

GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

30 Nisan 2011 Süre: 75 dakika

1) Şekil 1'deki devrede tristörler ve kaynak ideal kabul ediliyor ve $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla tetikleniyor. 50Hz'de, $\hat{V} = 300V$ ile ve $I_d = 10A$ 'lik tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty$) çalışılıyor. $R_y = 10\Omega$ 'dur.

a) v_y dalga şeklini çiziniz. (8 puan)

b) i_k dalga şeklini çiziniz. (8 puan)

c) i_k 'nın etkin değerini ($I_{k\text{rms}}$) hesaplayınız. (8 puan)

d) i_k 'nın temel bileşenini $i_{k1} = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$ biçiminde ifade etmek için I_{k1} ve ϕ_1 sabitlerini bulunuz. (20 puan)

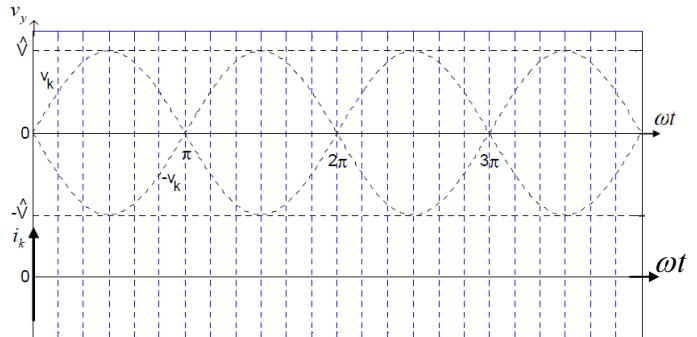
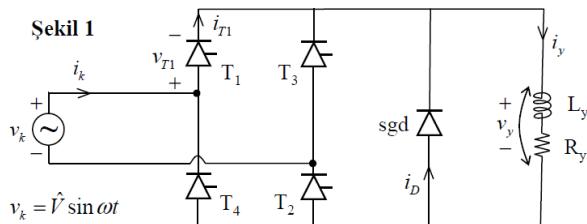
e) Gerilim kaynağının devre üzerinde gördüğü reaktif gücü bulunuz. (8 puan)

$$S = V_{\text{rms}} I_{k\text{rms}} \quad P = V_{\text{rms}} I_{k1} \cos \phi_1 \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

f) Yalnız R_y üzerindeki ortalama gücü (P_{Ry}) bulunuz. (5 puan)

g) R_y ile L_y birlikte ortalama gücünü (P_y) bulunuz. (5 puan)

h) (e) şıkkında ara işlem olarak bulunan aktif güç, (f) şıkkında bulunan ortalama güce (P_{Ry}) hangi durumda eşit olmalıdır? Olmadığı durumda eşitliği bozan gücün nereye gittiğini veya nereden karşılandığını açıklayınız. (5 puan)



2) Şekil 2'deki devrede tristörler idealdır. Kaynakların iç dirençleri ihmal ediliyor, ancak her birinin $L_k = 6mH$ seri kaçak endüktansı hesaba katılıyor. 50Hz'de, $\hat{V} = 300V$, $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla ve $I_d = 10A$ 'lik tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty$) ve çalışılıyor.

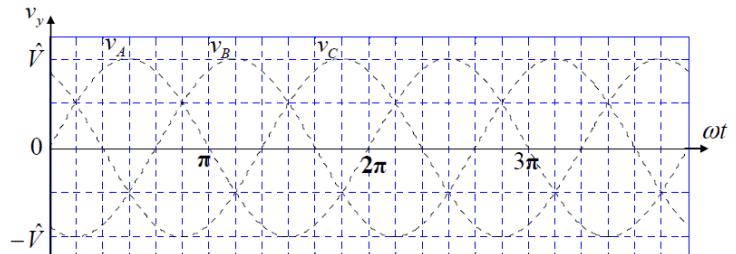
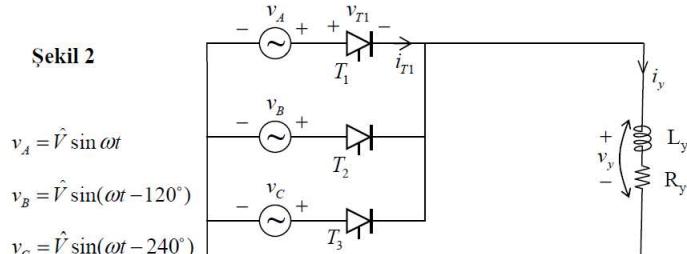
a) Aktarım açısını ($\bar{\alpha}$) ve aktarım süresini bulunuz. (8 + 5 puan)

b) Yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz. (12 puan)

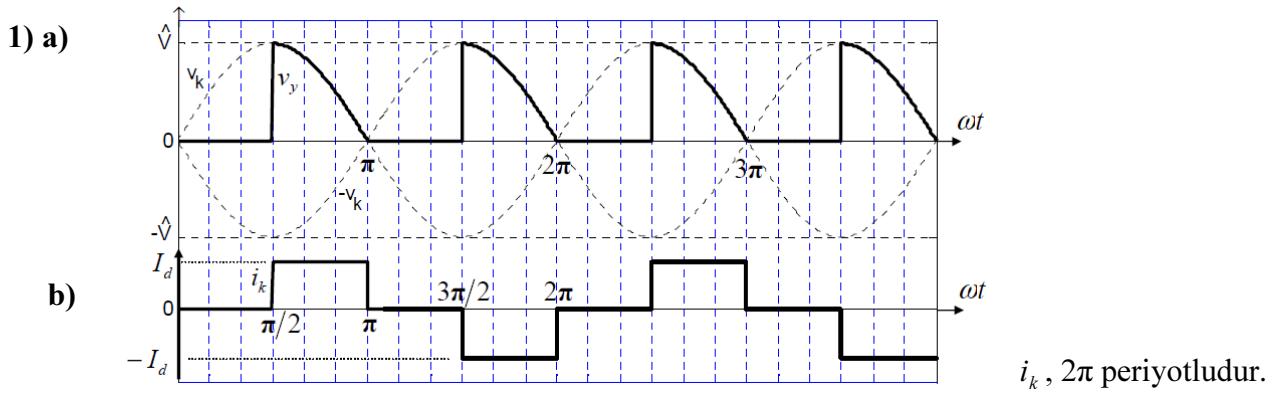
Bu devre ve bu çalışma için formüller:

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \bar{\alpha}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{\text{akt}}} \quad A_{\bar{\alpha}} = \omega L_k I_d \quad \Delta V_{y\text{dc}} = \frac{A_{\bar{\alpha}}}{T_{vy}} \quad V_{y\text{dc}}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos \alpha$$

c) Aktarımı **ihmal ederek** v_y dalga şeklini çiziniz. (8 puan)



GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI
30 Nisan 2011



c) $I_{k\text{rms}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} i_k^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=\pi/2}^{\pi} (10A)^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=3\pi/2}^{2\pi} (-10A)^2 d(\omega t) = \frac{100A^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \right) = 50A^2$

$I_{k\text{rms}} = 7,071A \rightarrow i_k$ ’nın etkin değeridir.

d) Temel bileşeni ise $i_{k1} = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$ olarak düşünülürse Fourier serisi 1. harmonik katsayıları:

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

$$= \frac{10A}{\pi} \left([\sin(\omega t)]_{\omega t=\pi/2}^{\pi} + [-\sin(\omega t)]_{\omega t=3\pi/2}^{2\pi} \right) = \frac{10A}{\pi} (0 - 1 + 0 + (-1)) = -\frac{20}{\pi} A = -6,37 A = a_1$$

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

$$= \frac{10A}{\pi} \left([-\cos(\omega t)]_{\omega t=\pi/2}^{\pi} + [\cos(\omega t)]_{\omega t=3\pi/2}^{2\pi} \right) = \frac{10A}{\pi} (1 + 0 + 1 - 0) = \frac{20}{\pi} A = 6,37 A = b_1$$

$i_{k1} = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$ ifadesini açarak $a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$ biçimine getirirsek:

$$\sqrt{2} I_{k1} (-\sin \phi_1) \cos(\omega t) + \sqrt{2} I_{k1} (\cos \phi_1) \sin(\omega t) = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$$

$$a_1 = -\sqrt{2} I_{k1} \sin(\phi_1) \quad b_1 = \sqrt{2} I_{k1} \cos(\phi_1)$$

$$a_1^2 + b_1^2 = 2I_{k1}^2 (\sin^2 \phi_1 + \cos^2 \phi_1) = 2I_{k1}^2 \quad \text{ve} \quad I_{k1} = \sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{(-6,37)^2 + 6,37^2}{2}} A = 6,37 A = I_{k1}$$

$$-\frac{a_1}{b_1} = \tan \phi_1 = -\frac{-6,37}{6,37} = 1$$

$I_{k1} > 0$ olduğu için, $\cos \phi_1$ ’in işaretini b_1 ’in işaretileyde aynı olacak çözüm alınır. Yani $\phi_1 = 45^\circ$

e) $V_{\text{rms}} = 300V/\sqrt{2} = 212,13V \quad S = V_{\text{rms}} I_{k\text{rms}} = 212,13V \times 7,071A = 1500VA$

$P = V_{\text{rms}} I_{k1} \cos \phi_1 = 212,13V \times 6,37A \times \cos 45^\circ = 955W \rightarrow$ aktif (ortalama) güç

$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1500^2 - 955^2} VAr = 1157VAr = Q \rightarrow$ Reaktif güç

f) $i_y = I_d = 10A$ sabit olduğu için $P_{Ry} = R_y I_d^2 = 10\Omega \times (10A)^2 = 1000W$

g) Tristörler ve SGD ideal kabul edildiği için kaynakla yük (R_y ile L_y birlikte) arasında enerji harcayan, veren veya depolayan eleman yoktur. Bu yüzden kaynak uçlarına göre hesaplanan (e) şıkkındaki ortalama güç aynı zamanda R_y ile L_y birlikte yük üzerindeki ortalama güçtür: $P = P_y = 955W$

(Burada $i_y = I_d$ sabit olduğu için, ortalama güç formülü ortalama (dc) yük gerilimi cinsinden

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

biçiminde de yazılabilir. Eğer bu duruma özel $V_{ydc} = \frac{\hat{V}}{\pi}(1 + \cos \alpha)$ formülü elimizde varsa ya da bunu da çıkarırsak $P_y = V_{ydc} I_d$ formülüyle de aynı güç bulunurdu.)

h) Aynı tetikleme şartlarında uzun süreli bir çalışmada $P = P_{Ry}$ olmalıdır. Çünkü geçici çalışmalarda ikisi arasındaki fark L_y endüktansında depolanmakta ya da L_y endüktansı tarafından sağlanmaktadır. Her ne kadar $L_y \approx \infty$ desek de gerçekte sonlu olduğu için depolayabileceği enerji sonlu olup, bunun uzun bir süre boyunca ortalama güç karşılığı sıfır olacaktır. Bu yüzden uzun süreli çalışmada $P = P_{Ry}$ olur.

2) a) Bu devrede \hat{V}_{akt} , fazlar arası gerilimin tepe değeridir: $\hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \times 300V = 520V$

$$\cos 90^\circ - \cos(90^\circ + ii) = \frac{2(2\pi 50\text{Hz})(0,006\text{H})(10\text{A})}{520V} = 0,0725 = 0 - \cos(90^\circ + ii) \Rightarrow (90^\circ + ii) = 94,16^\circ$$

$$ii = 4,16^\circ (= 0,0726\text{rad}) \rightarrow t_{akt} = \frac{4,16^\circ}{\omega} \quad \text{Burada } ii \text{ raydan cinsinden kullanılsaydı } \omega = 2\pi f \text{ alınırdı.}$$

Derece cinsinden kullanıldığı için $\omega = 360^\circ \times f$ alınır:

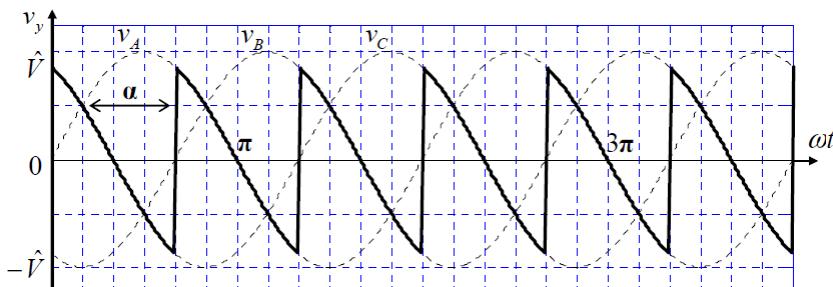
$$t_{akt} = \frac{4,16^\circ}{360^\circ \times 50\text{Hz}} = 2,3 \times 10^{-4} \text{s} = 0,23\text{ms} = t_{akt} \rightarrow \text{aktarım süresi}$$

b) $A_{ii} = \omega L_k I_d = (2\pi 50\text{Hz})(0,006\text{H})(10\text{A}) = 6\pi \text{ V} \quad v_y$ 'nin periyodu $T_{vy} = 2\pi/3$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{6\pi}{2\pi/3} = 9,0 \text{ V} \quad V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos 90^\circ = 0 \text{ V} \quad V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 0 \text{ V} - 9 \text{ V}$$

$$V_{ydc}^{\text{gerçek}} = -9 \text{ V} \rightarrow \text{yük üzerindeki ortalama gerilim}$$

c)



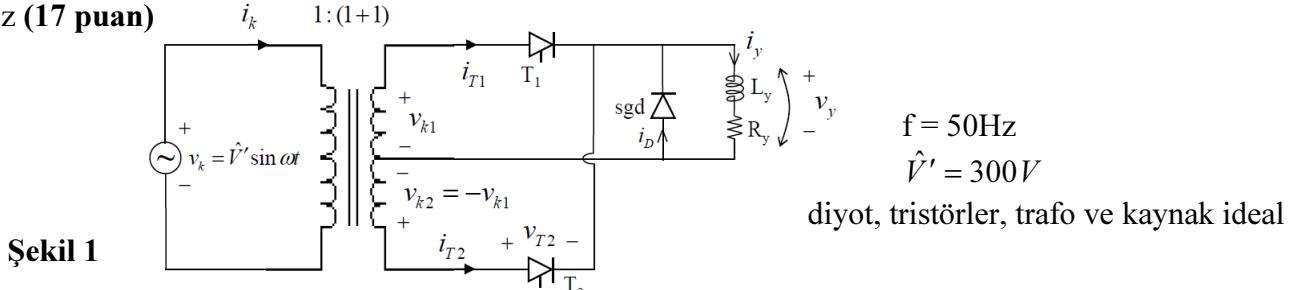
Bu çizimde aktarım ihmali edildiği için aktarım çentikleri gösterilmemiştir.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

15 Haziran 2011 Süre: 80 dakika

Her soru 25 puanlıdır. 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 (8 puan) ve temel bileşeninin etkin değerini I_{k1}^{rms} hesaplayınız (17 puan)



- 2) Şekil 1'deki devrede $i_y = I_d = 5A$ 'lık tam süzülmüş 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.)

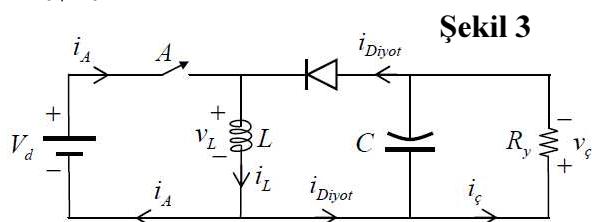
b) Bu çalışma şartları, akım tamamen dengeye gelecek kadar uzun bir süredir devam ediyorsa R_y üzerindeki ortalama güç ne olur? (5 puan) (R_y değeri bilinmiyor.)

- 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.

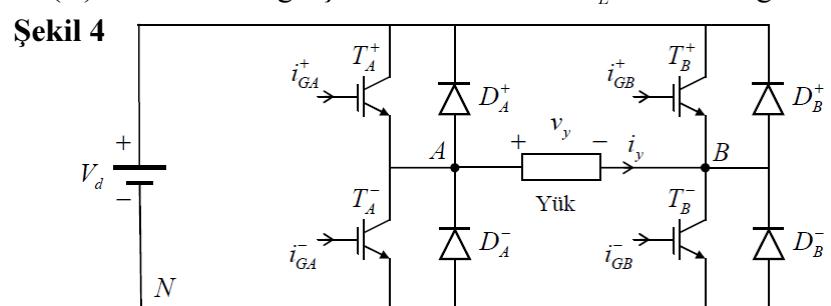
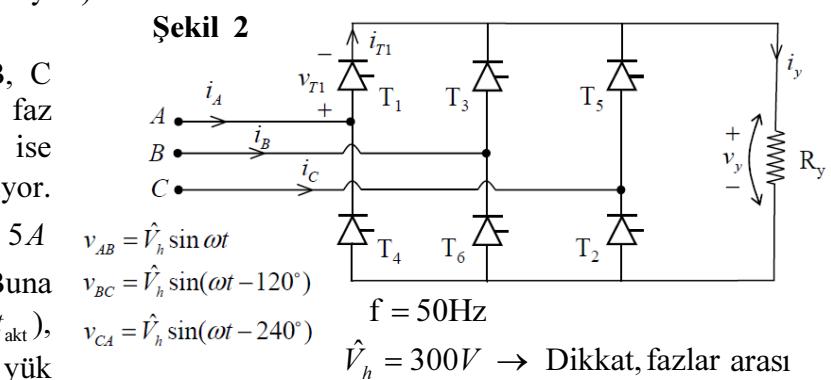
Aktarım anlarında yük akımı $i_y = I_d = 5A$ değerinde yaklaşık sabit kabul edilebiliyor. Buna göre aktarım açısını($\bar{\alpha}$), aktarım süresini(t_{akt}), aktarımın etkisi de dikkate alındığında yük üzerindeki ortalama gerilimi ($V_{ydc}^{\text{gerçek}}$) hesaplayınız.(9 + 4 + 12 puan)

- 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 $L = 1,2 mH$, $C = 470\mu F$, $R_y = 20\Omega$, $V_d = 24V$, $V_c = 60V$, $f_a = 1kHz$ 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.

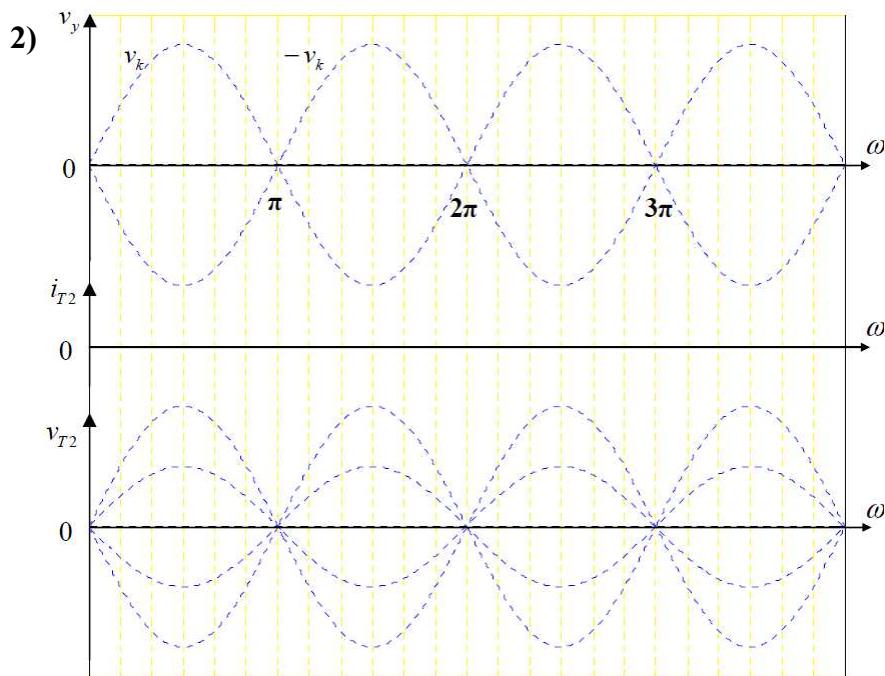


- 6) Şekil 4'teki devrede IGBT'ler, üçgen dalgayla tek yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle anahtarlanmaktadır. Referans gerilimi (v_{ref}) veya eksisinin ($-v_{ref}$) üçgen dalgaya eşit olduğu anlar kesikli düşey çizgilerle belirtilmiştir. Yük geriliminin (v_y) dalga şekeini ve göz kararı bunun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



Öğrenci No:	GÜC ELEKTRONİĞİ FINAL SINAVI	1	2	3	4	5	6	TOPLAM
Adı Soyadı	ÇİZİM VE FORMÜL KÂĞIDI							

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



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

3) K6 devresi için formüller:

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

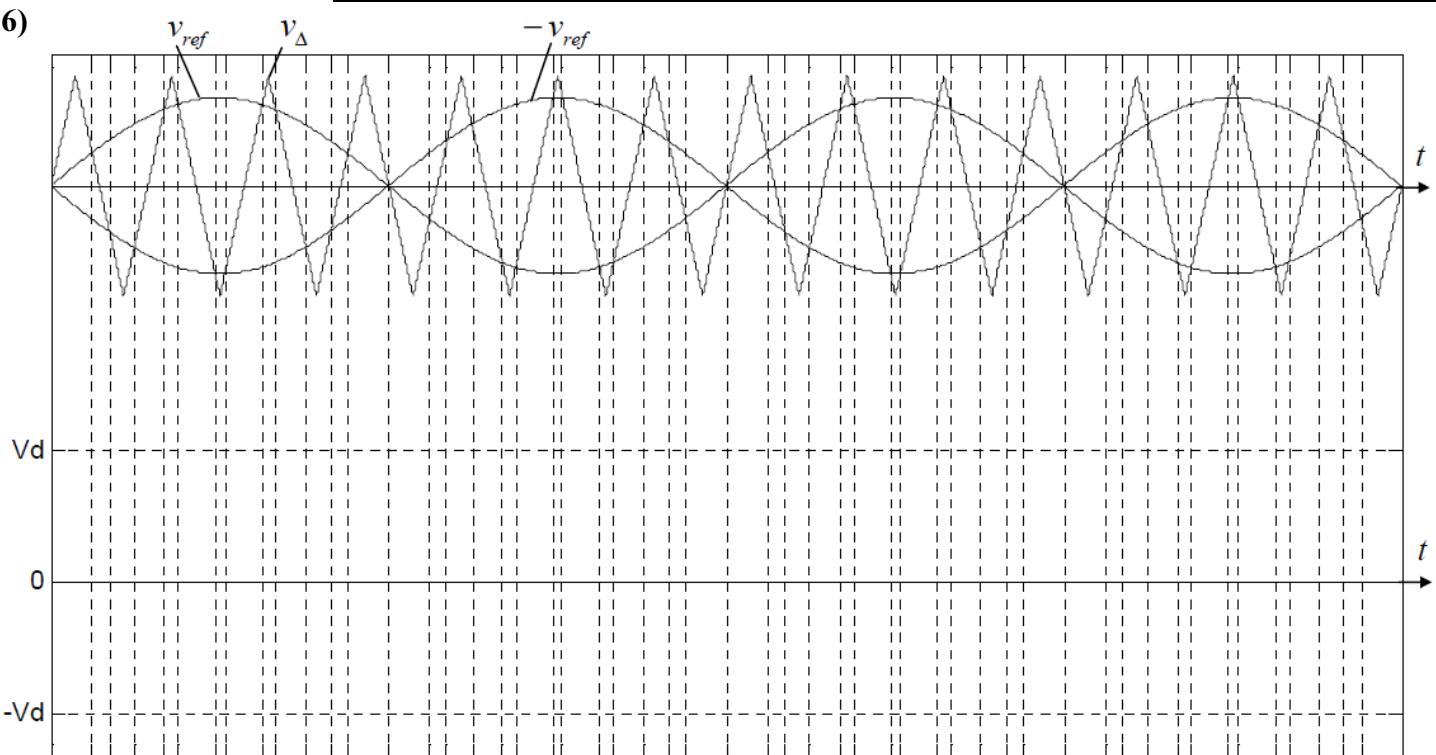
$$A_{\bar{u}} = \omega L_k I_d \quad \Delta V_{ydc} = \frac{A_{\bar{u}}}{T_{vy}}$$

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

4 – 5) Derste anlatılan dc/dc çeviriçi formülleri

I_c^{ss}	i_L sürekli		i_L kesikli	
	V_c/V_d	$\Delta V_c/V_c$	Δ_1	V_c/V_d
Alçaltıcı	D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$	$\frac{D}{D+\Delta_1}$	$\frac{D}{D+\Delta_1}$
	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{2LI_c}{T_a V_d D}$
	$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

6)



GÜC ELEKTRONİĞİ FINAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
15 Haziran 2011

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

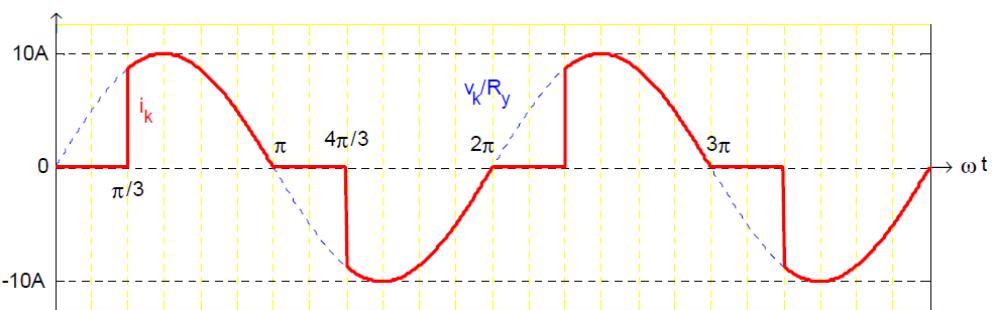
T₁ iletimdeyse:

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

T₂ iletimdeyse:

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

T₁ ve T₂ kesimdeyse: $i_k = 0$



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

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

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

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

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

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

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

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

$$b_1 = \frac{5A}{2\pi} \left(\pi - 0 - \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} + 2\pi - 0 - \frac{4\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} \right) = \left(\frac{10}{3} - \frac{5\sqrt{3}}{4\pi} \right) A = b_1 = 2,644 A$$

Temel bileşen etkin değeri: $\sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{2,387^2 + 2,644^2}{2}} A = \boxed{I_{k1}^{rms} = 2,519 A}$

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

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

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

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

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

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

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

4 – 5) Derste anlatılan dc/dc çevirici formülleri

I_{φ}^{ss}	i_L sürekli		i_L kesikli	
	V_{φ}/V_d	$\Delta v_{\varphi}/V_{\varphi}$	Δ_1	V_{φ}/V_d
Alçaltıcı	D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$	$\frac{D}{T_a V_d}$	$\frac{D}{D+\Delta_1}$
Yükseltici		$\frac{1}{1-D}$		$\frac{2LI_{\varphi}}{T_a V_d}$
Alçaltıcı - Yükseltici		$\frac{D}{1-D}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Çıkış akımı $I_{\varphi} = V_{\varphi}/R_y = 60 \text{ V} / 20 \Omega = \boxed{I_{\varphi} = 3 \text{ A}} > I_{\varphi}^{ss}$ olduğundan i_L gerçekten sürekli dir.

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

$$\rightarrow I_d = 180 \text{ W} / 24 \text{ V} = \boxed{I_d = 7,5 \text{ A}}$$

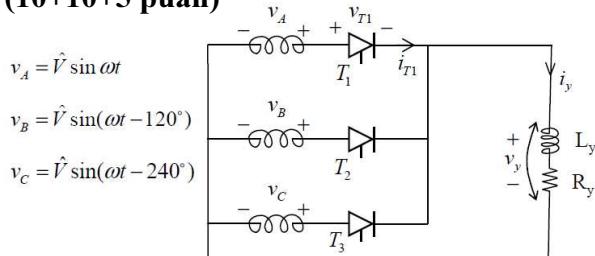
$$\text{Dalgalılık oranı: } \Delta v_{\varphi}/V_{\varphi} = \frac{DT_a}{R_y C} = \frac{(5/7) \cdot 10^{-3}}{20 \times 470 \times 10^{-6}} = 0,076 = \boxed{\Delta v_{\varphi}/V_{\varphi} = \%7,6}$$

GÜC ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

29 Haziran 2011 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde verilen O3 doğrultucu devresi 50Hz'lik bir şebekede, $I_d = 12A$ değerinde tam süzülmüş akımla, $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ideal ve tikama durumundaki davranışları özdeştir. Şekildeki trafo sekonder sargıları da ideal kabul ediliyor. v_y , v_{T1} ve i_{T1} dalga şekillerini çiziniz.

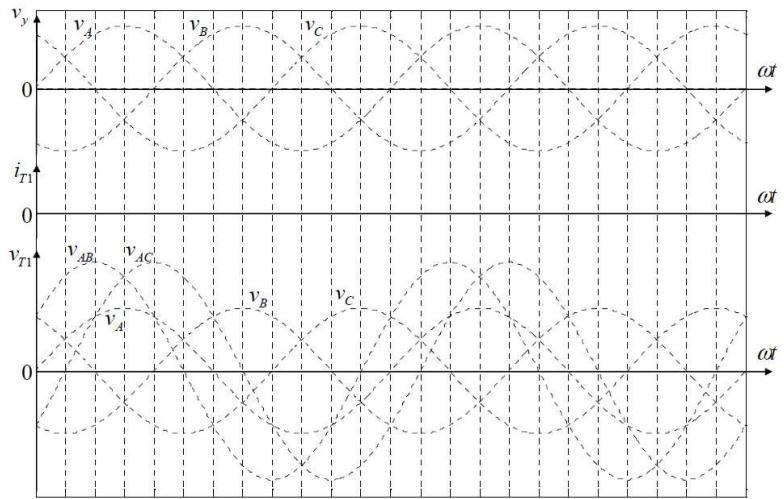
(10+10+5 puan)



$$v_A = \hat{V} \sin \omega t$$

$$v_B = \hat{V} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$v_C = \hat{V} \sin(\omega t - 240^\circ)$$



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

$$V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos \alpha$$

$$A_{ii} = \omega L_k I_d$$

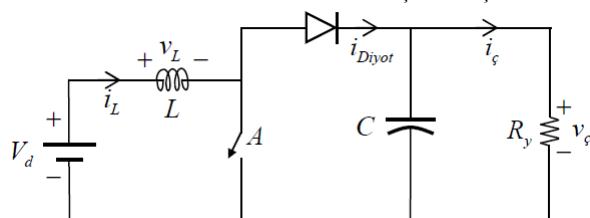
$$\Delta V_{ydc} = \frac{A_{ii}}{T_{vy}}$$

2) Yukarıdaki şekildeki devre aynı tam süzülmüş I_d , α , frekans ve $\hat{V} = 500V$ değeriyle çalışıyor. Fakat bu defa trafo sekonder sargısının kaçak endüktansı her bir faz için $L_k = 6mH$ olarak hesaba katılıyor.

a) Aktarım açısını (ii) ve aktarım süresini (t_{akt}) bulunuz. **(9+4 puan)**

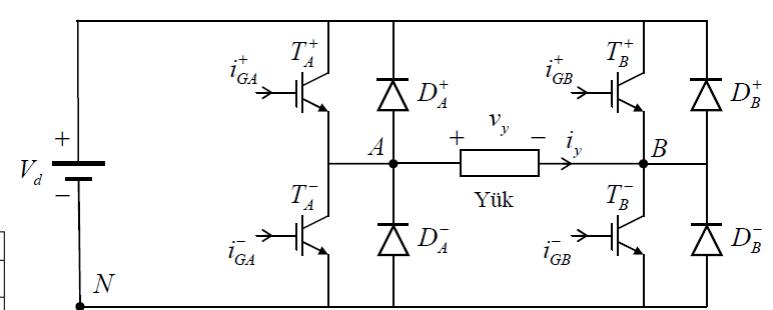
b) Aktarım etkisiyle birlikte v_y geriliminin ortalamasını bulunuz. **(12 puan)**

3) Aşağıda soldaki şekildeki devrede $L = 1 mH$, $C = 470 \mu F$, $R_y = 30 \Omega$, $V_d = 24 V$, $V_c = 60 V$, $f_a = 1 kHz$ olduğuna göre görev oranını (D), ortalama çıkış akımını (I_c), ortalama çıkış gücünü ve ortalama giriş akımını (I_d) bulunuz. i_L kesikli değilse çıkış gerilimindeki dalgalılık oranını ($\Delta v_c / V_c$) da bulunuz. (i_L , i_c ve v_c 'nin ortalama değerleri sırasıyla I_d , I_c ve V_c ile gösteriliyor.) **(25 puan)**

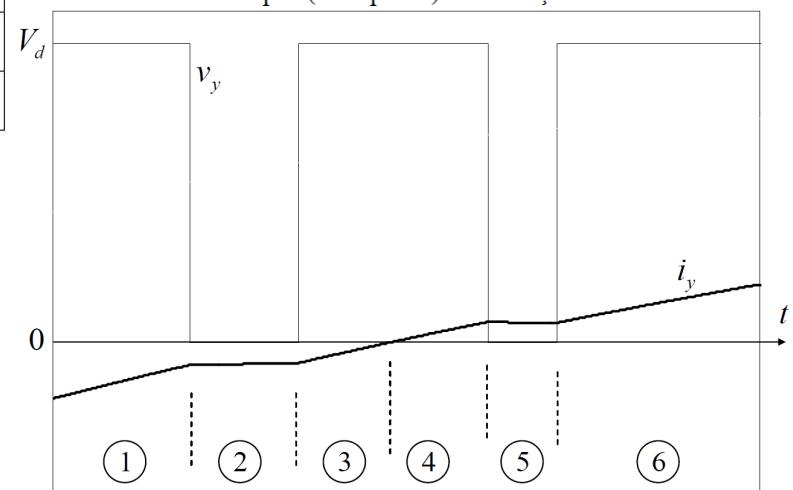


Derste anlatılan dc/dc çevirici formülleri

	I_c^{ss}	i_L sürekli		i_L kesikli	
		V_f/V_d	$\Delta v_f/V_f$	Δ_1	V_f/V_d
Alçaltıcı		D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$		$\frac{D}{D+\Delta_1}$
Yükseltici	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{2LI_c}{T_a V_d D}$	$\frac{D+\Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı - Yükseltici		$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$



Tam köprü (H köprüsü) DC/DC çevirici



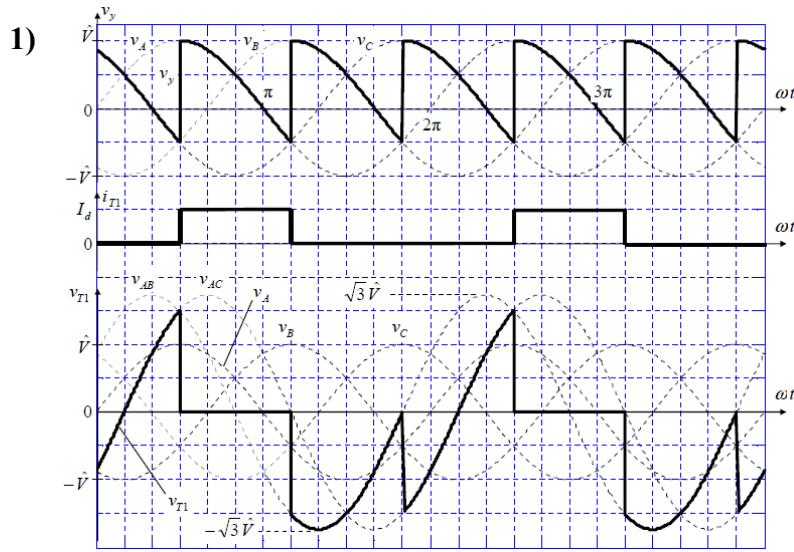
4) Yukarıda sağdaki H köprüsünde IGBT'ler, tek kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle anahtarlanmaktadır. Belirli bir zaman aralığında yük gerilimi (v_y) ve yük akımı (i_y) grafikleri yanda görüldüğü gibi olmaktadır. Bu grafiklerde numaralandırılmış 6 zaman aralığının her birinde diyon ve IGBT'lerden hangi ikisinin iletimde olduğunu yazınız. **(25 puan)**

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

GÜC ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI

29 Haziran 2011



$$2) \text{ a)} \hat{V}_{\text{akt}} = \sqrt{3} \times 500 \text{ V} = 866 \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi \times 50 \text{ rad/s} = 314 \text{ rad/s}$$

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{\vartheta}) = \frac{2 \times 314 \times 0,006 \times 12}{866}$$

$$0,5 - \cos(60^\circ + \ddot{\vartheta}) = 0,0522$$

$$\cos(60^\circ + \ddot{\vartheta}) = 0,4478 \rightarrow \boxed{\ddot{\vartheta} = 3,4^\circ}$$

$$t_{\text{akt}} = \frac{3,4^\circ}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = \boxed{0,189 \text{ ms} = t_{\text{akt}}}$$

$$\text{b)} V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3} \times 500 \text{ V}}{2\pi} \cos 60^\circ = 206,75 \text{ V}$$

$$A_{\ddot{\vartheta}} = 314 \times 0,006 \times 12 \text{ V} = 22,62 \text{ V}, \quad T_{vy} = 2\pi/3,$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{22,62 \text{ V}}{2\pi/3} = 10,80 \text{ V}$$

$$V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 206,75 \text{ V} - 10,80 \text{ V} = \boxed{V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 195,95 \text{ V}}$$

3) Devre yükselticidir. $T_a = 1/f_a = 1 \text{ ms}$. Çıkış akımı $60V/30\Omega = \boxed{I_c = 2A}$

Dönüştürme oranı: $V_c/V_d = 60V/24V = 2,5$

Önce endüktans akımını sürekli varsayıyalım: $\frac{1}{1-D'} = 2,5 \rightarrow D' = 0,6$

$$I_c^{ss'} = \frac{24V \times 0,001s}{2 \times 0,001H} \times 0,6 \times (1 - 0,6) = 2,88A \quad \text{Çıkış akımı ise } I_c = 60V/30\Omega = 2A < I_c^{ss'} \text{ olduğu için}$$

varsayımlımız çelişkiye yol açmıştır. Demek ki endüktans akımını kesiklidir. Şimdi buna göre baştan çözelim:

$$\Delta_1 = \frac{2 \times 0,001H \times 2A}{0,001s \times 24V \times D} = \frac{1}{6D} \quad \text{ve dönüştürme oranı} \quad 2,5 = \frac{D + \frac{1}{6D}}{1 - \frac{1}{6D}} = 6D^2 + 1 \text{ olduğu için } 6D^2 = 1,5$$

$$D^2 = 0,25 \rightarrow \boxed{D = 0,5} \quad \text{Ortalama çıkış gücü: } 60V \times 2A = \boxed{P_c = 120W}$$

Giriş ile çıkıştaki yük arasında ortalama güç tüketen eleman olmadığı için bu aynı zamanda ortalama giriş güçüdür: $120W = V_d I_d = 24V \times I_d \rightarrow$ Buradan ortalama giriş akımı $\boxed{I_d = 5A}$ bulunur.

4) $v_y \neq 0$ durumlarındakileri, akımın da işaretine bakarak kolayca bulabiliriz:

- ① ve ③ durumlarında (D_A^+, D_B^-) iletimde (yükün artı ucu yukarı, eksi ucu aşağı bağlı ama akım eksi)
- ④ ve ⑥ durumlarında (T_A^+, T_B^-) iletimde (yükün artı ucu yukarı, eksi ucu aşağı bağlı ve akım artı)

$v_y = 0$ durumlarında ise yükün iki ucu da yukarı ya da iki ucu da aşağı bağlı olması gibi ikişer ihtimal vardır. Bunlardan hangisi olduğunu bu verilenlerle ayırt edemeyeceğimiz için ikişer ihtimali de yazalım:

- ② durumunda akım eksi olduğu için ya (D_A^+, T_B^+) ya da (T_A^-, D_B^-) iletimdedir.
- ⑤ durumunda akım artı olduğu için ya (T_A^+, D_B^+) ya da (D_A^-, T_B^-) iletimdedir.

GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI
14 Nisan 2012 Süre: 75 dakika

1) Şekil 1'deki devrede tristörler ve kaynak ideal kabul ediliyor ve $\alpha = 120^\circ$ ateşleme açısıyla tetikleniyor. 50Hz'de, $\hat{V} = 200V$ ile $R_y = 10\Omega$ 'luk omik yükle ($L_y = 0 H$) çalışılıyor.

a) v_y dalga şéklini çiziniz. (8 puan)

b) i_k dalga şéklini çiziniz. (8 puan)

c) i_k 'nın etkin değerini ($I_{k \text{ rms}}$) hesaplayınız. (8 puan)

d) i_k 'nın temel bileşenini $i_{k1} = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$ biçiminde ifade etmek için I_{k1} ve ϕ_1 sabitlerini bulunuz. (20 puan)

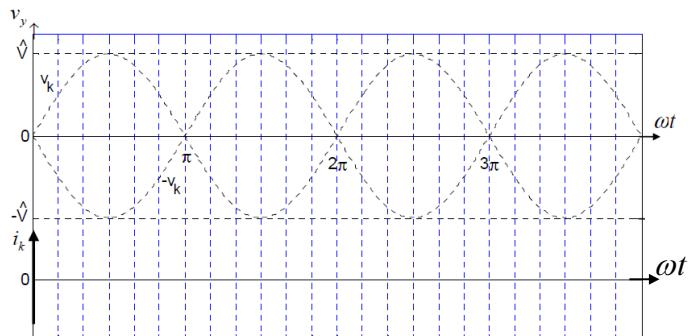
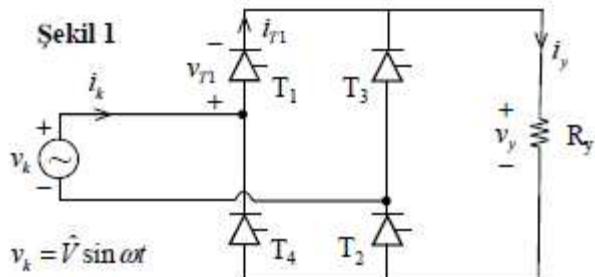
e) Gerilim kaynağının devre üzerinde gördüğü reaktif gücü bulunuz. (8 puan)

$$S = V_{\text{rms}} I_{k \text{ rms}}$$

$$P = V_{\text{rms}} I_{k1} \cos \phi_1$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

f) Yük üzerindeki ortalama gücü (P) bulunuz. (5 puan)



2) Şekil 2'deki devrede tristörler idealdır. Kaynakların iç dirençleri de ihmal ediliyor. 50Hz'de, $\hat{V}_h = 300V$,

a) Kaynakların kaçak endüktanslarını da ihmal ederek ortalama yük geriliminin 248V olması için gereken α ateşleme açısını bulunuz. (10 puan)

b) Kaynakların her birinin $L_k = 8,3mH$ seri kaçak endüktansını dikkate alarak ve $\alpha = 80^\circ$ ateşleme açısıyla sgd'siz olarak $I_d = 10A$ 'lık tam szürlümüş akımla ($L_y \approx \infty$) çalışıldığı durum için aktarım açısını (ii) ve aktarım süresini bulunuz (8 + 5 puan). Aktarımın etkisini de hesaba katarak L_y ile R_y birlikte yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz (12 puan). Aktarım çentiklerini de göstererek v_y dalga şéklini çiziniz. (8 puan)

Bu devre için formüller:

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

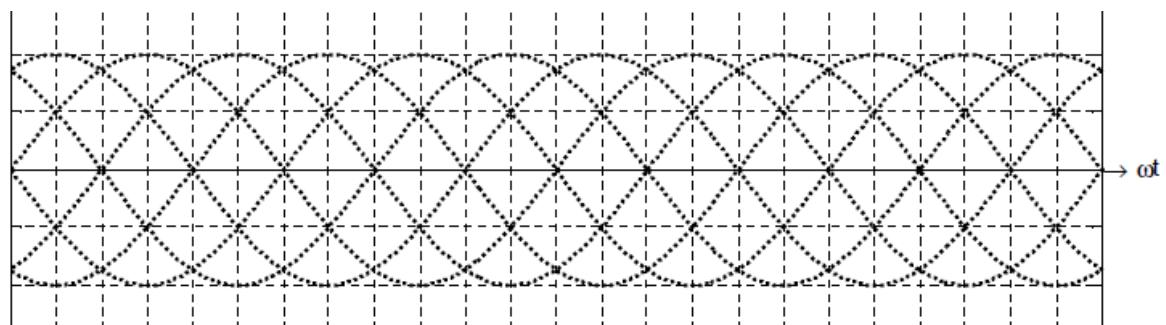
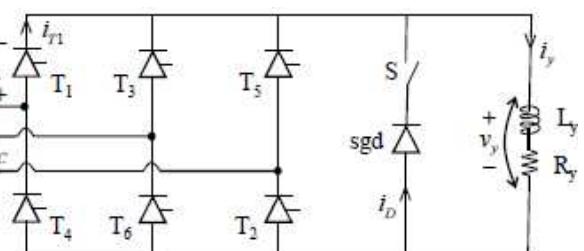
$$A_{ii} = \omega L_k I_d$$

$$v_{AB} = \hat{V}_h \sin \omega t$$

$$v_{BC} = \hat{V}_h \sin(\omega t - 120^\circ)$$

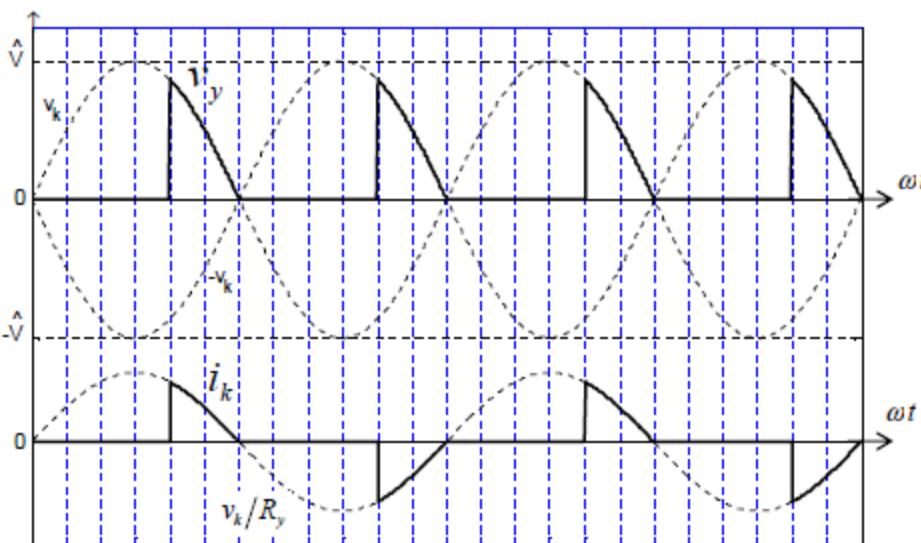
$$v_{CA} = \hat{V}_h \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$V_{y \text{ dc}} = \begin{cases} \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \left(1 + \cos(\alpha + \frac{\pi}{3}) \right) & \alpha > \pi/3 \text{ iken "sgd varsa veya yük omikse"} \\ \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \cos \alpha & \text{sgd' sız tam szürlümüş akımlıda veya } \alpha < \pi/3 \text{ ise} \end{cases}$$



GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI
14 Nisan 2012

1) a)



i_k , 2π periyotludur.

$$\begin{aligned}
 \text{c)} I_{k\text{rms}}^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i_k^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=\alpha}^{\pi} (v_k/R_y)^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=\alpha+\pi}^{2\pi} (v_k/R_y)^2 d(\omega t) \\
 &= \frac{400A^2}{2\pi} \left(\int_{\omega t=\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t) + \int_{\omega t=\alpha+\pi}^{2\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t) \right) = \frac{100A^2}{\pi} \left(\int_{\omega t=\alpha}^{\pi} (1 - \cos(2\omega t)) d(\omega t) + \int_{\omega t=\alpha+\pi}^{2\pi} (1 - \cos(2\omega t)) d(\omega t) \right) \\
 &= \frac{100A^2}{\pi} \left[\left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=\frac{2\pi}{3}}^{\pi} + \left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=\frac{5\pi}{3}}^{2\pi} \right] = \frac{100A^2}{\pi} \left[\left[\frac{\pi}{3} + \frac{-\sqrt{3}/2}{2} \right] + \left[\frac{\pi}{3} + \frac{-\sqrt{3}/2}{2} \right] \right]
 \end{aligned}$$

$$I_{k\text{rms}}^2 = 39,10 A^2 \rightarrow I_{k\text{rms}} = 6,253 A \rightarrow i_k \text{'nın etkin değeridir.}$$

d) Temel bileşeni ise $i_{k1} = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$ olarak düşünülürse Fourier serisi 1. harmonik katsayıları:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \frac{2}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i_k \cos(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=\alpha}^{\pi} \left(\frac{200V}{10\Omega} \right) \sin(\omega t) \cos(\omega t) d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=\alpha+\pi}^{2\pi} \underbrace{(20A) \sin(\omega t) \cos(\omega t) d(\omega t)}_{(10A) \sin(2\omega t)} \\
 &= \frac{5A}{\pi} \left([-\cos(2\omega t)]_{\omega t=2\pi/3}^{\pi} + [-\cos(2\omega t)]_{\omega t=5\pi/3}^{2\pi} \right) = \frac{5A}{\pi} \left((-1) - \frac{1}{2} + (-1) - \frac{1}{2} \right) = -\frac{15}{\pi} A = -4,775 A = a_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{2}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i_k \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=\alpha}^{\pi} \left(\frac{200V}{10\Omega} \right) \sin^2(\omega t) d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=\alpha+\pi}^{2\pi} \underbrace{(20A) \sin^2(\omega t) d(\omega t)}_{(10A)(1-\cos(2\omega t))} \\
 &= \frac{10A}{\pi} \left(\left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=\frac{2\pi}{3}}^{\pi} + \left[\omega t - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=\frac{5\pi}{3}}^{2\pi} \right) = \frac{10A}{\pi} \left[\left[\frac{\pi}{3} + \frac{-\sqrt{3}/2}{2} \right] + \left[\frac{\pi}{3} + \frac{-\sqrt{3}/2}{2} \right] \right] = 3,910 A = b_1
 \end{aligned}$$

$i_{k1} = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$ ifadesini açarak $a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$ biçimine getirirsek:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{2} I_{k1} (-\sin \phi_1) \cos(\omega t) + \sqrt{2} I_{k1} (\cos \phi_1) \sin(\omega t) &= a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) \\
 a_1 = -\sqrt{2} I_{k1} \sin(\phi_1) & \quad b_1 = \sqrt{2} I_{k1} \cos(\phi_1)
 \end{aligned}$$

$$a_1^2 + b_1^2 = 2I_{k1}^2 (\sin^2 \phi_1 + \cos^2 \phi_1) = 2I_{k1}^2 \quad \text{ve} \quad I_{k1} = \sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{(-4,775)^2 + 3,910^2}{2}} A = 4,364 A = I_{k1}$$

$$-\frac{a_1}{b_1} = \tan \phi_1 = -\frac{-4,775}{3,910} = 1,221$$

$I_{k1} > 0$ olduğu için, $\cos \phi_1$ 'in işaretini b_1 'in işaretiley aynı olacak çözüm alınır. Yani $\phi_1 = 50,7^\circ$

e) $V_{rms} = 200V/\sqrt{2} = 141,42V$ $S = V_{rms} I_{k rms} = 141,42V \times 6,253A = 884VA$

$P = V_{rms} I_{k1} \cos \phi_1 = 141,42V \times 4,363A \times \cos 50,7^\circ = 391W \rightarrow$ aktif (ortalama) güç

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{884^2 - 391^2} VAr = 793VAr = Q \rightarrow$$
 Reaktif güç

(Harmonik durumlarda omik yükte de reaktif güç olur.)

f) Yük omik olduğu için ortalama güç (e) sıkkındakiyle aynıdır.

$P = R_y I_{k rms}^2 = 10\Omega \times (6,253A)^2 = 391W$ biçiminde de bulunabilir.

2) a) Formülün iki durumu için ayrı ayrı çözüm arayalım.

İlk formül durumları için: $248V = 3 \times 300V \times (1 + \cos(\alpha + \pi/3))/\pi \rightarrow (1 + \cos(\alpha + \pi/3)) = 0,8657$

$$\rightarrow \cos(\alpha + \pi/3) = -0,1343^\circ \rightarrow$$
 Buradan $\alpha > \pi/3$ çözümü bulunamamaktadır.

İkinci formül durumları için: $248V = 3 \times 300V \times (\cos \alpha)/\pi \rightarrow \cos \alpha = 0,8657 \rightarrow \alpha = 30,0^\circ$ bulunur, ki bu formülün geçerli olduğu durumlardan biri olan $\alpha < 60^\circ$ şartını sağladığı için sgd'li veya sgd'siz her yük durumu için geçerli bir çözümüdür.

(α 'nın eksi olamayacağını 180° 'den hatta bazen 150° 'den büyük olamayacağını hatırlayınız.)

b) Bu devrede \hat{V}_{akt} , fazlar arası gerilimin tepe değeridir: $\hat{V}_{akt} = \hat{V}_h = 300V$

$$\cos 80^\circ - \cos(80^\circ + ii) = \frac{2(2\pi 50Hz)(0,0083H)(10A)}{300V} = 0,1738 = 0,1736 - \cos(80^\circ + ii) \rightarrow (80^\circ + ii) = 90,0^\circ$$

$$ii = 10,0^\circ (= 0,1747 rad) \quad t_{akt} = \frac{10,0^\circ}{\omega} \quad$$
 Burada ii raydan cinsinden kullanılsayıdı

$\omega = 2\pi f$ alındı. Derece cinsinden kullanıldığı için $\omega = 360^\circ \times f$ alınır:

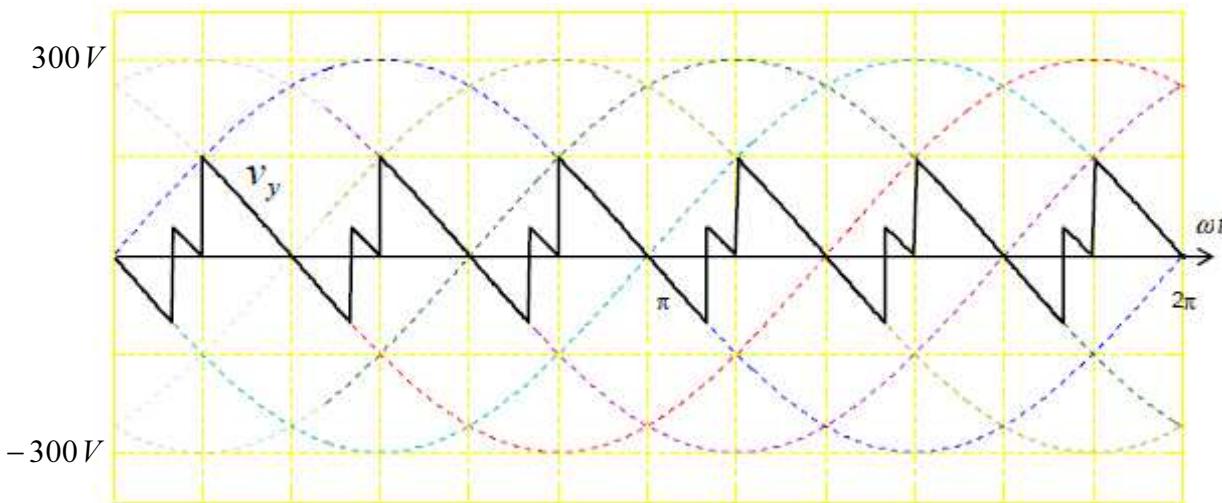
$$t_{akt} = \frac{10,0^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = 0,556ms = t_{akt} \rightarrow$$
 aktarım süresi

$$A_{ii} = \omega L_k I_a = (2\pi 50Hz)(0,0083H)(10A) = 8,3\pi V \quad v_y$$
 'nin periyodu $T_{vy} = \pi/3$

$$\Delta V_{y dc} = \frac{8,3\pi}{\pi/3} = 24,90V \quad V_{y dc}^{\text{ideal}} = \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \cos 80^\circ = 49,75V \quad V_{y dc}^{\text{gerçek}} = 49,75V - 24,90V$$

$V_{y dc}^{\text{gerçek}} = 24,85V \rightarrow$ yük üzerindeki ortalama gerilim.

v_y dalga şekli (aktarım çentikleriyle birlikte) :



GÜC ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

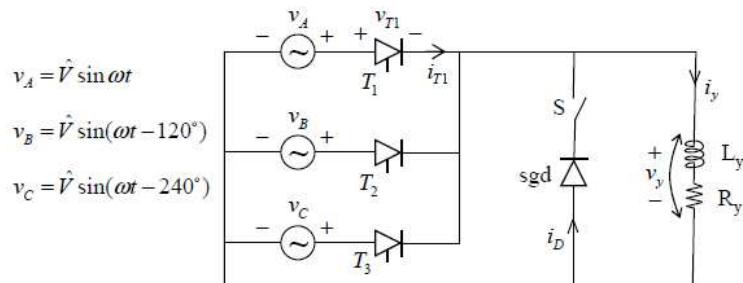
06 Haziran 2012 Süre: 75 dakika

(Her soru 25 puanlıdır. En iyi 4 cevabınız dikkate alınacaktır.)

- 1) Şekildeki doğrultucu devresinde S anahtarı açık, yük akımı $I_d = 20A$ değerinde tam süzülmüş ($L_y \approx \infty$), tristörler ideal olup, kaynakların iç dirençleri ihmal edilebilmekte ama her birinin $L_k = 1,7mH$ seri endüktansı vardır. $\hat{V} = 300 V$, frekans ise 50Hz'dır.

Tristörler $\alpha = 45^\circ$ ile tetiklenirken,

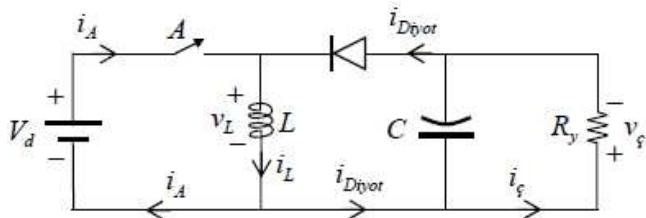
- a) Aktarım açısını(ϑ) ve süresini(t_{akt}) bulunuz.



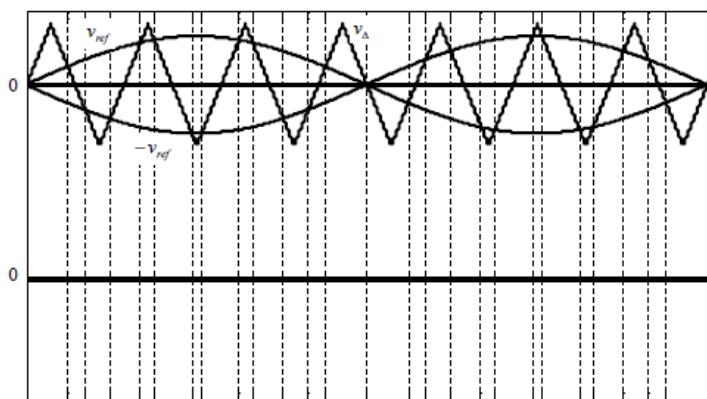
Üç fazlı orta uçlu doğrultucu (O3)

- b) v_y geriliminin ortalama değerini bulunuz.

- 2) Yandaki şekildeki DC/DC çeviricide elemanlar ideal, $V_d = 24 V$, $L = 20\mu H$, $C = 100\mu F$ 'tir. Endüktans akımı sürekli olacak şekilde çıkışta ortalama $120V$ elde edebilmek için yük direncinin(R_y) sınır değeri 12Ω olduğuna göre anahtarlama frekansı nedir? Bu sınırla çalışırken çıkış geriliminin dalgalılık oranı ne olur?



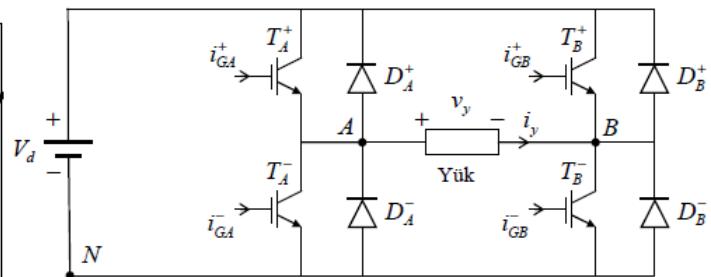
- 3) Yukarıdaki şekildeki DC/DC çeviricide elemanlar ideal, $V_d = 15 V$, $L = 80\mu H$, $C = 47\mu F$ 'tir. $R_y = 10\Omega$ 'luk bir yükü ortalama $30V$ ile beslemesi için $f_a = 2kHz$ anahtarlama frekansında gereken görev oranını (D) bulunuz. Bu durumda endüktans akımı sürekli ise, çıkış gerilimindeki dalgalılık oranını da bulunuz.



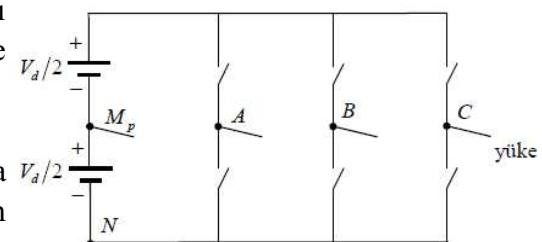
- 5) Yandaki 3 fazlı eviricide üç fazdan iki faza dönüşüm kuralı yukarıdaki gibidir. v_α , v_β değerleri, v_A , v_B , v_C değerlerinin şase seçiminden bağımsızdır. Buna göre şu iki şıktan yalnız birini yapınız.
 a) Bu dönüşüm formülünü kullanarak bu bağımsızlığı ispatlayınız.
 b) Anahtarların makul özel bir durumu için iki ayrı şase varsayımlına göre v_α , v_β 'yı hesaplayarak aynı olduğunu gösteriniz. Ancak üç fazın da aynı tarafa bağlı olduğu bir durum almayıınız.

Derste anlatılan dc/dc çevirici formülleri	i_L^{st}	i_L sürekliise		i_L kesikliyse	
		V_f/V_d	$\Delta v_f/V_f$	Δ_1	V_f/V_d
Alçaltıcı	D	$T_a^2(1-D)$	$8LC$	D	D
Yükseltici	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{2LI_f}{T_a V_d D}$	$\frac{D+\Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı - Yükseltici	$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$	

- 4) Aşağıdaki tam köprü eviricide şekildeki referans gerilimi için tek yönlü gerilim anahtarlamalı PWM uygulanmaktadır. Çıkış geriliminin dalga şeklini çiziniz. Üzerinde temel bileşenini yaklaşık olarak gösteriniz. Daha az harmonik için üçgen dalga frekansıyla referans sinyali frekansı arasındaki oran nasıl olmalıdır ve bu seçim hangi harmoniklerde nasıl bir etki yapar?



$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \end{bmatrix}$$



GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
06 Haziran 2012

1) (Sınavda formüller de verilmişti)

a) O3 devresinde $\hat{V}_{\text{akt}} = \sqrt{3} \times \hat{V} = \sqrt{3} \times 300 \text{ V}$ (fazlararası gerilimin tepe değeri)

$$\cos 45^\circ - \cos(45^\circ + ii) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times 0,0017 \times 20}{\sqrt{3} \times 300} = 0,0411 = 0,7071 - \cos(45^\circ + ii)$$

$$\cos(45^\circ + ii) = 0,6660 \rightarrow ii = 3,24^\circ \quad \rightarrow \quad t_{\text{akt}} = \frac{3,24^\circ}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = 0,18 \text{ ms} = t_{\text{akt}} = 180 \mu\text{s}$$

$$\mathbf{b)} \quad A_{ii} = (2\pi \times 50 \text{ Hz}) \times 0,0017 \text{ H} \times 20 \text{ A} = 3,4\pi \text{ V} \quad T_{yy} = 2\pi/3 \quad \rightarrow \quad \Delta V_{ydc} = \frac{3,4\pi}{2\pi/3} V = 5,1 \text{ V}$$

$$V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3} \times 300 \text{ V}}{2\pi} \cos 45^\circ = 175,4 \text{ V} \quad \rightarrow \quad 175,4 \text{ V} - 5,1 \text{ V} = V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 170,3 \text{ V}$$

2) Devre yükselticidir. Dönüşüm oranı $\frac{120 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 5 = \frac{1}{1-D}$ formülü sınırlada geçerlidir. $\rightarrow D = 0,8$

$$I_{\text{c}}^{ss} = \frac{120 \text{ V}}{12 \Omega} = 10 \text{ A} \text{ olması isteniyor.}$$

$$\rightarrow 10 \text{ A} = \frac{24 \text{ V} \times T_a}{2 \times 20 \times 10^{-6} \text{ H}} \times 0,8 \times (1 - 0,8) \rightarrow T_a = 1,0417 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$\rightarrow f_a = \frac{1}{1,0417 \times 10^{-4} \text{ s}} = f_a = 9600 \text{ Hz} \quad \text{Sınırlada dalgalılık oranı formülü de geçerlidir ve sınırlada } I_{\text{c}} = 10 \text{ A}$$

$$\frac{\Delta v_{\text{c}}}{V_{\text{c}}} = \frac{0,8 \times 1,0417 \times 10^{-4} \text{ s}}{12 \Omega \times 100 \times 10^{-6} \text{ F}} = 0,069 = \frac{\Delta v_{\text{c}}}{V_{\text{c}}} = \% 6,9$$

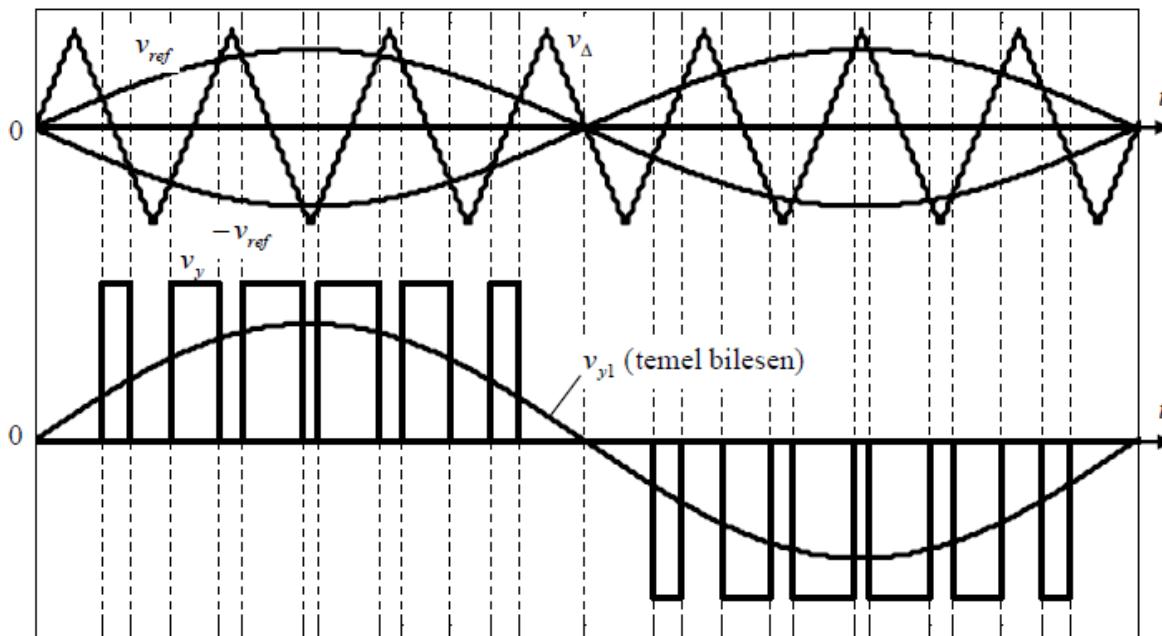
3) Devre alçaltıcı-yükselticidir. $T_a = 1/(2000 \text{ Hz}) = 5 \times 10^{-4} \text{ s}$. $I_{\text{c}} = 30 \text{ V}/10 \Omega = 3 \text{ A}$

Endüktans akımını önce sürekli varsayıyalım. Dönüşüm oranı $\frac{30 \text{ V}}{15 \text{ V}} = 2 = \frac{D'}{1-D'}$ $\rightarrow D' = 2/3$

$I_{\text{c}}^{ss'} = \frac{15 \text{ V} \times 5 \times 10^{-4} \text{ s}}{2 \times 80 \times 10^{-6} \text{ H}} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 10,4 \text{ A} > I_{\text{c}} = 3 \text{ A}$ olması bir çelişkidir. Demek ki endüktans akımı kesiklidir.

Bu yüzden dalgalılık oranını bulmayacağız.

$$\Delta_1 = \frac{2 \times 80 \times 10^{-6} \text{ H} \times 3 \text{ A}}{5 \times 10^{-4} \text{ s} \times 15 \text{ V} \times D} = 0,0640/D \quad \text{Dönüşüm oranı: } 2 = \frac{D}{\Delta_1} = \frac{D^2}{0,0640} = 2 \rightarrow D = 0,358$$



v_y ile temel bileşeni yanda gösterilmiştir. Daha az harmonik için, tek kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yönteminde v_Δ 'in frekansının, v_{ref} 'in frekansının tam katı olması istenir. Bu seçim, v_y 'nin tek harmonik simetrisine sahip olmasını sağlar; yani v_y çift harmonik içermemiş olur.

5) a) Farklı bir şaseye göre tanımlamak v_A , v_B , v_C değerlerine aynı miktarın eklenmesine neden olur, buna c diyalim. Dönüşüm matrisinin sütunları toplamı sıfır olduğu için yine aynı değer bulunur:

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_A + c \\ v_B + c \\ v_C + c \end{bmatrix} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \end{bmatrix} + k \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix}}_0 \begin{bmatrix} c \\ c \\ c \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \end{bmatrix}$$

Görüldüğü gibi A, B, C faz voltajlarında c kadar fark olup olmaması v_α , v_β değerleri için önemsizdir.

b) Meselâ A ve B kollarının yukarı, C kolumnun aşağı bağlı olduğu durumu ele alalım.

Şase olarak M_p noktasını alırsak $v_A = v_B = V_d/2$, $v_C = -V_d/2$ olur:

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix}_{M_p} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d/2 \\ V_d/2 \\ -V_d/2 \end{bmatrix} = kV_d \cdot \begin{bmatrix} 1/2 \\ \sqrt{3}/2 \end{bmatrix}$$

Şase olarak N noktasını alırsak $v_A = v_B = V_d$, $v_C = 0$ olur:

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix}_{M_p} = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_d \\ 0 \end{bmatrix} = kV_d \cdot \begin{bmatrix} 1/2 \\ \sqrt{3}/2 \end{bmatrix}$$

Görüldüğü gibi aynı değer bulunmaktadır.

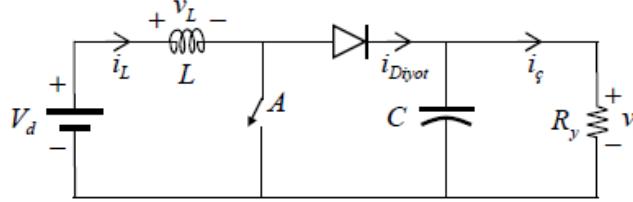
GÜC ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI
20 Haziran 2012 Süre: 75 dakika (Her soru 25 puanlıdır.)

1) Şekildeki doğrultucu devresinde S anahtarı açık, yük akımı $I_d = 20A$ değerinde tam süzülmüş ($L_y \approx \infty$), tristörler ideal olup, kaynakların iç dirençleri ihmal edilebilmekte ama her birinin $L_k = 1,7mH$ seri endüktansı vardır. $\hat{V} = 300 V$, frekans ise 50Hz'dır. Tristörler $\alpha = 45^\circ$ ile tetiklenirken,

a) Aktarım açısını($\ddot{\alpha}$) ve süresini(t_{akt}) bulunuz. $V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{2\hat{V}}{\pi} \cos \alpha$ Tek fazlı tam denetimli köprü doğrultucu (K2)

b) v_y geriliminin ortalama değerini bulunuz. $\cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{\alpha}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{\text{akt}}} \quad A_{\ddot{\alpha}} = 2\omega L_k I_d$

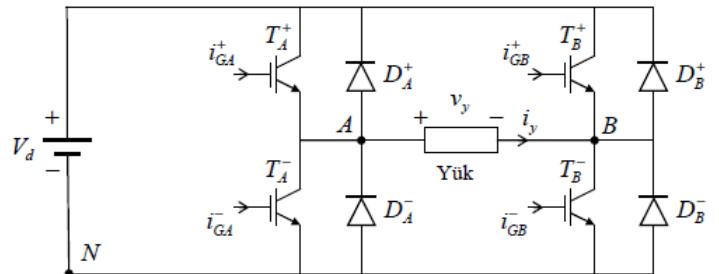
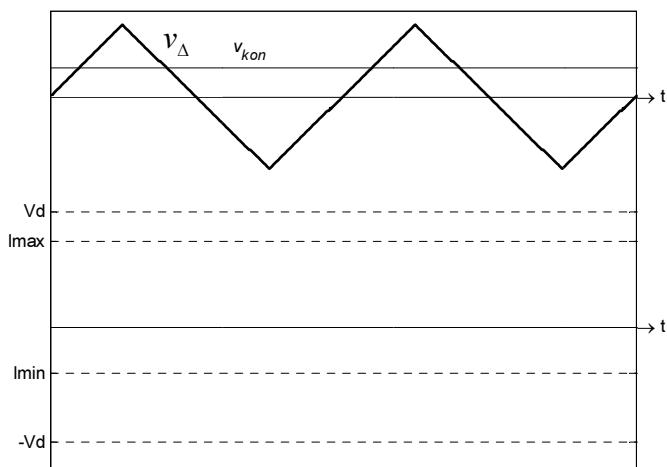
2) Aşağıdaki şekildeki DC/DC çevircide elemanlar ideal, $V_d = 20 V$, $L = 15 \mu H$, $C = 68 \mu F$, $R_y = 10 \Omega$, anahtarlama frekansı 5kHz'dır. Görev oranı $D = 0,3$ ile anahtarlanıyorsa ortalama çıkış gerilimi (V_c) ve gücü nedir? Endüktans akımı sürekli ise çıkış geriliminin dalgalılık oranını da bulunuz.



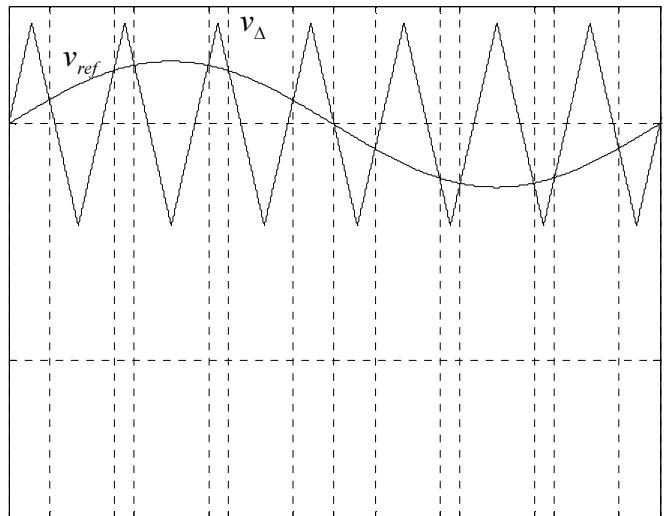
Derste anlatılan dc/dc çevirci formülleri

	I_f^{ss}	i_L sürekli		i_L kesikli	
		V_f/V_d	$\Delta V_f/V_f$	Δ_1	V_f/V_d
Alçaltıcı		D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$		$\frac{D}{D+\Delta_1}$
Yükseltici	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{2LI_f}{T_a V_d D}$	$\frac{D+\Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı - Yükseltici		$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

3) Aşağıdaki tam köprü devre DC/DC çevircisi olarak kullanılıyor ve çift yönlü gerilim anahtarlamalı PWM uygulanıyor. Şekilde verilen kontrol işaretleri için çıkış gerilimini (v_y) çiziniz. Bu gerilim ile beslenen yük endüktif olup şekil üzerinde görülen maksimum ve minimum (I_{\max} , I_{\min}) sınırlar arasında değişim göstermektedir. Yük akımını (i_y) çiziniz. Bir periyot içinde v_y ile i_y 'den herhangi birinin her işaret değişimi için diyon ve IGBT'lerden hangisinin/hangilerinin iletimde olduğunu zaman aralıklarına göre belirtiniz.



4) Yukarıdaki tam köprü eviricide şekildeki referans gerilimi için çift yönlü gerilim anahtarlamalı PWM uygulanmaktadır. Çıkış geriliminin dalga şeklini çiziniz. Üzerinde temel bileşenini yaklaşık olarak gösteriniz. Daha az harmonik için üçgen dalga frekansıyla referans sinyali frekansı arasındaki oran nasıl olmalıdır ve bu seçim hangi harmoniklerde nasıl bir etki yapar?

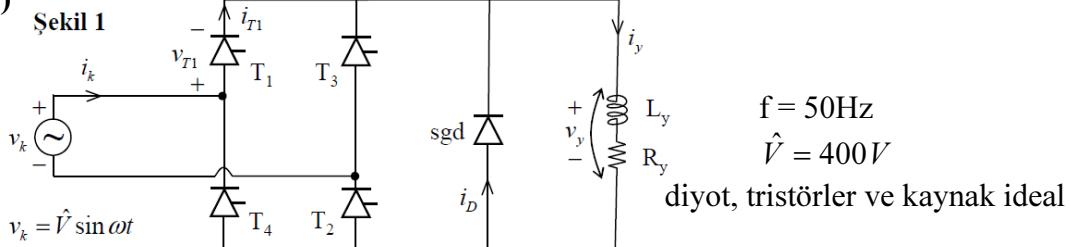


GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

06 Haziran 2013 Süre: 80 dakika

Her soru 25 puanlıdır. Sorulardan 4 tanesini çözmeniz beklenmektedir.

- 1) Şekil 1'deki devrede tristörler $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla tetikleniyor. $R_y = 20\Omega$ 'luk omik yükte ($L_y = 0$) bir süredir çalışılıyor. Primer akımının (i_k) dalga şeklini çiziniz (8 puan) ve temel bileşeninin etkin değerini I_{k1}^{rms} hesaplayınız (17 puan)



- 2) Şekil 1'deki devrede $i_y = I_d = 10A$ 'lik tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty$) ve $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışılıyor.

a) v_y , i_{T1} ve v_{T1} dalga şekillerini çiziniz. (7+5+8 puan) (v_{T1} çiziminde kılavuz çizgilerin fonksiyonlarını ne kabul ettiğinizi (v_k , $2v_k$, $v_k/2$ ya da eksilerinden hangileri olduğu) belirtmelisiniz.)

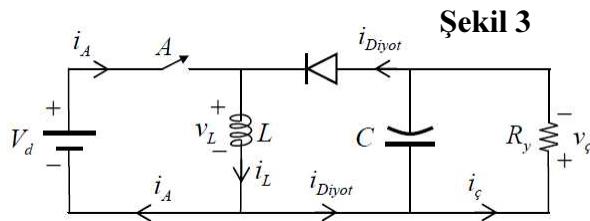
b) Bu çalışma şartları, akım tamamen dengeye gelecek kadar uzun bir süredir devam ediyorsa R_y üzerindeki ortalama güç ne olur? (5 puan) (R_y değeri bilinmiyor.)

- 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.

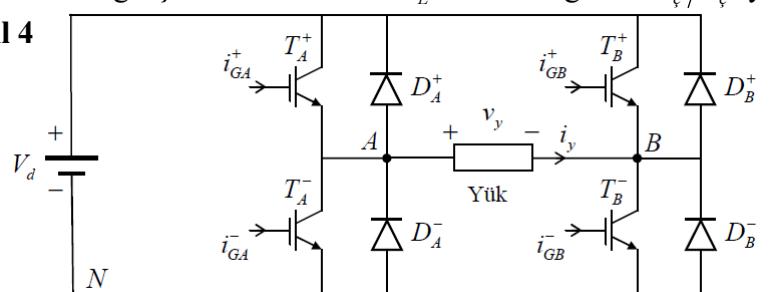
Aktarım anlarında yük akımı $i_y = I_d = 5A$ değerinde yaklaşık sabit kabul edilebiliyor. Buna göre aktarım açısını ($\bar{\alpha}$), aktarım süresini (t_{akt}), aktarımın etkisi de dikkate alındığında yük üzerindeki ortalama gerilimi ($V_{ydc}^{\text{gerçek}}$) hesaplayınız. (9+4+12 puan)

- 4) Şekil 3'teki devrede $V_d = 24V$, $f_a = 1kHz$, $L = 5mH$, $C = 100\mu F$, $R_y = 20\Omega$ olup A anahtarı $D = 0,4$ görev oraniyla anahtarlanmaktadır. Çıkış gerilimini, gücünü ve giriş akımını bulunuz. i_L kesikli değilse $\Delta v_\zeta / V_\zeta$ 'yi de bulunuz.

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



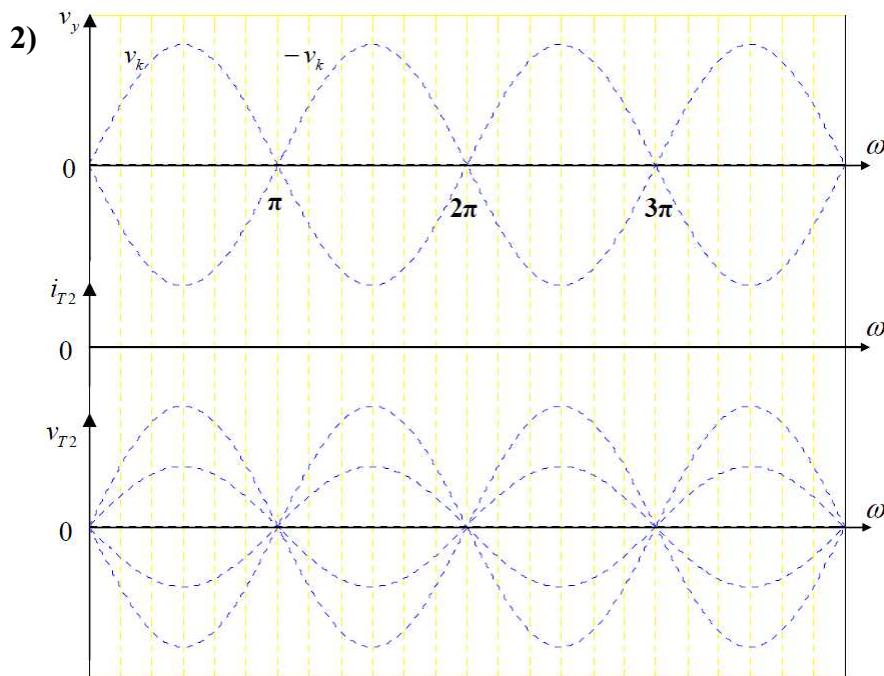
Şekil 4



- 6) Şekil 4'teki devrede IGBT'ler, üçgen dalgayla tek yönlü gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle anahtarlanmaktadır. Referans gerilimi (v_{ref}) veya eksisinin ($-v_{ref}$) 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.



K2 devresinde $V_{y\text{dc}} = \frac{\hat{V}}{\pi}(1 + \cos \alpha)$
(sgd varsa veya yük omikse)

3) K6 devresi için formüller:

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

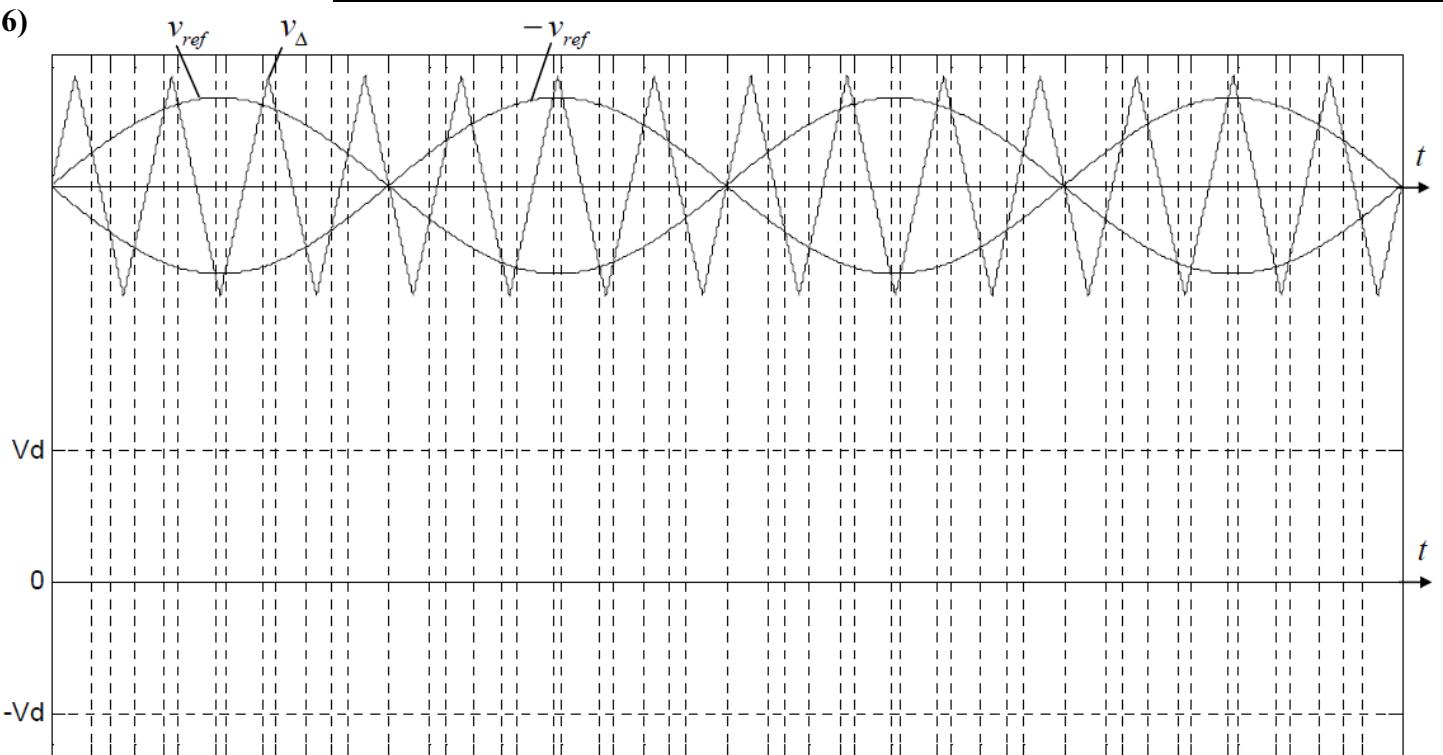
$$A_{\bar{\omega}} = \omega L_k I_d \quad \Delta V_{y\text{dc}} = \frac{A_{\bar{\omega}}}{T_{vy}}$$

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

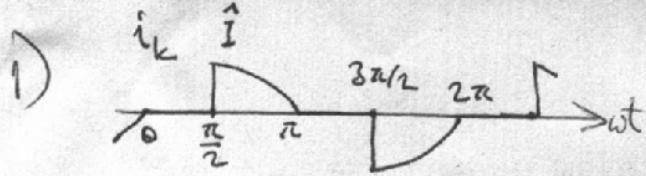
4 – 5) Derste anlatılan dc/dc çeviriçi formülleri

I_c^{ss}	i_L sürekli		i_L kesikli	
	V_c/V_d	$\Delta V_c/V_c$	Δ_1	V_c/V_d
Alçaltıcı	D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$	$\frac{D}{D+\Delta_1}$	$\frac{D}{D+\Delta_1}$
	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{2LI_c}{T_a V_d D}$
	$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

6)



GÜC ELEKTRONİĞİ FINAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
06 Haziran 2013 Süre: 80 dakika



$$\hat{I} = \hat{V}/R_g = 20A$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \hat{I} \sin \omega t \cos \omega t d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} \hat{I} \underbrace{\sin \omega t \cos \omega t}_{\frac{1}{2} \sin 2\omega t} d\omega t$$

$$a_1 = \frac{\hat{I}}{\pi} \left(-\frac{1}{4} \cos 2\omega t \right) \Big|_{\pi/2}^{\pi} + \frac{\hat{I}}{\pi} \left(-\frac{1}{4} \cos 2\omega t \right) \Big|_{3\pi/2}^{2\pi}$$

$$a_1 = \frac{\hat{I}}{\pi} \left(-\frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = \frac{\hat{I}}{\pi} = -\frac{20A}{\pi} = -6,37A$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \hat{I} \sin \omega t \cdot \sin \omega t d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} \hat{I} \underbrace{\sin^2 \omega t}_{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t} d\omega t$$

$$b_1 = \frac{\hat{I}}{\pi} \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\omega t \right) \Big|_{\pi/2}^{\pi} + \frac{\hat{I}}{\pi} \left(\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\omega t \right) \Big|_{3\pi/2}^{2\pi}$$

$$b_1 = \frac{\hat{I}}{\pi} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} \right) = \frac{\hat{I}}{2} = \frac{20A}{2} = 10A$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{(20/\pi)^2 + 10^2}{2}} A = 8,38A$$

$$2) P = I_d V_{ydc} = \frac{I_d}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} 400V \sin \omega t d\omega t = \frac{I_d}{\pi} \underbrace{\downarrow 400V \cdot (-\cos \omega t)}_{\pi/2}^{\pi}$$

$$= \frac{4000W}{\pi} (1) = 1273W$$

$$3) \cos 30^\circ - \cos(30^\circ + \ddot{\omega}) = \frac{2(2\pi 50) 7 \times 10^{-3} \times 5}{300} = 0,0733$$

$$\cos(30^\circ + \ddot{\omega}) = 0,7927 \quad \ddot{\omega} = 7,56^\circ \rightarrow t_{act} = \frac{7,56^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = 0,42 \text{ ms}$$

$$A_{ij} = (2\pi 50) \times 7 \times 10^{-3} \times 5 V = 3,5\pi V \quad \Delta V_{ydc} = \frac{3,5\pi}{\pi/3} = 10,5V$$

$$V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3 \times 300V}{\pi} \cos 30^\circ = 248,1V$$

$$V_{ydc}^{\text{gerade}} = 248,1V - 10,5V = 237,6V$$

$$4) V'_L = \frac{0,4}{1-0,4} \cdot 24V = 16V \rightarrow I'_L = \frac{16V}{20\Omega} = 0,8A \quad T_a = \frac{1}{f_a} = 10^{-3}s$$

$$I_a^{ss} = \frac{24V \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 0,6}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} A = 0,576A < I'_L \rightarrow i_L \text{ sürekli.}$$

$$I_a = I'_L = 0,8A \quad V_a = V'_L = 16V \quad P = 16V \cdot 0,8A = 12,8W$$

$$I_d = \frac{16V \cdot 0,8A}{24V} = 0,533A$$

$$\frac{\Delta V_a}{V_a} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}} = 0,2 = \% 20$$

$$5) \frac{60V}{24V} = 2,5 = \frac{D}{1-D} = 2,5 - 2,5D' = D' \rightarrow 2,5 = 3,5D' \rightarrow D' = 0,714$$

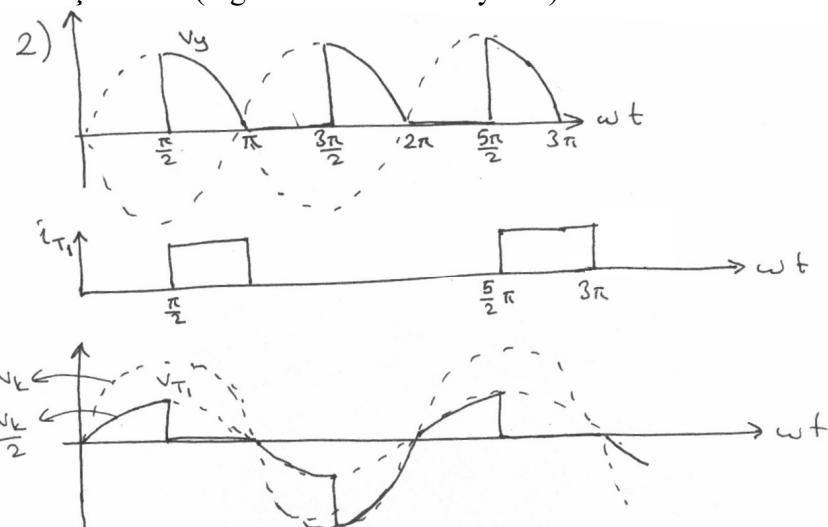
$$I_a = \frac{60V}{20\Omega} = 3A \quad I_a^{ss'} = \frac{24V \cdot 10^{-3} \cdot 0,714(1-0,714)}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 1,22A$$

$$I_a > I_a^{ss'} \rightarrow i_L \text{ sürekli. } D = D' \quad I_a^{ss''} = I_a^{ss'}$$

$$D = 0,714 \quad P = 60V \cdot 3A = 180W$$

$$I_d = \frac{180W}{24V} = 7,5A \quad \frac{\Delta V_a}{V_a} = \frac{0,714 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 470 \cdot 10^{-6}} = \% 7,6$$

2. soru çizimleri (diğer kısım önceki sayfada):



5) 2012 Final 4. sorunun cevabı gibidir.

GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

12 Nisan 2014 Süre: 75 dakika

1) Şekil 1'deki devrede diyon, tristörler ve kaynak ideal kabul ediliyor ve $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla tetikleniyor. 50Hz'de, $\hat{V} = 200V$ ile ve $I_d = 10A$ 'lik tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty H$) uzun bir süredir çalışılıyor.

a) v_y dalga şéklini çiziniz. (7 puan)

b) i_k dalga şéklini çiziniz. (7 puan)

c) i_k 'nın etkin değerini ($I_{k\text{rms}}$) hesaplayınız. (8 puan)

d) i_k 'nın temel bileşenini $i_{k1}(t) = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$

biçiminde ifade etmek için I_{k1} ve ϕ_1 sabitlerini bulunuz (ya da $I_{k1} \cos \phi_1$ ile $I_{k1} \sin \phi_1$ değerlerini bulmanız da yeterli). (20 puan)

e) Gerilim kaynağının devre üzerinde gördüğü güç faktörünü ve reaktif gücü bulunuz. (12 puan)

f) Yük üzerindeki ortalama güç (P) dengeye gelmişse, yani R_y ile L_y birlikte ortalama gücü, yalnız R_y üzerindeki ortalama güce eşitlenmişse R_y direnci kaç ohmdur? (6 puan)

2) Formüller:

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

$$A_{\dot{\alpha}} = \omega L_k I_d \quad V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \hat{V} \cos \alpha$$

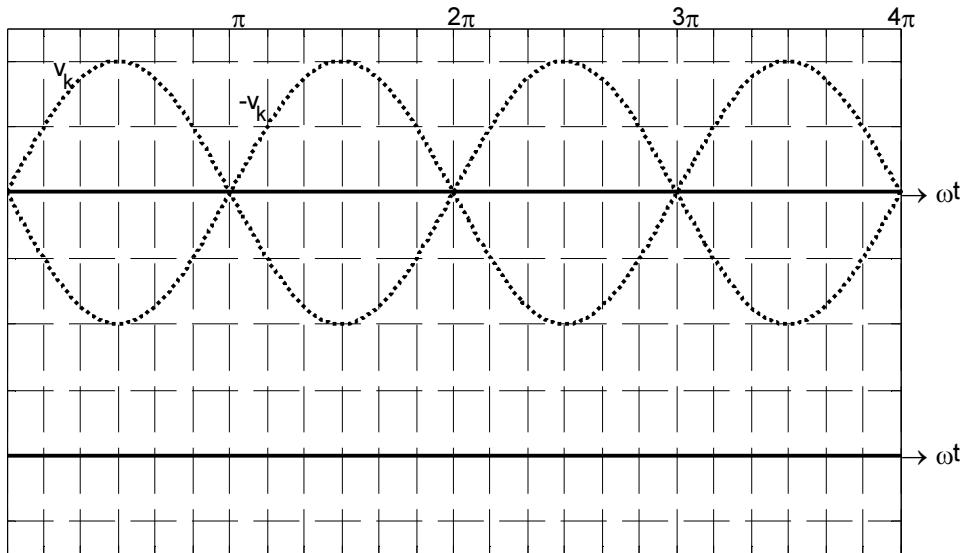
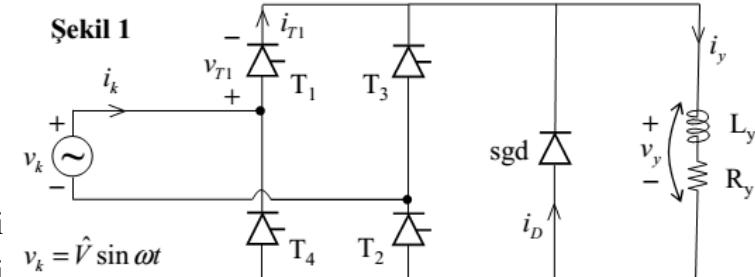
Şekil 2'deki devrede tristörler idealdır. Kaynakların iç dirençleri de ihmal ediliyor. Ancak kaynağı her fazı için seri olarak $L_k = 13,3mH$ kaçak iç endüktansı bulunmaktadır. 50Hz'de, $\hat{V} = 200V$ ve $I_d = 10A$ 'lik tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty H$) ve $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla uzun bir süredir çalışılıyor.

a) Aktarım açısını ($\dot{\alpha}$) ve aktarım süresini bulunuz. (8 + 5 puan)

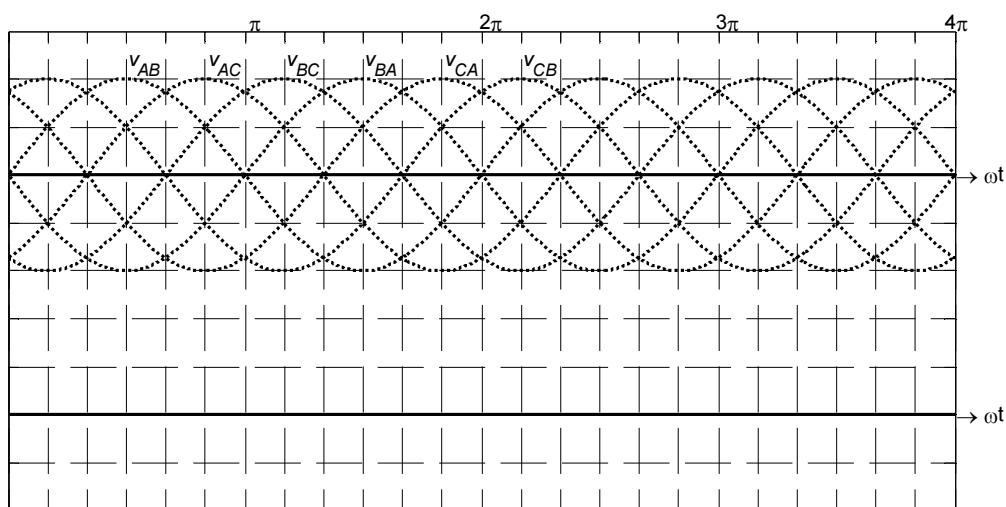
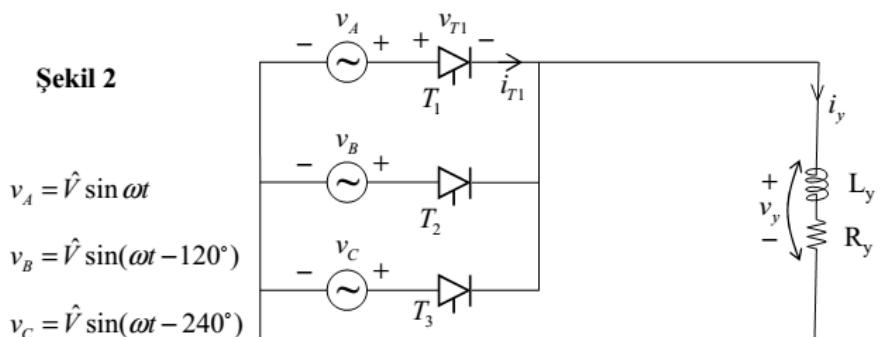
Aktarımın etkisini de hesaba katarak L_y ile R_y birlikte yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz. (12 puan)

Aktarım çentiklerini de göstererek v_y dalga şéklini çiziniz. (8 puan)

b) Aktarım etkisini ihmal ederek i_{T1} akımının dalga şéklini çiziniz. (7 puan)

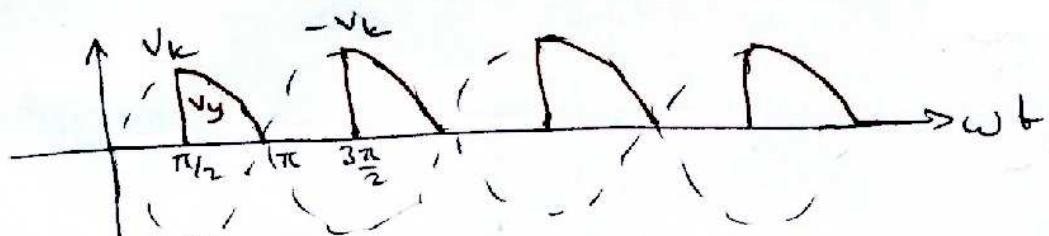


Şekil 2

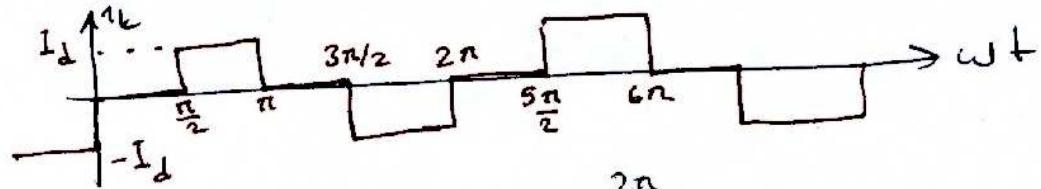


GÜC ELEKTRONİĞİ ARASINAV
CEVAP ANAHTARI 12.4.2014

1) a)



b)



$$c) I_{k\text{rms}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} I_d^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} I_d^2 d(\omega t)$$

$$I_{k\text{rms}}^2 = \frac{1}{2\pi} I_d^2 \left(\pi - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{2\pi} I_d^2 \left(2\pi - \frac{3\pi}{2}\right) = \frac{I_d^2}{2} = I_{k\text{rms}}^2$$

$$I_{k\text{rms}} = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = \frac{10\text{ A}}{\sqrt{2}} = 7,07\text{ A}$$

d) $i_{k_1}(t) = a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t$

$$a_1 = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{k_1}(t) \cos \omega t d(\omega t) = \frac{I_d}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \cos \omega t d(\omega t) + \frac{I_d}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} -\cos \omega t d(\omega t)$$

$$a_1 = \frac{I_d}{\pi} \left\{ \left[\sin \omega t \right]_{\pi/2}^{\pi} - \left[\sin \omega t \right]_{3\pi/2}^{2\pi} \right\} = \frac{I_d}{\pi} \left\{ -1 - (+1) \right\} = -\frac{2I_d}{\pi} = a_1$$

$$a_1 = \frac{-20\text{ A}}{\pi} = -6,37\text{ A}$$

$$b_1 = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{k_1}(t) \sin \omega t d(\omega t) = \frac{I_d}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \sin \omega t d(\omega t) + \frac{I_d}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} -\sin \omega t d(\omega t)$$

$$b_1 = \frac{I_d}{\pi} \left\{ \left[-\cos \omega t \right]_{\pi/2}^{\pi} - \left[-\cos \omega t \right]_{3\pi/2}^{2\pi} \right\} = \frac{I_d}{\pi} \left\{ 1 - (-1) \right\} = \frac{2I_d}{\pi} = b_1$$

$$b_1 = \frac{20\text{ A}}{\pi} = 6,37\text{ A}$$

$$i_{k_1}(t) = \sqrt{2} I_{k_1} \sin(\omega t - \phi_1) = \underbrace{\sqrt{2} I_{k_1} \sin \phi_1}_{a_1} \cos \omega t + \underbrace{\sqrt{2} I_{k_1} \cos \phi_1}_{b_1} \sin \omega t$$

$$I_{k_1} \sin \phi_1 = \frac{-a_1}{\sqrt{2}} = 4,50\text{ A}$$

$$I_{k_1} \cos \phi_1 = \frac{b_1}{\sqrt{2}} = 4,50\text{ A}$$

$$I_{k_1} = \sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{(-6,37)^2 + 6,37^2}{2}} A = 6,37 A = I_{k_1}$$

$$\sin \phi_1 = \frac{4,50}{6,37} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{6,37}{6,37} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\phi_1 = 45^\circ$$

e) $V_{rms} = \frac{200V}{\sqrt{2}} = 141,4 V$ $S = V_{rms} I_{k_{rms}}$

$$S = 141,4 V \times 7,07 A = 1000 VA \rightarrow \text{gerünür güz}$$

$$P = V_{rms} I_{k_1} \cos \phi_1 = 141,4 V \times 4,50 A = 636 W \rightarrow \text{aktif güz}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1000^2 - 636^2} VA = \boxed{771 VA = Q} \quad \text{reaktif güz}$$

$$\text{Güz faktörü} = \frac{P}{S} = \frac{636}{1000} = \boxed{GF = 0,636}$$

f) (e) sikkında hesaplanan $P=636W$, yani R_y sızesinden hesaplanan güce eşittir. Akım tam süzülmüş oldufundan

$$i_y = I_d = 10A \rightarrow P = R_y I_d^2 \rightarrow R_y = \frac{P}{I_d^2} = \frac{636W}{(10A)^2}$$

$$\boxed{R_y = 6,36 \Omega}$$

2) $\hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \hat{V} = \sqrt{3} \times 200V = 346 V$

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{\omega}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times 13,3 \times 10^{-3} \times 10}{346} = 0,2412$$

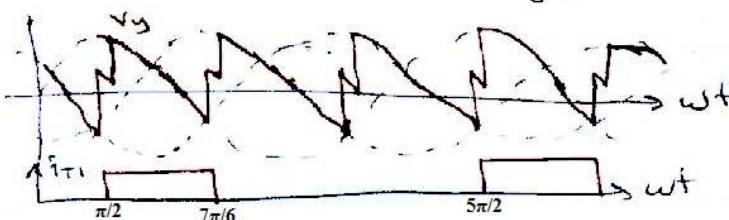
$$\cos(60^\circ + \ddot{\omega}) = 0,5 - 0,2412 = 0,2588 \rightarrow 60^\circ + \ddot{\omega} = 75^\circ$$

$$\boxed{\ddot{\omega} = 15^\circ} \quad t_{akt} = \frac{\ddot{\omega}}{\omega} = \frac{15^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = \boxed{0,833ms = t_{akt}}$$

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\sqrt{3} \times 200V}{2\pi} \cos 60^\circ = 82,7 V \quad A_{ydc} = 2\pi \times 50 \times 13,3 \times 10^{-3} \times 10V$$

$$A_{ydc} = 13,3\pi V \quad T_{ydc} = 2\pi/3 \quad \Delta V_{ydc} = \frac{13,3\pi V}{2\pi/3}$$

$$\Delta V_{ydc} = 19,95 V \rightarrow V_{ydc}^{gerak} = 82,7 V - 19,95 V = \boxed{62,7 V = V_{ydc}^{gerak}}$$

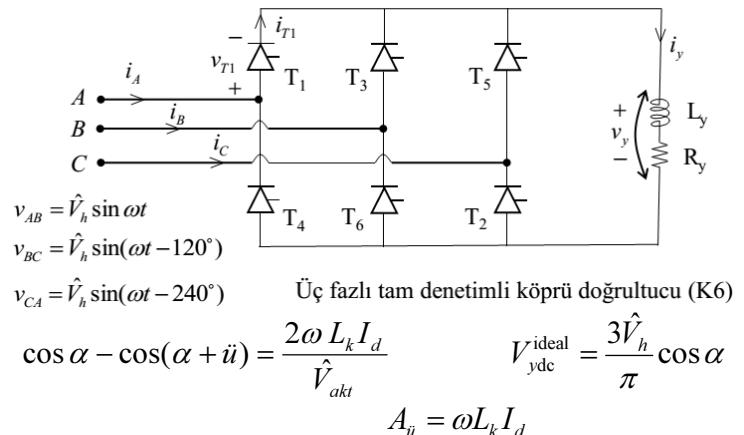


Öğrenci No:	Numaranızı okunaklı yazınız	1	2	3	4	TOPLAM
Adı Soyadı						

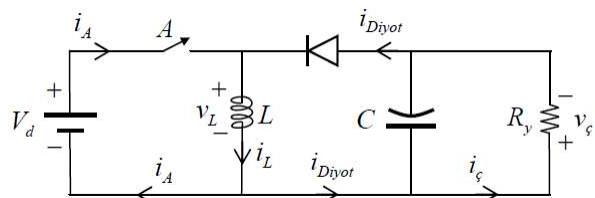
GÜC ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

29 Mayıs 2014 Süre 75 dakika

- 1) Yandaki devrede tristörler ideal, A, B, C uçlarına bağlı sekonderi Y trafonun her bir faz sekonder sargasının kaçak reaktansı ise $L_k = 5mH$ 'dir. $\alpha = 75^\circ$ ateşleme açısıyla $I_d = 30A$ değerinde tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty$) çalışılıyor. Şebeke frekansı 50Hz, $\hat{V}_h = 540V$ 'tur (fazlararası). Buna göre aktarım açısını($\ddot{\alpha}$), aktarım süresini(t_{akt}), aktarımın etkisi de dikkate alındığında yük üzerindeki ortalama gerilimi ($V_{ydc}^{\text{gerçek}}$) hesaplayınız. (8+5+12 puan)



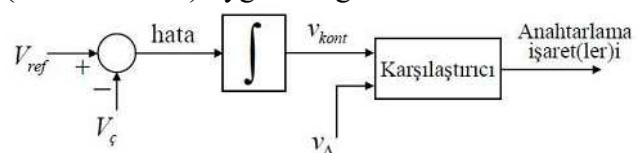
- 2) Aşağıdaki devrede $L = 3 mH$, $C = 220\mu F$, $R_y = 20 \Omega$, $V_d = 30 V$, çalışma oranı $D = 0,6$, anahtarlama frekansı $f_a = 1 kHz$ olduğuna göre giriş akımı, çıkış akımı, çıkış volajı ve çıkış gücünü ortalama olarak bulunuz. i_L kesikli değilse $\Delta v_c / V_c$ 'yi de bulunuz.



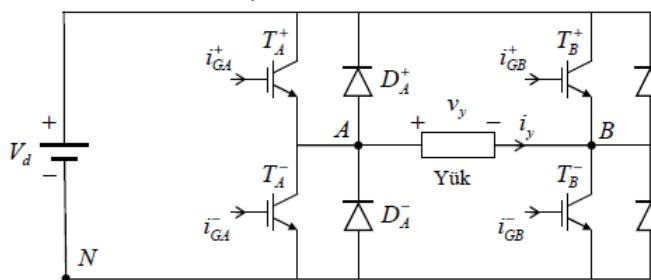
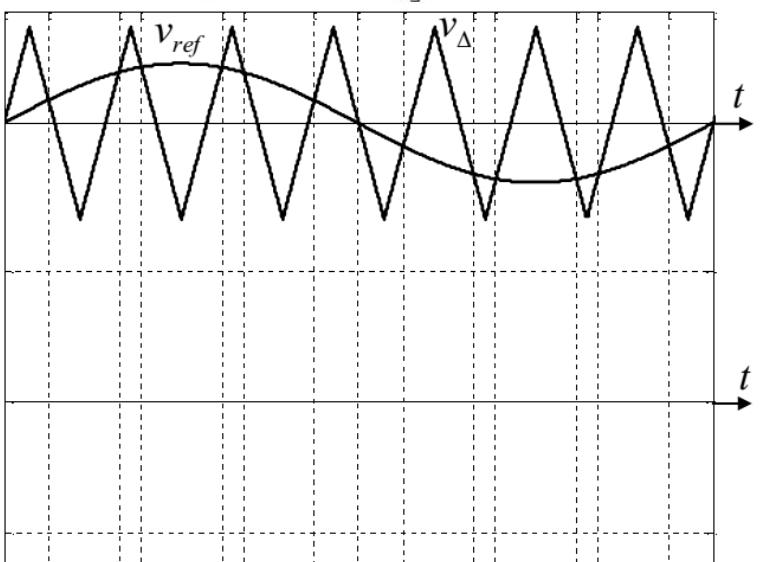
Derste anlatılan devreler için formüller	I_c^{ss}	i_L sürekliise		i_L kesikliye	
		V_c / V_d	$\Delta v_c / V_c$	Δ_1	V_c / V_d
Alçaltıcı		D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$		$\frac{D}{D+\Delta_1}$
Yükseltici	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{2LI_c}{T_a V_d D}$	$\frac{D+\Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı - Yükseltici	$\frac{D}{1-D}$		$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

- 3) Bir dc/dc çeviriçi yandaki blok şemada gösterildiği gibi denetleniyor. Burada V_{ref} çıkışta istenen voltaj, V_c çıkıştaki gerçek voltaj, v_Δ ise istenen anahtarlama frekansında uygun genlikte bir üçgen dalgadır. Sistemin çalışmasını grafikle ve

anahtarlama işaretlerinin ne zaman hangi yönde (iletim/kesim?) uygulandığını belirterek anlatınız.



- 4) Aşağıdaki tam köprü eviricide şekildeki referans gerilimi için çift yönlü gerilim anahtarlama PWM uygulanmaktadır (yarım köprü benzeri). Çıkış geriliminin dalga şeklini çiziniz. Üzerinde temel bileşenini yaklaşık olarak gösteriniz. Üçgen dalga frekansıyla referans sinyal frekansı arasındaki oran nasıl tercih edilir, neden?



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

GÜG ELEKTRONİKİ FINAL CEVAP ANAHTARI
29 Mayıs 2014

1) $\hat{V}_{akt} = \hat{V}_n = 540V$

$$\cos 75^\circ - \cos(75^\circ + \ddot{\omega}) = \frac{2 \cdot (2\pi \cdot 50) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{540} = 0,1745$$

$$\cos(75^\circ + \ddot{\omega}) = 0,084286 \rightarrow \ddot{\omega} = 10,2^\circ$$

$$t_{akt} = \frac{10,2^\circ}{360^\circ \cdot 50 \text{ Hz}} = 565 \mu\text{s}$$

$$V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3 \cdot 540 \text{ V}}{\pi} \cos 75^\circ = 133,5 \text{ V}$$

$$A_{\ddot{\omega}} = (2\pi \cdot 50) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \text{ V} = 15\pi \text{ V}$$

$$T_{vy} = \pi/3 \rightarrow \Delta V_{ydc} = \frac{15\pi \text{ V}}{\pi/3} = 45 \text{ V}$$

$$\begin{matrix} \hookrightarrow 2\pi/6 \\ K6 \end{matrix} \quad V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 133,5 \text{ V} - 45 \text{ V} = \underline{\underline{88,5 \text{ V}}}$$

2) i_L sürekli varsayılmı: $V_d' = \frac{D}{1-D} V_d = \frac{0,6}{1-0,6} 30 \text{ V}$
(Devre alçaltıcı/yükseltici)

$$V_d' = 45 \text{ V} \rightarrow I_a' = \frac{45 \text{ V}}{20 \Omega} = 2,25 \text{ A} \quad T_a = \frac{1}{1 \text{ kHz}} = 10^{-3} \text{ s}$$

$$I_a^{\text{ss}} = \frac{30 \text{ V} \times 10^{-3} \text{ s}}{2 \times 3 \times 10^{-3} \text{ H}} \cdot 0,6 \times (1-0,6) = 1,2 \text{ A} < I_a'$$

yani i_L gerçekten sürekli. $V_a' = \boxed{V_a = 45 \text{ V}}$

$$I_a' = \boxed{I_a = 2,25 \text{ A}} \quad P_g = P_a = 45 \text{ V} \times 2,25 \text{ A}$$

$$\boxed{P_a = 101,25 \text{ W}} = V_d I_d \rightarrow I_d = \frac{101,25 \text{ W}}{30 \text{ V}}$$

$$\boxed{I_d = 3,375 \text{ A}} \quad \frac{\Delta V_a}{V_a} = \frac{0,6 \times 10^{-3}}{20 \times 220 \times 10^{-6}} = \underline{\underline{\% 13,6}}$$

3. ve 4. soruların cevapları için http://atasevinc.net/ge/DC_DC_ceviriciler_ve_eviriciler.pdf dosyasına bakınız.

3. sorunun cevabı için o dosyada sayfa 8-9'a bakınız.

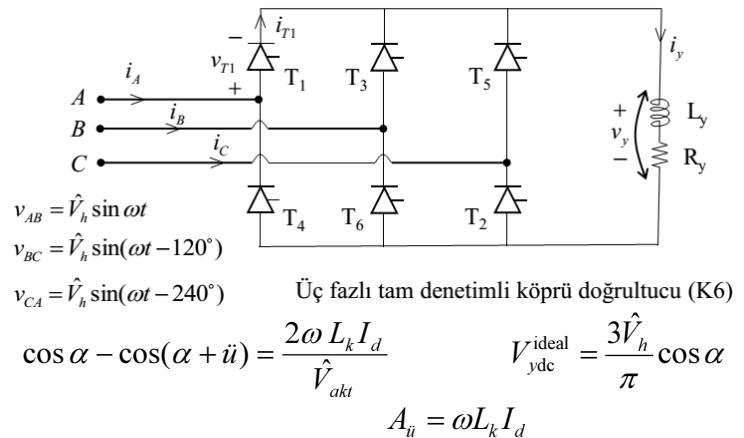
4. sorunun cevabı için o dosyada sayfa 14'e ve oradaki yönlendirmeye göre sayfa 13'e bakınız.

Öğrenci No:	Numaranızı okunaklı yazınız	1	2	3	4	TOPLAM
Adı Soyadı						

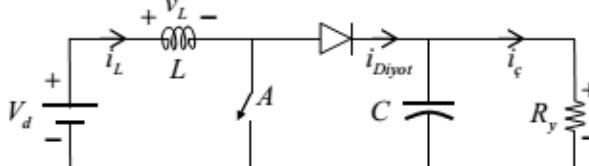
GÜC ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

12 Haziran 2014 Süre 75 dakika

- 1) Yandaki devrede tristörler ideal, A, B, C uçlarına bağlı sekonderi Y trafoyun her bir faz sekonder sargısının kaçak reaktansı ise $L_k = 7mH$ 'dir. $\alpha = 60^\circ$ atesleme açısıyla $I_d = 20A$ değerinde tam süzülmüş akımla ($L_y \approx \infty$) çalışılıyor. Şebeke frekansı 50Hz, $\hat{V}_h = 400V$ 'tur (fazlararası). Buna göre aktarım açısını($\ddot{\alpha}$), aktarım süresini(t_{akt}), aktarımın etkisi de dikkate alındığında yük üzerindeki ortalama gerilimi ($V_{ydc}^{\text{gerçek}}$) hesaplayınız. (8+5+12 puan)



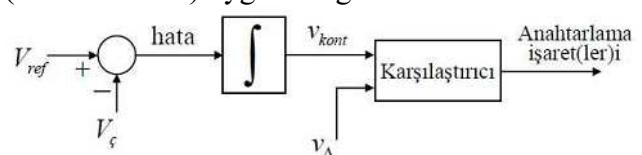
- 2) Aşağıdaki devrede $L = 2 mH$, $C = 470 \mu F$, $R_y = 50 \Omega$, $V_d = 10 V$ 'tur. $f_a = 1 kHz$ anahtarlama frekansı ile çıkışta ortalama $25V$ elde etmek için gereken çalışma oranını (D) bulunuz. Bu çalışma için giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gücü ortalamalarını bulunuz. i_L kesikli değilse $\Delta v_c/V_c$ 'yi de bulunuz.



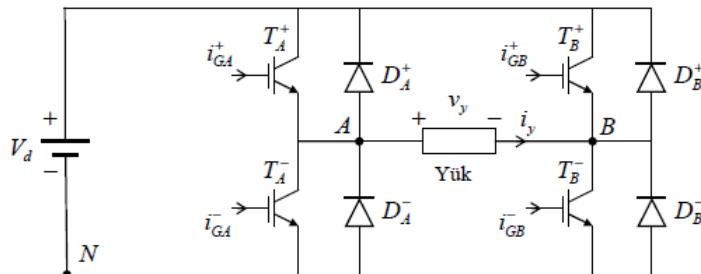
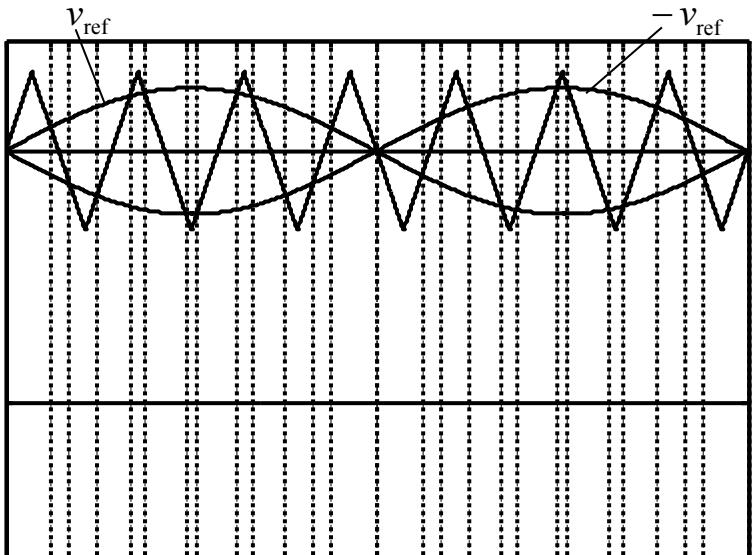
Derste anlatılan devreler için formüller	$I_{\dot{c}}^{ss}$	i_L sürekliise		i_L kesikliye	
		V_c/V_d	$\Delta v_c/V_c$	Δ_1	V_c/V_d
Alçaltıcı	D	$\frac{T_a^2(1-D)}{8LC}$		$\frac{D}{D+\Delta_1}$	
Yükseltici	$\frac{V_d T_a}{2L} D(1-D)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$	$\frac{2LI_{\dot{c}}}{T_a V_d D}$	$\frac{D+\Delta_1}{\Delta_1}$
Alçaltıcı-Yükseltici		$\frac{D}{1-D}$	$\frac{DT_a}{R_y C}$		$\frac{D}{\Delta_1}$

- 3) Bir dc/dc çevirici yandaki blok şemada gösterildiği gibi denetleniyor. Burada V_{ref} çıkışta istenen voltaj, V_c çıkıştaki gerçek voltaj, v_Δ ise istenen anahtarlama frekansında uygun genlikte bir üçgen dalga dalgadır. Sistemin çalışmasını grafikle ve

anahtarlama işaretlerinin ne zaman hangi yönde (iletim/kesim?) uygulandığını belirterek anlatınız.



- 4) Aşağıdaki tam köprü eviricide şekildeki referans gerilimi için tek yönlü gerilim anahtarlamalı PWM uygulanmaktadır. Çıkış geriliminin dalga şeklini çiziniz. Üzerinde temel bileşenini yaklaşık olarak gösteriniz. Üçgen dalga frekansıyla referans sinyal frekansı arasındaki oran nasıl tercih edilir, neden?



BASARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

GÜC ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI
12 Haziran 2014

$$1) \hat{V}_{akt} = \hat{V}_h = 400V$$

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{\upsilon}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times (7 \times 10^{-3}) \times 20}{400} = 0,2199$$

$$\cos(60^\circ + \ddot{\upsilon}) = 0,2801 \rightarrow 60^\circ + \ddot{\upsilon} = 73,7^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{\upsilon} = 13,7^\circ}$$

$$t_{akt} = \frac{13,7^\circ}{360^\circ \times 50\text{Hz}} = 763\mu\text{s}$$

$$V_{ydc}^{\text{ideal}} = \frac{3 \times 400V}{\pi} \cos 60^\circ = 191,0V$$

$$A \cdot \ddot{\upsilon} = (2\pi \times 50) \times (7 \times 10^{-3}) \times 20 V = 14\pi V$$

$$T_{VY} = \frac{2\pi}{6} = \pi/3 \rightarrow \Delta V_{ydc} = \frac{14\pi}{\pi/3} = 42,0V$$

$$V_{ydc}^{\text{gerçek}} = 191,0V - 42,0V = 149,0V$$

$$2) T_a = \frac{1}{1\text{kHz}} = 1\text{ms} = 10^{-3}s. \text{ Devre yükseltici}$$

$$V_g/V_d = 25V/10V = 2,5 \rightarrow \text{Dönüştürme oranı}$$

$$i_L \text{ sürekli varsayılırsa } \frac{1}{1-D'} = 2,5 \rightarrow 1-D' = 0,4 \rightarrow D' = 0,6$$

$$I_a^{ss'} = \frac{10 \times 10^{-3}}{2 \times 2 \times 10^{-3}} \times 0,6 \times (1-0,6) = 0,6A$$

$$\text{Giriş akımı} = \frac{25V}{50\Omega} = \boxed{0,5A = I_a} < I_a^{ss'} \rightarrow i_L \text{ kesikli}$$

$D \neq D'$, $I_a^{ss'} \neq I_a^{ss}$ ama I_a^{ss} 'yi yeniden hesaplamaya gerek yok.

$$\frac{V_g}{V_d} = 2,5 = \frac{D + \Delta_1}{\Delta_1}, \quad \Delta_1 = \frac{2 \times (2 \times 10^{-3}) \times 0,5}{10^{-3} \times 10 \times D} = \frac{0,2}{D}$$

$$\rightarrow 2,5 = \frac{D}{\Delta_1} + 1 = \frac{D}{0,2/D} + 1 = 1 + \frac{D^2}{0,2} = 2,5$$

$$D^2/0,2 = 1,5 \rightarrow D^2 = 0,3 \rightarrow \boxed{D = 0,548}$$

Giriş akımı bundan bağımsız, dönüşüm oranından

$$I_d/I_a = 2,5 \rightarrow I_d/0,5A = 2,5 \rightarrow \boxed{I_d = 1,25A}$$

$$\text{Giriş güçü} = V_g I_a = 25V \times 0,5A = \boxed{12,5W = P_g}$$