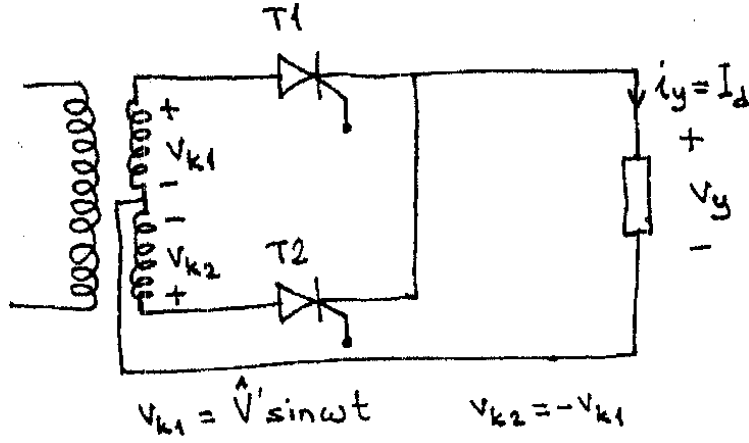


# GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

17 Nisan 2008 Süre: 90 dakika

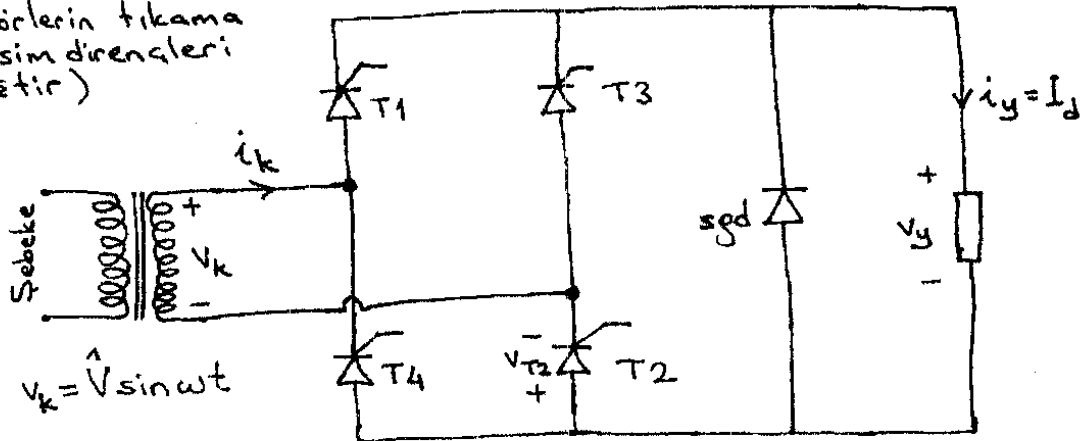


- 1) Şekildeki O2 devresi,  $I_d=20A$  tam süzölmüş akımla  $\alpha=60^\circ$  ateşleme açısıyla ve  $\hat{V}'=200V$  ile uzun zamandır çalışmaktadır. Tristörler ideal kabul ediliyor. Frekans 50Hz 'dir.
  - a) Trafo sekonder sargılarının her bir kısmının kaçak endüktansı  $L_k=6mH$  ve sargı dirençleri ihmal edilebilecek kadar küçük ise aktarım açısı ( $\hat{u}$ ) ne olur? Aktarımın süresi ne kadardır? (15 puan)
  - b) Aktarım süresini ihmal ederek yük üzerindeki gerilimi ( $v_y$ ) çiziniz. (10 puan)
  - c) Aktarım süresini ihmal ederek yük üzerindeki gerilimin ortalama değerini ( $V_{ydc}^{ideal}$ ) bulunuz. (5 puan)
  - d) (a) şikkındaki aktarımın, yük geriliminin ortalama değerini düşürme miktarını ve buna göre gerçek ortalama yük gerilimini ( $V_{ydc}$ ) bulunuz. (10 puan)

- 2) Şekildeki serbest geçiş diyodlu K2 devresi,  $I_d=10A$  tam süzölmüş akımla,  $\alpha=90^\circ$  ateşleme açısıyla ve  $\hat{V}=200V$  ile uzun zamandır çalışmaktadır. Tristörler ve trafo sargıları ideal varsayılıyor.

- a) Yük üzerindeki gerilimi ( $v_y$ ) çiziniz. (10 puan)
- b)  $I_d$  akımının hangi tristör/tristörler ve / ya da diyod tarafından taşındığını ( $v_y$ ) ile eşzamanlı olarak çiziniz. (5 puan) (Mesela,  $I_d$  Bu şekil sadece biçim olarak örneklerdir. gibi)
- c) Trafo sekonder akımını ( $i_k$ ) da diğer çizimlerle eşzamanlı olarak çiziniz. (5 puan)
- d)  $i_k$  'nın temel bileşenini  $i_{k1}=\sqrt{2}I_{k1rms}\sin(\omega t-\phi_1)$  biçiminde yazıldığında  $I_{k1rms}=(20/\pi)$  A ve  $\phi_1=45^\circ$  olduğu hazır hesaplanmış olarak veriliyor.  $i_k$  'nın etkin değerini ( $I_{krms}$ ) (8 puan), şebekenin trafo üzerinde gördüğü aktif, görünür ve reaktif güçleri (12 puan), güç faktörünü (3 puan) ve akımdaki toplam harmonik distorsiyonunu (THD) (7 puan) hesaplayınız.
- e)  $T_2$  tristörü üzerindeki gerilimi ( $v_{T2}$ ) de diğer çizimlerle eşzamanlı olarak çiziniz. (10 puan)

(Tristörlerin tıkama ve kesim dirençleri özdeşdir)



# GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

17 Nisan 2008

1) a)  $\hat{V}_{aktarım} = 2\hat{V}' = 400V$

$$\cos\alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{aktarım}} \rightarrow \frac{\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{u})}{95} = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 6 \times 10^{-3} \times 20}{400}$$

$$0,3115 = \cos(60^\circ + \ddot{u}) \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 11,85^\circ} = \omega t_{akt}$$

$\hookrightarrow 360^\circ \times 50Hz$

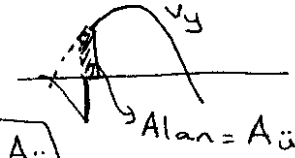
$$t_{akt} = \frac{11,85^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = \boxed{0,66ms = t_{akt}}$$

c)  $\alpha < \omega t \leq \alpha + \pi$  aralığında  $v_y = \hat{V}' \sin \omega t$  <sup>ve  $\pi$  ile periyodik</sup> olduğu için:

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{2\hat{V}'}{\pi} \cos\alpha = \frac{2 \times 200V}{\pi} \cos 60^\circ = \boxed{63,66V = V_{ydc}^{ideal}}$$

d) Aktarım sırasında  $v_y = \frac{v_{k1} + v_{k2}}{2} = 0$

$$A_{\ddot{u}} = \omega L_k I_d = \underbrace{100\pi \times 6 \times 10^{-3} \times 20}_{\omega = 2\pi \times 50Hz} V = \boxed{37,7V = A_{\ddot{u}}}$$



Ortalama gerilim düşümü miktarı =  $\Delta V_{ydc} = \frac{A_{\ddot{u}}}{\pi} = \frac{37,7V}{\pi}$

$\omega t$ 'ye göre periyod

$$\boxed{\Delta V_{ydc} = 12,0V}$$

$$V_{ydc} = 63,66V - 12,0V = \boxed{51,66V = V_{ydc}}$$

$$2) I_{krms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_k(\omega t)^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_{\pi/2}^{\pi} I_d^2 d(\omega t) + \int_{3\pi/2}^{2\pi} (-I_d)^2 d(\omega t) \right]$$

$$I_{krms}^2 = \frac{1}{2\pi} \left[ I_d^2 \left( \pi - \frac{\pi}{2} \right) + I_d^2 \left( 2\pi - \frac{3\pi}{2} \right) \right] = \frac{I_d^2}{2} \Rightarrow I_{krms} = \sqrt{\frac{10^2}{2}} A$$

$$\boxed{I_{krms} = 7,07A}$$

$$V_{rms} = \hat{V}/\sqrt{2} = 200V/\sqrt{2} = 141,4V$$

$$P = V_{rms} I_{krms} \cos\phi_i = 141,4V \times \frac{20}{\pi} A \times \cos 45^\circ = \boxed{636,6W = P} : \text{aktif güç}$$

$$S = V_{rms} I_{krms} = 141,4V \times 7,07A = \boxed{1000VA = S} : \text{görünür güç}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1000^2 - 636,6^2} \text{ VAR} = \boxed{771,2 \text{ VAR} = Q} : \text{reaktif güç}$$

$$GF = P/S = 636,6/1000 = \boxed{0,6366 = GF} : \text{güç faktörü}$$

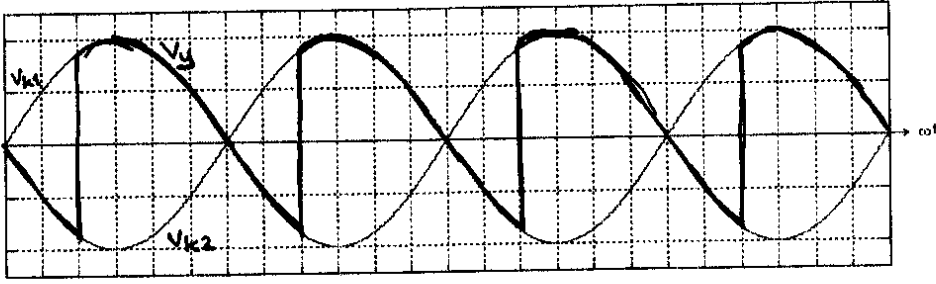
$$\text{Distorsiyon akım bileşeni} : I_{dis} = \sqrt{I_{krms}^2 - I_{krms}^2} = \sqrt{7,07^2 - \left(\frac{20}{\pi}\right)^2} A$$

$$I_{dis} = 3,078A$$

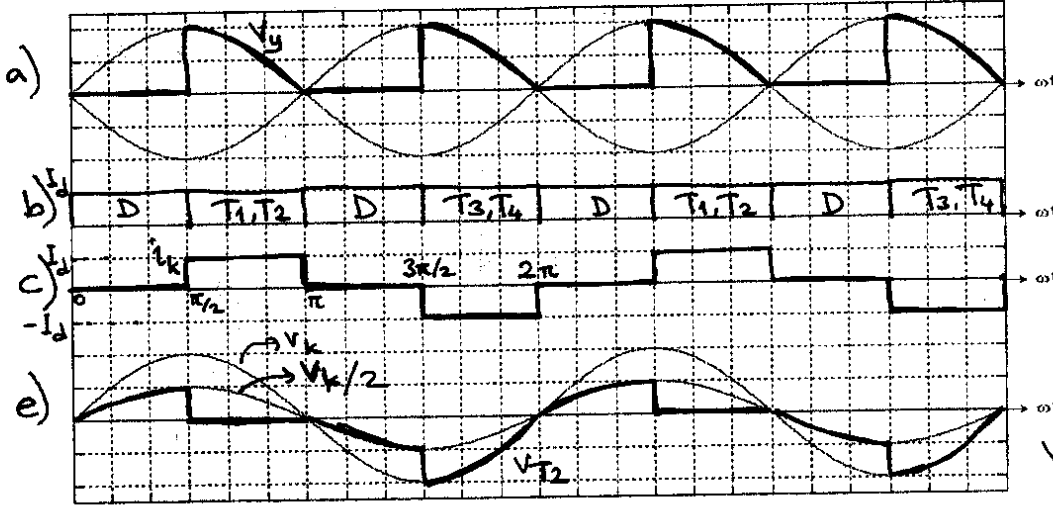
$$THD_i = \%100 \times \frac{3,078}{20/\pi} = \%48,3$$

Öğrenci No:  
Adı Soyadı:

1. b)



2.



$$i_k = \begin{cases} I_d & T_1, T_2 \text{ ilt. ise} \\ 0 & D \text{ ilt. ise} \\ -I_d & T_3, T_4 \text{ ilt. ise} \end{cases}$$

$$v_{T2} = \begin{cases} \frac{V_k}{2} & D \text{ ilt. ise} \\ 0 & T_1, T_2 \text{ ilt. ise} \\ V_k & T_3, T_4 \text{ ilt. ise} \end{cases}$$

# GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

12.6.2008

Süre: 80 dakika

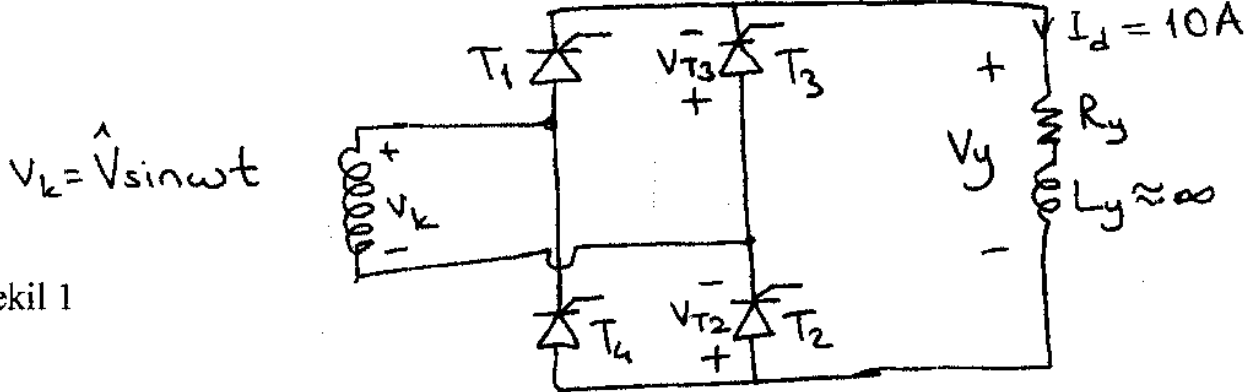
Her soru eşit (25) puanlıdır. Sorularınızdan en yüksek puanlı 4 tanesi hesaba katılacaktır.

1) Şekil 1'deki K2 devresi  $\alpha = 60^\circ$  ateşleme açısıyla 50Hz'de  $\hat{V} = 200V$  gerilimle ve tam süzölmüş akımla uzun süredir çalışmaktadır.

a) Yük üzerindeki gerilimi çiziniz.

b) Tristörlerin kesimdeki dirençlerini özdeş kabul ederek  $T_2$  tristörü üzerindeki gerilimi çiziniz.

c) Yük üzerindeki toplam ortalama gücü ( $R_y$  ile  $L_y$  birlikte) hesaplayınız.



2) Şekil 1'deki K2 devresi  $\alpha = 60^\circ$  ateşleme açısıyla 50Hz'de  $\hat{V} = 200V$  gerilimle ve  $I_d = 10A$ 'lık tam süzölmüş akımla uzun süredir çalışmaktadır. Trafo sargısı kaçak endüktansı  $L_k = 5mH$ 'dir.

a) Aktarım süresini ( $t_{akt}$ ) ve açı karşılığını ( $\hat{u}$ ) bulunuz.

b) Trafo sargısı kaçak endüktansı dışında tüm elemanları ideal kabul ederek fakat aktarımın etkisini ihmal etmeden yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz.

3) Şekil 2'deki sebest geçiş diyodlu K6 devresi  $\alpha = 90^\circ$  ateşleme açısıyla 50Hz'de  $\hat{V} = 200V$  gerilimle ve tam süzölmüş akımla uzun süredir çalışmaktadır.

a) Yük üzerindeki gerilimi çiziniz.

b) Yük üzerindeki toplam ortalama gücü ( $R_y$  ile  $L_y$  birlikte) hesaplayınız.

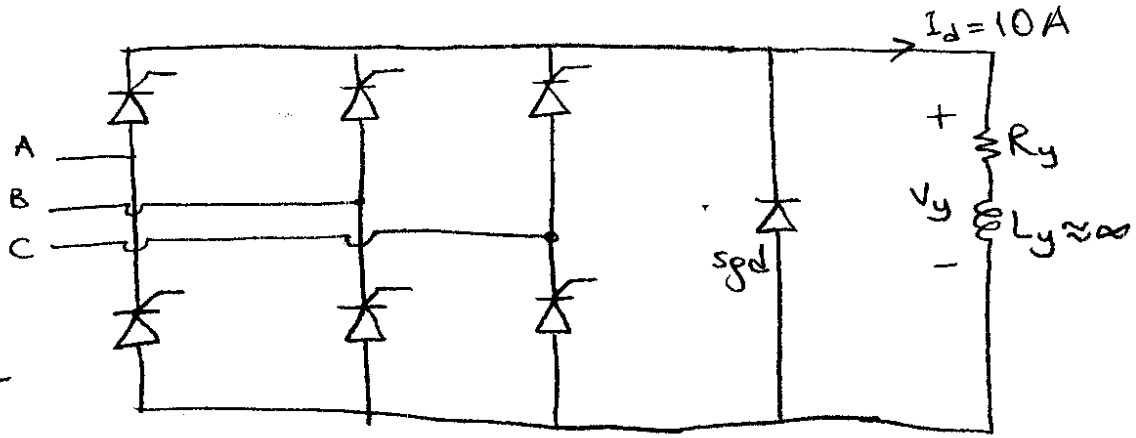
4) Şekil 3'teki DC/DC çevirici devresindeki A anahtarı, her 1ms'lik periyodun 0,4ms'sinde iletimde, 0,6ms'sinde kesimde çalıştırılmaktadır. Yük, sürekli akım çekmektedir.

a) Çıkış akım ve gerilimini bulunuz.

b) Çıkış gerilimindeki dalgalılık oranını bulunuz.

5) Şekil 4'teki H köprüsü, tek kutuplu gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Üçgen dalganın referans gerilimine veya negatifine eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Çıkış gerilimini çiziniz.

Sekil 2

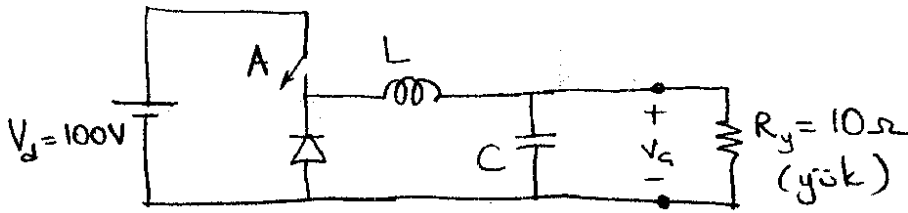


$$V_{AB} = \sqrt{3} \hat{V} \sin \omega t$$

$$V_{BC} = \sqrt{3} \hat{V} \sin (\omega t - 120^\circ)$$

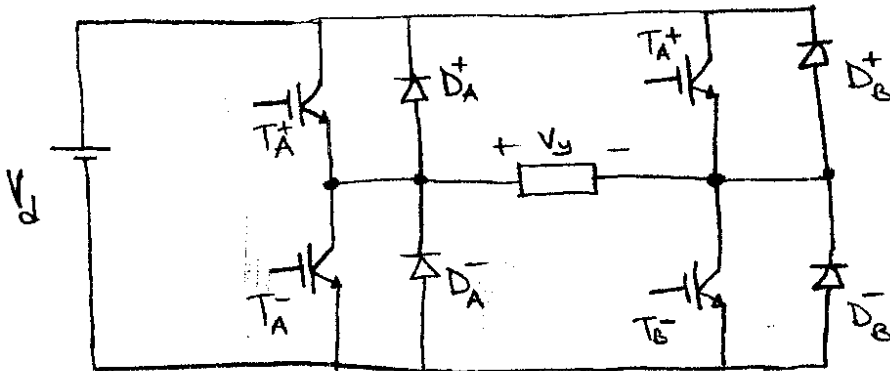
$$V_{CA} = \sqrt{3} \hat{V} \sin (\omega t - 240^\circ)$$

GE-F-2008  
2. Soru kağıdı



$$C = 100 \mu F \quad L = 1 \text{ mH}$$

Sekil 3



Sekil 4

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI:  
12.06.2008

$$1) c) P_y = \frac{1}{T} \int_0^T v_y i_y dt = \underbrace{i_y}_{=I_d} \underbrace{\left( \frac{1}{T} \int_0^T v_y dt \right)}_{V_{ydc}} = I_d V_{ydc}$$

$$V_{ydc} = \frac{2\hat{V}}{\pi} \cos \alpha = \frac{2 \times 200V}{\pi} \cos 60^\circ = \frac{200V}{\pi} = 63,66V = V_{ydc}$$

$$P_y = \underbrace{(10A)}_{I_d} \times \underbrace{(63,66V)}_{V_{ydc}} = \boxed{636,6W = P_y} \text{ ortalama güç}$$

$$2) a) \cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{akt}} \quad \hat{V}_{akt} = 200V = \hat{V}$$

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

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 5 \times 10^{-3} \times 10}{200} = 0,157$$

$$\cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,5 - 0,157 = 0,343 \rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 69,9^\circ$$

$$\boxed{\ddot{u} = 9,9^\circ} = 360^\circ \times 50\text{Hz} \times t_{akt} \rightarrow t_{akt} = \frac{9,9^\circ}{360^\circ \times 50\text{Hz}}$$

$$\boxed{t_{akt} = 0,55\text{ms}}$$

$$b) \text{ Aktarımı da ihmal edilerek bulunacak gerilim: } V_{ydc}^{ideal} = \frac{2\hat{V}}{\pi} \cos \alpha$$

$$V_{ydc}^{ideal} = \frac{2 \times 200V}{\pi} \cos 60^\circ = 63,66V$$

K2 devresine özel olarak,  $A_{\ddot{u}}$  formülü biraz farklıdır.  $A_{\ddot{u}} \neq \omega L_k I_d$

$$\boxed{A_{\ddot{u}} = 2\omega L_k I_d} = 2 \times 2\pi \times 50 \times 5 \times 10^{-3} \times 10 \text{ V} = 15,71V \times 2 = 31,42V$$

$$v_y \text{ 'nin periyodu} = \pi \rightarrow \Delta V_{ydc} = \frac{A_{\ddot{u}}}{\pi} = 10,00V$$

$$\text{Aktarımı ihmal etmeden bulunan ortalama gerilim} = V_{ydc} = V_{ydc}^{ideal} - \Delta V_{ydc}$$

$$V_{ydc} = 63,66V - 10,00V = \boxed{53,66V = V_{ydc}}$$

$$3) b) \text{ Ortalama güç} = P_y = \frac{1}{T} \int_0^T v_y i_y dt = I_d \cdot V_{ydc}$$

$I_d = \text{sabit}$

$$V_{ydc} = \frac{1}{\pi/3} \int_{5\pi/6}^{\pi} \sqrt{3} \hat{V} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{3} \hat{V}}{\pi} (-\cos \omega t) \Big|_{5\pi/6}^{\pi}$$

$$= \frac{3\sqrt{3} \hat{V}}{\pi} \left( \cos \frac{5\pi}{6} - \cos \pi \right) = 44,32V = V_{ydc}$$

$$P_y = 10A \times 44,32V = \boxed{443,2W = P_y}$$

4) Her ne kadar, verilen parametreler için sürekli akım şartı sağlanmıyor ise de, soruda bu şartın sağlandığı varsayılarak çözüm istenmektedir. Buna göre

a)  $V_g = DV_d = \text{sıkış gerilimi}$

$$D = \frac{0,4 \text{ ms}}{1 \text{ ms}} = 0,4 \rightarrow V_g = 0,4 \times 100 \text{ V} = \boxed{40 \text{ V} = V_g}$$

$$\text{Çıkış (yük) akımı} : I_g = \frac{V_g}{R_y} = \frac{40 \text{ V}}{10 \Omega} = \boxed{4 \text{ A} = I_g}$$

b)  $\frac{\Delta V_g}{V_g} = \frac{\pi^2}{2} (1-D) \left( \frac{f_c}{f_s} \right)^2$   $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-3} \times 100 \times 10^{-6}}} \text{ Hz}$

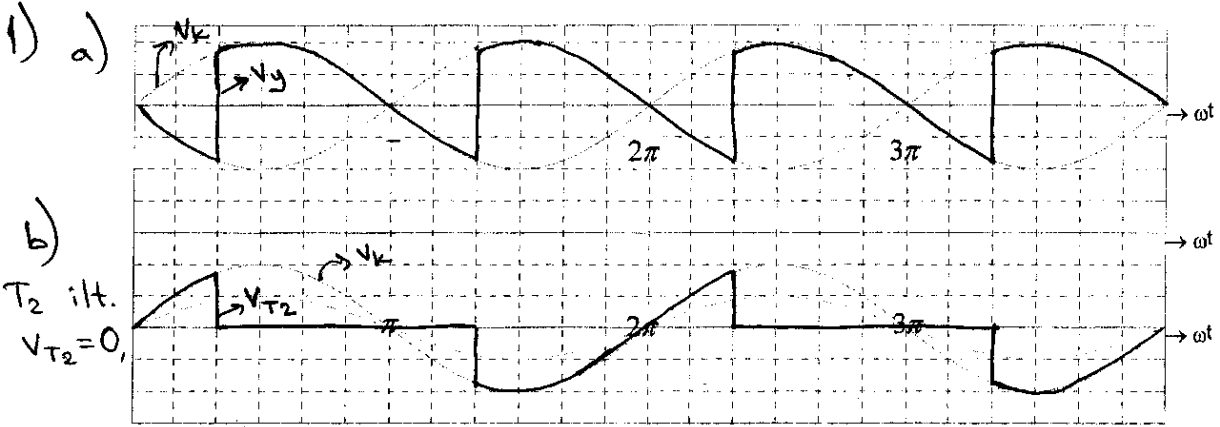
$$f_c = 50,3 \text{ Hz}$$

$$f_s = \frac{1}{1 \text{ ms}} = 1000 \text{ Hz}$$

$$\frac{\Delta V_g}{V_g} = \frac{\pi^2}{2} (1-0,4) \left( \frac{50,3}{1000} \right)^2 = 0,749 = \%74,9$$

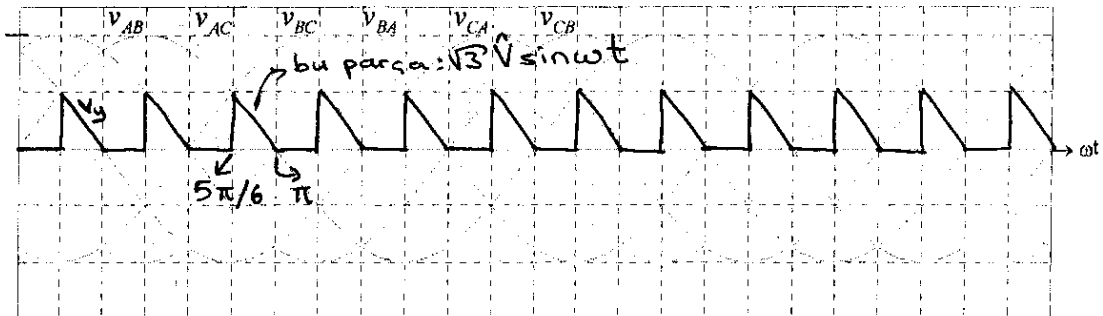
(Sonucun aşırı büyük çıkma nedeni, başta söylenen varsayımdır.)

Çizimler sonraki kâğıttadır.

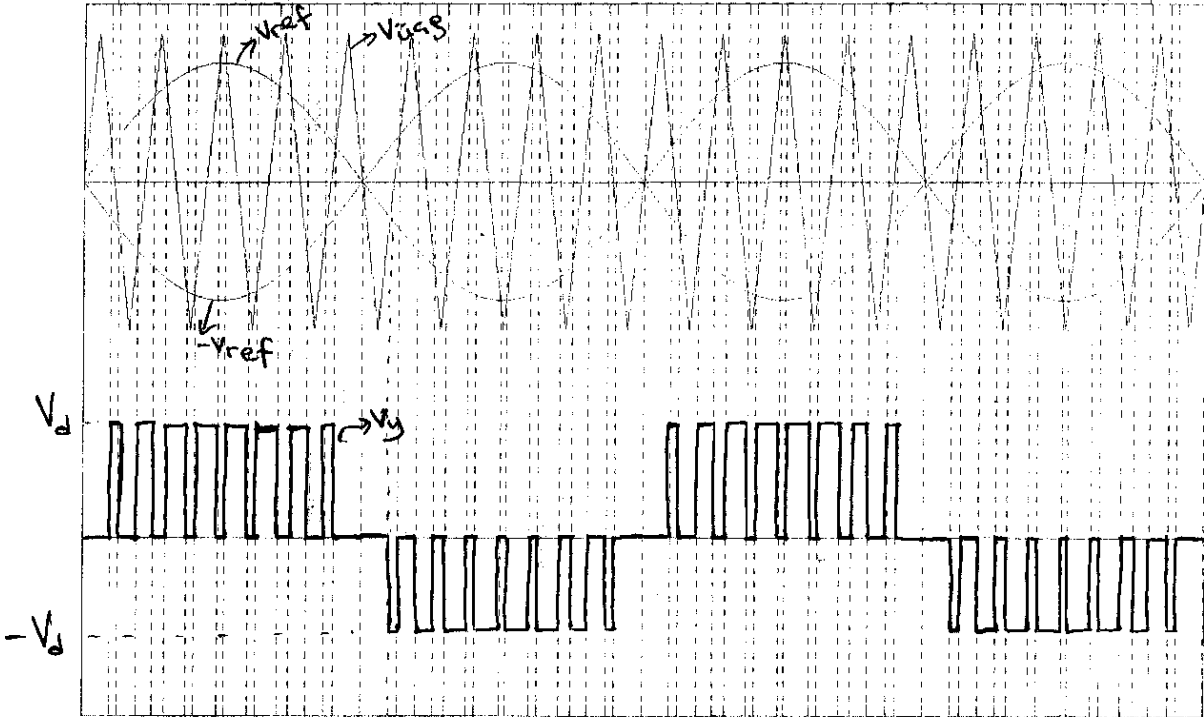


$T_3, T_4$  ilt. ise  $v_{T2} = v_k$

3) a)



5)



$v_{ref}$  ile  $-v_{ref}$  'in her ikisi de  $v_{üçg}$  'den küçükse ya da her ikisi de  $v_{üçg}$  'den büyükse  $v_y = 0$  olmaktadır.

$v_{ref} > v_{üçg}$  fakat  $-v_{ref} < v_{üçg}$  ise  $v_y = V_d$  olur.

$v_{ref} < v_{üçg}$  fakat  $-v_{ref} > v_{üçg}$  ise  $v_y = -V_d$  olur.



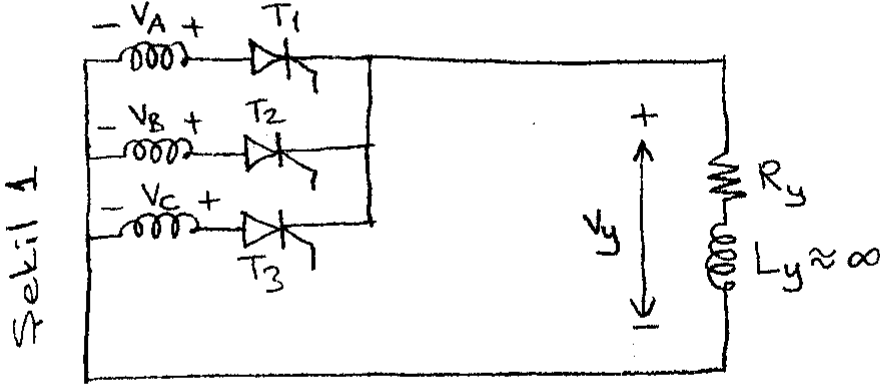
# GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

26.06.2008 Süre: 80 dakika

1) Şekil 1'de verilen O3 devresi,  $\alpha=60^\circ$  ateşleme açısıyla ve  $I_a=20A$  'lık tam süzölmüş akımla uzun zamandır çalışmaktadır. Tüm elemanları ideal kabul ederek,

a) Yük üzerindeki gerilimi (  $v_y$  ) çiziniz. (12 puan)

b) Yük üzerindeki (  $R_y$  ile  $L_y$  birlikte) toplam ortalama güç nedir? (13 puan)



$$\begin{aligned} V_A &= \hat{V} \sin \omega t \\ V_B &= \hat{V} \sin (\omega t - 120^\circ) \\ V_C &= \hat{V} \sin (\omega t - 240^\circ) \\ \hat{V} &= 500 V \end{aligned}$$

2) 1. sorudaki O3 devresinde trafonun her bir fazının kaçak reaktansı  $L_k=6mH$  ve şebeke frekansı 50 Hz ise,

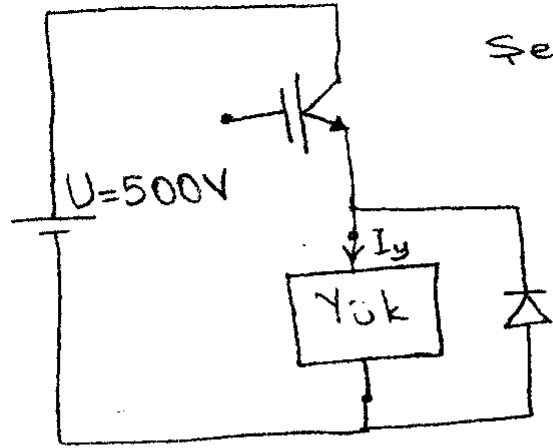
a) Aktarım süresini (  $t_{akt}$  ) ve açi karşılığı (  $\bar{u}$  ) bulunuz. (13 puan)

b) Aktarım ihmal edilmeden bulunacak ortalama yük gerilimi nedir? (12 puan)

3) Şekil 2'de verilen devrede IGBT ideal olup, her 1 ms'lik periyotta 0,8 ms iletimde ve 0,2 ms kesimde tutulmaktadır.

a) Yük olarak yalnızca  $R_y=10\Omega$  'luk bir direnç bağlanırsa yük üzerindeki ortalama güç ne olur? (12 puan)

b) Yük olarak yalnızca bir dc motor bağlanırsa ve bu motorun endüktansı büyük olduğu için  $I_y=6A$  değerinde yaklaşık sabit bir doğru akım çekiyorsa yük üzerindeki ortalama güç ne olur? (13 puan)



4) Bir H köprüsü devresi, tek kutuplu gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Referans gerilimi (  $V_{ref}$  ) ile  $-V_{ref}$  ve bunların karşılaştırıldığı üçgen dalga gerilim (  $V_{üçg}$  ) Şekil 3'te gösterilmiştir.  $V_{üçg}$  geriliminin  $V_{ref}$  veya  $-V_{ref}$  gerilimine eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle işaretlenmiştir.

a) Çıkıştaki gerilimin dalga şeklini çiziniz. (20 puan)

b)  $V_{üçg}$  frekansının,  $V_{ref}$  frekansının tek katı seçilmesi (mesela burada 7 katı seçilmiş) ne avantaj sağlar? (5 puan)

BAŞARILAR ...

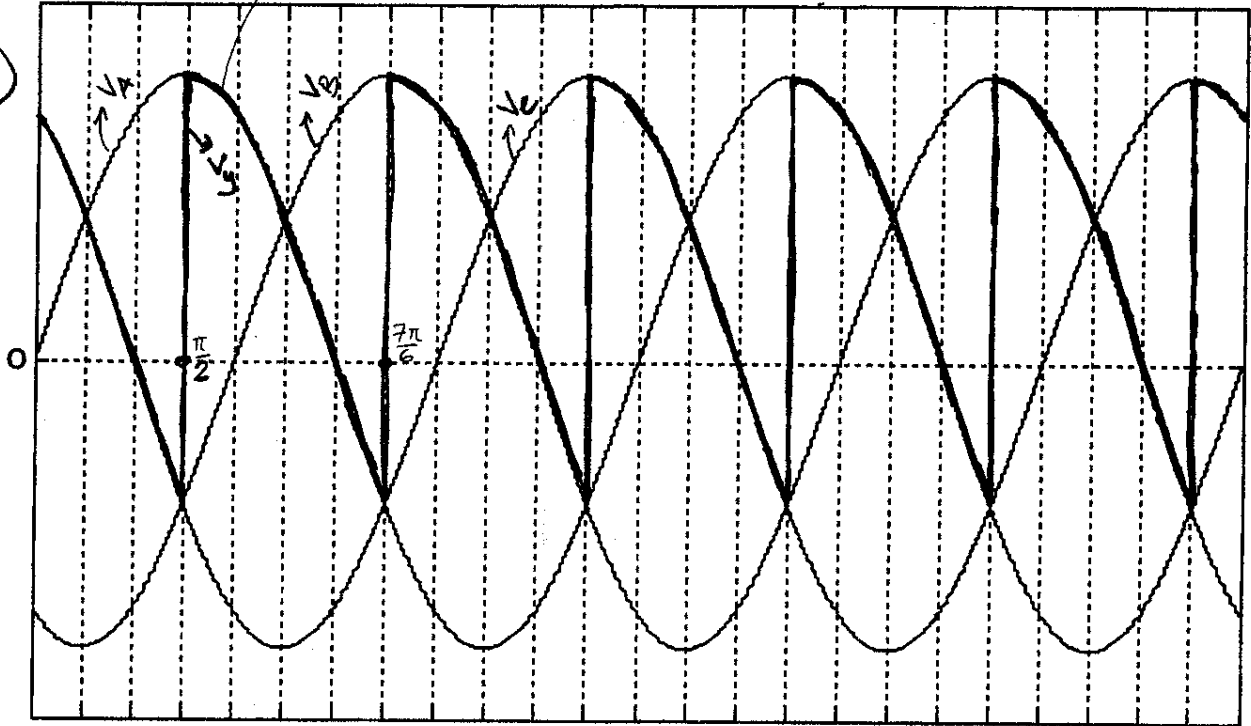
Yar. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

Öğrenci No:

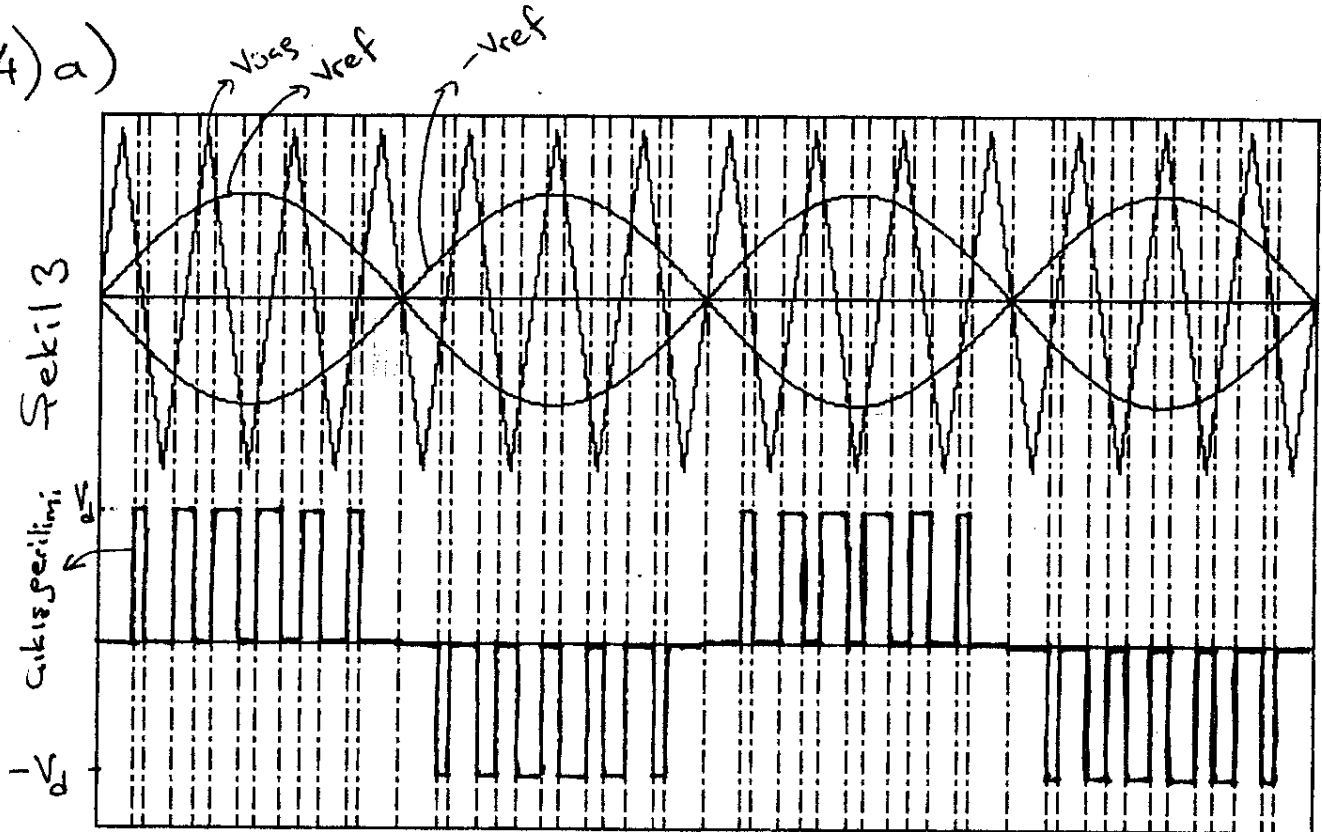
Adı Soyadı:

Bu parçanın fonksiyonu  $v_y = \hat{V} \sin \omega t$  ( $\frac{\pi}{2} \leq \omega t < \frac{7\pi}{6}$ )

1) a)



4) a)



b) Frekans oranı tek tamsayı olunca, şekilde görüldüğü gibi tek harmonik simetrisi elde edilir (bir yarı periyodu, diğer yarının negatifi). Bu durumda zıkkta çift harmonikler bulunmaz. Daha az harmonikli olması zaten tercih edilen bir durumdur.

# GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

26.06.2008

$$1) b) V_{ydc} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos \alpha = \frac{3\sqrt{3} \cdot 500V}{2\pi} \cdot \cos 60^\circ = 206,75 V$$

$$P = \frac{1}{T} \int_{T \rightarrow \text{periyod}} v_y i_y dt = I_d \cdot \underbrace{\frac{1}{T} \int v_y dt}_{V_{ydc}} = V_{ydc} \cdot I_d = \text{ortalama güç}$$

$$P = 206,75V \times 20A = \boxed{4135W = P}$$

$$2) a) \cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{akt}} \quad \text{03 için } \hat{V}_{akt} = \sqrt{3}\hat{V}$$

$$\underbrace{\cos 60^\circ}_{0,5} - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 6 \times 10^{-3} \times 20}{\sqrt{3} \cdot 500} = 0,087$$

$$\cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,413 \rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 65,61^\circ$$

$$\boxed{\ddot{u} = 5,61^\circ} = \omega t_{akt} = 360^\circ \times 50Hz \times t_{akt}$$

$$t_{akt} = \frac{5,61^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = \boxed{312\mu s = t_{akt}}$$

$$b) V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{2\pi} \cos \alpha = 206,75V$$

$$A_{\ddot{u}} = \omega L_k I_d = 2\pi \times 50Hz \times 6 \times 10^{-3}H \times 20A = 37,7V$$

$$v_y \text{ 'nin periyodu} = 2\pi/3 \rightarrow \Delta V_{ydc} = \frac{37,7V}{2\pi/3} = 18,0V$$

$$\text{Gerçek } V_{ydc} = 206,75V - 18,0V = \boxed{188,75V = V_{ydc}} \rightarrow \text{aktarım durumu ihmal edilmeden}$$

$$3) \text{Ortalama güç} = P = \frac{1}{T} \int_{T \rightarrow \text{periyod}} v_y i_y dt$$

$$a) i_y = v_y / R_y \rightarrow P = \frac{1}{R_y} \cdot \frac{1}{T} \int v_y^2 dt = \frac{1}{R_y} \underbrace{U^2}_{(V_{rms})^2} \cdot D$$

$$D = 0,8/1 = 0,8$$

$$P = \frac{500^2 \times 0,8}{10} W = \boxed{20,0kW = P}$$

$$b) i_y = 6A \rightarrow P = (6A) \times \underbrace{\frac{1}{T} \int v_y dt}_{V_{ydc}} = (6A) \times \underbrace{U \cdot D}_{V_{ydc}}$$

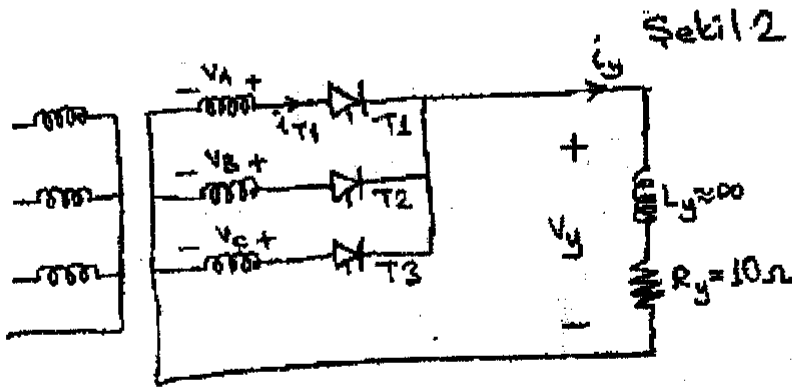
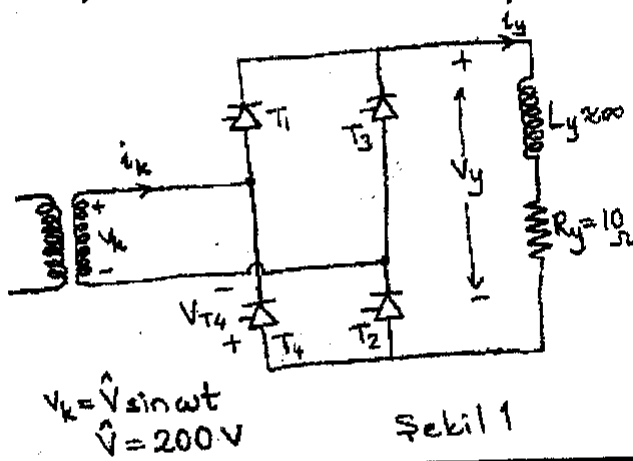
$$P = 6A \times 500V \times 0,8 = \boxed{2,4kW = P}$$

# GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

16 Nisan 2009      Süre: 80 dakika

1) Şekil 1'de verilen K2 tam denetimli doğrultucu devresi  $I_d = 10A$  'lık tam süzölmüş akımla ( $L_y \approx \infty$ ) ve  $\alpha = 60^\circ$  ateşleme katsayısıyla uzun süredir çalışmaktadır.  $i_k$  akımının temel bileşeni  $i_{k1} = \sqrt{2} \cdot I_{k1rms} \cdot \sin(\omega t - \phi_1)$  biçiminde yazılırsa  $I_{k1rms} = \frac{40}{\sqrt{2}\pi} A$  ve  $\phi_1 = 60^\circ$  olduğu hesaplanmış olarak hazır veriliyor. Tristörleri ideal kabul ederek ve aktarım süresini ihmal ederek

- $v_y$  gerilimini çiziniz. (10 puan)
- Bununla eşzamanlı olarak  $i_k$  akımını çiziniz. (10 puan)
- Yine eşzamanlı olarak  $T_4$  tristörü üzerindeki  $v_{T4}$  gerilimini çiziniz (bütün tristörlerin tıkama durumundaki dirençleri aynıdır). (10 puan)
- $i_k$  akımının etkin değerini (10 puan), şebekenin trafo üzerinde gördüğü aktif, görünür ve reaktif güçleri (9 puan), güç faktörünü (3 puan) ve toplam harmonik distorsiyonunu (THD<sub>i</sub>) (5 puan) hesaplayınız.

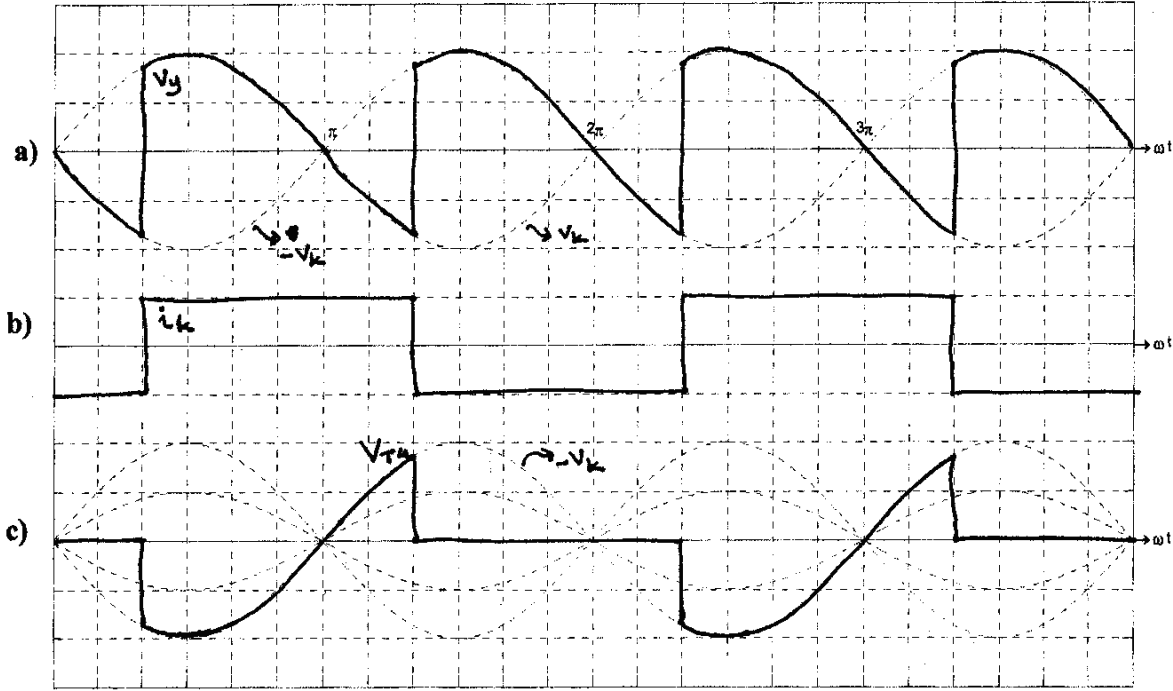


2) Şekil 2'de verilen O3 doğrultucu devresi 50Hz'de  $I_d = 15A$  'lık tam süzölmüş akımla ve  $\alpha = 60^\circ$  ateşleme katsayısıyla uzun süredir çalışmaktadır. Trafo sekonderinin her faz sargısının kaçak reaktansı  $6mH$  dir. Tristörler ideal kabul ediliyor.

- Aktarım açısını ( $\mu$ ) (10 puan) ve aktarım süresini ( $t_{aki}$ ) (5puan) hesaplayınız.
- $v_y$  geriliminin ortalama değerini aktarımı ihmal etmeden bulunuz. (10 puan)
- $v_y$  geriliminin dalga şeklini aktarım çentiklerini de göstererek çiziniz. (13 puan, aktarım süreleri ihmal edilerek çizilirse yalnız 10 puan)
- Yalnız  $R_y$  direnci üzerindeki ortalama gücü bulunuz. (5 puan)

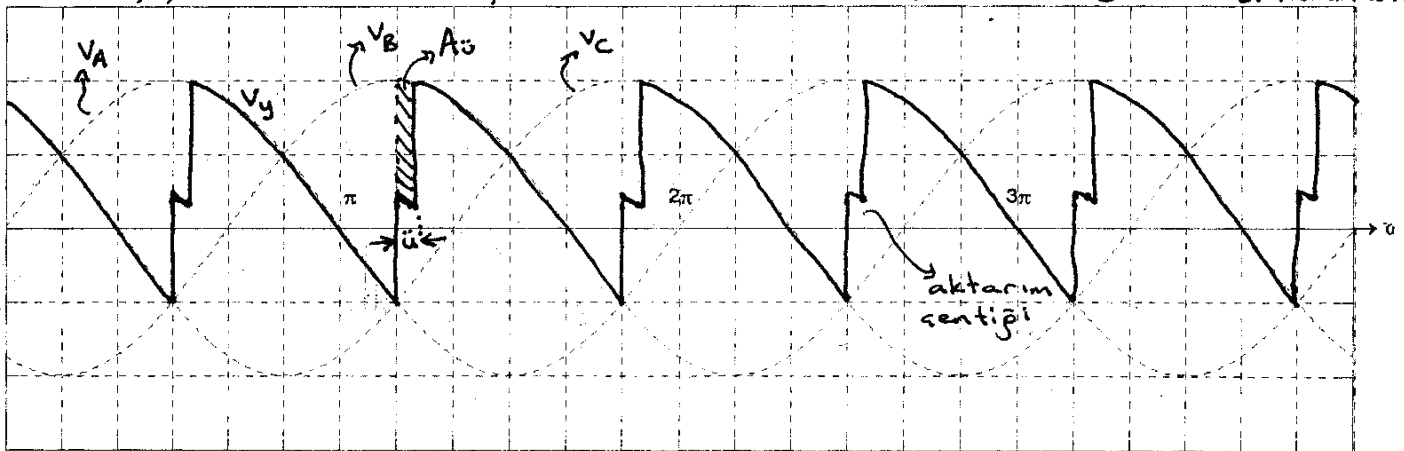
Öğrencinin Numarası:	GE-V-2009-CA1	Cevap 1	Cevap 2	TOPLAM
Adı Soyadı:				

1)



Her iki soruda da verilen kılavuz çizgileri hangi eğri olarak aldığınızı belirtiniz. ( $v_k, -2v_k, v_k/2, v_B, v_C$  gibi)

2) c) Aktarım sentikleri, aktarımdan hemen önceki ve sonraki  $v_y$  fonksiyonlarının ortalamasıdır.



$$2.a) \hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \hat{V} = \sqrt{3} \cdot 200V = 346,41V \quad \cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \cdot (2\pi \cdot 50) \cdot 0,006 \cdot 15}{346,41}$$

$$\rightarrow 0,5 - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,163 \quad \rightarrow \cos(60^\circ + \ddot{u}) = 0,337 \quad \rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 70,3^\circ$$

$$\boxed{\ddot{u} = 10,3^\circ} = \omega t_{akt} \quad \rightarrow \frac{10,3^\circ}{360^\circ \cdot 50Hz} = \boxed{t_{akt} = 0,57ms}$$

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

$$03'te A_{\ddot{u}} = \omega L_k I_d = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 15V = 28,27V$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{A_{\ddot{u}}}{2\pi/3} = \frac{3}{2\pi} \cdot 28,27V = 13,5V \quad \rightarrow V_{ydc}^{gersek} = 82,7V - 13,5V = \boxed{69,2V}$$

$$= V_{ydc}^{gersek}$$

$$2.d) P_{Ry} = R_y I_d^2 = 10 \Omega \times (15A)^2 = \boxed{2250W = P_{Ry}}$$

(Çünkü  $i_y = I_d$  sabit)

$$1) d) i_k \text{ 'nin etkin değeri: } I_{krms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} i_k^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{krms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/3}^{4\pi/3} I_d^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{4\pi/3}^{7\pi/3} (-I_d)^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \cdot (\pi \cdot I_d^2 + \pi I_d^2) = I_d^2$$

$$\boxed{I_{krms} = I_d = 10A}$$

$$I_{krms} = \frac{40A}{\sqrt{2}\pi} = 9,00A$$

$$i_{k1} = \sqrt{2} I_{krms} \sin(\omega t - \phi_1) = \sqrt{2} I_{krms} \cos \phi_1 \sin \omega t - \sqrt{2} I_{krms} \sin \phi_1 \cos \omega t$$

$$= \sqrt{2} \cdot \frac{40A}{\sqrt{2}\pi} (\cos 60^\circ \sin \omega t - \sin 60^\circ \cos \omega t) = 6,366A \sin \omega t - 11,027A \cos \omega t$$

$$V_{rms} = \frac{200V}{\sqrt{2}} = 141,4V \rightarrow \text{Aktif güç} = P = 141,4V \times \frac{40A}{\sqrt{2}\pi} \cos 60^\circ$$

$$\boxed{P = 636,6W}$$

$$\text{Görünür güç: } S = 141,4V \times 10A = \boxed{1414VA = S}$$

$$\text{Reaktif güç} = Q = \sqrt{1414^2 - 636,6^2} \text{ VAr} = \boxed{1263VAr = Q}$$

$$\text{Güç faktörü} = GF = \frac{P}{S} = \frac{636,6}{1414} = \boxed{0,45 = GF}$$

$$I_{dis} = \sqrt{10^2 - \left(\frac{40}{\sqrt{2}\pi}\right)^2} A = 4,35A$$

$$THD_i = \%100 \times \frac{4,35}{9,00} = \boxed{\%48 = THD_i}$$

# GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

12.06.2009 Süre: 75 dakika

Aşağıdaki soruların yalnız seçtiğiniz (veya en yüksek puanlı) 4 tanesinden geçerli puan alacaksınız.

1) Şekil 1'de verilen tam denetimli K2 doğrultucu devresi uzun zamandır  $I_d = 15A$  değerinde tam süzülmtüş akımla 50Hz'lik bir şebekede çalışmaktadır. Tristörler ideal ve tıkama durumundaki davranışları özdeştir. Trafo da ideal kabul ediliyor. Endüktans yeterince enerji depoladıktan sonra  $\alpha = 120^\circ$  ateşleme açısıyla çalışılıyor.

- a)  $v_y$ ,  $i_{T2}$  ve  $i_k$  dalga şekillerini çiziniz. (10+5+5 puan)  
b) Yalnız  $R_y = 20\Omega$  direnç üzerindeki ortalama güç nedir? (5 puan)

2) Şekil 1'deki devrede aynı tam süzülmtüş  $I_d$ ,  $\alpha$ , frekans ve  $\hat{V}$  değeriyle çalışılıyor; ancak bu defa trafo sekonder sargısının kaçak endüktansı  $L_k = 7mH$  olarak dikkate alınıyor.

- a) Aktarım açısını ( $\mu$ ) ve aktarım süresini ( $t_{akt}$ ) bulunuz. (10+5 puan)  
b) Aktarım etkisiyle birlikte  $v_y$  geriliminin ortalamasını bulunuz. (10 puan)

3) Şekil 2'deki tam denetimli K6 doğrultucu devresi omik yükü  $\alpha = 90^\circ$  ateşleme açısıyla çalışmaktadır.  $v_y$  ve  $i_B$  dalga şekillerini çiziniz. (12+13 puan)

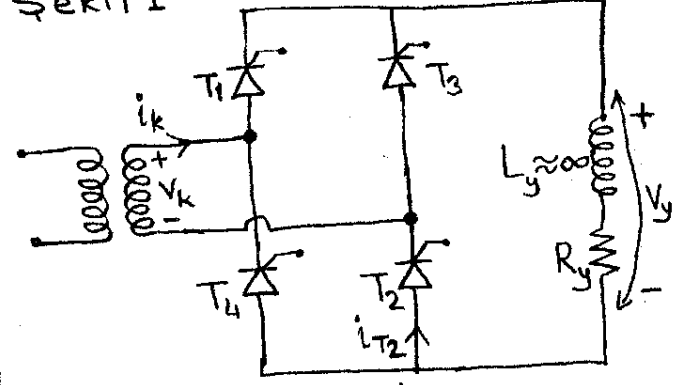
4) Şekil 3'te verilen devrede IGBT ideal olup her bir anahtarlama periyodunun  $120\mu s$ 'sinde iletimde  $80\mu s$ 'lik kalan kısmında ise kesimde tutularak çalıştırılmaktadır.

- a) Yük olarak yalnız  $R_y = 20\Omega$  direnç varsa yük üzerindeki ortalama güç ne olur? (13 puan)  
b) Yük olarak yalnız bir dc motor varsa ve endüktansı büyük olduğu için  $I_d = 15A$  değerinde yaklaşık sabit bir akım çekiyorsa ortalama gücü ne olur? (12 puan)

5) Şekil 4'te verilen DC/DC çeviricinin fonksiyonu nedir (alçaltıcı mı, yükseltici mi, alçaltıcı/yükseltici mi) (3 puan)? Devre  $D = 0,7$  görev oranıyla ve  $f_a = 5kHz$  frekansla anahtarlanırsa endüktans akımının süreklilik şartını sağlayıp sağlamayacağını bulunuz (7 puan). Buna göre çıkış gerilimi ile giriş ve çıkış akımlarını hesaplayınız (3x5 puan). (ortalamlarını)

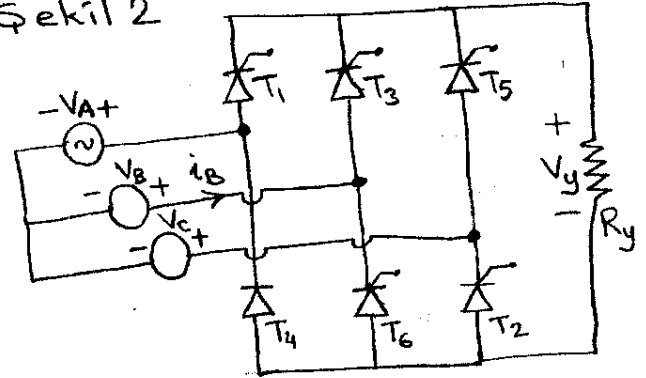
6) Bir H köprüsü devresi çift yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Anahtarlama karşılaştırma amacıyla kullanılan üçgen dalganın referans gerilime eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Çıkış gerilimini ve bunun temel bileşenini çiziniz. (20+5 puan)

Şekil 1



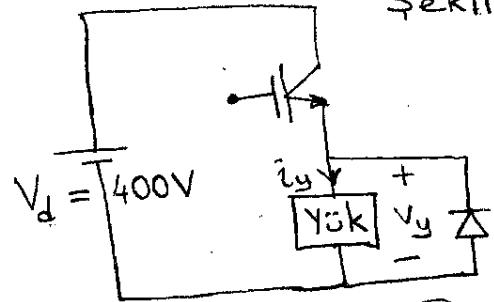
$$v_k = \hat{V} \sin(\omega t), \quad \hat{V} = 400V$$

Şekil 2

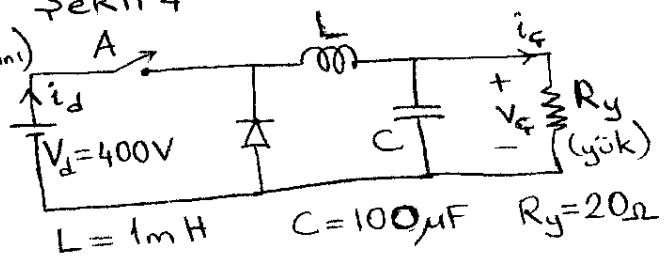


$$\begin{aligned} V_{AB} &= v_A - v_B = \hat{V}_h \sin \omega t \\ V_{BC} &= v_B - v_C = \hat{V}_h \sin(\omega t - 120^\circ) \\ V_{CA} &= v_C - v_A = \hat{V}_h \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

Şekil 3



Şekil 4

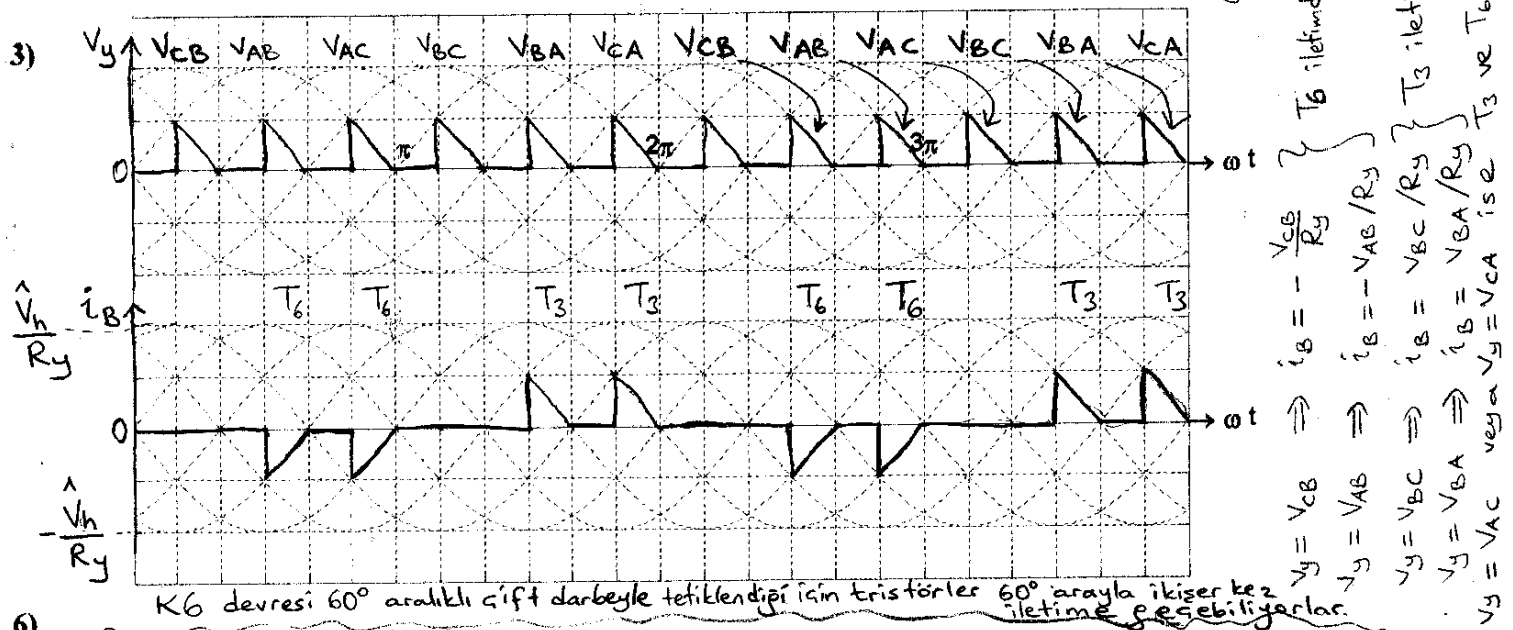
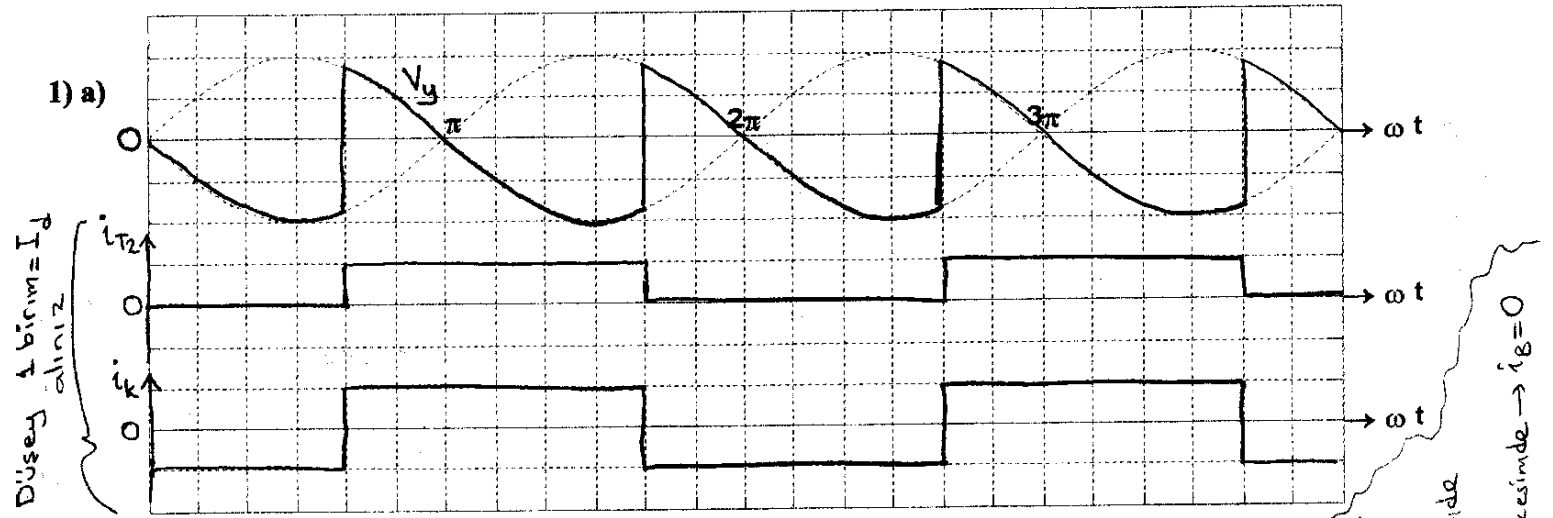


$L = 1mH$ ,  $C = 100\mu F$ ,  $R_y = 20\Omega$   
 $v_g$ ,  $i_g$  ve  $i_d$  ortalamalarını sırasıyla  $V_g$ ,  $I_g$  ve  $I_d$  ile gösteriniz.

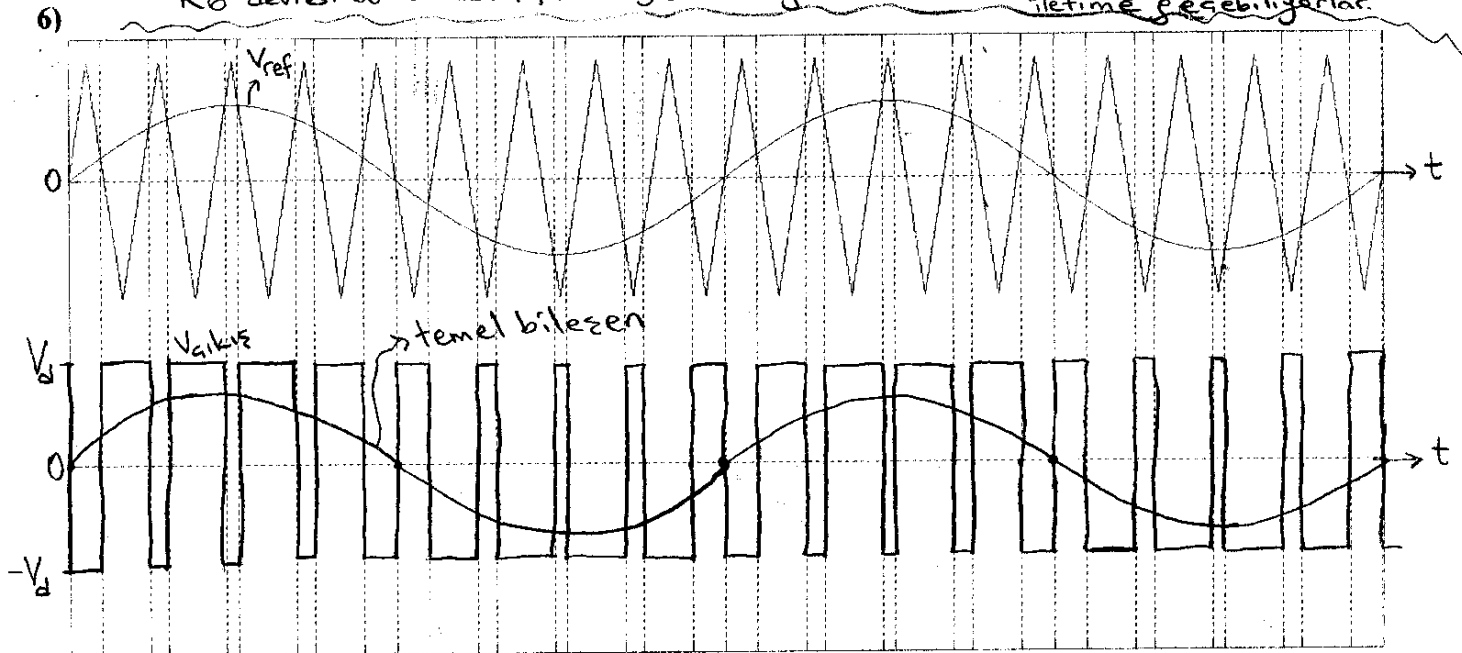
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

Öğrenci No:	GÜÇ ELEKTRONİĞİ	1	2	3	4	5	6	TOPLAM
Adı Soyadı:	FİNAL CEVAP ANAHTARI							
	12.06.2009							
	Sayılmayan							



K6 devresi  $60^\circ$  aralıklı çift darbeyle tetiklendiği için tristörler  $60^\circ$  aralıklarla ikişer kez iletime geçebilirler.



$V_d$  : DC kaynak gerilimidir.



1) b)  $P_{Ry} = R_y I_d^2$  ( $i_y = I_d$  sabit olduğu için)  
 $= 20\Omega \times (15A)^2 = 4500W = P_{Ry}$

2) a)  $\hat{V}_{akt} = \hat{V} = 400V \rightarrow \cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{akt}}$   
 $\cos 120^\circ - \cos(120^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 7 \times 10^{-3} \times 15}{400} = 0,1649$   
 $-0,5$

$\cos(120^\circ + \ddot{u}) = -0,6649 \rightarrow 120^\circ + \ddot{u} = 131,68^\circ \rightarrow \ddot{u} = 11,68^\circ$

$\omega t_{akt} = \ddot{u} \rightarrow t_{akt} = \frac{11,68^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = 0,65ms = t_{akt}$

b) K2'de  $A_{\ddot{u}} = 2\omega L_k I_d = 0,1649 \times 400V = 21\pi V$

$\Delta V_{ydc} = \frac{A_{\ddot{u}}}{\pi} = 21V$

K2'de s.g.d. olmayan tam süzülüş akım için  $\gamma = \pi + \alpha \rightarrow V_{ydc}^{ideal} = \frac{2}{\pi} \hat{V} \cos \alpha$

$V_{ydc}^{ideal} = \frac{2}{\pi} 400V \cos 120^\circ = -\frac{400V}{\pi} = -127,4V$

$V_{ydc}^{gercek} = -127,3V - 21V = -148,3V = V_{ydc}^{gercek}$

Dikkat:  $V_{ydc}^{ideal} < 0$  olsa bile  $\Delta V_{ydc}$ 'nin etkisi ortalamayı azaltıcı yöndedir. Çünkü aktarım,  $V_y$  dalga şeklinin idealde pozitif olması gereken kısmının daha küçük olmasına neden olmakta, yani ortalamayı daha negatif yapmaktadır.

4)  $T_a = \underbrace{120\mu s}_{T_i} + \underbrace{80\mu s}_{T_k} = 200\mu s \rightarrow D = \frac{120}{200} = 0,6 \rightarrow \text{görev oranı}$

a)  $P_{Ry} = \frac{1}{T_a} \int \frac{V_y^2}{R_y} dt = \frac{1}{R_y} (V_y^{rms})^2 \rightarrow (V_y^{rms})^2 = \frac{T_i \times V_d^2 + T_k \times 0^2}{T_a} = D \cdot V_d^2$

$(V_y^{rms})^2 = 0,6 \times (400V)^2 = 96000V^2 \rightarrow P_{Ry} = \frac{96000}{20} W = 4800W = P_{Ry}$

b)  $i_y = 15A = I_d$  sabitse  $P = \frac{1}{T_a} \int V_y i_y dt = I_d \cdot \left( \frac{1}{T_a} \int V_y dt \right) = I_d \cdot V_{ydc}$

$V_{ydc} = \frac{T_i \cdot V_d + T_k \cdot 0}{T_a} = D \cdot V_d = 0,6 \times 400V = 240V$

$P = 15A \times 240V = 3600W = P$

5) Alçaltıcıdır. C akımı ortalaması sıfırdır.  $\rightarrow I_G^{ss} = I_L^{ss} = \frac{V_d}{2L} D \cdot (1-D) \cdot T_a$

$T_a = 1/5kHz = 200\mu s \rightarrow I_G^{ss} = \frac{400V}{2 \times 1 \times 10^{-3} H} \times 0,7 \times 0,3 \times 200 \times 10^{-6} s = 8,4A = I_G^{ss}$

$I_a > I_G^{ss}$  için geçerli formül:  $V_a = D V_d = 0,7 \times 400V = 280V$  doğrudur

$I_a = 280V / 20\Omega = 14A > I_G^{ss}$  ilişkisi olmayacaktı ve olmadı.  
 (Olsaydı diğer durumdaki formül kullanılırdı.)

$I_a = 14A$

$V_a = 280V$

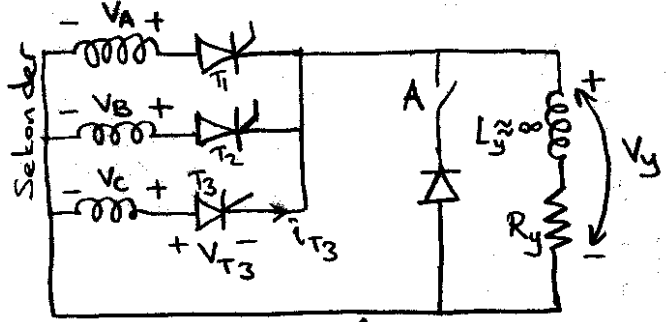
$I_d = I_a \times D = 14A \times 0,7 = 9,8A = I_d$

# GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

26.06.2009 Süre: 75 dakika

Aşağıdaki soruların yalnız seçtiğiniz (veya en yüksek puanlı) 4 tanesinden geçerli puan alacaksınız.

1) Şekil 1'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi A anahtarı kapalı haliyle uzun zamandır  $I_d = 12A$  değerinde tam süzölmüş akımla 50Hz'lik bir şebekede  $\alpha = 120^\circ$  ateşleme açısıyla çalışmaktadır. Tristörler ideal ve tıkama durumundaki davranışları özdeşdir. Trafo da ideal kabul ediliyor. çalışılıyor.  $v_y$ ,  $v_{T3}$  ve  $i_{T3}$  dalga şekillerini çiziniz. (10+10+5 puan)



Şekil 1

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

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

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

$$\hat{V} = 300V$$

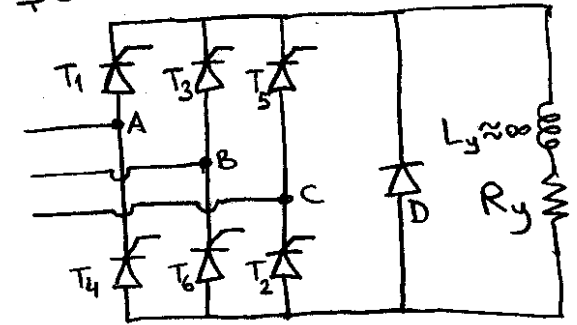
2) Şekil 1'deki devre aynı tam süzölmüş  $I_d$ ,  $\alpha$ , frekans ve  $\hat{V}$  değeriyle çalışıyor; ancak bu defa A anahtarı açık olup trafo sekonder sargısının kaçak endüktansı  $L_k = 3mH$  olarak dikkate alınıyor.

a) Aktarım açısını ( $\hat{u}$ ) ve aktarım süresini ( $t_{akt}$ ) bulunuz. (10+5 puan)

b) Aktarım etkisiyle birlikte  $v_y$  geriliminin ortalamasını bulunuz. (10 puan)

3) Şekil 2'deki tam denetimli K6 doğrultucu devresi tam süzölmüş akımla  $\alpha = 90^\circ$  ateşleme açısıyla çalışmaktadır.  $v_y$  dalga şeklini çiziniz (12 puan). Yük akımının hangi zaman aralığında hangi elemanlar (tristör ve/veya diyod) üzerinden taşındığını gösteriniz. (13 puan)

Şekil 2



$$V_{AB} = V_A - V_B = \hat{V}_h \sin \omega t$$

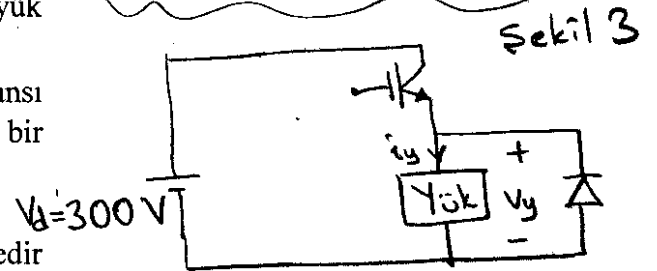
$$V_{BC} = V_B - V_C = \hat{V}_h \sin(\omega t - 120^\circ)$$

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

4) Şekil 3'te verilen devrede IGBT ideal olup her bir anahtarlama periyodunun 0,3ms'sinde iletimde 0,2ms'lik kalan kısmında ise kesimde tutularak çalıştırılmaktadır.

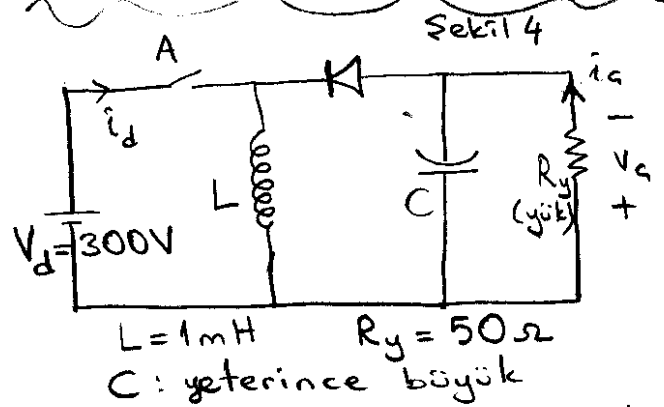
a) Yük olarak yalnız  $R_y = 10\Omega$  direnç varsa yük üzerindeki ortalama güç ne olur? (13 puan)

b) Yük olarak yalnız bir dc motor varsa ve endüktansı büyük olduğu için  $i_y = 12A$  değerinde yaklaşık sabit bir akım çekiyorsa ortalama gücü ne olur? (12 puan)



Şekil 3

5) Şekil 4'te verilen DC/DC çeviricinin fonksiyonu nedir (alçaltıcı mı, yükseltici mi, alçaltıcı/yükseltici mi) (3 puan)? Devre  $D = 0,6$  görev oranıyla ve  $f_a = 2kHz$  frekansla anahtarlarsa endüktans akımının süreklilik şartını sağlayıp sağlamayacağını bulunuz (7 puan). Buna göre çıkış gerilimi ile giriş ve çıkış akımlarını hesaplayınız (3x5 puan).



Şekil 4

$$L = 1mH$$

$$R_y = 50\Omega$$

C: yeterince büyük

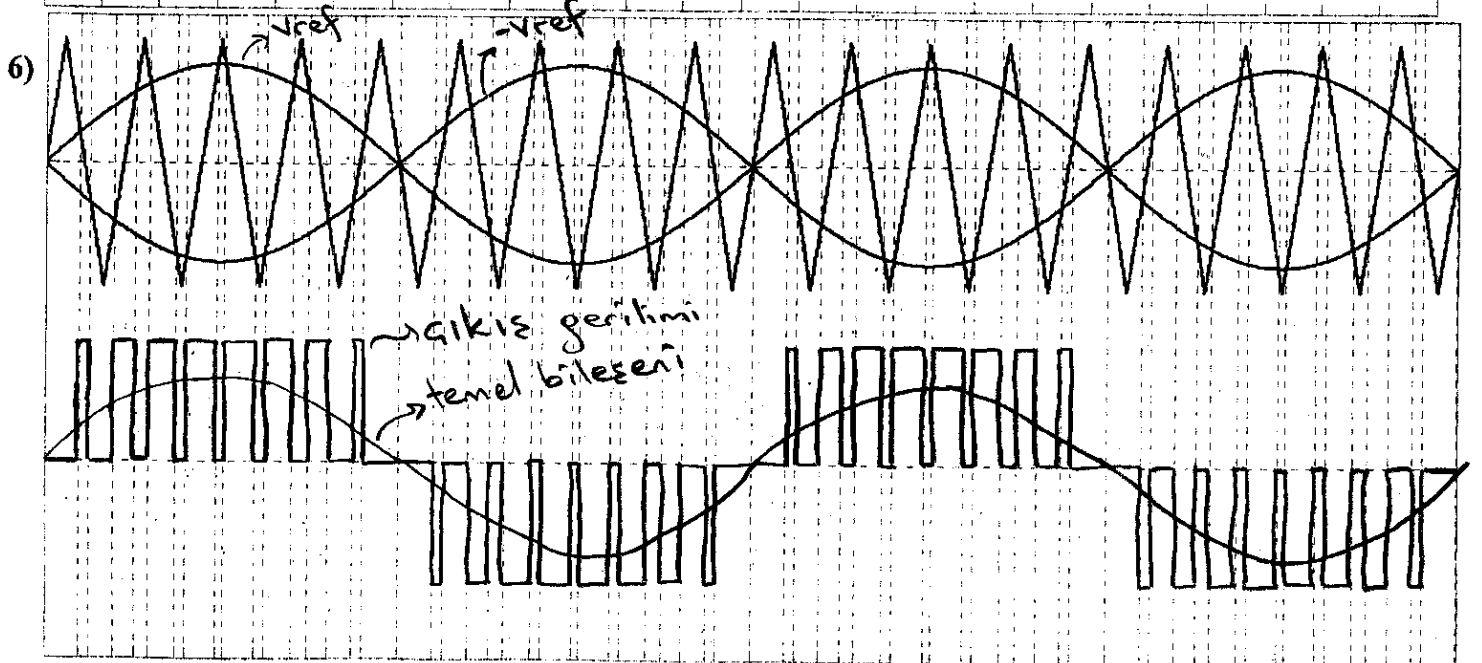
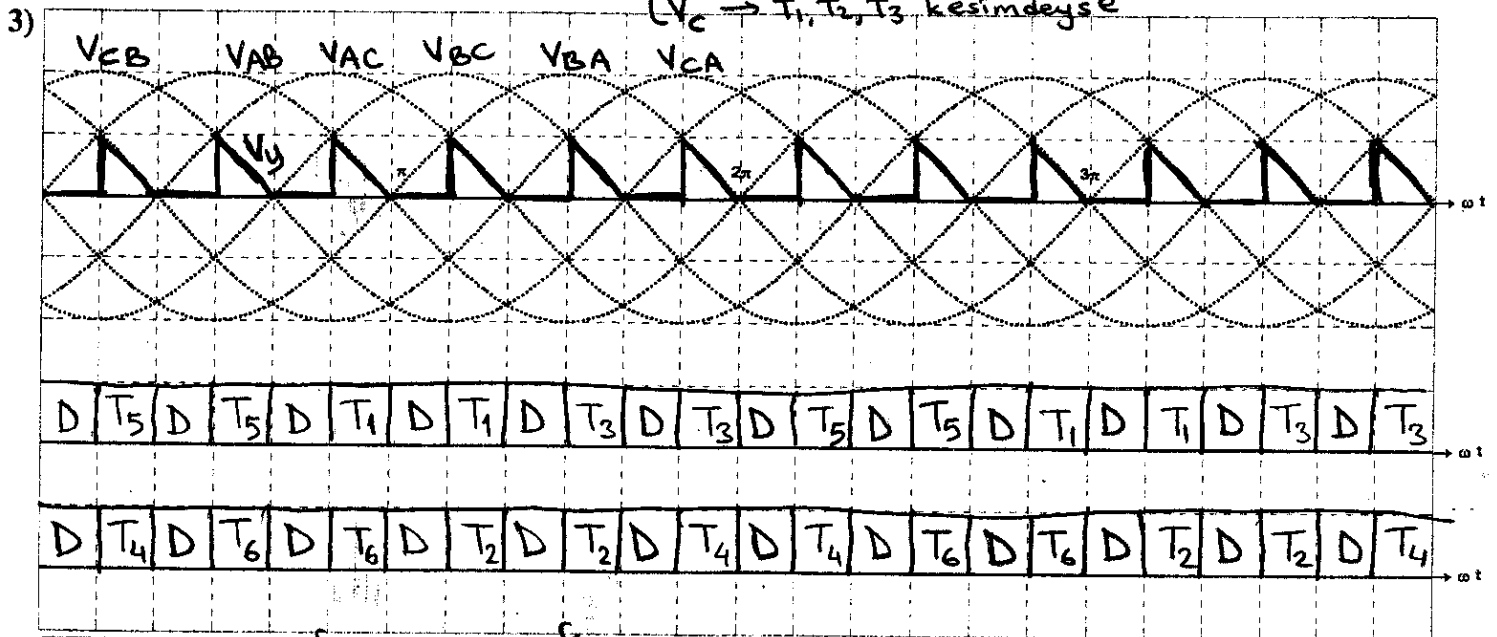
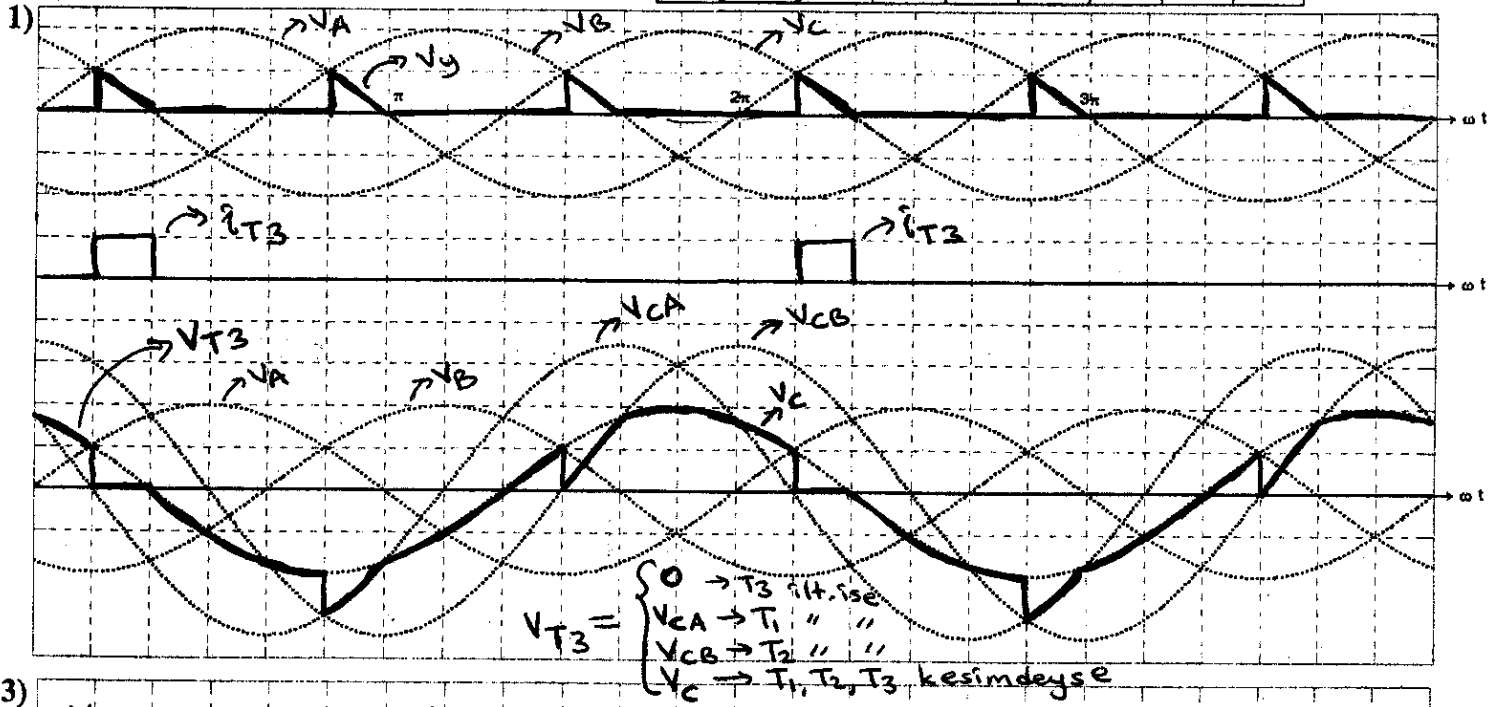
6) Bir H köprüsü devresi tek yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Anahtarlama karşılaştırma amacıyla kullanılan üçgen dalganın referans gerilime veya negatifine eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Çıkış gerilimini ve bunun temel bileşenini çiziniz. (20+5 puan)

$i_d$ ,  $i_a$  ve  $v_a$  'nin ortalamalarını sırasıyla  $I_d$ ,  $I_a$  ve  $V_a$  ile gösteriniz.

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

Öğrenci No:	GÜÇ ELEKTRONİĞİ	26.06.2009	1	2	3	4	5	6	TOPLAM
Adı Soyadı:	BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI	Sayılmayan							



$$2) a) 03'te \quad \hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \hat{V} = \sqrt{3} \times 300V = 519,6V$$

$$\underbrace{\cos 120^\circ}_{-0,5} - \cos(120^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50) \times (3 \times 10^{-3}) \times 12}{519,6} = 0,0435$$

$$\cos(120^\circ + \ddot{u}) = -0,5435 \rightarrow 120^\circ + \ddot{u} = 122,9^\circ$$

$$\boxed{\ddot{u} = 2,9^\circ}$$

$$t_{akt} = \frac{2,9^\circ}{360^\circ \times 50} = \boxed{0,16 ms = t_{akt}}$$

$$b) V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\sqrt{3} \times 300V}{2\pi} \cos 120^\circ = -124,0V$$

$$A_{\ddot{u}} = (2\pi \times 50) \times (3 \times 10^{-3}) \times 12 V = 3,6\pi V$$

$$\Delta V_{ydc} = \frac{3,6\pi}{2\pi/3} V = 5,4V$$

$$V_{ydc}^{gercek} = -124,0V - 5,4V = \boxed{-129,4V = V_{ydc}^{gercek}}$$

$$4) P = \frac{1}{T} \int v_y i_y dt$$

$$a) \text{Yalnız } R_y = 10\Omega \text{ varsa } i_y = v_y / R_y$$

$$P_{Ry} = \frac{1}{R_y} \cdot \frac{1}{T} \int v_y^2 dt = \frac{1}{10\Omega} \cdot \frac{1}{0,3ms + 0,2ms} \cdot (300^2 V^2 \times 0,3ms + 0^2 V^2 \times 0,2ms)$$

$$\boxed{P_{Ry} = 5400W} \quad (V_y^{rms} = 232,4V)$$

$$b) i_y = I_d = 12A \text{ sabit ise } P = I_d \cdot \frac{1}{T} \int v_y dt = 12A \cdot \frac{300V \times 0,3ms + 0V \times 0,2ms}{0,3ms + 0,2ms}$$

$$\boxed{P = 2160W} \quad (V_{ydc} = 180V)$$

5) Alçaltıcı-gükseltici devre. Endüktans akımının süreklilik sınırındaki çıkış akımı :  $I_a^{ss} = \frac{T_a \cdot V_g (1-D)^2}{2L} \rightarrow$  Buradaki  $V_g$  sınırdaki olduğundan  $T_a = 1/2kHz = 0,5ms$  yerine  $DV_d/(1-D)$  yazılabilir.

$$I_a^{ss} = \frac{T_a \cdot V_d D \cdot (1-D)}{2L} = \frac{0,5ms \times 300V \times 0,6 \times 0,4}{2 \times 1mH} = 18A = I_a^{ss}$$

$$I_a > I_a^{ss} \text{ olsaydı } \rightarrow \hat{V}_g = 0,6 \times 300V / 0,4 = 450V \text{ olurdu ki o zaman } \hat{I}_g = \frac{450V}{50\Omega}$$

$$\hat{I}_g = 9A < I_a^{ss} \rightarrow \text{Gelişki olurdu. Demek ki süreklilik şartı sağlanmıyor.}$$

$$\Delta I = \frac{2L}{V_d \cdot D \cdot T_a} \cdot I_a \rightarrow \frac{I_a}{\Delta I} = \frac{300V \times 0,6 \times 0,5ms}{(2 \times 1mH)} = 45A = \frac{I_d}{D} \quad \left( \begin{array}{l} \text{Çünkü} \\ I_g = \frac{\Delta I}{D} I_d \end{array} \right)$$

$$I_d = 0,6 \times 45A = \boxed{27A = I_d} \quad V_d I_d = V_g I_g = V_g^2 / 50\Omega = 300V \times 27A$$

$$\rightarrow \boxed{V_g = 636,4V} \rightarrow I_g = 636,4V / 50\Omega = \boxed{12,7A = I_g} \quad \left( \text{Yani } \Delta I = \frac{I_g}{45A} = 0,28 \right)$$