3'teki devrede $V_d = 24V$ ve $f_a = 1kHz$ anahtarlama frekansı ile, $V_c = 48V$ çıkış geriliminde $P = 60W$ çıkış gücünü i_L sürekli olacak şekilde verebilmesi için gereken en küçük endüktansı ve bu yük için $\Delta v_c / V_c \leq \%1$ şartını sağlayan en küçük kapasitansı bulunuz. (15+10 puan)

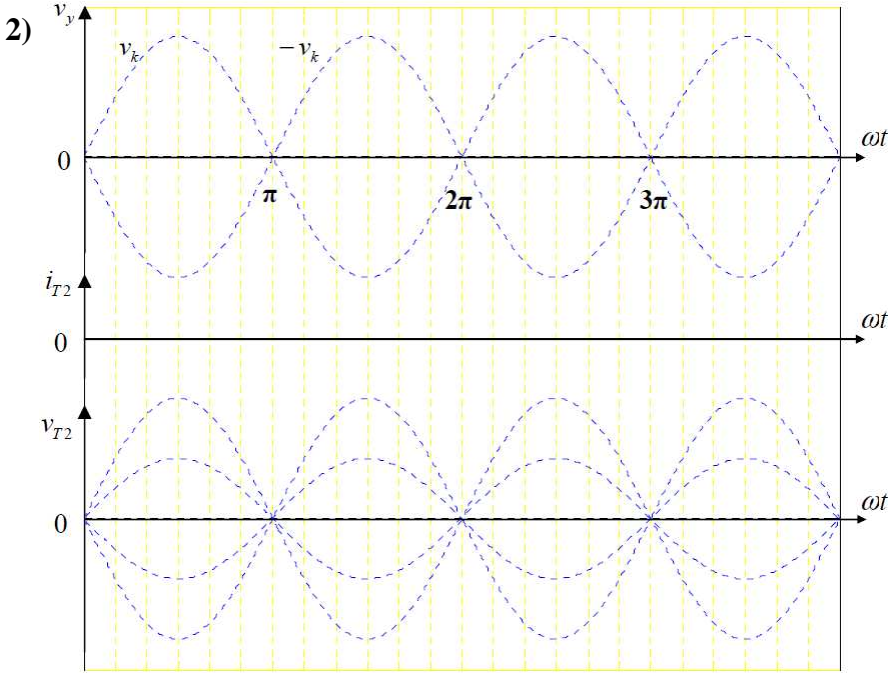
5) Şekil 3'teki devrede $L = 1,2mH$, $C = 470\mu F$, $R_y = 20\Omega$, $V_d = 24V$, $V_c = 60V$, $f_a = 1kHz$ olduğuna göre çıkış akımını, çıkış gücünü, çalışma oranını (D) ve ortalama giriş akımını bulunuz. i_L kesikli değilse $\Delta v_c / V_c$ 'yi de bulunuz.



6) Şekil 4'teki devrede IGBT'ler, üçgen dalgayla tek yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle anahtarlanaştır. Referans gerilimi (v_{ref}) veya eksişinin ($-v_{ref}$) üçgen dalgaya eşit olduğu anlar kesikli düşey çizgilerle belirtilmiştir. Yük geriliminin (v_y) dalga şeklini ve göz kararı bunun temel bileşenini çiziniz (15+3 puan) Üçgen dalga frekansının, v_{ref} frekansına oranı için nasıl değerler tercih edilir, neden? (7 puan)

Öğrenci No:		1	2	3	4	5	6	TOPLAM
Adı Soyadı								

1. sorunun cevabı için kılavuz çizgi verilmiyor. Kendiniz kolayca çizebilirsiniz.



O2 devresinde $V_{ydc} = \frac{\hat{V}'}{\pi}(1 + \cos \alpha)$
(sgd varsa veya yük omikse)

3) K6 devresi için formüller:

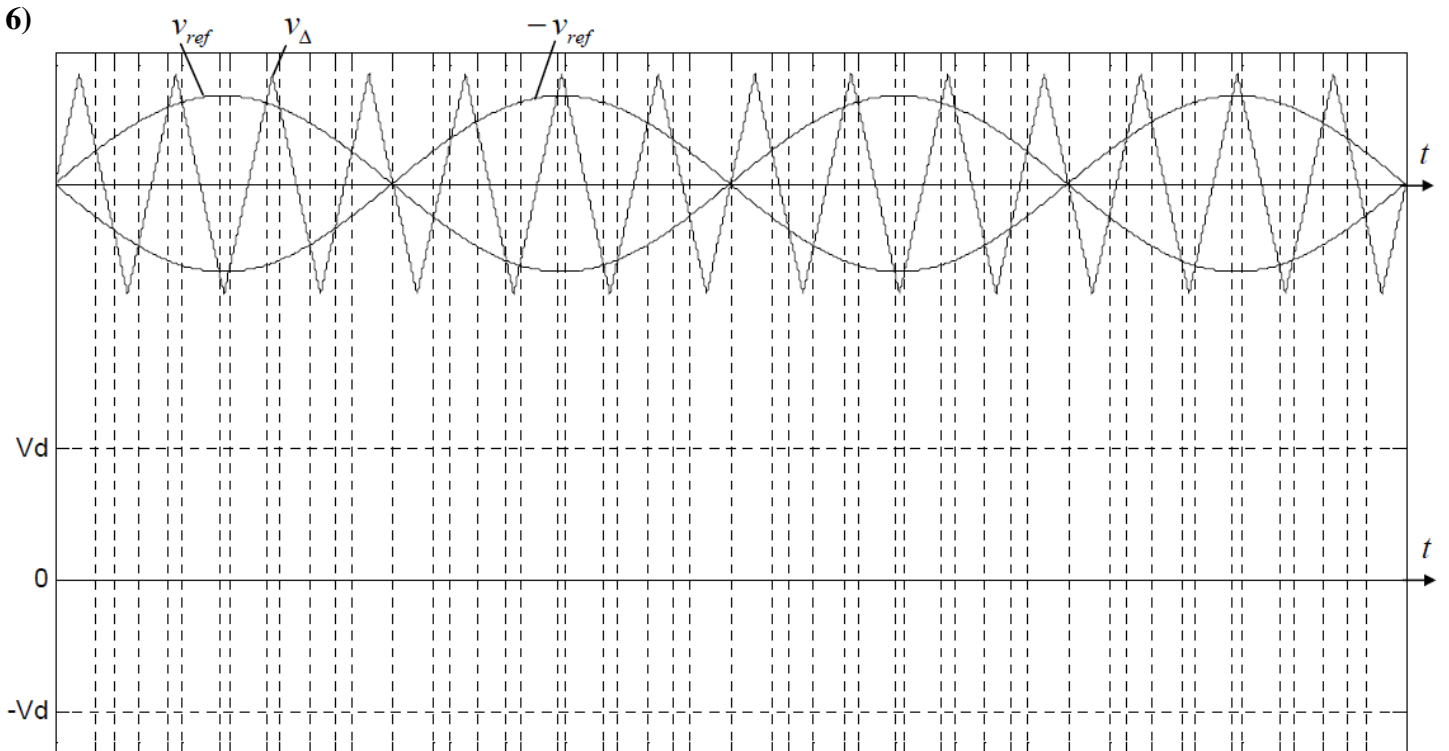
$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \mu) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{akt}}$$

$$A_{\mu} = \omega L_k I_d \quad \Delta V_{ydc} = \frac{A_{\mu}}{T_{vy}}$$

$$\alpha < \pi/3 \Rightarrow V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \cos \alpha$$

4-5) Derste anlatılan dc/dc çevirici formülleri

	I_{ζ}^{ss}	i_L sürekliyse		i_L kesikliyse	
		V_{ζ}/V_d	$\Delta v_{\zeta}/V_{\zeta}$	Δ_1	V_{ζ}/V_d
Alçaltıcı	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$	$\frac{2LI_{\zeta}}{T_a V_d D}$	$\frac{D}{D + \Delta_1}$
Yükseltici		$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D + \Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı - Yükseltici		$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{D}{\Delta_1}$	



GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
15 Haziran 2011

1) Sekonderin iki yarısı da birim dönüşüm oranlı olup $v_{k1} = v_k$

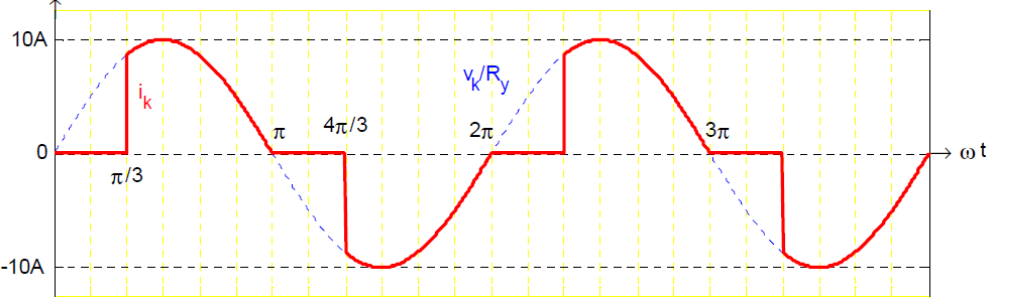
T_1 iletimdeyse:

$$i_k = i_{T1} = v_{k1}/R_y = v_k/R_y$$

T_2 iletimdeyse:

$$i_k = -i_{T2} = -v_{k2}/R_y = v_k/R_y$$

T_1 ve T_2 kesimdeyse: $i_k = 0$



$$0 \leq \omega t < 2\pi \text{ aralığında } i_k = \begin{cases} 10A \sin \omega t & \pi/3 < \omega t < \pi \\ 10A \sin \omega t & 4\pi/3 < \omega t < 2\pi \\ 0 & \text{diger} \end{cases} \text{ ve } 2\pi \text{ periyotludur.}$$

Temel bileşeni: $i_{k1} = a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t$

$$a_1 = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_k \cos(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} (10A) \sin(\omega t) \cos(\omega t) d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} (10A) \sin(\omega t) \cos(\omega t) d(\omega t)$$

$$a_1 = \frac{5A}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} \sin(2\omega t) d(\omega t) + \frac{5A}{\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} \sin(2\omega t) d(\omega t) = \frac{5A}{2\pi} \left([-\cos(2\omega t)]_{\omega t=\pi/3}^{\pi} + [-\cos(2\omega t)]_{\omega t=4\pi/3}^{2\pi} \right)$$

$$a_1 = \frac{5A}{2\pi} \left(-1 - \frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2} \right) = -\frac{15}{2\pi} A = a_1 = -2,387 A$$

$$b_1 = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_k \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} (10A) \sin^2(\omega t) d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} (10A) \sin^2(\omega t) d(\omega t)$$

$$b_1 = \frac{5A}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} (1 - \cos(2\omega t)) d(\omega t) + \frac{5A}{\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} (1 - \cos(2\omega t)) d(\omega t)$$

$$b_1 = \frac{5A}{\pi} \left(\left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=\pi/3}^{\pi} + \left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=4\pi/3}^{2\pi} \right)$$

$$b_1 = \frac{5A}{\pi} \left(\pi - 0 - \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} + 2\pi - 0 - \frac{4\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} \right) = \left(\frac{20}{3} - \frac{5\sqrt{3}}{2\pi} \right) A = b_1 = 5,288 A$$

Temel bileşen etkin değeri: $\sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{2,387^2 + 5,288^2}{2}} A = \boxed{I_{k1}^{rms} = 5,80 A}$

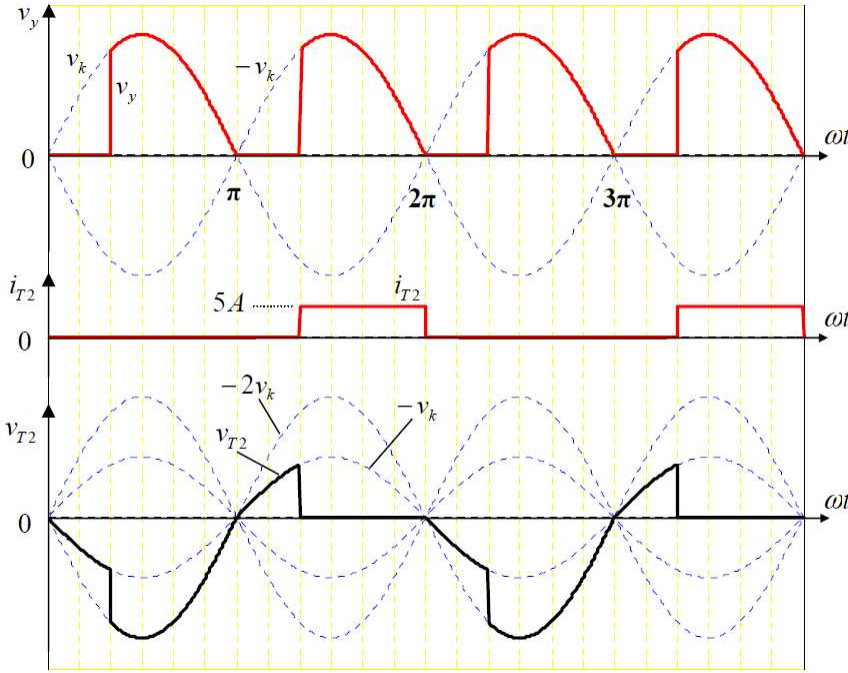
2) Sgd olduğu için v_y eksiye inemez.

Yalnızca $v_y = -v_k$ olan anlarda i_{T2} sıfırdan farklıdır.

T_2 iletimdeyken $v_{T2} = 0$

T_1 iletimdeyken $v_{T2} = v_{k2} - v_{k1} = -2v_k$

T_1 ve T_2 kesimdeyken $v_{T2} = v_{k2} = -v_k$



Buna göre şekiller yandaki gibi olur.

v_{T2} şekli, v_y şeklinin yarı ölçeğinde çizildiğine dikkat ediniz.

Uzun süre aynı şartlarda çalışıp akım tam dengeye gelince R_y ile L_y 'nin toplam ortalama gücü, R_y üzerindeki ortalama güce eşit olur; çünkü artık endüktansın ortalama gücü sıfırdır. Bu güç de:

$$P = \frac{1}{T_{vy}} \int_{T_{vy}} v_y i_y d(\omega t) = I_d \frac{1}{T_{vy}} \int_{T_{vy}} v_y d(\omega t) = V_{ydc} \cdot I_d$$

$$P = \frac{\hat{V}'}{\pi} (1 + \cos \alpha) I_d = \frac{300V}{\pi} (1 + \cos 60^\circ) \times 5A = \frac{900}{2\pi} V \times 5A = \boxed{P = 716,2 W}$$

$$3) \hat{V}_{akt} = \hat{V}_h = 300 V \rightarrow \cos 30^\circ - \cos(30^\circ + \ddot{u}) = \frac{2(2\pi \times 50) \times 7 \times 10^{-3} \times 5}{300} = 0,0733 = \frac{\sqrt{3}}{2} - \cos(30^\circ + \ddot{u})$$

$$\cos(30^\circ + \ddot{u}) = 0,7927 \rightarrow 30^\circ + \ddot{u} = 37,56^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 7,56^\circ} \rightarrow t_{akt} = \frac{7,56^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = \boxed{t_{akt} = 0,42ms}$$

$$A_{ii} = \omega L_k I_d = (2\pi \times 50) \times 7 \times 10^{-3} \times 5 V = 3,5\pi V \quad T_{vy} = \pi/3 \quad \Delta V_{ydc} = \frac{3,5\pi}{\pi/3} V = 10,5 V$$

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{3 \times 300 V}{\pi} \cos 30^\circ = 248,1 V \rightarrow 248,1 V - 10,5 V = \boxed{V_{ydc}^{gercek} = 237,6 V}$$

4) Devre alçaltıcı-yükselticidir. Anahtarlama periyodu: $T_a = 1/f_a = 1/1kHz = 1ms$

$$i_L \text{ sürekli denildiği için } \frac{V_\zeta}{V_d} = \frac{48}{24} = 2 = \frac{D}{1-D} \rightarrow 2 - 2D = D \rightarrow 2 = 3D \rightarrow D = 2/3$$

$$\text{Çıkış akımı } I_\zeta = \frac{60 V}{48 V} = 1,25 A \geq I_\zeta^{ss} = \frac{V_d T_a}{2L} D(1-D) = \frac{24 V \times 10^{-3} s}{2L} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\right) = \frac{0,008 Vs}{3L}$$

$$1,25 A \geq \frac{0,008 Vs}{3L} \rightarrow L \geq \frac{0,008 Vs}{3,75 A} = 2,1 m\Omega s = 2,1 mH \rightarrow \boxed{L \geq 2,1 mH} \text{ olmalıdır.}$$

$$\Delta v_\zeta / V_\zeta = \frac{DT_a}{R_y C} \leq \%1 \text{ Buradaki } R_y = \frac{V_\zeta}{I_\zeta} = \frac{48 V}{1,25 A} = 38,4 \Omega \rightarrow \frac{(2/3) \cdot 10^{-3} s}{38,4 \Omega \times C} \leq 0,01 \text{ isteniyor.}$$

$$\boxed{C \geq 1,74 mF} \text{ bulunur.}$$

5) Devre alçaltıcı-yükselticidir. Anahtarlama periyodu: $T_a = 1/f_a = 1/1kHz = 1ms$

$L = 1,2 mH$, $C = 470\mu F$, $R_y = 20 \Omega$, $V_d = 24 V$, $V_\zeta = 60 V$,

Önce i_L 'nin sürekli olduğunu varsayalım. $\frac{V_\zeta}{V_d} = \frac{60}{24} = 2,5 = \frac{D'}{1-D'} \rightarrow 2,5 - 2,5D' = D' \rightarrow 2,5 = 3,5D'$

$\rightarrow D' = 5/7$ Bu görev oranı için sınırlı akım: $I_\zeta^{ss} = \frac{24 V \times 10^{-3} s}{2 \times 1,2 \times 10^{-3} H} \cdot \frac{5}{7} \cdot \left(1 - \frac{5}{7}\right) = 2,04 A = I_\zeta^{ss}$

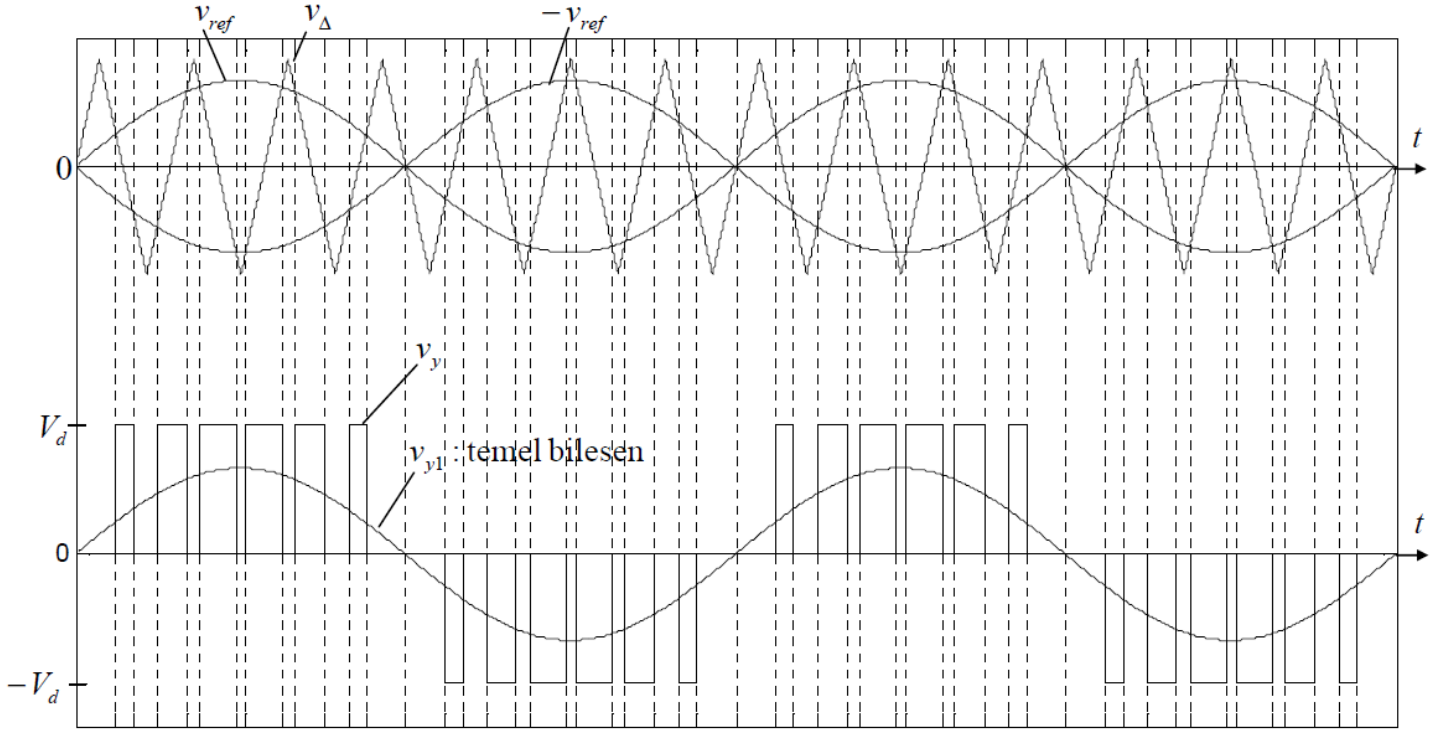
Çıkış akımı $I_\zeta = V_\zeta / R_y = 60V / 20\Omega = I_\zeta = 3A > I_\zeta^{ss}$ olduğundan i_L gerçekten süreklidir.

Yani $D' = D = 5/7 = 0,714$ Çıkış gücü ise $60 V \times 3A = P = 180W = 24 V \times I_d (= \text{giriş gücü})$

$\rightarrow I_d = 180W / 24V = I_d = 7,5A$

Dalgalılık oranı: $\Delta v_\zeta / V_\zeta = \frac{DT_a}{R_y C} = \frac{(5/7) \cdot 10^{-3}}{20 \times 470 \times 10^{-6}} = 0,076 = \Delta v_\zeta / V_\zeta = \%7,6$

6)



Üçgen dalga frekansının, v_{ref} frekansına oranının tamsayı (tek veya çift, fark etmez) olması tercih edilir; çünkü bu durumda PWM biçimindeki v_y dalgası tek harmonik simetrisine sahip olur. Yani v_y 'nin çift harmonikler içermemesi sağlanır.

(Çift yönlü gerilim anahtarlama yöntemiyle anahtarlansaydı bu avantaj ancak frekans oranının tek sayı olması halinde sağlanırdı.)