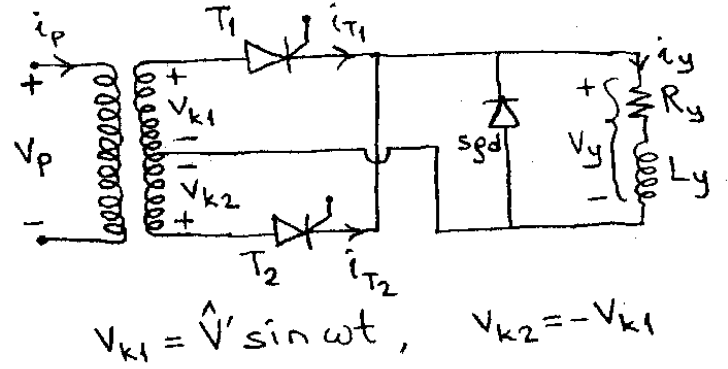


GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

24 Nisan 2010 Süre: 90 dakika

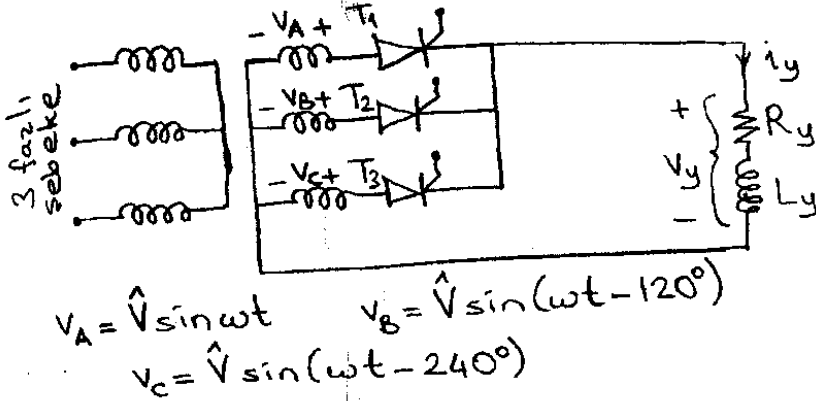
1) Şekilde verilen tek fazlı orta uçlu doğrultucu (O2) devresinde tüm elemanları ideal, akımı $i_y = I_d = 10A$ değerinde tam süzölmüş ($L_y \approx \infty$) kabul edelim. Trafo sarım oranı 1:(1+1), $v_{k1} = \hat{V}' \sin(\omega t)$, $v_{k2} = -v_{k1}$, $\hat{V}' = 200V$, $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısı ve 50Hz'lik frekans ile devrenin uzun süredir çalıştığını düşünerek



- v_y ile i_p dalga şekillerini (ωt)'ye göre çiziniz. (8 + 7 puan) Hangi kılavuz çizgiyi hangi sinyal olarak aldığınızı belirtiniz.
- i_p akımının temel bileşenini $i_1(t) = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) = \sqrt{2} \cdot I_{rms} \sin(\omega t - \phi_1)$ olarak düşünersek a_1 , b_1 ve I_{rms} değerlerini (10 + 10 + 5 puan),
- Kaynağın verdiği aktif, reaktif ve görünür güç ile gördüğü güç faktörünü (18 puan),
- i_p akımı için toplam harmonik distorsiyonunu bulunuz (7 puan).

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad P = V_{rms} I_{rms} \cos \phi_1 \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad GF = P/S$$

$$I_{dis} = \sqrt{I_{rms}^2 - I_{1rms}^2} \quad THD_i = \%100 \frac{I_{dis}}{I_{1rms}}$$



- Şekildeki O3 devresinde sekonderin her faz sargısının kaçak endüktansı $L_s = 5mH$ olup, 50Hz frekansla, $\hat{V} = 200V$ gerilimle, $i_y = I_d = 16A$ değerinde tam süzölmüş akım ve $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla uzun süredir çalışıldığını düşünersek,
 - Aktarım açısı (\hat{u}) ve aktarım süresi ne olur? (15 puan)
 - Aktarımın etkisini de dikkate alarak v_y geriliminin ortalamasını hesaplayınız. (12 puan)
 - Aktarım çentiklerini de göstererek v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz. (8 puan)

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

BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI

$$1) b) a_1 = \frac{2}{2\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} i_p \cos \omega t d(\omega t) + \frac{2}{2\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} i_p \cos \omega t d(\omega t)$$

$\searrow 10A$ $\searrow -10A$

$$a_1 = \frac{10A}{\pi} \left(\underbrace{[\sin \pi - \sin \frac{\pi}{3}] - [\sin 2\pi - \sin \frac{4\pi}{3}]}_{-2\sin \frac{\pi}{3} = -\sqrt{3}} \right) = \boxed{a_1 = -5,51A} = -\sqrt{2} I_{rms} \sin \phi_1$$

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

$\searrow 10A$ $\searrow -10A$

$$b_1 = \frac{10A}{\pi} \left(\underbrace{[-\cos \pi + \cos \frac{\pi}{3}] - [-\cos 2\pi + \cos \frac{4\pi}{3}]}_{2 + 2\cos \frac{\pi}{3} = 3} \right) = \boxed{b_1 = 9,55A} = \sqrt{2} I_{rms} \cos \phi_1$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = \sqrt{\frac{5,51^2 + 9,55^2}{2}} A = \boxed{I_{rms} = 7,80A}$$

$$c) I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} (10A)^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} (-10A)^2 d(\omega t) = \frac{50A^2}{\pi} \left[\pi - \frac{\pi}{3} + 2\pi - \frac{4\pi}{3} \right]$$

$= \frac{200}{3} A^2$

$$\rightarrow I_{rms} = 8,16A$$

$$\hat{V}_p = (200V + 200V) \times \frac{1}{1+1} = 200V \rightarrow V_{rms} = \frac{200V}{\sqrt{2}}$$

$$V_{rms} = 141,42V$$

$$I_{rms} \cos \phi_1 = b_1 / \sqrt{2} = 9,55A / \sqrt{2} = 6,75A$$

$$I_{rms} \sin \phi_1 = -a_1 / \sqrt{2} = 5,51A / \sqrt{2} = 3,90A$$

$$P = 141,42V \times 6,75A = \boxed{955W = P}$$

$$S = 141,42V \times 8,16A = \boxed{1154VA = S}$$

$$Q = \sqrt{1154^2 - 955^2} \text{ VAR} = \boxed{648 \text{ VAR} = Q}$$

$$GF = 955 / 1154 = \boxed{0,828 \text{ geri} = GF}$$

$$d) I_{dis} = \sqrt{8,16^2 - 7,80^2} A = 2,40A$$

$$THD_i = \%100 \frac{2,40}{7,80} = \boxed{\%31 = THD_i}$$

$$2) a) \underbrace{\cos 60^\circ}_{0,5} - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times 5 \times 10^{-3} \times 16A}{\sqrt{3} \times 200V} = 0,145$$

\hat{V}_{akt}

$$t_{akt} = \frac{\ddot{u}^\circ}{\omega} = \frac{9,2^\circ}{(360^\circ \times 50Hz)} \rightarrow \boxed{t_{akt} = 0,51ms}$$

$\searrow \%s$

$$\cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,355$$

$$60^\circ + \ddot{u} = 69,2^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 9,2^\circ}$$

$$b) V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\sqrt{3} \times 200V}{2\pi} \cos 60^\circ = 82,7V$$

$$A_{\ddot{u}} = (2\pi \times 50) \times 5 \times 10^{-3} \times 16V = 8\pi V$$

$$T_{vy} = \frac{2\pi}{3} : v_y \text{ 'nin periyodu}$$

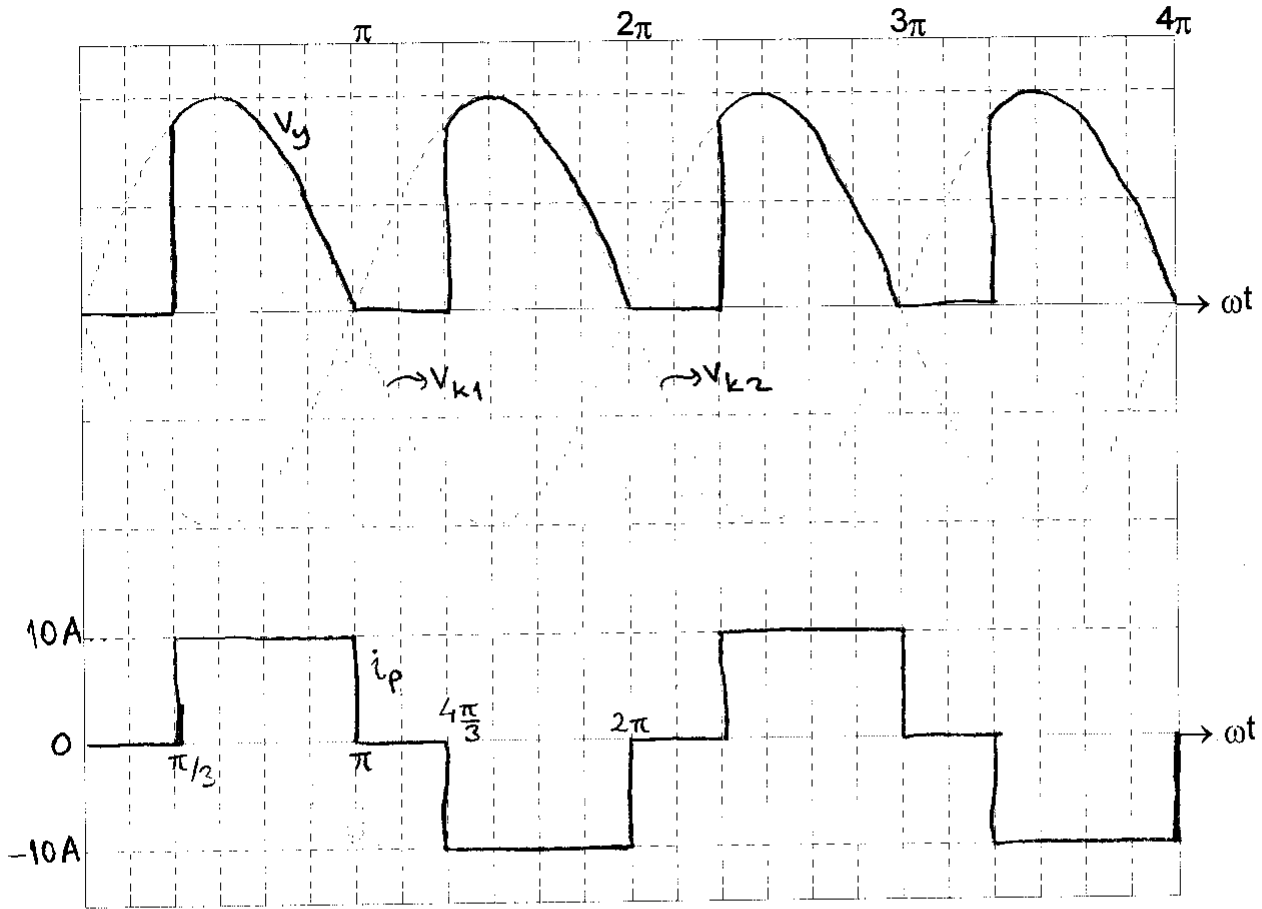
$$\Delta V_{ydc} = \frac{8\pi}{2\pi/3} V = 12V$$

$$V_{ydc} = 82,7V - 12,0V = \boxed{70,7V = V_{ydc}}$$

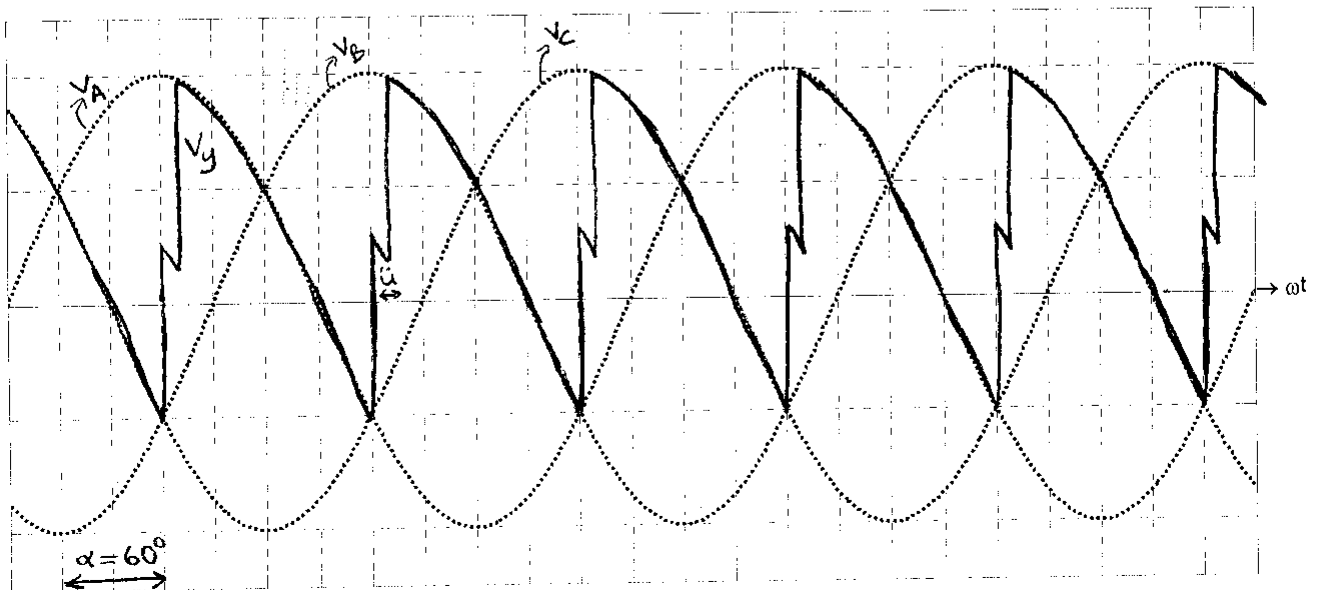
Öğrenci No:
Adı Soyadı:

GE - V - 2010 - CA - 2

1- a)



2-c)



GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

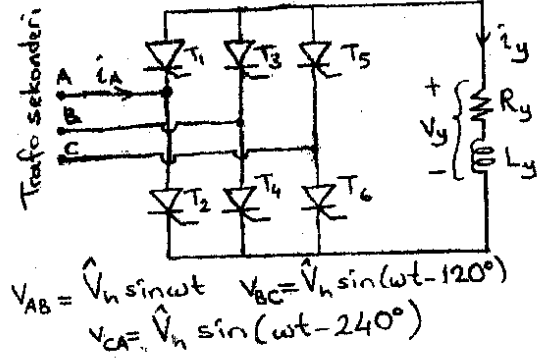
14 Haziran 2010 Süre: 80 dakika

Her soru 25 puan değerinde olup sorulardan yalnızca 4 tanesini cevaplamanız istenmektedir. 5 soruyu da cevaplayanların en düşük puanlı sorusu dikkate alınmayacaktır.

Şekil 1

1) Şekil 1'de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi $R_y = 10\Omega$ 'luk omik bir yükte ($L_y = 0$) $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ve trafo sargıları idealdir. $\hat{V}_h = 200V$

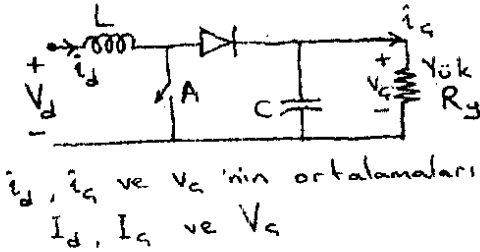
- a) v_y ile i_A dalga şekillerini çiziniz. (8+8 puan)
- b) i_A akımının etkin değerini hesaplayınız. (9 puan)



2) Şekil 1'de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi, 15A'lık tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) 50Hz'de $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ideal, trafo sargı dirençleri ihmal edilebilir, yıldız bağlı sekonder kaçak endüktansları ise her faz için 5mH'dir. $\hat{V}_h = 200V$

- a) Aktarım açısını (\bar{u}) ve aktarım süresini hesaplayınız. (13 puan)
- b) Aktarımın etkisini de dikkate alarak v_y geriliminin ortalamasını hesaplayınız. (12 puan)

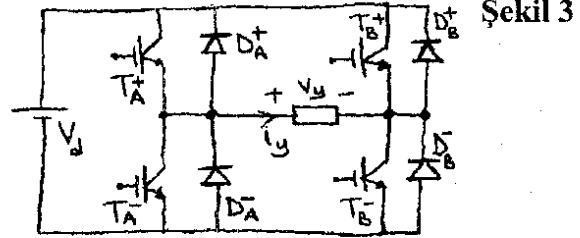
Şekil 2



3) Şekil 2'de verilen DC/DC çevirici devresinin işlevi nedir (alçaltıcı mı, yükseltici mi, alçaltıcı-yükseltici mi)? A anahtarı hangi görev oranıyla anahtarlanmalıdır ki $V_c = 24V$ olsun? Bu durumda

ortalama giriş akımı (I_d) ne olur? Bu çalışmada i_L kesikli **değilse** $\frac{\Delta v_c}{V_c}$ dalgalılık oranını da

bulunuz(i_L kesikli ise dalgalılık oranını bulmayınız). $R_y = 12\Omega$, $L = 417\mu H$, $T_a = 0.25ms$, $C = 1mF$, $V_d = 12V$



4) Şekil 3'te verilen tek fazlı tam köprü devre DC/DC çevirici olarak **çift** kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle ve verilen kontrol gerilimini (v_{kon}) üçgen dalgayla karşılaştırarak anahtarlanmaktadır.

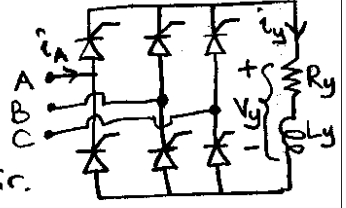
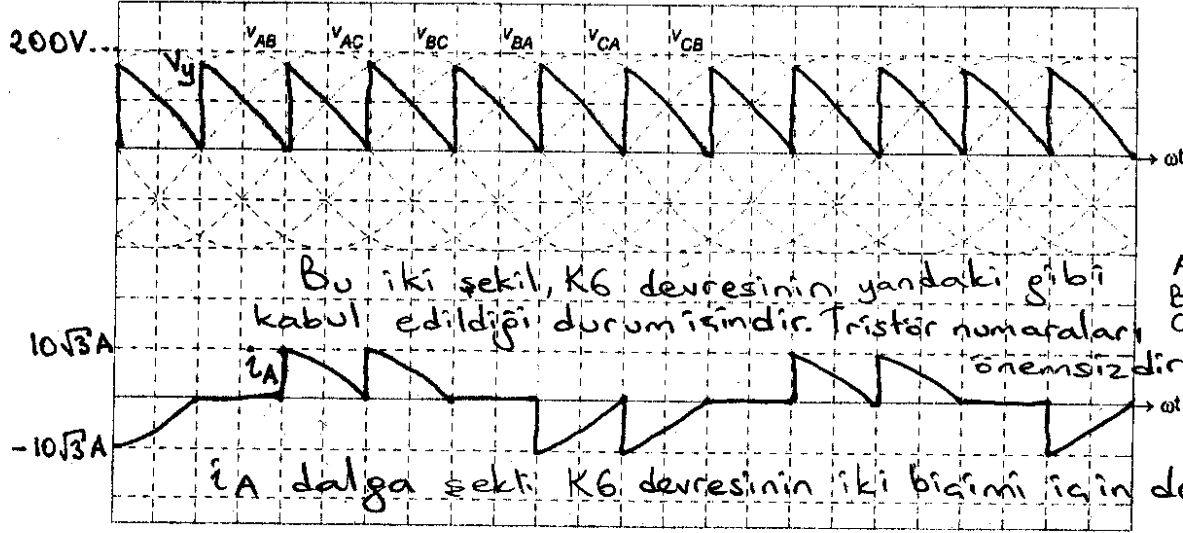
- a) v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz. (5 puan)
- b) Yük endüktif ve i_y akımı $I_{min} < 0$ ve $I_{max} > 0$ arasında doğrusal değişimlerle dalgalanıyorsa i_y akımını çiziniz. (5 puan)
- c) i_y akımının herhangi bir periyodunu, v_y ile i_y 'nin işaretlerine göre zaman aralıklarına ayırınız. Bu zaman aralıklarının her biri için hangi IGBT ve/veya diyotların iletimde olduğunu belirtiniz. (3+12 puan)

5) Şekil 3'te verilen tek fazlı tam köprü devre evirici olarak **tek** kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle ve verilen referans gerilim (v_{ref}) için çalıştırılmaktadır.

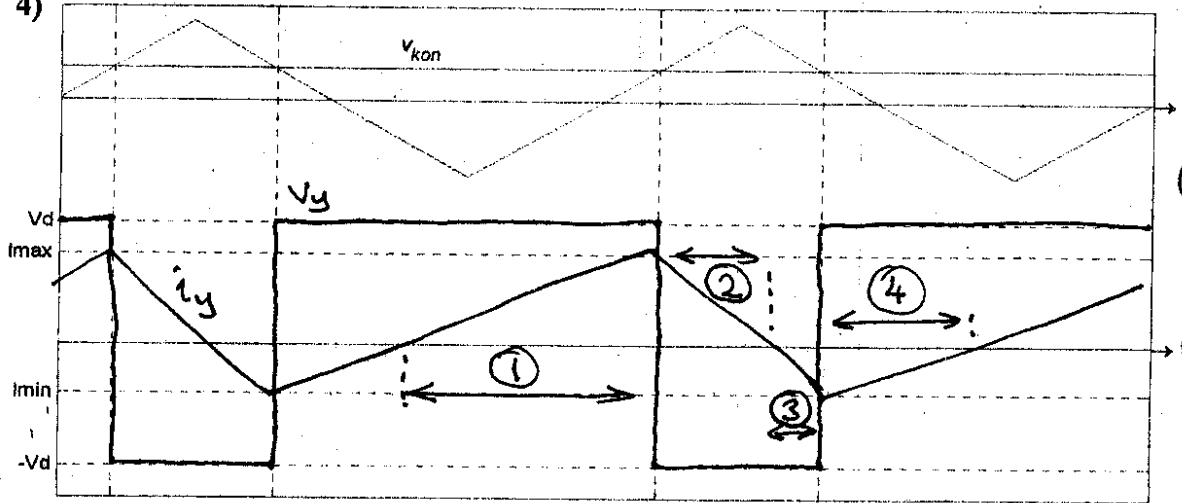
- a) v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz. (18 puan)
- b) Üçgen dalga frekansının, v_{ref} frekansının tek, çift ya da tamsayı olmayan katları olması hangi simetri durumu ve avantaj/dezavantaj sağlar? (7 puan)

Oğrenci No	GÜÇ ELEKTRONİĞİ	1	2	3	4	5	TOPLAM
Adı Soyadı	FİNAL CEVAP ANAHTARI						
	14 Haziran 2010						

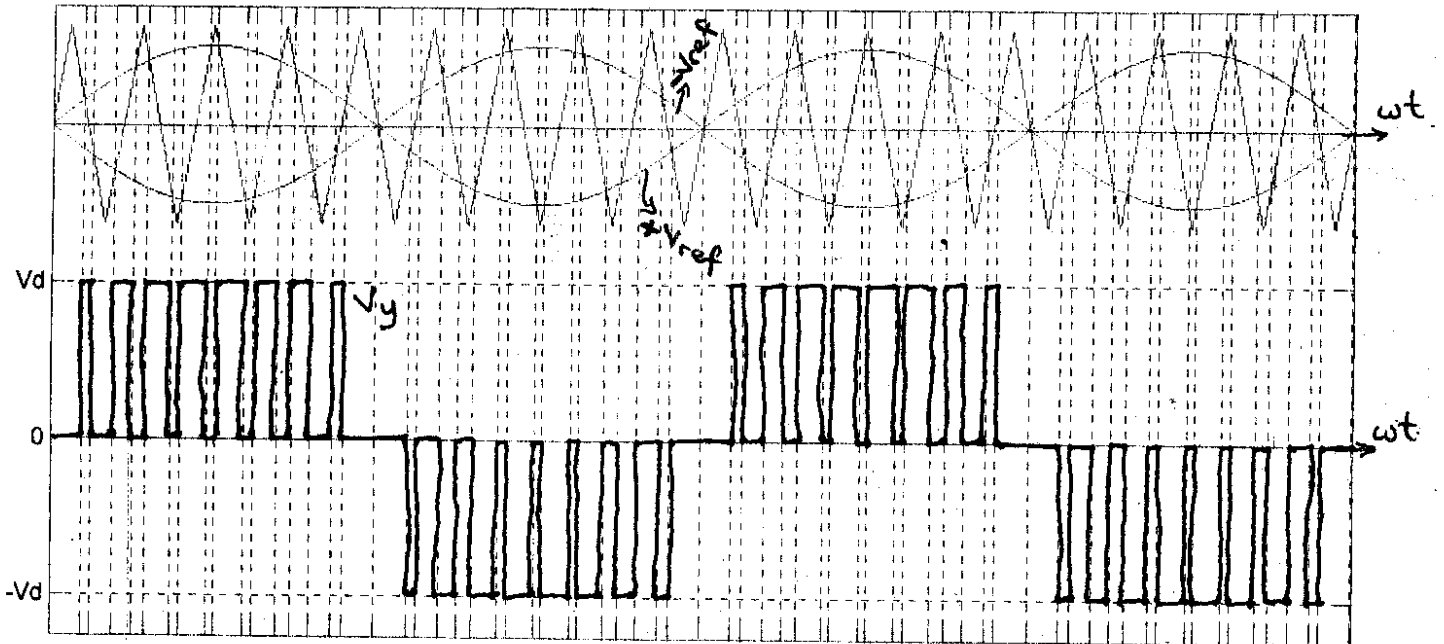
1) a)



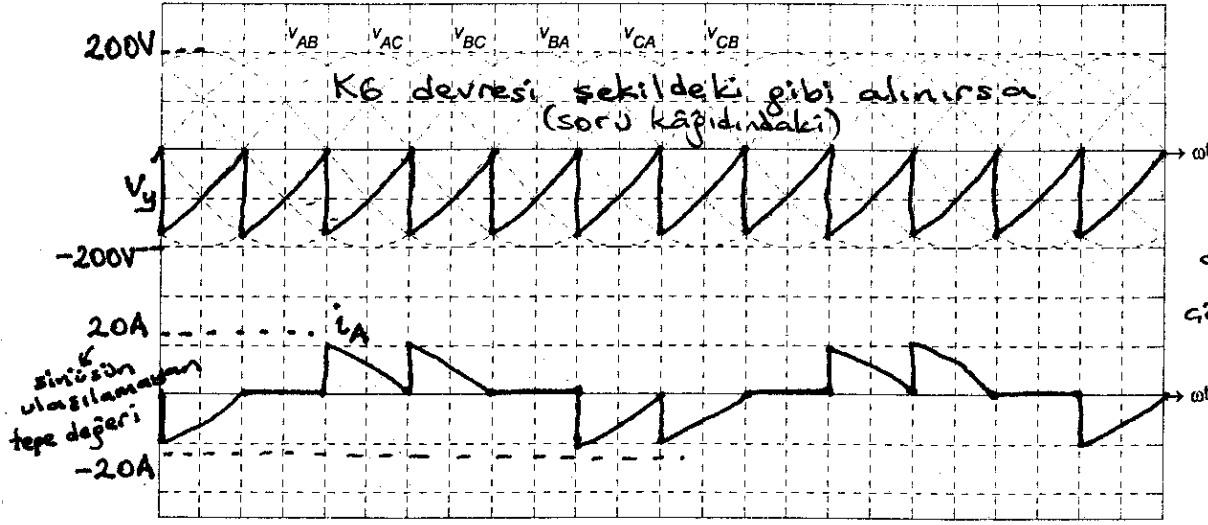
4)



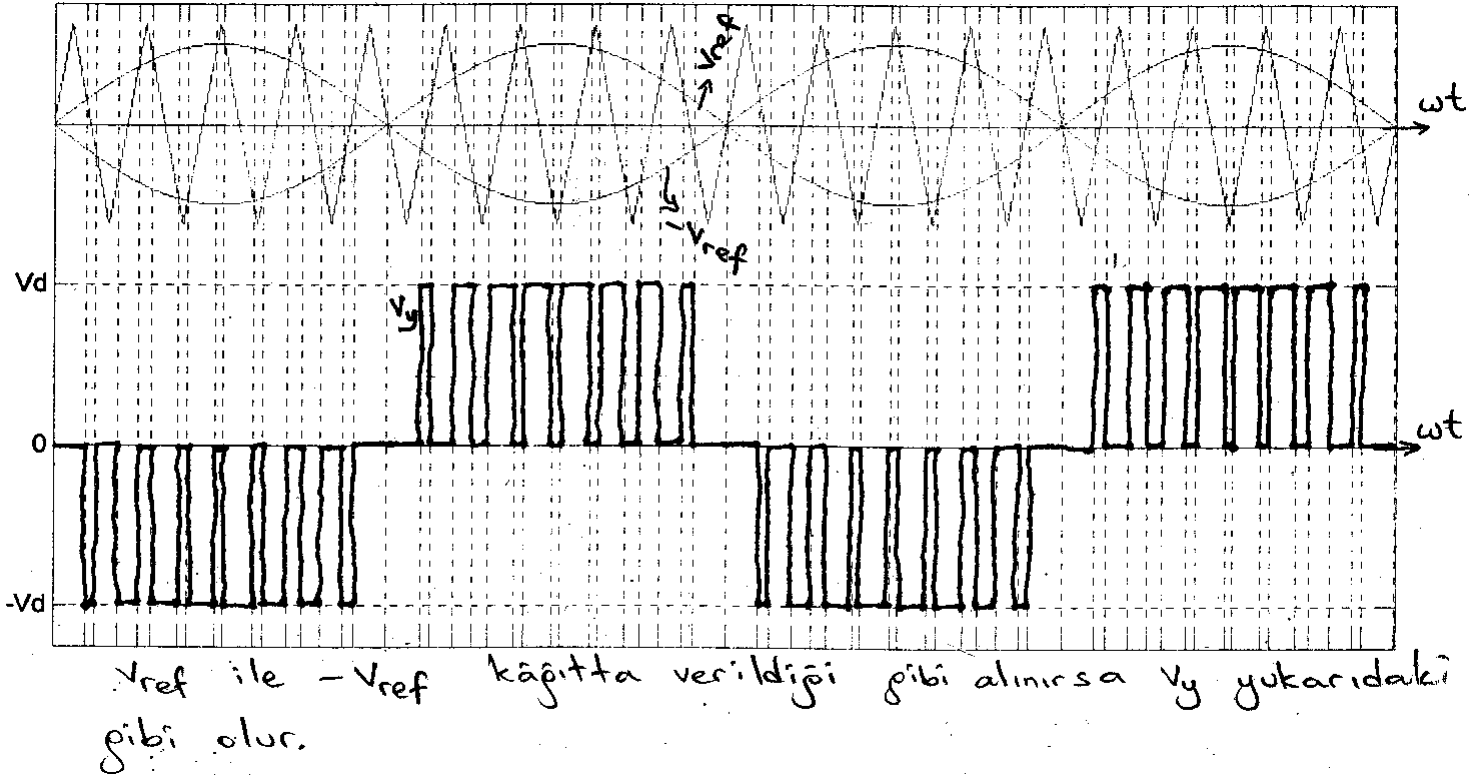
5)



1) a)



5)



Çizim kâğıtları (kılavuz çizgiler) ve bir sonraki sayfanın başındaki formüller sınavda verilmiştir.

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

$$A_n = \omega L_k I_d$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{A_n}{T_{vy}}$$

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

GE-F-2010-CA-3

3)

Derste anlatılan
devreler için formüller

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

1) a) i_A dalga şeklinin bulunması:

$v_y = v_{BC}$ ya da $v_y = v_{CB}$ iken A hattının yükle bağlantısı yok.
 $\rightarrow i_A = 0$

$v_y = v_{BA}$ ya da $v_y = v_{CA}$ iken A hattı yükün (-) (alt) ucunda:
 $\rightarrow i_A = -i_y = -v_y/R_y$

$v_y = v_{AB}$ ya da $v_y = v_{AC}$ iken A hattı yükün (+) (üst) ucunda:
 $\rightarrow i_A = i_y = v_y/R_y$

(Tristörleri soru kâğıdındaki göre ters kabulettiyseniz $-i_A = -i_y$,
yani aynı)

i_A 'nın sinüs parçalarındaki sinüs fonksiyonu katsayıları
hep $200V/10\Omega = 20A$; ancak şekildeki maksimum ve
minimum değerleri $\pm 20A \cdot \sin 60^\circ = \pm 10\sqrt{3}A$ olmaktadır.

b) $(I_A^{rms})^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=0}^{2\pi} i_A^2 d(\omega t)$; ancak i_A^2 'nin periyodu π
olduğu için şöyle de bulunabilir:

$$(I_A^{rms})^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=0}^{\pi} i_A^2 d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=0}^{\pi/3} (20A \sin[\omega t - \frac{\pi}{3}])^2 d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{\omega t=\frac{2\pi}{3}}^{\pi} (20A \sin \omega t)^2 d(\omega t)$$

ilk parça 60° sağa ötelenmiş sinüs $\omega t = \frac{2\pi}{3}$ ikinci parça V_{AB} ile aynı fazda

$$\pi \cdot (I_A^{rms})^2 = 400A^2 \times \int_{\omega t=0}^{\pi/3} \left(\frac{1 - \cos[2\omega t - \frac{2\pi}{3}]}{2} \right) d(\omega t) + 400A^2 \times \int_{\omega t=\frac{2\pi}{3}}^{\pi} \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) d(\omega t)$$

$\hookrightarrow \sin^2(\omega t - \frac{\pi}{3})$ $\hookrightarrow \sin^2 \omega t$

$$\frac{\pi}{400A^2} (I_A^{rms})^2 = \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin(2\omega t - \frac{2\pi}{3}) \right]_{\omega t=0}^{\pi/3} + \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin(2\omega t) \right]_{\omega t=2\pi/3}^{\pi}$$

$$= \frac{\pi}{6} - \frac{1}{4} \sin 0 - 0 + \frac{1}{4} \sin(-\frac{2\pi}{3}) + \frac{\pi}{2} - \frac{1}{4} \sin(2\pi) - \frac{2\pi}{6} + \frac{1}{4} \sin(\frac{4\pi}{3}) = \frac{\pi}{3} - \frac{1}{4} \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} \rightarrow I_A^{rms} = \sqrt{\frac{400}{3} - \frac{100\sqrt{3}}{\pi}} A \rightarrow \boxed{I_A^{rms} = 8,84A}$$

2) a) $\hat{V}_{akt} = \hat{V}_h$ (fazlararası gerilimin tepe değeri) $\rightarrow \hat{V}_{akt} = 200V$

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times 5 \times 10^{-3} \times 15}{200} = 0,2356 = 0,5 - \cos(60^\circ + \ddot{u})$$

$$\cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,2644 \rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 74,7^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 14,7^\circ}$$

$$t_{akt} = \frac{\ddot{u} \xrightarrow{\text{derece}}}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = \frac{14,7^\circ}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = \boxed{815 \mu s = 0,815 \text{ ms} = t_{akt}}$$

b) $A_{\ddot{u}} = (2\pi \times 50) \times 5 \times 10^{-3} \times 15 \text{ V} = \frac{15\pi}{2} \text{ V}$

K6'da V_y 'nin periyodu $T_{Vy} = \frac{\pi}{3} \rightarrow \Delta V_{ydc} = \frac{15\pi/2}{\pi/3} \text{ V} = 22,5 \text{ V}$

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{3 \times 200 \text{ V}}{\pi} \cos 60^\circ = 95,5 \text{ V} \rightarrow V_{ydc}^{gercek} = 95,5 \text{ V} - 22,5 \text{ V}$$

$$\boxed{V_{ydc}^{gercek} = 73,0 \text{ V}}$$

3) Yükseltici devredir. $V_g = 24 \text{ V}$, $R_y = 12 \Omega \rightarrow I_g = 24 \text{ V} / 12 \Omega = 2 \text{ A}$

i_L sürekli varsayılırsa $\frac{V_g}{V_d} = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 2 = \frac{1}{1-D'} \rightarrow D' = 0,5$

Bu varsayım altında $I_g^{ss} = \frac{0,25 \times 10^{-3} \times 12 \times 0,5 \times (1-0,5)}{2 \times 417 \times 10^{-6}} \text{ A} = 0,9 \text{ A} < 2 \text{ A}$

$I_g > I_g^{ss}$ olduğu anlaşıldığından i_L sürekli ve $\boxed{D = 0,5}$

$$\frac{\Delta V_g}{V_g} = \frac{0,5 \times 0,25 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-3}} = \%1 = \frac{\Delta V_g}{V_g}$$

Giriş gücü = çıkış gücü
 $12 \text{ V} \times I_d = 24 \text{ V} \times 2 \text{ A}$

$$\boxed{I_d = 4 \text{ A}}$$

5) b) Üçgen dalga frekansının, V_{ref} frekansının, tek veya çift farketmez, tamsayı katı olması halinde V_y PWM gerilimi tek harmonik simetrisine sahip olur. Yani Fourier serisinde yalnız tek harmonikler olur, çift harmonikler olmaz. (Dikkat! Bu durum tek kutuplu gerilim anahtarlama PWM iştir. Eğer çift kutuplu gerilim anahtarlama PWM uygulansaydı bu avantaj, yalnız tek katı olmasında geçerli olurdu. Çift katlarında ise çift harmonikler de ortaya çıkardı.)

Tamsayı olmayan herhangi bir katı olması durumunda ise ayrıca alt harmonikler de ortaya çıkardı. Bu da istenmeyen bir durumdur. Harmoniklerin en az olması için tam katı olmalıdır.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

28 Haziran 2010 Süre: 80 dakika

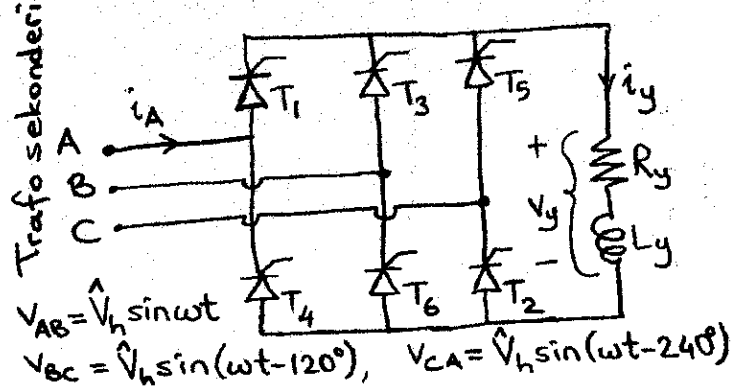
Her soru 25 puan değerinde olup sorulardan yalnızca 4 tanesini cevaplamanız istenmektedir. 5 soruyu da cevaplayanların en düşük puanlı sorusu dikkate alınmayacaktır.

Şekil 1

1) Şekil 1'de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi $R_y = 10\Omega$ 'luk omik bir yükte ($L_y = 0$) $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ve trafo sargıları idealdir. $\hat{V}_h = 200V$

a) v_y ile i_A dalga şekillerini çiziniz. (8+8 puan)

b) i_A akımının etkin değerini hesaplayınız. (9 puan)

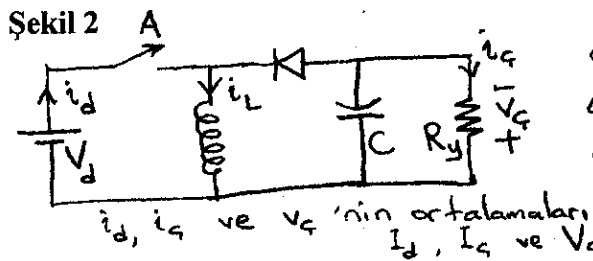


2) Şekil 1'de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi, 12A'lık tam süzülümüş akımla ($L_y \approx \infty$) 50Hz'de $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ideal, trafo sargı dirençleri ihmal edilebilir, yıldız bağlı sekonder kaçak endüktansları ise her faz için 6mH'dir. $\hat{V}_h = 200V$

a) Aktarım açısını (\hat{u}) ve aktarım süresini hesaplayınız. (13 puan)

b) Aktarımın etkisini de dikkate alarak v_y geriliminin ortalamasını hesaplayınız. (12 puan)

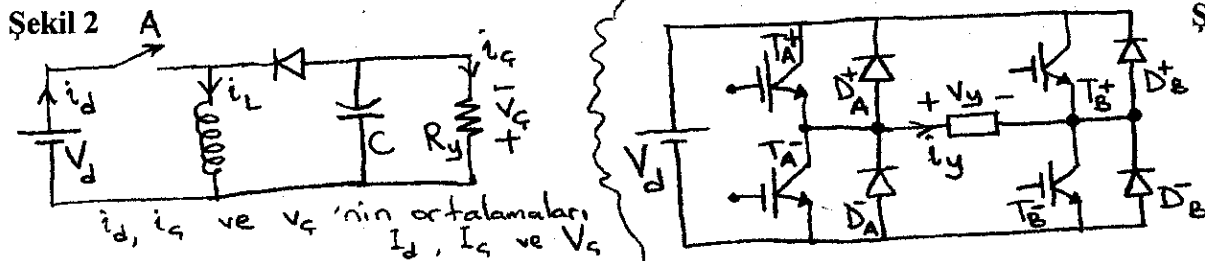
Şekil 2



3) Şekil 2'de verilen DC/DC çevirici devresinin işlevi nedir (alçaltıcı mı, yükseltici mi, alçaltıcı-yükseltici mi)? A anahtarı hangi görev oranıyla anahtarlanmalıdır ki $V_c = 40V$ olsun? Bu durumda

ortalama giriş akımı (I_d) ne olur? Bu çalışmada i_L kesikli değilse $\frac{\Delta v_c}{V_c}$ dalgalılık oranını da bulunuz(i_L kesikli ise dalgalılık oranını bulmayınız). $V_d = 20V$, $R_y = 10\Omega$, $L = 100\mu H$, $T_o = 0,2ms$, $C = 0,001F$.

Şekil 3



4) Şekil 3'te verilen tek fazlı tam köprü devre DC/DC çevirici olarak **çift** kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle ve verilen kontrol gerilimini (v_{kon}) üçgen dalgayla karşılaştırarak anahtarlanmaktadır. $V_d = 200V$ 'tur.

a) v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz. (5 puan)

b) Yük endüktif ve i_y akımı $I_{min} = -2A$ ve $I_{max} = 4A$ arasında doğrusal değişimlerle dalgalanıyorsa i_y akımını çiziniz. (5 puan)

c) Görev oranı $D = 0,7$ ise, $v_y = -V_d$ ve $v_y = V_d$ zaman aralıklarında yük üzerindeki ortalama güçleri önce ayrı ayrı bulunuz. Sonra da tüm zamanlar için yük üzerindeki ortalama gücü hesaplayınız. (5+5+5 puan)

5) Şekil 3'te verilen tek fazlı tam köprü devre evirici olarak **tek** kutuplu gerilim anahtarlamalı PWM yöntemiyle ve verilen referans gerilim (v_{ref}) için çalıştırılmaktadır.

a) v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz. Üzerinde temel bileşenini gösteriniz. (18 puan)

b) Üçgen dalga frekansının, v_{ref} frekansının tek, çift ya da tamsayı olmayan katları olması hangi simetri durumu ve avantaj/dezavantaj sağlar? (7 puan)

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

$$A_u = \omega L_k I_d$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{A_u}{T_{vy}}$$

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

3)

Derste anlatılan devreler için formüller

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

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI:

28.06.2010

1) a) i_A dalga şekli şöyle bulunur.

$$v_y = 0 \text{ ya da } v_y = V_{CB} \text{ ya da } v_y = V_{BC} \text{ iken } i_A = 0$$

$$v_y = V_{AB} \text{ ya da } v_y = V_{AC} \text{ iken } i_A = v_y / R_y$$

$$v_y = V_{BA} \text{ ya da } v_y = V_{CA} \text{ iken } i_A = -v_y / R_y$$

$$b) (I_A^{rms})^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_A^2 d(\omega t) \rightarrow \text{ancak } i_A^2 \text{ 'nin periyodu } \pi \text{ alınabilir:}$$

$$(I_A^{rms})^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_A^2 d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/3} \left(\frac{200V}{10\Omega} \right)^2 \sin^2(\omega t - \frac{\pi}{3}) d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{5\pi/6}^{\pi} (20A)^2 \sin^2 \omega t d(\omega t)$$

ilk parça V_{AB} den
60° sağa kaymış

ikinci parça
 V_{AB} ile aynı
fazda

$$\frac{\pi (I_A^{rms})^2}{400A^2} = \int_{\pi/6}^{\pi/3} \frac{1 - \cos(2\omega t - \frac{2\pi}{3})}{2} d\omega t + \int_{5\pi/6}^{\pi} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} d\omega t$$

$$= \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin(2\omega t - \frac{2\pi}{3}) \right]_{\omega t = \pi/6}^{\pi/3} + \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\omega t \right]_{\omega t = 5\pi/6}^{\pi}$$

$$\frac{\pi (I_A^{rms})^2}{400A^2} = \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{12} - \frac{1}{4} \sin(\frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi}{3}) + \frac{1}{4} \sin(\frac{\pi}{3} - \frac{2\pi}{3}) + \frac{\pi}{2} - \frac{5\pi}{12} - 0 + \frac{1}{4} \sin \frac{5\pi}{3}$$

$$= \frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{8} - \frac{\sqrt{3}}{8} = \frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4} \rightarrow I_A^{rms} = 20A \cdot \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4\pi}}$$

$$I_A^{rms} = 3,396A$$

$$2) a) \underbrace{\cos 90^\circ}_0 - \cos(90^\circ + \hat{u}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times 0,006 \times 12}{200} \quad (\text{çünkü } \hat{V}_{akt} = \hat{V}_h = 200V)$$

$$\cos(90^\circ + \hat{u}) = -0,2262 \rightarrow 90^\circ + \hat{u} = 103,1^\circ \rightarrow \hat{u} = 13,1^\circ$$

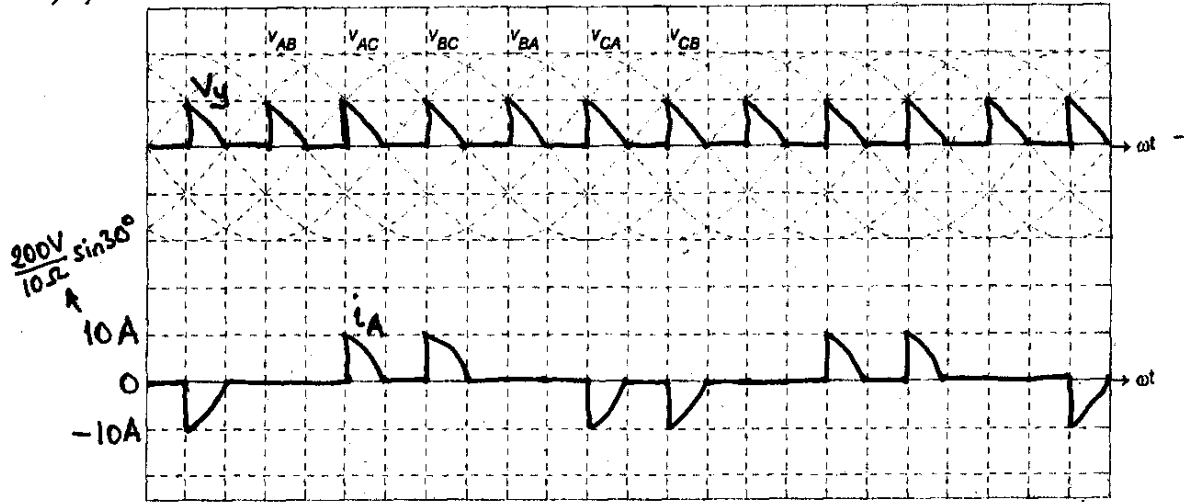
$$t_{akt} = \frac{13,1^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = t_{akt} = 0,73ms$$

$$b) A_{\hat{u}} = (2\pi \times 50) \times 0,006 \times 12V = 7,2\pi V, T_{vy} = \pi/3 \rightarrow v_y \text{ 'nin periyodu}$$

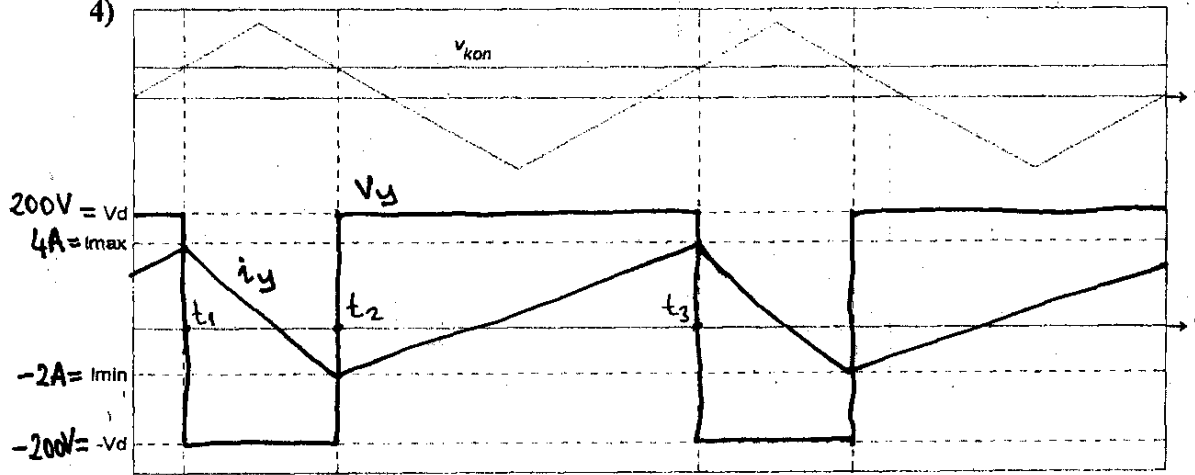
$$\Delta V_{ydc} = \frac{7,2\pi V}{\pi/3} = 21,6V \quad V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \cos 90^\circ = 0V$$

$$V_{ydc}^{gerçek} = 0V - 21,6V = -21,6V = V_{ydc}^{gerçek}$$

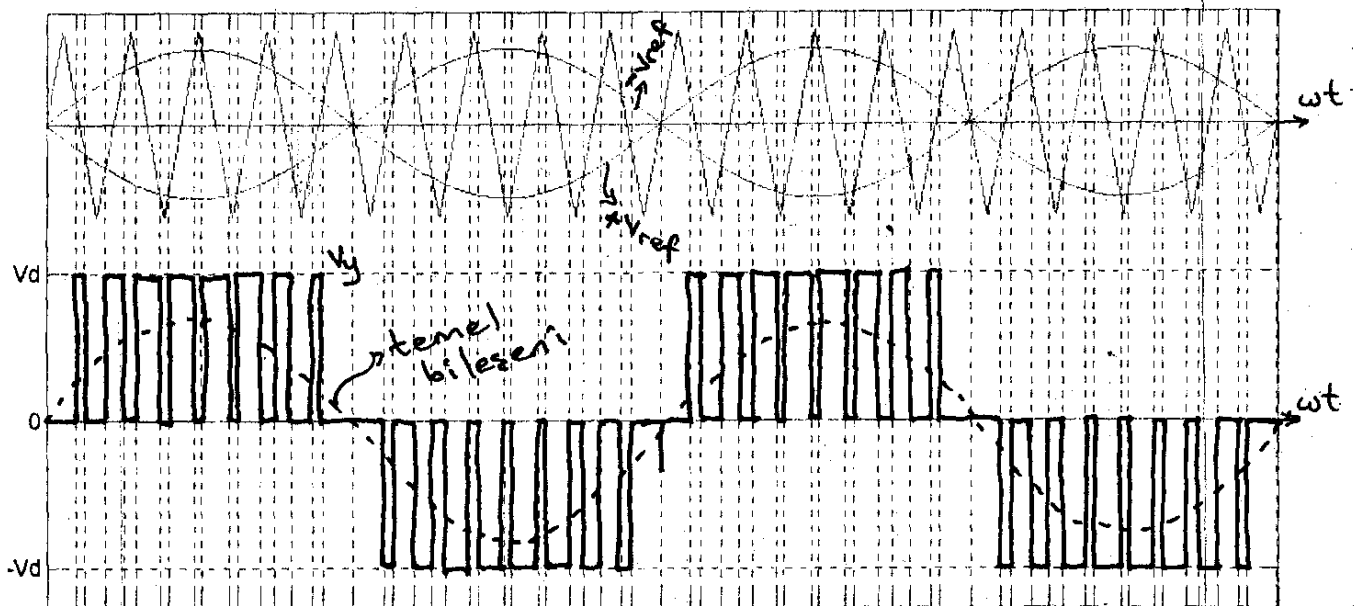
1) a)



4)



5)



3) Alçaltıcı-yükselticidir. $\frac{V_s}{V_d} = \frac{40V}{20V} = 2$ olması istenmektedir,
 $I_s = \frac{40V}{10\Omega} = 4A = I_a$ için.

i_L sürekli varsayılırsa: $\frac{D'}{1-D'} = 2 \rightarrow D' = 2 - 2D' \rightarrow 3D' = 2 \rightarrow D' = \frac{2}{3}$
 bulunur. Bu durumda, $I_s = \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 20V \times \frac{2}{3} \times (1 - \frac{2}{3})}{2 \times 100 \times 10^{-6}H} = 4,44A > 4A \rightarrow I_a$
 olduğu için i_L kesiktir.

Demek ki $D \neq D'$ ve $\frac{V_s}{V_d} = 2 = \frac{D}{\Delta_1} \rightarrow D = 2\Delta_1$

$$\Delta_1 = \frac{2 \times 100 \times 10^{-6} \times 4}{20 \times 0,2 \times 10^{-3} \times 2\Delta_1} \rightarrow \Delta_1^2 = 0,1 \rightarrow \Delta_1 = \sqrt{0,1}$$

$$D = 2\Delta_1 = 2 \times \sqrt{0,1} = \sqrt{0,4} = \boxed{D = 0,632} \rightarrow \text{görev oranıyla anahtarlmalıdır.}$$

$$\text{Bu durumda } V_s I_a = V_d I_d \rightarrow I_d = \frac{40V \times 4A}{20V} = \boxed{I_d = 8A}$$

$$4) c) v_y = -V_d \text{ iken } P_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (-200V) \cdot i_y dt = (-200V) \cdot \underbrace{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} i_y dt}_{\frac{4 + (-2)}{2} A = 1A}$$

$$P_1 = -200V \times 1A = \underline{\underline{-200W}} \rightarrow v_y = -V_d \text{ iken.}$$

$$v_y = V_d \text{ iken } P_2 = \frac{1}{t_3 - t_2} \int_{t_2}^{t_3} 200V \cdot i_y dt = 200V \cdot \underbrace{\frac{1}{t_3 - t_2} \int_{t_2}^{t_3} i_y dt}_{\text{yine } \frac{4 + (-2)}{2} A = 1A}$$

$$P_2 = 200V \times 1A = \underline{\underline{200W}} \rightarrow v_y = V_d \text{ iken.}$$

$$\text{Tüm zamanlardaki ortalama ise: } \frac{P_1 \cdot (t_2 - t_1) + P_2 \cdot (t_3 - t_2)}{t_3 - t_1} = P.$$

$$t_3 - t_1 = T_a, \quad t_3 - t_2 = T_i, \quad t_2 - t_1 = T_k$$

$$D = \frac{T_i}{T_a} \left\{ \begin{array}{l} P = P_1 \cdot (1 - D) + P_2 \cdot D = -200W \cdot (1 - 0,7) + 200W \cdot 0,7 \\ 1 - D = \frac{T_k}{T_a} \end{array} \right\} \quad \boxed{P = 80W}$$

5) b) Üçgen dalga frekansı, V_{ref} frekansının tamsayı (tek ya da çift farketmez, ama tek kutuplu gerilim anahtarlama PWM'de farketmez; çift kutuplu gerilim anahtarlama PWM'de ise yalnızca tek) katı olması halinde v_y dalga şekli tek harmonik simetrisine sahip olur. Yani Fourier serisinde çift harmonik bulunmaz. Bu avantajdan dolayı tam katı frekansta üçgen dalga tercih edilir. Tamsayı olmayan katı frekansta üçgen dalga kullanılırsa çift harmonikler de ortaya çıkar; hatta alt harmonikler bile olabilir, yani v_y periyodik olmayabilir bile.

GÜÇ 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 $I_d = 10A$ 'lık tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) çalışılıyor. $R_y = 10\Omega$ 'dur.

a) v_y dalga şeklini çiziniz. (8puan)

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)

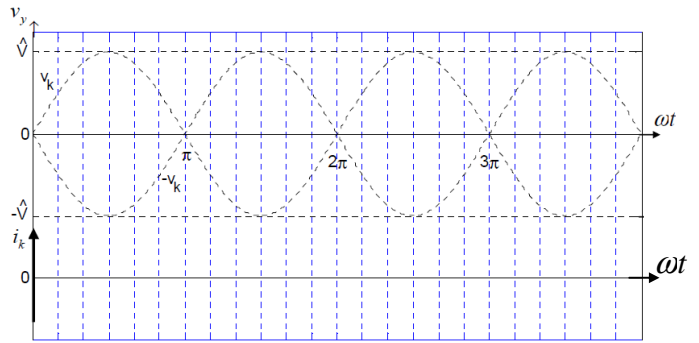
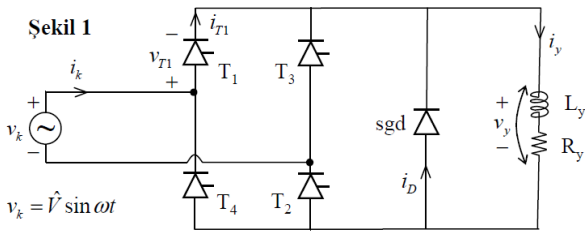
$$S = V_{\text{rms}} I_{k\text{rms}} \quad P = V_{\text{rms}} I_{k1} \cos \phi_1 \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

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

Şekil 1



2) Şekil 2'deki devrede tristörler idealdir. 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 $I_d = 10A$ 'lık tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) ve çalışılıyor.

a) Aktarım açısını (\ddot{u}) ve aktarım süresini bulunuz. (8 + 5 puan)

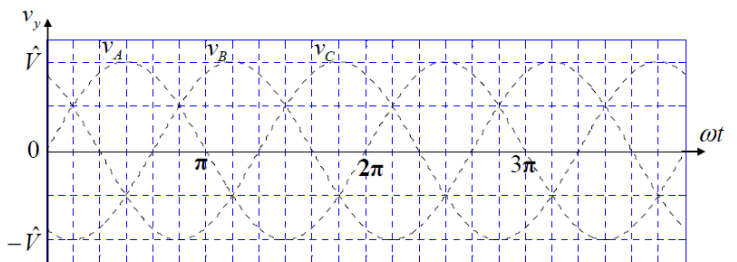
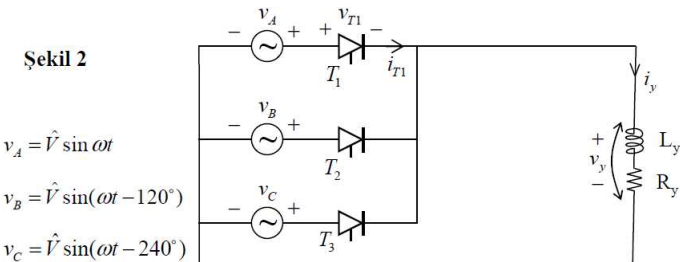
b) Yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz. (12 puan)

Bu devre ve bu çalışma için formüller:

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

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

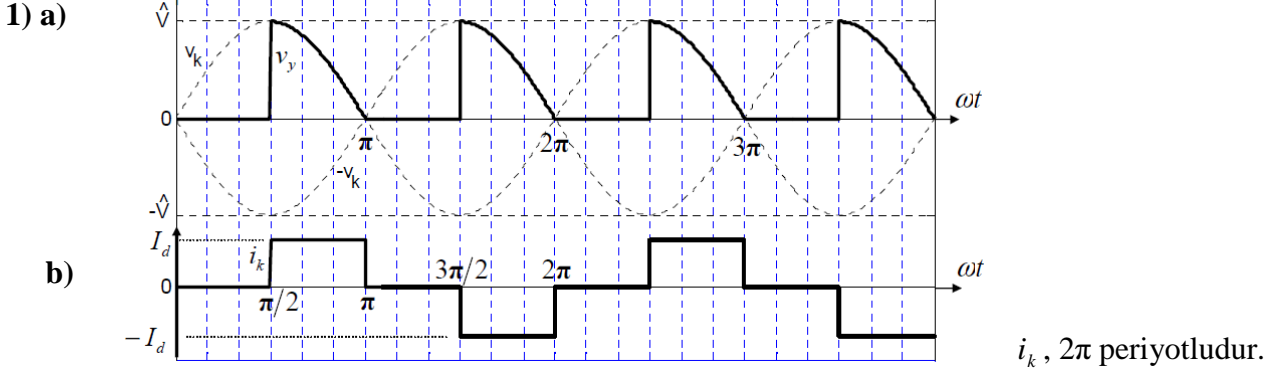
Şekil 2



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI
30 Nisan 2011



$$c) I_{k\text{rms}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_k^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=\pi/2}^{\pi} (10A)^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega t=3\pi/2}^{2\pi} (-10A)^2 d(\omega t) = \frac{100A^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \right) = 50A^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 yazılabilirdi. 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: $\hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \times 300V = 520V$

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

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

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

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

$$b) A_u = \omega L_k I_d = (2\pi 50Hz)(0,006H)(10A) = 6\pi V$$

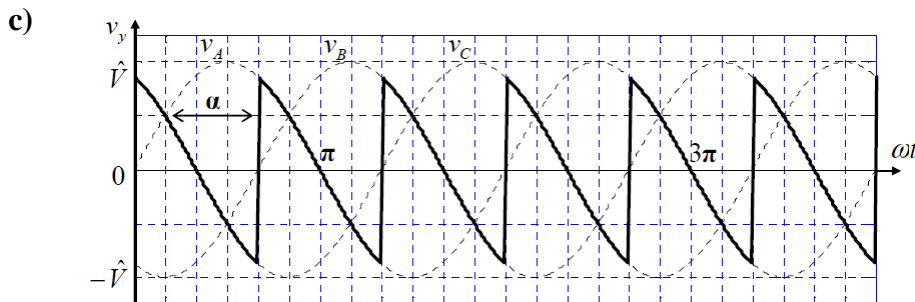
$$v_y \text{ 'nin periyodu } T_{vy} = 2\pi/3$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{6\pi}{2\pi/3} = 9,0V$$

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos 90^\circ = 0V$$

$$V_{ydc}^{gerçek} = 0V - 9V$$

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



Bu çizimde aktarım ihmal edildiği için aktarım çentikleri gösterilmemiştir.