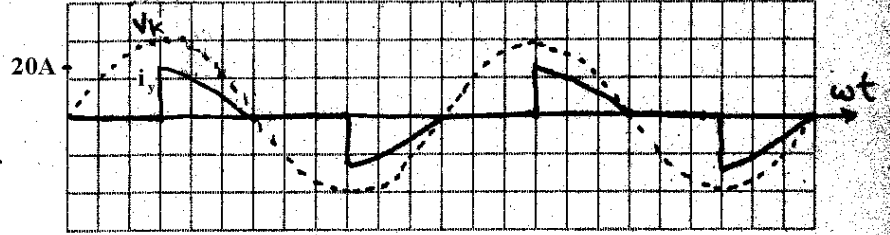
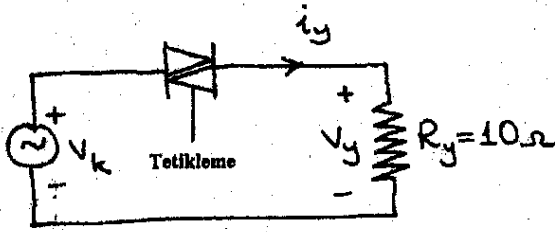


GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI
6 Mayıs 2006 Süre: 90 dakika

1)

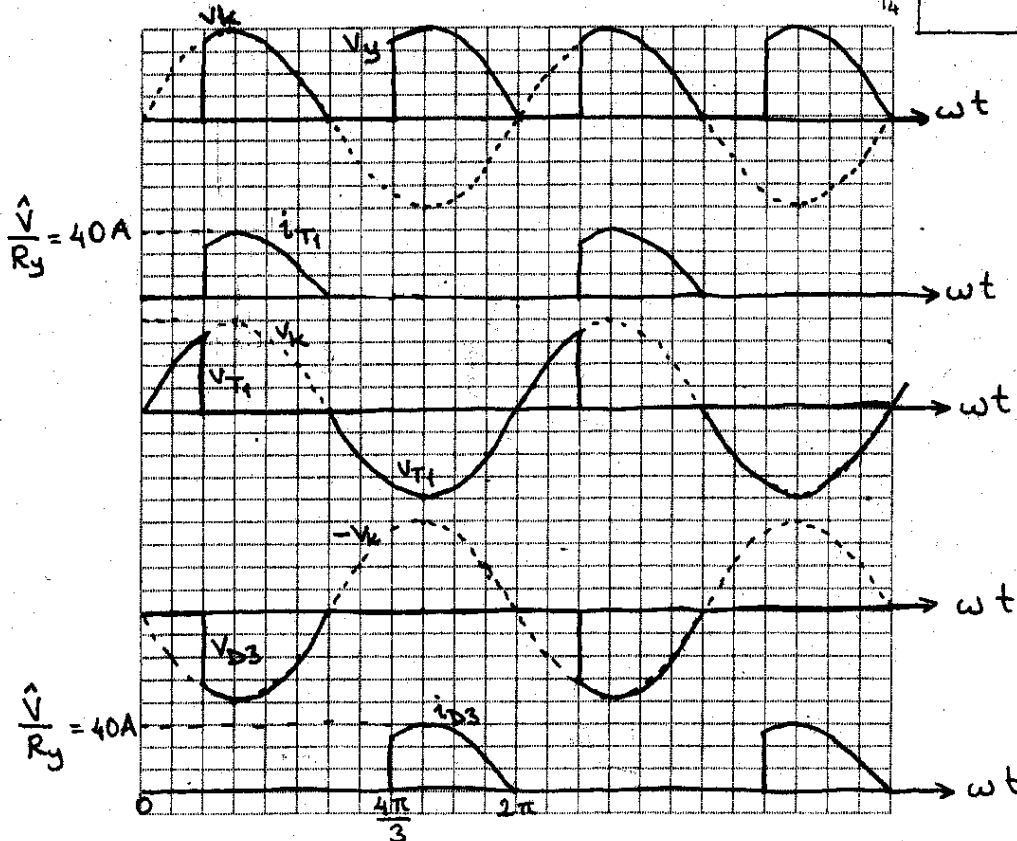
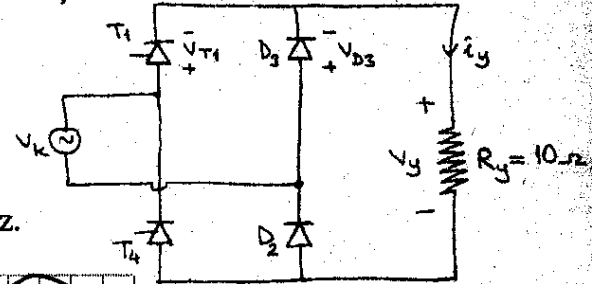


Şekildeki devrede $v_k = \hat{V} \sin \omega t$ olup t zaman, ω açısal frekans ve $\hat{V} = 200V$ 'tur. Triyak her iki alternansta da $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla tetiklenmektedir.

- Triyaki ideal kabul ederek akımın dalga şeklini çiziniz.
- Triyaki ideal kabul ederek kaynağın gördüğü güç faktörünü, aktif ve reaktif gücü bulunuz.
- Triyakin her iki yönde de iletim direncini $0,05\Omega$ ve kesimini ideal kabul ederek (a) şıkında bulduğunuz akım için triyak üzerinde harcanan ortalama iletim gücünü bulunuz.

2) Şekilde tek fazlı asimetrik yarı denetimli köprü doğrultucu devresi verilmiştir. $v_k = \hat{V} \sin \omega t$ olup t zaman, ω açısal frekans ve $\hat{V} = 400V$ 'tur. Her iki tristör de $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla tetiklenmektedir. Diyod ve tristörleri ideal ve kesimdeki iç dirençlerini eşit kabul ederek

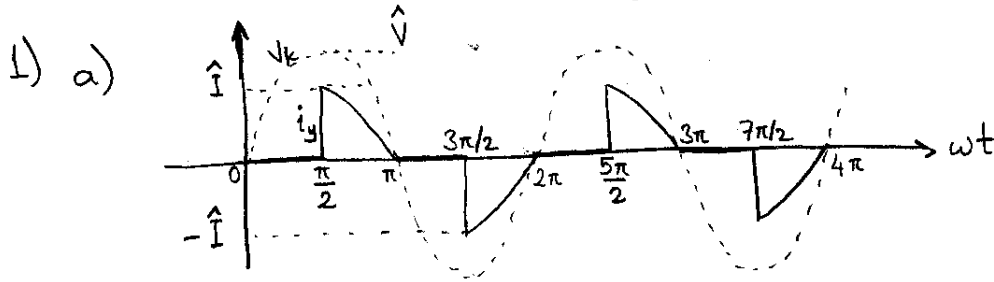
- Yük üzerindeki gerilimi (v_y) çiziniz.
- Yük üzerinde harcanan ortalama gücü bulunuz.
- T1 tristörü üzerindeki gerilimi ve akımı çiziniz.
- D3 diyodu üzerindeki gerilimi ve akımı çiziniz.
- D3 diyodu üzerindeki akımın ortalama (dc) değerini hesaplayınız.



Her iki soruda da grafikler cevap anahtarına aittir

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

6 Mayıs 2006



$$\hat{I} = \frac{\hat{V}}{R_y} = \frac{200V}{10\Omega} = 20A$$

b) Önce i_y akımının temel bileşen genlik ve fazını bulmak gerekir. i_y 'nin acısal frekansı da ω olduğu için:

$$i_y = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{+\infty} (a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t) \rightarrow \text{Ortalama değer} = \frac{a_0}{2} = 0$$

$$i_y = \underbrace{a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t}_{\text{Temel bileşen}} + \sum_{k>1} (a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t) \quad \text{yazılabilir.}$$

$$\text{Temel bileşen} = \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1)$$

$\frac{2}{\text{periyot}}$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_y \cos \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \hat{I} \underbrace{\sin \omega t \cos \omega t}_{\frac{1}{2} \sin 2\omega t} d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} \hat{I} \sin \omega t \cos \omega t d(\omega t)$$

$$a_1 = \frac{-\hat{I}}{4\pi} \cos 2\omega t \Big|_{\omega t = \pi/2}^{\pi} - \frac{\hat{I}}{4\pi} \cos 2\omega t \Big|_{\omega t = 3\pi/2}^{2\pi}$$

$$a_1 = \frac{\hat{I}}{4\pi} \left(\cos 2\frac{\pi}{2} - \cos 2\pi - \cos 2\cdot 2\pi + \cos 2\cdot \frac{3\pi}{2} \right) = \boxed{\frac{-\hat{I}}{\pi} = a_1}$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_y \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \hat{I} \underbrace{\sin^2 \omega t}_{\frac{1 - \cos 2\omega t}{2}} d(\omega t) + \frac{1}{\pi} \int_{3\pi/2}^{2\pi} \hat{I} \sin^2 \omega t d(\omega t)$$

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

$$b_1 = \frac{\hat{I}}{2\pi} \left(\underbrace{\pi - \frac{\pi}{2} + 2\pi - \frac{3\pi}{2}}_{\pi} - \underbrace{\frac{\sin 2\pi - \sin 2\frac{\pi}{2} + \sin 2\cdot 2\pi - \sin 2\cdot \frac{3\pi}{2}}_0} \right)$$

$$\boxed{b_1 = \frac{\hat{I}}{2}}$$

$$\rightarrow \text{Temel bileşen} = -\frac{\hat{I}}{\pi} \cos \omega t + \frac{\hat{I}}{2} \sin \omega t$$

$$= \sqrt{2} I_{k1} \sin(\omega t - \phi_1) = \underbrace{-\sqrt{2} I_{k1} \sin \phi_1}_{-\hat{I}/\pi} \cos \omega t + \underbrace{\sqrt{2} I_{k1} \cos \phi_1}_{\hat{I}/2} \sin \omega t$$

$$\sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = I_{k1} = \hat{I} \sqrt{\frac{1}{2\pi^2} + \frac{1}{8}} = \boxed{8,38A = I_{k1}}$$

$$\tan \phi_1 = \frac{+\hat{I}/\pi}{\hat{I}/2} = \frac{2}{\pi} \rightarrow \boxed{\phi_1 = 32,5^\circ} \quad (\text{Hem } \sin \phi_1 > 0 \text{ hem de } \cos \phi_1 > 0 \text{ olduğu için})$$

Kaynağın etkin gerilimi: $V_{krms} = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}} = \frac{200V}{\sqrt{2}} = 141,4V$

Görünür güç: $S_k = V_{krms} \cdot I_k$ → akımın etkin değeri bulunmalıdır.

$$I_k^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_y^2 d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \frac{\hat{I}^2 \sin^2 \omega t}{1 - \cos 2\omega t} d(\omega t)$$

→ Bir periyottaki iki parçanın da kareleri aynı şeklin kayması olduğu için birinin integralini 2 ile çarptık.

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

$$I_k = \frac{\hat{I}}{2} = 10A = I_k \rightarrow S_k = 141,4 \times 10 VA = 1414 VA = S_k$$

Aktif güç = $P_k = V_{krms} \cdot I_{k1} \cdot \cos \phi_1 = 141,4 \cdot 8,38 \cdot \cos 32,5^\circ = 1000 W = P_k$

Reaktif güç = $Q_k = \sqrt{S_k^2 - P_k^2} = 1000 W = Q_k$

Güç faktörü = $\lambda = \frac{P_k}{S_k} = \frac{1000}{1414} = 0,707 = \lambda$

c) Triyak üzerindeki iletim güç kaybı = $0,05 \cdot \Omega \times I_k^2 = 0,05 \times 10^2 W = 5 W$
→ akımın etkin değeri

2) T_1 ile D_2 ve D_3 ile T_4 seri bağlı olduğu için, T_1 iletime geçince D_2 ve T_4 iletime geçince D_3 de iletime geçer. Kesime de yine T_1 ile D_2 veya T_4 ile D_3 birlikte gider. Sonuçta normal tek fazlı denetimli köprü doğrultucu gibi çalışır.

b) v_y 'nin etkin değeri: $V_{yrms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} \frac{\hat{V}^2 \sin^2 \omega t}{1 - \cos 2\omega t} d(\omega t)}$

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

$$= \frac{\hat{V}^2}{2\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right) \rightarrow V_{yrms} = 253,7 V$$

Yük üzerindeki güç = $P_y = \frac{V_{yrms}^2}{R_y} = \frac{253,7^2}{10} W = 6436 W$

2) T_1 ile D_2 ve D_3 ile T_4 seri bağlı olduğu için, T_1 iletimdeyse D_2 , ve T_4 iletimdeyse D_3 de iletimde olmalıdır. Ancak, T_1 doğru kutuplandığı halde ateşlenmediği için kesimdeyse, D_2 bu doğru kutuplanmada da iletimde olur, her ne kadar üzerinden bir akım geçemese de. Gerçekte bu durumda D_2 iletimdedir çünkü kesimdeki T_1 'den sızıntı akımı geçmesine izin verir. Benzer şekilde T_4 doğru kutuplanmış fakat ateşlenmemişken de D_3 iletimdedir. T_4 ters kutuplanınca ise D_3 de ters kutuplanmış olup her ikisi de kesimde olur. T_1 ters kutuplanmışken de benzer şekilde D_2 de kesimde olur. Buna göre a) v_y , c) v_{T1} ve i_{T1} d) v_{D3} ve i_{D3} dalga şekilleri şöyle bulunur:

e) i_{D3} 'ün ortalama değeri:

$$i_{D3\text{ort}} = \frac{1}{2\pi} \int_{4\pi/3}^{2\pi} 40A \cdot (-\sin \omega t) d(\omega t) = \frac{20A}{\pi} \cos \omega t \Big|_{4\pi/3}^{2\pi}$$

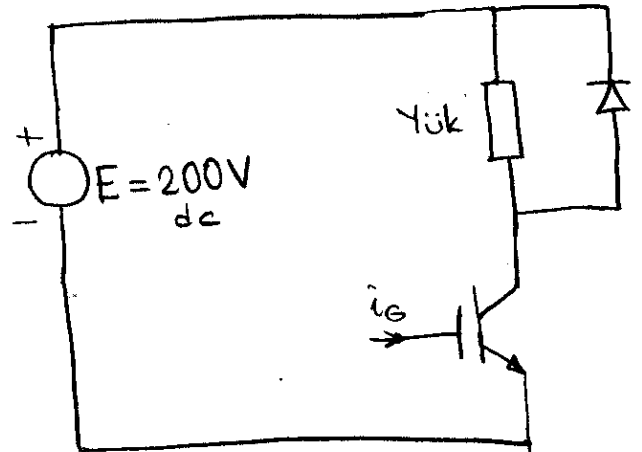
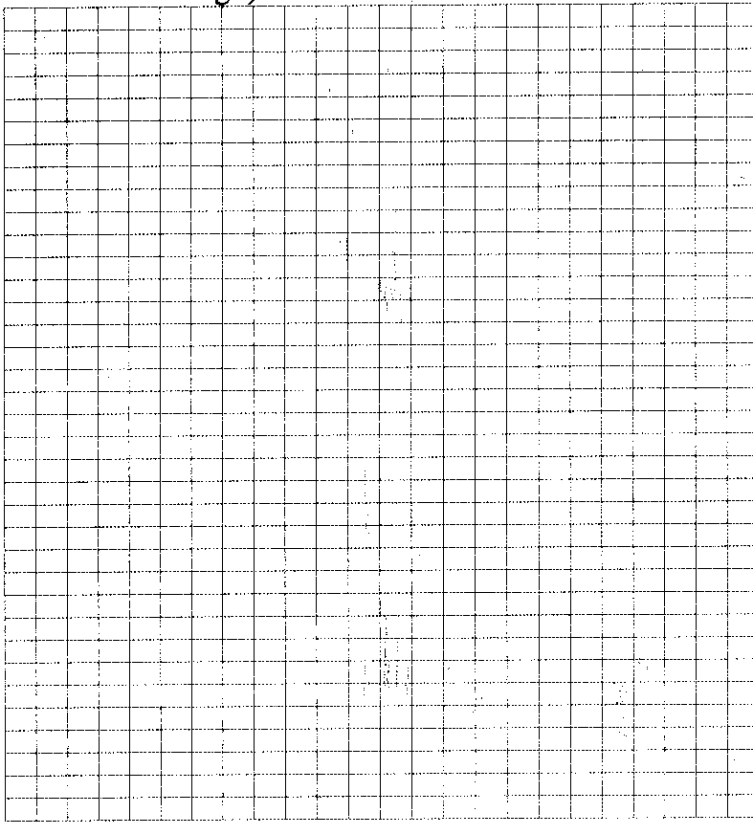
$$= \frac{20A}{\pi} \left(\underbrace{\cos 2\pi}_1 - \underbrace{\cos \frac{4\pi}{3}}_{-1/2} \right) = \frac{20A}{\pi} \cdot \frac{3}{2} = \frac{30A}{\pi} = i_{D3\text{ort}} = 9,55 A$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI
22.06.2006 Normal Öğretim Süre:75 dakika

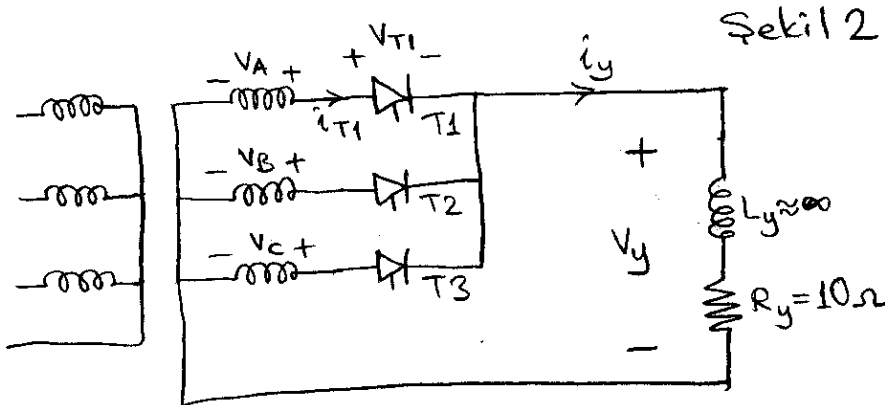
1) Şekil 2'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 10A$ akımla çalışıyor ve tristörler $\alpha = 120^\circ$ ile tetikleniyor. v_y , v_{T1} , i_{T1} dalga şekillerini çiziniz. Yük üzerinde harcanan ortalama gücü hesaplayınız. Trafo ve tristörler ideal kabul edilecektir.

2) Şekil 2'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 12A$ akımla 50 Hz'de çalışıyor ve tristörler $\alpha = 90^\circ$ ile tetikleniyor. Tristörleri ideal, trafo sargı dirençlerini sıfır, fakat trafonun her faz sargısının kaçak endüktansını 5mH kabul ederek aktarım süresine karşılık gelen açıyı (\bar{u}) ve saniye cinsinden aktarım süresini hesaplayınız.

3) Şekil 1'deki eviriciyi 1ms'lik periyotlar içinde anahtarlayarak yük üzerine ortalama 40 V elde etmek istiyoruz. Her 1 ms'lik periyot içinde IGBT'yi ilettime geçirecek sinyal ne kadar süreyle uygulanmalıdır ($T_{on} = ?$)? Bu durumda görev oranı (duty cycle) ne olur? Eğer yük yalnızca 10Ω 'luk bir direnç ise bu direnç üzerinde harcanan ortalama güç ne olur? (Dikkat! 160W değil)



Şekil 1



Şekil 2

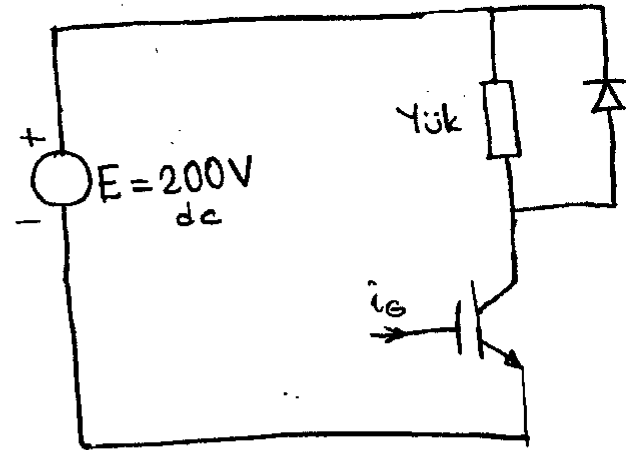
$$\begin{aligned} v_A &= \hat{V} \sin \omega t \\ v_B &= \hat{V} \sin (\omega t - 120^\circ) \\ v_C &= \hat{V} \sin (\omega t - 240^\circ) \\ \hat{V} &= 200 \text{ V} \end{aligned}$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI
22.06.2006 İkinci Öğretim Süre:75 dakika

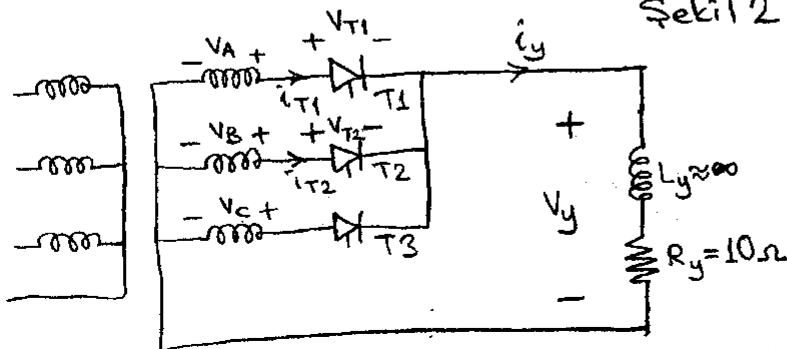
1) Şekil 2'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 10A$ akımla çalışıyor ve tristörler $\alpha = 120^\circ$ ile tetikleniyor. v_y , v_{T2} , i_{T2} dalga şekillerini çiziniz. Yük (R_y ve L_y birlikte) üzerinde harcanan ortalama gücü hesaplayınız. Trafo ve tristörler ideal kabul edilecektir.

2) Şekil 2'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 12A$ akımla 50 Hz'de çalışıyor ve tristörler $\alpha = 120^\circ$ ile tetikleniyor. Tristörleri ideal, trafo sargı dirençlerini sıfır, fakat trafonun her faz sargısının kaçak endüktansını 5mH kabul ederek aktarım süresine karşılık gelen açıyı (μ) ve saniye cinsinden aktarım süresini hesaplayınız.

3) Şekil 1'deki eviriciyi 1ms'lik periyotlar içinde anahtarlayarak yük üzerine ortalama 80 V elde etmek istiyoruz. Her 1 ms'lik periyot içinde IGBT'yi ilettime geçirecek sinyal ne kadar süreyle uygulanmalıdır ($T_{on} = ?$)? Bu durumda görev oranı (duty cycle) ne olur? Eğer yük yalnızca 10Ω 'luk bir direnç ise bu direnç üzerinde harcanan ortalama güç ne olur? (Dikkat! 640W değil)



Şekil 1



Şekil 2

$$\begin{aligned} v_A &= \hat{V} \sin \omega t \\ v_B &= \hat{V} \sin (\omega t - 120^\circ) \\ v_C &= \hat{V} \sin (\omega t - 240^\circ) \\ \hat{V} &= 200V \end{aligned}$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI:

22.06.2006, Normal Öğretim ve İkinci Öğretim

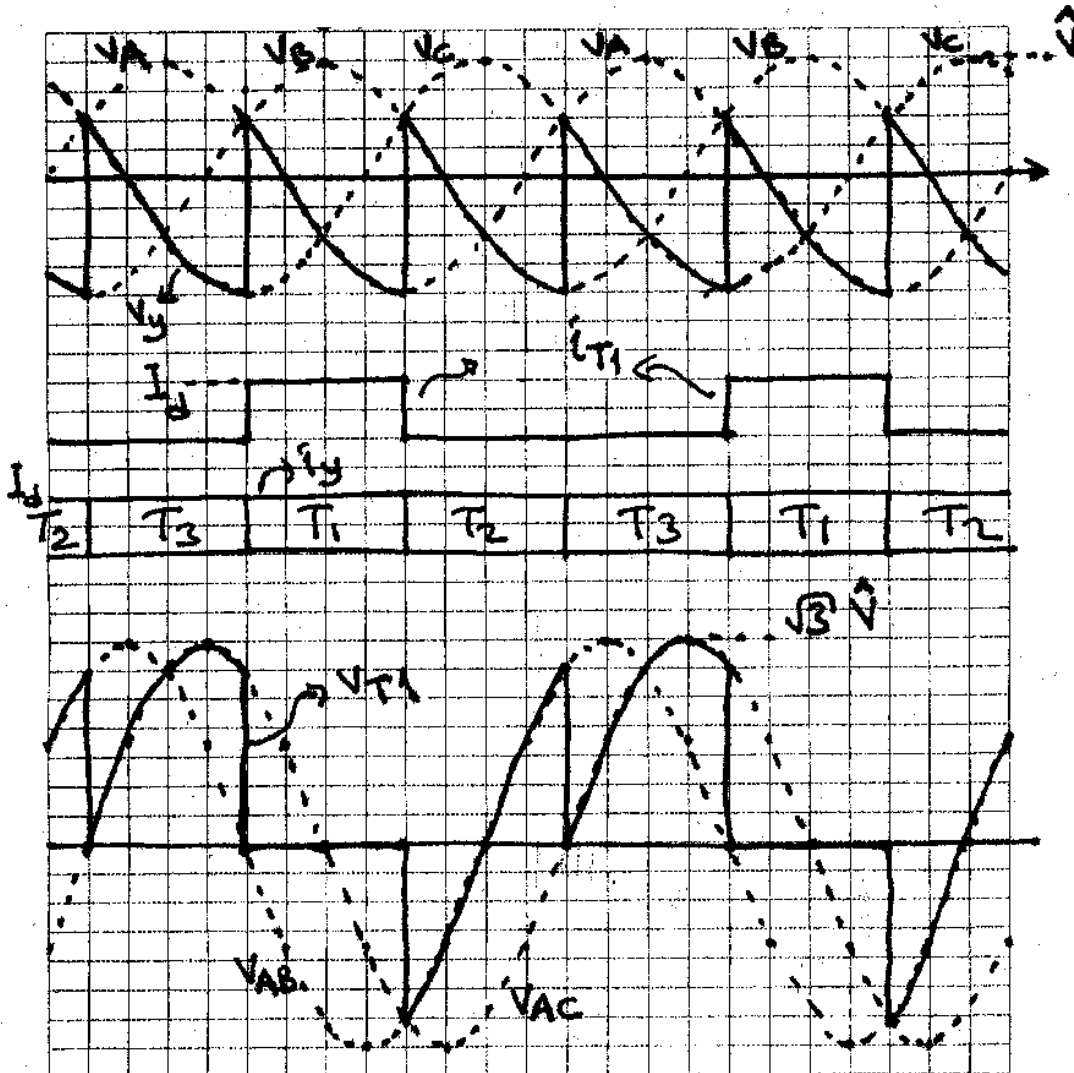
1) Yük üzerindeki ortalama güç = $P_y = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{\pi/6+2\pi/3} v_y i_y d(\omega t) = I_d \cdot V_{ydc}$
 $\alpha = \frac{2\pi}{3} = \frac{4\pi}{6}$

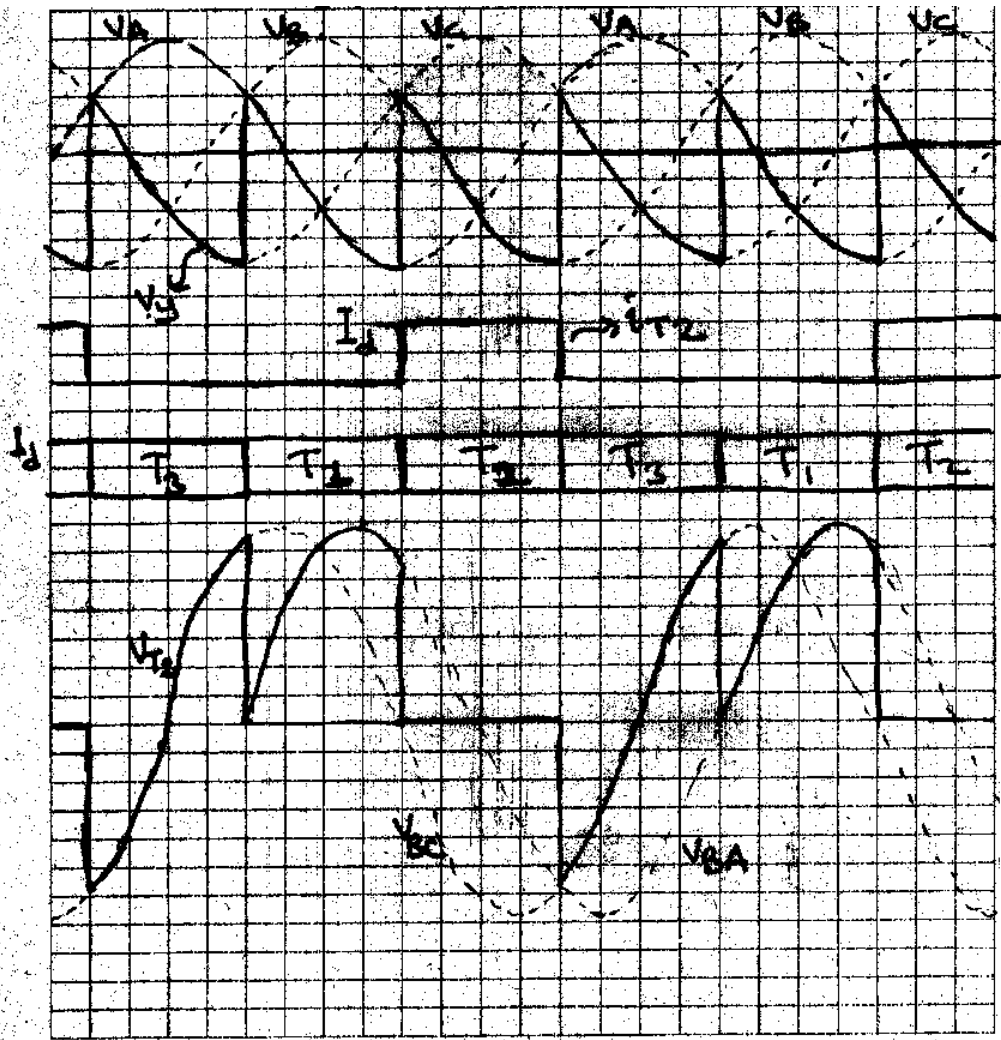
$P_y = I_d \cdot \frac{3}{2\pi} \int_{5\pi/6}^{9\pi/6} \hat{V} \sin(\omega t) d(\omega t) = I_d \cdot \frac{3\hat{V}}{2\pi} \cos(\omega t) \Big|_{\omega t=5\pi/6}^{\omega t=3\pi/2}$

$= I_d \cdot \frac{3\hat{V}}{2\pi} \left(\underbrace{\cos \frac{3\pi}{2}}_0 - \underbrace{\cos \frac{5\pi}{6}}_{\sqrt{3}/2} \right) = \underbrace{-\frac{3\sqrt{3}\hat{V}}{4\pi}}_{V_{ydc}} I_d = P_y = -\frac{3\sqrt{3} \cdot 200V \cdot 10A}{4\pi}$

$= \underbrace{-82,7V}_{V_{ydc}} \times 10A = \boxed{P_y = -827W}$

Görüldüğü gibi yükün ortalama gücü negatiftir. Yani sonsuz endüktansta depolanmış enerji trafo üzerinden şebekeye aktarılır. Bu ideal şartlar içindir. Pratikte $L_y < \infty$ olduğu için bu çalışma endüktansın enerjisi tükeneneceğinden bir müddet sonra değişir.





İkinci Öğretim şekilleri

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

03 devresinde aktarım sırasında iki tristorün bağlı olduğu fazlar arasındaki gerilim aktarım gerilimidir. Yani

$$\hat{V}_{\text{aktarım}} = \sqrt{3} \hat{V}, \quad \alpha = 90^\circ$$

$$\underbrace{\cos 90^\circ}_0 - \cos(90^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \text{ Hz} \times 5 \times 10^{-3} \text{ H} \times 12 \text{ A}}{\sqrt{3} \times 200 \text{ V}} = 0,1088$$

$$\cos(90^\circ + \ddot{u}) = -0,1088$$

$$90^\circ + \ddot{u} = 96,25^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 6,25^\circ} = \omega t_{\text{aktarım}}$$

$$t_{\text{aktarım}} = \frac{6,25^\circ}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = \boxed{0,35 \text{ ms} = t_{\text{aktarım}}}$$

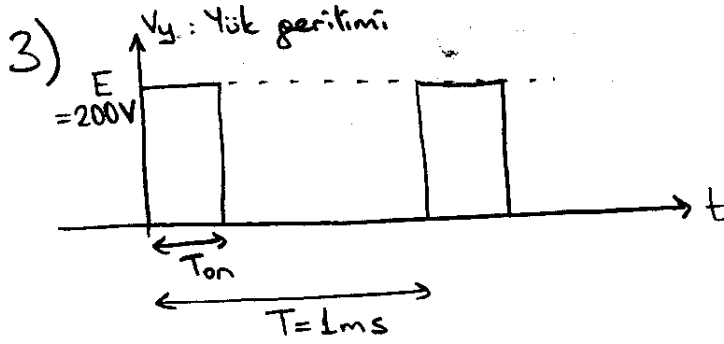
$\hookrightarrow \approx 2\pi \text{ radyan}$

İkinci öğretim sorusunda $\alpha = 120^\circ$, $\cos \alpha = -0,5$ olduğundan

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = -0,5 - \cos(120^\circ + \ddot{u}) = 0,1088 \rightarrow \cos(120^\circ + \ddot{u}) = -0,6088$$

$$120^\circ + \ddot{u} = 127,50^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 7,50^\circ}$$

$$t_{\text{aktarım}} = \frac{7,50^\circ}{360^\circ \times 50 \text{ Hz}} = \boxed{0,42 \text{ ms} = t_{\text{aktarım}}}$$



Yük üzerindeki ortalama gerilim:

$$V_{ydc} = \frac{T_{on}}{T} \cdot E = 40V$$

$$T_{on} = 40V \times \frac{1ms}{200V} = 0,2ms = T_{on}$$

$$\text{Görev oranı} = \frac{T_{on}}{T} = \frac{0,2}{1} = 0,2 = \%20 = \text{Görev oranı}$$

Yük omik (R_y) ise, üzerindeki ortalama güç:

$$P_y = \frac{V_{yrms}^2}{R_y}$$

olur. Yük geriliminin etkin değeri:

$$V_{yrms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T_{on}} E^2 dt}$$

$$V_{yrms} = \sqrt{\frac{1}{T} E^2 T_{on}} = |E| \cdot \sqrt{\frac{T_{on}}{T}} = 200V \cdot \sqrt{\frac{0,2}{1}} = 89,44V$$

$$P_y = \frac{89,44^2}{10} W = 800W = P_y$$

Ya da kısaca $P_y = \frac{1}{T} \int_0^{T_{on}} \frac{E^2}{R_y} dt = \frac{E^2}{R_y} \cdot \frac{T_{on}}{T} = \frac{200^2}{10} \cdot \frac{0,2}{1} W = 800W = P_y$
biçiminde bulunabilir.

İkinci öğretim sorusunda ise $V_{ydc} = 80V \rightarrow T_{on} = 80V \times \frac{1ms}{200V}$

$$T_{on} = 0,4ms$$

$$\text{Görev oranı} = \frac{T_{on}}{T} = \frac{0,4}{1} = 0,4 = \%40 = \text{Görev oranı}$$

$$P_y = \frac{E^2}{R_y} \cdot \frac{T_{on}}{T} = \frac{200^2}{10} \cdot \frac{0,4}{1} W = 1600W = P_y$$

$$\text{veya } V_{yrms} = |E| \cdot \sqrt{\frac{T_{on}}{T}} = 200V \cdot \sqrt{\frac{0,4}{1}} = 126,5V = V_{yrms}$$

$$P_y = \frac{V_{yrms}^2}{R_y} = \frac{126,5^2}{10} W = 1600W = P_y$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

06.07.2006 Normal Öğretim Süre: 90 dakika

1) Şekil 1'deki eviriciyi 2ms'lik periyotlar içinde anahtarlayarak yük üzerine ortalama 60 V elde etmek istiyoruz. Her 2 ms'lik periyot içinde IGBT'yi ilettime geçirecek sinyal ne kadar süreyle uygulanmalıdır ($T_{on} = ?$)? Bu durumda görev oranı (duty cycle) ne olur? (10 + 5 puan)

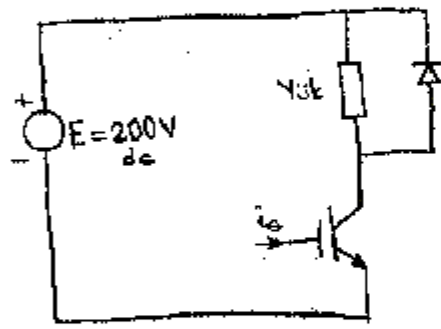
2) Şekil 2'de verilen tam denetimli O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 10A$ akımla çalışıyor ve tristorler $\alpha = 60^\circ$ ile tetikleniyor. v_y ve i_{T1} dalga şekillerini çiziniz. Trafo ve tristorler ideal kabul edilecektir. (25 puan)

3) Şekil 3'te verilen tam denetimli K2 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 12A$ akımla 50 Hz'de çalışıyor ve tristorler $\alpha = 60^\circ$ ile tetikleniyor. Tristorleri ideal, trafo sargı dirençlerini sıfır kabul ederek,

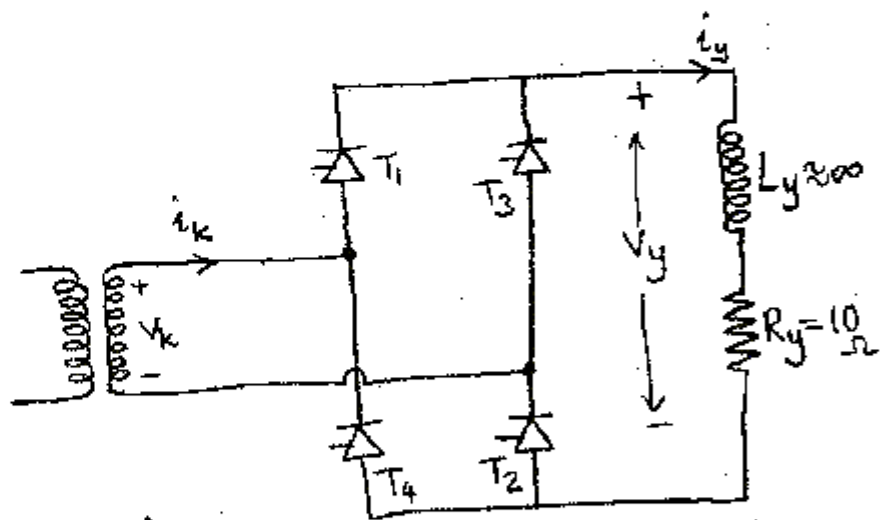
a) Trafonun sekonder sargısının kaçak endüktansını 4mH kabul ederek aktarım süresine karşılık gelen açıyı (μ) ve saniye cinsinden aktarım süresini hesaplayınız. (15 + 5 puan)

b) Bu kaçak endüktansı da ihmal ederek v_y ve i_k dalga şekillerini çiziniz. (25 puan)

c) Yük üzerindeki (R_y ve L_y birlikte) ortalama gücü bulunuz. (15 puan)



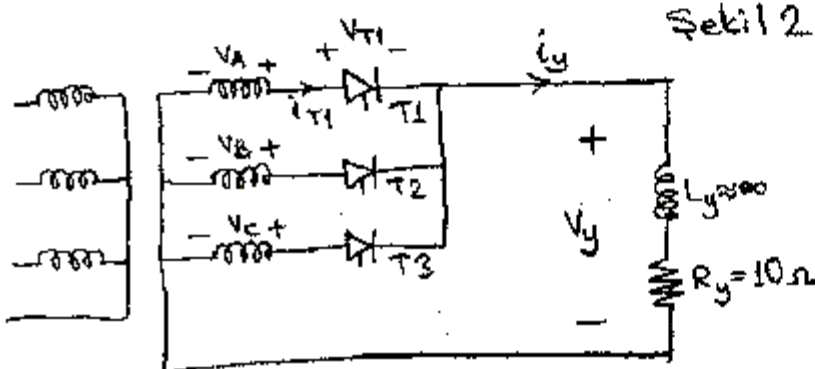
Şekil 1



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

$$\hat{V} = 200V$$

Şekil 3



Şekil 2

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

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

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

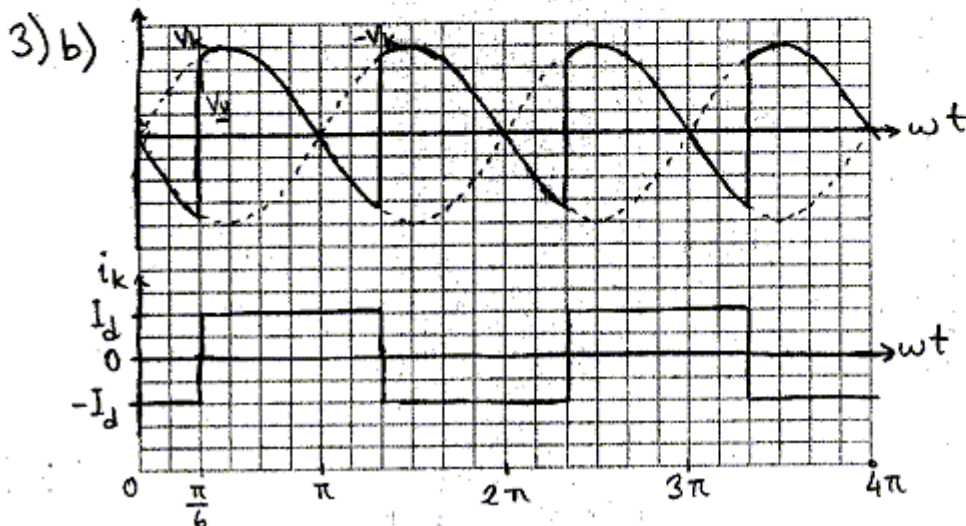
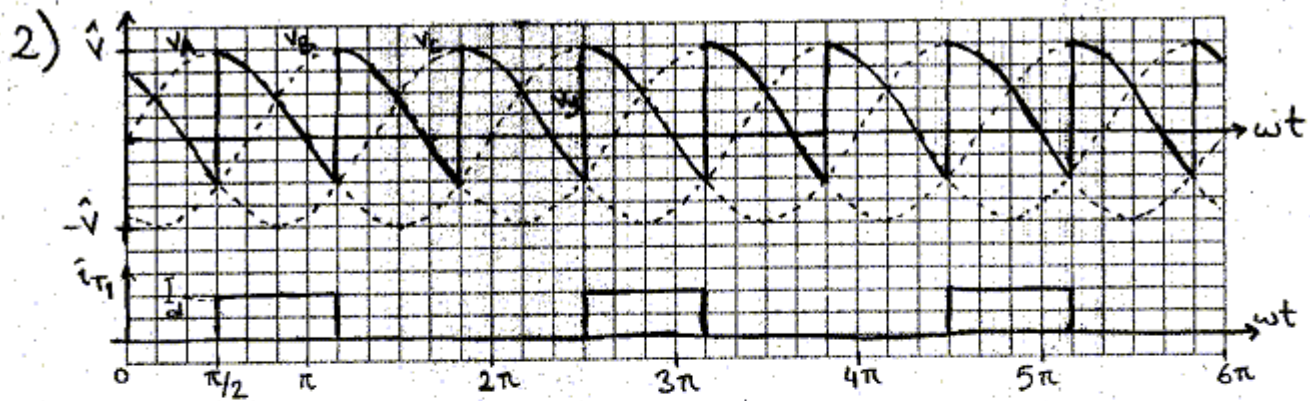
$$\hat{V} = 200V$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜT. CEVAP ANAHTARI
06.07.2006 Normal Öğretim

1) $T = 2\text{ms}$, $T_{on} = ?$, $E = 200\text{V}$, $V_{ydc} = E \cdot \frac{T_{on}}{T} = 60\text{V} = 200\text{V} \cdot \frac{T_{on}}{2\text{ms}}$
 $T_{on} = \frac{60\text{V}}{200\text{V}} \cdot 2\text{ms} = 0,6\text{ms} = T_{on}$ Görev oranı $= \frac{T_{on}}{T} = \frac{0,6}{2} = 0,3$

3) a) Aktarım gerilimi V_k olduğu için $\hat{V}_{aktarım} = \hat{V} = 200\text{V}$
 $\cos\alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{aktarım}} = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 4 \times 10^{-3} \times 12}{200} = 0,1508$
 $\alpha = 60^\circ \rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{2} \rightarrow \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{1}{2} - 0,1508 = 0,3492$
 $\rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 69,56^\circ$ $\ddot{u} = 9,56^\circ$ $t_{aktarım} = \frac{\ddot{u}}{\omega} = \frac{9,56^\circ}{360^\circ \times 50\text{Hz}} = 0,53\text{ms}$

c) $P_y = \frac{1}{T} \int_T v_y i_y d(\omega t)$ $T = \pi$, $i_y = I_d$ sabit olduğu için
 $P_y = I_d \cdot \frac{1}{T} \int_T v_y d(\omega t) = V_{ydc} \cdot I_d$
 $V_{ydc} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi/3 + \pi} \hat{V} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\hat{V}}{\pi} \left(\cos \frac{\pi}{3} - \cos \frac{4\pi}{3} \right) = \frac{\hat{V}}{\pi} = \frac{200\text{V}}{\pi} = 63,66\text{V}$
 $P_y = 63,66 \times 12\text{W} = 764\text{W} = P_y$



Öğrenci No:
Adı Soyadı:

GE-B-2006-N.Ö.-C.A.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

06.07.2006 İkinci Öğretim Süre: 90 dakika

1) Şekil 1'deki eviriciyi 2ms'lik periyotlar içinde $T_{on} = 0,4ms$ süreyle IGBT'yi ilettime geçirecek, periyodun kalan kısmında da IGBT'yi kesime götürecek geçirecek i_G sinyali ile anahtarlıyoruz. Yük üzerindeki ortalama gerilim ne olur? Bu durumda görev oranı (duty cycle) ne olur? (10 + 5 puan)

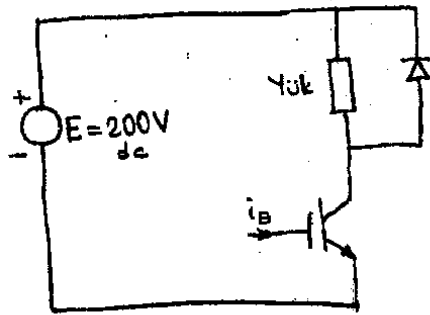
2) Şekil 2'de verilen tam denetimli ve serbest geçiş diyodlu O3 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 12A$ akımla çalışıyor ve tristörler $\alpha = 60^\circ$ ile tetikleniyor. v_y ve i_{T1} dalga şekillerini çiziniz. Trafo ve tristörler ideal kabul edilecektir. (25 puan)

3) Şekil 3'te verilen tam denetimli K2 doğrultucu devresi tam süzölmüş $i_y = I_d = 11A$ akımla 50 Hz'de çalışıyor ve tristörler $\alpha = 30^\circ$ ile tetikleniyor. Tristörleri ideal, trafo sargı dirençlerini sıfır kabul ederek,

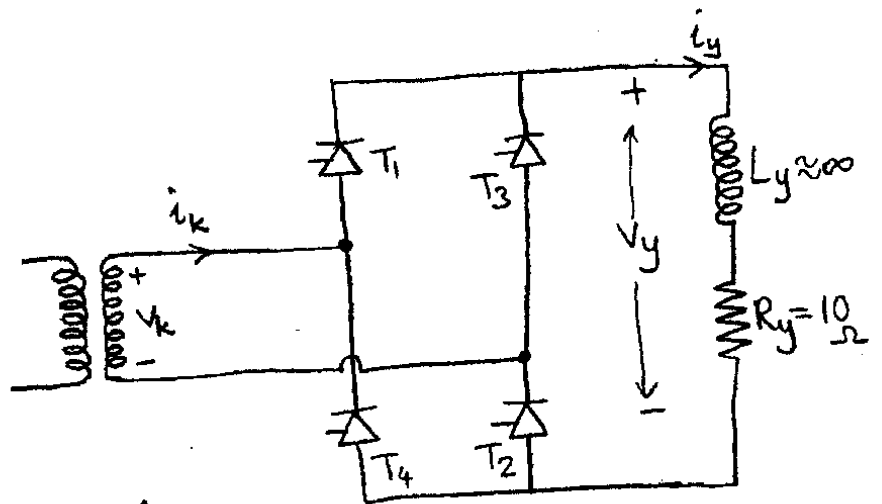
a) Trafonun sekonder sargısının kaçak endüktansını 6mH kabul ederek aktarım süresine karşılık gelen açığı (μ) ve saniye cinsinden aktarım süresini hesaplayınız. (15 + 5 puan)

b) Bu kaçak endüktansı da ihmal ederek v_y ve i_k dalga şekillerini çiziniz. (25 puan)

c) Yük üzerindeki (R_y ve L_y birlikte) ortalama gücü bulunuz. (15 puan)



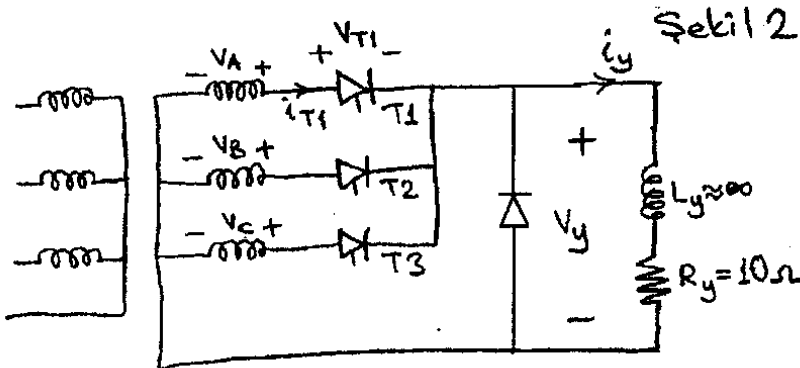
Şekil 1



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

$$\hat{V} = 200V$$

Şekil 3



Şekil 2

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

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

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

$$\hat{V} = 200V$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜT. CEVAP ANAHTARI:
06.07.2006 İkinci Öğretim

1) $T = 2\text{ms}$, $T_{on} = 0,4\text{ms}$, $E = 200\text{V} \rightarrow V_{yort} = \frac{0,4}{2} \times 200\text{V} = 40\text{V} = V_{yort}$

Görev oranı $= \frac{T_{on}}{T} = \frac{0,4}{2} = \underline{\underline{0,2}}$

3) a) Aktarım gerilimi V_k olduğundan $\hat{V}_{aktarım} = \hat{V} = 200\text{V}$

$\cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_k I_d}{\hat{V}_{aktarım}} = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 6 \times 10^{-3} \times 11}{200} = 0,2073$
 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cos(30^\circ + \ddot{u}) = \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,2073 = 0,659 \rightarrow 30^\circ + \ddot{u} = 48,8^\circ$

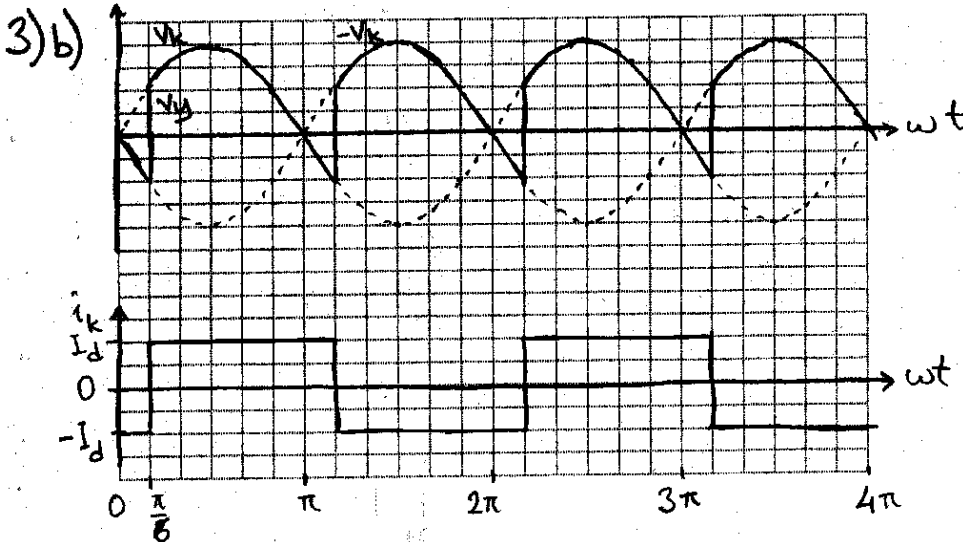
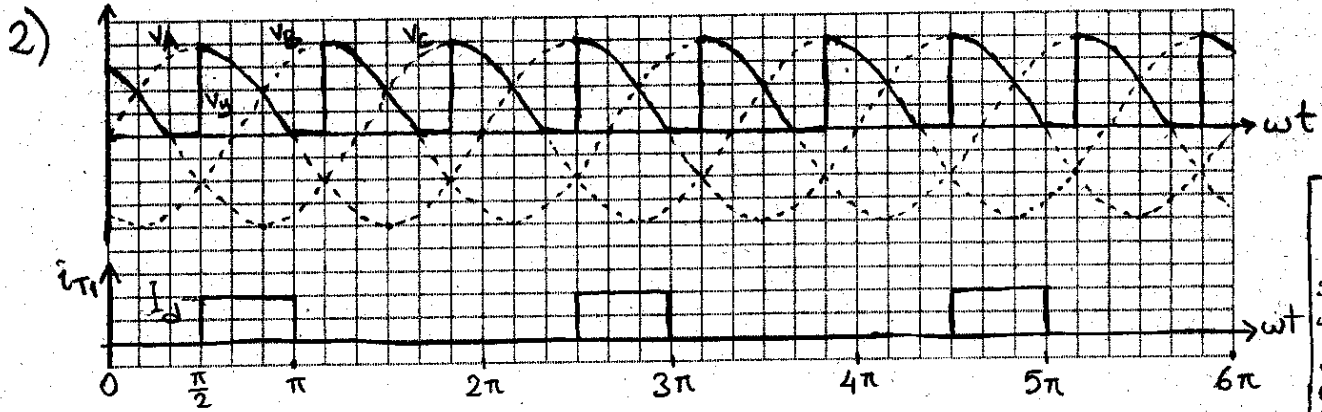
$\ddot{u} = 18,8^\circ$ $t_{aktarım} = \frac{\ddot{u}}{\omega} = \frac{18,8^\circ}{\frac{360^\circ \times 50}{\approx 2\pi \text{ rad}}} = 1,04\text{ms} = t_{aktarım}$

c) $P_y = \frac{1}{T} \int_0^T v_y i_y d(\omega t) \xrightarrow{I_d \text{ sabit}} = \left(\frac{1}{T} \int_0^T v_y d(\omega t) \right) \cdot I_d = V_{ydc} \cdot I_d = P_y$

$T = \pi \rightarrow V_{ydc} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/6 + \pi} \hat{V} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\hat{V}}{\pi} \left(\cos \frac{\pi}{6} - \cos \frac{7\pi}{6} \right) = \frac{\sqrt{3} \hat{V}}{\pi}$

$V_{ydc} = 110,26\text{V}$

$P_y = 110,26 \times 11\text{W} = 1213\text{W} = P_y$



Öğrenci No:
Adı Soyadı:

GE-B-2006-İ.Ö.-CA

Kerem SAVAŞ
030204053
NO:

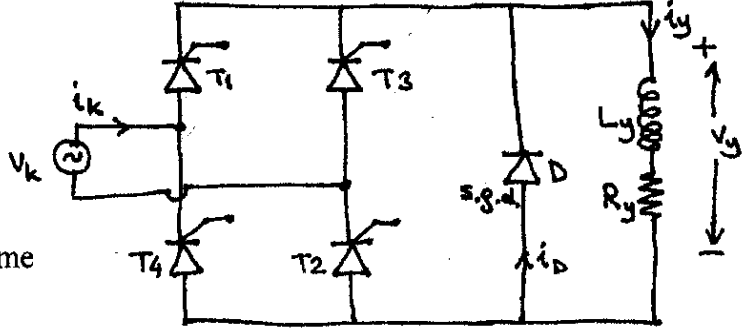
100

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI
19.04.2007 Süre: 90 dakika

Tam Denetimli Tek Fazlı Köprü Doğrultucu (K2) Devresi

1) Şekilde verilen ek fazlı tam denetimli doğrultucu (K2) devresinde tüm elemanları ideal, akımı $i_y = I_d = 16A$ değerinde tam süzölmüş ($L_y \approx \infty$) kabul edelim.

$v_k = \hat{V} \sin(\omega t)$, $\hat{V} = 100V$ ve $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısı için:



a) v_y ile i_k dalga şekillerini (ωt) 'ye göre çiziniz. (15 puan)

b) i_k akımının temel bileşenini $i_1(t) = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) = \sqrt{2} \cdot I_{1rms} \sin(\omega t - \phi_1)$ olarak düşünürsek a_1 , b_1 , I_{1rms} ve ϕ_1 değerlerini (12 puan),

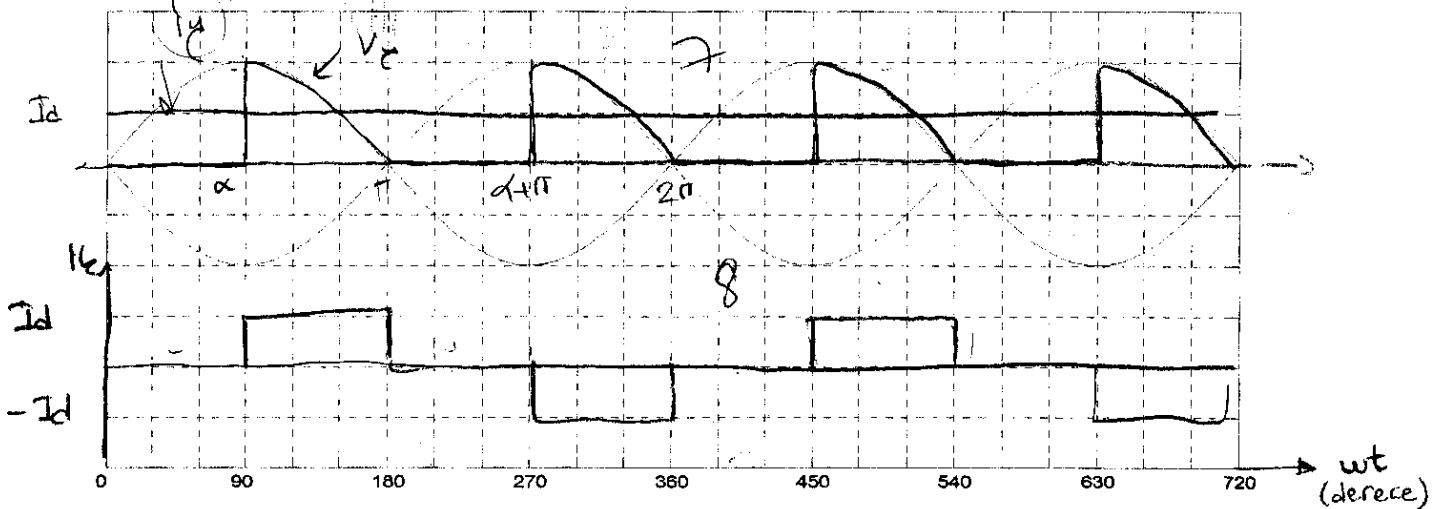
c) Kaynağın gördüğü güç faktörünü ve verdiği reaktif gücü (10 puan),

d) i_k akımı için toplam harmonik distorsiyonunu bulunuz (3 puan).

2) Şekildeki devrede serbest geçiş diyodu (s.g.d.) bulunmadığını (yani diyod kolunun açık devre edildiğini), kaynağa seri olarak $L_s = 10mH$ değerinde bir endüktans olduğunu ve 50Hz frekansla çalışıldığını düşünürsek, $i_y = I_d = 16A$ değerinde tam süzölmüş akım ve $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısı için aktarım açısını (μ) derece cinsinden ve aktarım süresini ms cinsinden bulunuz. (10 puan) (Uyarı: Burada standart aktarım formülü geçerlidir. Kaynak endüktansının bir tane olması formülü değiştirmez; çünkü s.g.d. yokken aktarım sırasında kaynak akımı $-I_d$ değerinden $+I_d$ değerine kadar değişir ve aynı formül bulunur.)

3) Ödev # 1 (25 puan) (Halen getirmeyenler 30 Nisan 2007'ye kadar getirirse bir miktar eksik puanla dikkate alınacaktır.)

4) Ödev # 2 (25 puan) (Son teslim tarihi: 30 Nisan 2007)



Sağ bileğim kırık olduğu için 100 alan öğrencimin sınav kâğıdını cevap anahtarı olarak koydum.

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

...../200...

SINAV KAĞIDI

ÖĞRENCİNİN	
Adı Soyadı	Kerem Savaş
Numarası	020204057
Bölümü	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Toplam
40	10	25	25							109

$$I_d = 16 \rightarrow \alpha = 90^\circ \quad f = 50 \text{ Hz}$$

$$C-2) \cos \alpha - \cos(\alpha + \hat{u}) = \frac{2 \omega L_s I_d}{V_{\text{Vekt}}}$$

Vektörün b. değeri tam

$$V_{\text{Vektör}} = \hat{V} = 1000 \text{ V}$$

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \hat{u}) = \frac{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 16}{1000} = 0,40053$$

$$\cos 90 - \cos(\alpha + \hat{u}) = 0,40053$$

$$\cos(\alpha + \hat{u}) = -0,40053$$

$$90 + \hat{u} = 95,769$$

$$\hat{u} = 5,769^\circ$$

$$f_{\text{ak}} = \frac{\hat{u}}{\omega} = \frac{5,769}{360 \cdot f_{50}} = 0,3205 \text{ ms}$$

$$C-1) i_1(t) = a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) = \sqrt{2} I_{rms} \sin(\omega t - \phi_1)$$

$$i(t) = I_d = -\sqrt{2} I_{rms} \sin \phi \cos \omega t + \sqrt{2} I_{rms} \cos \phi_1 \sin \omega t$$

$$\cos \phi_1 = \frac{b_1}{\sqrt{2} I_{rms}} \quad \sin \phi_1 = \frac{-a_1}{\sqrt{2} I_{rms}}$$

$$a_1 = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \cos \omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi I_d \cos \omega t dt + \frac{1}{\pi} \int_{\pi+0}^{2\pi} (-I_d) \cos \omega t dt$$

$$a_1 = \frac{I_d}{\pi} \left(\int_{90}^{180} \cos \omega t dt - \int_{270}^{360} \cos \omega t dt \right) = \frac{I_d}{\pi} \left(\sin \omega t \Big|_{90}^{180} - \sin \omega t \Big|_{270}^{360} \right)$$

$$= \frac{I_d}{\pi} \left(\sin 180 - \sin 90 - \sin 360 + \sin 270 \right)$$

$$a_1 = \frac{I_d \cdot (-2)}{\pi} \rightarrow a_1 = -10,19$$

✓

$$b_1 = \frac{2}{T} \int_0^T i_d(t) \sin \omega t \, dt = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi i_d \sin \omega t \, dt + \int_{\pi+\pi}^{2\pi} (i_d) \sin \omega t \, dt$$

$$= \frac{I_d}{\pi} \left(\int_{90}^{180} \sin \omega t \, dt - \int_{270}^{360} \sin \omega t \, dt \right)$$

$$= \frac{I_d}{\pi} \left(-\cos \omega t \Big|_{90}^{180} + \cos \omega t \Big|_{270}^{360} \right)$$

$$= \frac{I_d}{\pi} \left(-\cos 180 + \cos 90 + \cos 360 - \cos 270 \right)$$

$$b_1 = 10,19 \text{ V}$$

$$\tan \varphi_1 = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{-\frac{a_1}{I_{2 \text{ rms}}}}{\frac{b_1}{I_{2 \text{ rms}}}} = \frac{-10,19}{10,19} = -1$$

$$\varphi_1 = 45^\circ$$

$$b_1 = \frac{2 I_d}{\pi}$$

$$I_{1 \text{ rms}} = \sqrt{\frac{a_1^2 + b_1^2}{2}} = 10,19$$

$$I_{\text{rms}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i_d^2 \, dt \Rightarrow \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_d^2 \sin^2 \omega t \, dt$$

$$= \frac{I_d^2}{2\pi} \left[\omega t \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} + \omega t \Big|_{\frac{3\pi}{2}}^{2\pi} \right] = \frac{I_d^2}{2\pi} \left[\pi - \frac{\pi}{2} + 2\pi - \frac{3\pi}{2} \right]$$

$$I_{\text{rms}}^2 = \frac{I_d^2}{2} = 11,31 \text{ A} \quad \checkmark$$

$$V_{\text{rms}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70,71$$

$$k) \text{ Aktif } P_{\text{ges}} \rightarrow P = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \cos \varphi_1 = 70,71 \cdot 10,19 \cdot \cos 45^\circ = 509,5 \text{ W}$$

$$\text{Gesamt } P_{\text{ges}} \rightarrow S = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \approx 719,73 \text{ VA}$$

$$\text{Reaktiv } Q_{\text{ges}}: Q = \sqrt{S^2 - P^2} \approx 616,42 \text{ var}$$

$$G_{\text{ges}} \text{ Faktor} = \frac{P}{S} = 0,6370$$

25

$$d) \text{ THD} = \%100 \cdot \frac{I_{\text{dis}}}{I_{\text{rms}}} = \%100 \cdot \frac{4,907}{10,19} = \%48,15$$

$$I_{\text{dis}} = \sqrt{I_{\text{rms}}^2 - I_{\text{rms}}^2}$$

$$= 4,907$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ FİNAL SINAVI SORULARI

14.06.2007 Süre: 60 dakika

Her soru eşit puanlıdır. Yalnızca 3 soru cevaplandırınız.

- 1) Şekil 1'deki O2 doğrultucu devresi, 50Hz frekansla, $v_{k1} = v_{k2} = 220V \cdot \sin(\omega t)$ kaynak gerilimleriyle, $i_y = I_d = 10A$ değerinde tam süzölmüş akımla çalışmaktadır ($L_y \approx \infty$). Kaynak endüktansları $L_s = 7mH$ ateşleme açısı $\alpha = 60^\circ$, ve tristörler idealdir.
- a) Aktarım açısını (\ddot{u}) ve aktarım süresini bulunuz.
- b) v_y geriliminin ortalama değerini, aktarımı ihmal etmeden bulunuz.
- 2) Şekil 2.a'daki O3 doğrultucu devresinde tristörler ideal olup ateşleme açısı $\alpha = 60^\circ$ ve yük ohmik olup $R_y = 5\Omega$ değerindedir.
- a) v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz (Şekil 2.b üzerine).
- b) Yük üzerindeki ortalama gücü bulunuz.
- 3) Şekil 3'deki dc-dc çevirici devresi gerilim alçaltıcı mıdır, yükseltici midir, yoksa hem alçaltıcı hem yükseltici olabilen bir devre midir? A anahtarı, 0.8ms iletimde, 0.2ms kesimde kalmak üzere 1ms periyodlarla anahtarlanırsa çıkış gerilimi ne olur? (Çıkış ve endüktans akımlarının hiç sıfırlanmadığını kabul ediyoruz.)
- ↑
ortalama (Dalgalanma ihmal ediliyor)
- 4) Şekil 4'te dc-dc çeviriciler için bir kontrol sistemi verilmiştir. Bu sistemin nasıl kontrol yaptığını anlatınız.
- 5) Şekil 5.a'da verilen tek fazlı yarım köprü eviricide üçgen dalga ile darbe genişlik modülasyonu (PWM) yapılmaktadır. Üçgen dalga ve kontrol sinyalleri Şekil 5.b'de verilmiştir. Böyle bir PWM uygulamasına göre Şekil 5.c üzerine v_y geriliminin dalga şeklini çiziniz.

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

$$1) a) \cos \alpha - \cos(\alpha + \ddot{u}) = \frac{2\omega L_s I_d}{\hat{V}_{aktarım}} = \frac{\sqrt{2}\omega L_s I_d}{V_{aktarım}^{rms}}$$

$$\hat{V}_{aktarım} = 2 \times 220V = 440V \quad (\text{veya } V_{aktarım}^{rms} = \frac{2 \times 220V}{\sqrt{2}} = 311,13V)$$

$$\cos 60^\circ - \cos(60^\circ + \ddot{u}) = \frac{2 \times (2\pi \times 50Hz) \times (7 \times 10^{-3}H) \times (10A)}{440V} = 0,10$$

$$\cos 60^\circ - 0,10 = 0,40 = \cos(60^\circ + \ddot{u}) \rightarrow 60^\circ + \ddot{u} = 66,42^\circ$$

$$\ddot{u} = 66,42^\circ - 60^\circ \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 6,42^\circ} (= 0,112 \text{ radyan})$$

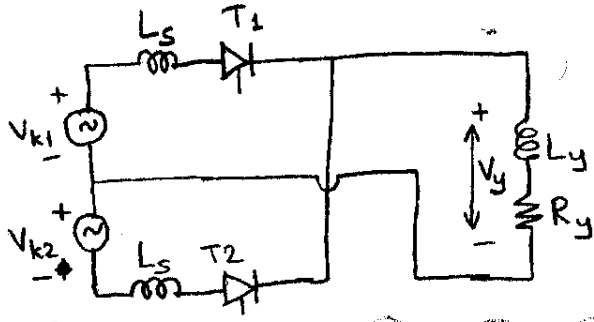
Aktarım süresine $t_{aktarım}$ dersek $\omega t_{aktarım} = \ddot{u}$

$$t_{aktarım} = \frac{\ddot{u}}{\omega} = \frac{6,42^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = \boxed{0,357ms = t_{aktarım}}$$

$$(\text{veya } \frac{0,112 \text{ rad}}{2\pi \times 50 \text{ rad/s}} = 3,57 \times 10^{-4} s = \uparrow)$$

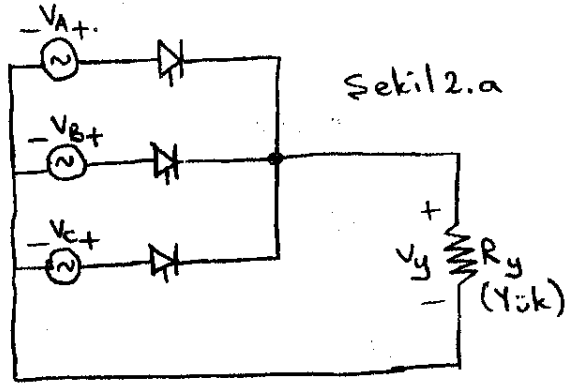
Öğrencinin Adı Soyadı:

Numarası:

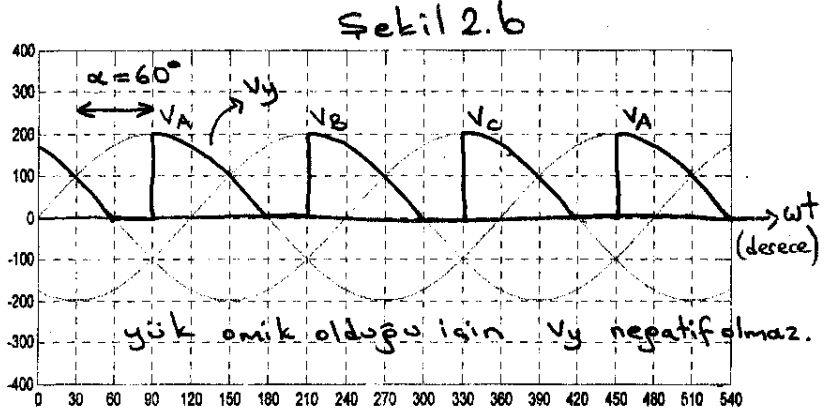


Şekil 1

1	2	3	4	5	Ödev	x2 mi?	TOPLAM



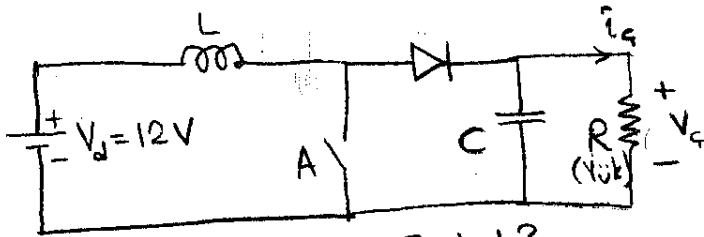
Şekil 2.a



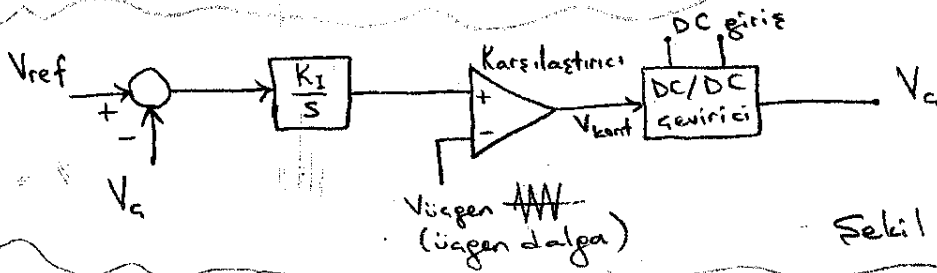
$$V_A = 200V \sin \omega t$$

$$V_B = 200V \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$$

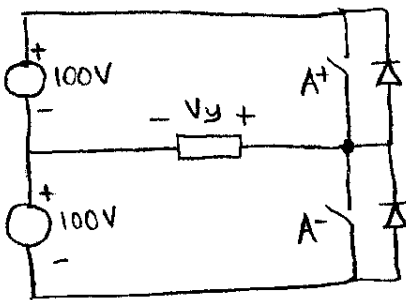
$$V_C = 200V \cdot \sin(\omega t - 240^\circ)$$



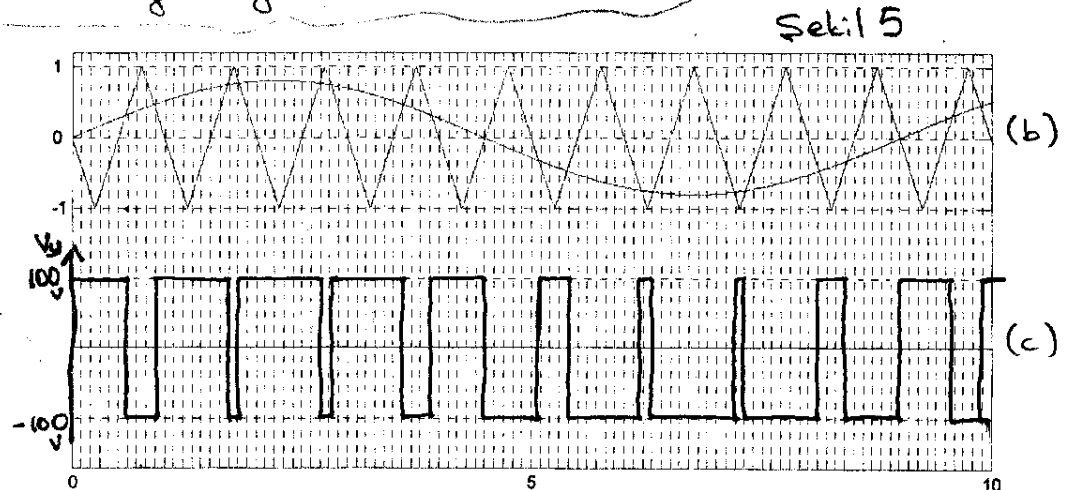
Şekil 3



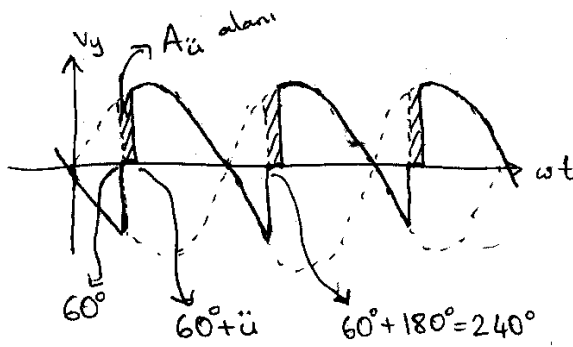
Şekil 4



Şekil 5.a



1.b)

İdeal durumda ($\ddot{u}=0$ olsaydı)

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

$$= \frac{2\sqrt{2} V_{rms}}{\pi} \cos \alpha$$

$$\hat{V}' = 220V \rightarrow V_{ydc}^{ideal} = \frac{2 \times 220V}{\pi} \cos 60^\circ = 70,0V$$

$$A_{\ddot{u}} = \int_{\alpha}^{\alpha+\ddot{u}} \hat{V}' \sin \omega t d(\omega t) = -220V (\cos \omega t) \Big|_{\omega t=60^\circ}^{60^\circ+\ddot{u}}$$

$$A_{\ddot{u}} = 220V \times (\cos 60^\circ - \cos(66,42^\circ)) = 22,0V$$

0,10

Aktarımın Gerilim düşürücü etkisi = $\frac{A_{\ddot{u}}}{\pi} = 22,0V/\pi = 7,0V$

$\rightarrow V_y$ 'nin periyodu

Ortalama yük gerilimi = $V_{ydc} = V_{ydc}^{ideal} - 7,0V = 70,0V - 7,0V$

$$\boxed{V_{ydc} = 63,0V}$$

2.b) Yük omik olduğu için $i_y = \frac{V_y}{R_y} \rightarrow$ Ortalama güç = $\frac{V_{yrms}^2}{R_y} = P$

$$V_{yrms}^2 = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\alpha+\frac{\pi}{6}+\frac{2\pi}{3}} V_y^2 d(\omega t) = \frac{3\hat{V}^2}{2\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\pi} \sin^2 \omega t d(\omega t) + \frac{3}{2\pi} \int_{\pi}^{\alpha+\frac{5\pi}{6}} 0 \cdot d(\omega t)$$

periyod

$$V_{yrms}^2 = \frac{3\hat{V}^2}{4\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) = \frac{3\hat{V}^2}{4\pi} \left((\omega t) - \frac{\sin 2\omega t}{2} \right) \Big|_{\omega t=\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\pi}$$

$$V_{yrms}^2 = \frac{3\hat{V}^2}{4\pi} \left(\underbrace{\pi - \alpha - \frac{\pi}{6}}_{5\pi/6 - \alpha} - \frac{3\hat{V}^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{2} (\sin 2\pi - \sin[2\alpha + \frac{2\pi}{6}]) \right)$$

$$V_{yrms}^2 = \frac{3\hat{V}^2}{4\pi} \left(\frac{5\pi}{6} - \alpha + \frac{1}{2} \sin[2\alpha + \frac{\pi}{3}] \right)$$

$$\hat{V} = 200V, \quad \alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3} \text{ rad} \rightarrow \frac{5\pi}{6} - \alpha = \frac{5\pi}{6} - \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{2}$$

$$\hookrightarrow \sin[2\alpha + \frac{\pi}{3}] = \sin \pi = 0$$

$$V_{yrms}^2 = \frac{3 \times 200^2}{4\pi} \cdot \frac{\pi}{2} V^2 = 15000 V^2 = V_{yrms}^2$$

(Yani $V_{yrms} = 122,5V$)

$$P = \frac{V_{yrms}^2}{5\Omega} = \frac{15000}{5} W = \boxed{3000 W = P}$$

3) A kapalıysa diyod kesimde $\rightarrow V_L = V_d$ olur (V_L 'nin kaynak ucunu + seçersek)

A açıksa diyod iletimde $\rightarrow V_L = V_d - V_a$
 \hookrightarrow dalgalanma ihmal edilmiş

$$V_L \text{ 'nin Ortalaması} = V_{Ldc} = 0 = \frac{V_d \cdot 0,8ms + (V_d - V_a) \cdot 0,2ms}{1ms}$$

$$0 = 0,8V_d + 0,2V_d - 0,2V_a \rightarrow V_d = 0,2V_a$$

$$V_a = \frac{V_d}{0,2} = \frac{12V}{0,2} = \boxed{60V = V_a} \quad \text{Yükseltici bir devredir.}$$

Doğrudan formülle de yapılabiliriz:

$$V_a = \frac{1}{1-D} \cdot V_d \rightarrow \text{Yükseltici}$$

$$D = \text{Görev oranı} = \frac{0,8ms}{1ms} = 0,8$$

$$V_a = \frac{1}{0,2} \cdot 12V = 60V$$

4) Çıkışta istenen gerilim (V_{ref}) $> V_a$ ise hatanın integrali artarak karşılaştırıcı çıkışının görev oranını artırır. Bu da DC/DC çeviricinin daha yüksek bir çıkış (V_a) üretmesini sağlar. $V_{ref} < V_a$ ise (hata < 0), integral azalarak karşılaştırıcı çıkışının görev oranını azaltır. Böylece V_a azalır. $V_{ref} = V_a$ ise (hata $= 0$) integral sabit kalır \rightarrow görev oranı sabit kalır ve V_a istenen değerinde (V_{ref}) sabit kalmış olur.

(V_{kont} sembolü yanlışlıkla karşılaştırıcı çıkışına yazılmıştır. Aslında alışılmış olan, integral alıcı çıkışı olarak tanımlanmasıydı. Fakat bundan dolayı soru hatalı sayılmaz; çünkü bu sadece bir semboldür. Sistemde hata yoktur.)

2.a ve 5. cevaplar şekil kâğıdı üzerinde gösterilmiştir.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI**28.06.2007 Süre: 60 dakika**

1. soru 20/50 (=40/100), diğer sorular 15/50 (=30/100) puanlıdır. 2., 3. ve 4. sorulardan yalnızca 2 tanesini cevaplandırınız.

1) Şekil 1'deki O2 doğrultucu devresi, 50Hz frekansla, $v_{k1} = -v_{k2} = 200V \cdot \sin(\omega t)$ kaynak gerilimleriyle, $i_y = I_d = 10A$ değerinde tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) ve $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla çalışmakta olup, tristörler idealdir. **Aktarım süresi ihmal ediliyor.**

a) v_y geriliminin ve i_{T1} akımının dalga şeklini çiziniz.

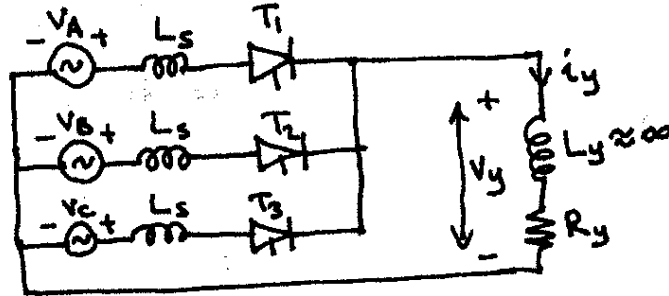
b) Bütün yük (R_y ile L_y birlikte) üzerinde harcanan ortalama gücü bulunuz.

2) Şekil 2'deki O3 doğrultucu devresinde tristörler ideal, akım $i_y = I_d = 10A$ değerinde tam süzölmüş ($L_y \approx \infty$), sargı endüktansları $L_s = 3mH$, ateşleme açısı $\alpha = 90^\circ$ olduğuna göre aktarım açısını (μ) ve süresini bulunuz.

$$v_A = 200 \sin(\omega t)$$

$$v_B = 200 \sin(\omega t - 120^\circ)$$

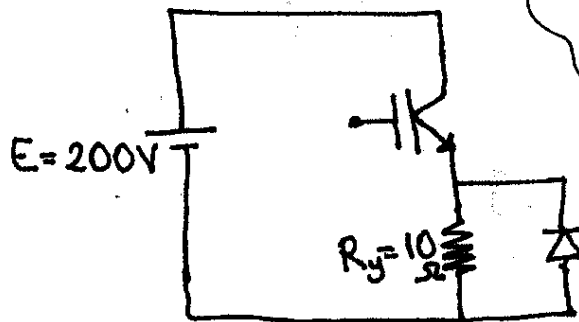
$$v_C = 200 \sin(\omega t - 240^\circ)$$



Şekil 2

3) Şekil 3.a'daki H köprüsü, dc-dc çevirici olarak çalışmakta olup, yük üzerindeki akım ve gerilim dalga şekilleri Şekil 3.b'de verilmiştir. $t_0 < t < t_1$, $t_1 < t < t_2$, $t_2 < t < t_3$, $t_3 < t < t_4$ zaman aralıklarında hangi anahtar (diyod ve/veya IGBT) çiftinin iletimde olduklarını yazınız. Birden fazla çift seçeneği varsa yalnız bir çifti yazmanız yeterlidir. Aktarım süreleri ihmal edilmektedir. Elemanlar idealdir.

4) Şekil 4'teki IGBT ideal olup, her 1ms'lik periyotta, 0,6ms iletimde, 0,4ms kesimde olacak şekilde anahtarlanmaktadır. Görev oranını ve yük üzerindeki ortalama gücü bulunuz.



Çözüm:

$$\text{Görev oranı} = \frac{0,6\text{ms}}{1\text{ms}} = \boxed{0,6}$$

$$P_{\text{ort}} = \frac{(E^2/R_y) \cdot T_{\text{ilt}} + 0 \cdot T_{\text{kesim}}}{T}$$

$$= \frac{\frac{200^2}{10} \text{ W} \cdot 0,6\text{ms} + 0}{1\text{ms}}$$

Şekil 4

$$\boxed{P_{\text{ort}} = 2400 \text{ W}}$$

BAŞARILAR ...

$$2) \cos \alpha - \cos(\alpha + \mu) = \frac{2\omega L_s I_d}{\sqrt{3} \cdot 200V} = \frac{\sqrt{2}\omega L_s I_d}{V_{\text{aktarım}}^{\text{rms}}} \quad \text{Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ}$$

$$\sqrt{3} \cdot 200V$$

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \mu) = \frac{2 \times 2\pi \times 50 \times 3 \times 10^{-3} \times 10}{\sqrt{3} \cdot 200} = 0,0544 = \cos 90^\circ - \cos(90^\circ + \mu)$$

$$\cos(90^\circ + \mu) = -0,0544 \rightarrow 90^\circ + \mu = 93,12^\circ \rightarrow \boxed{\mu = 3,12^\circ}$$

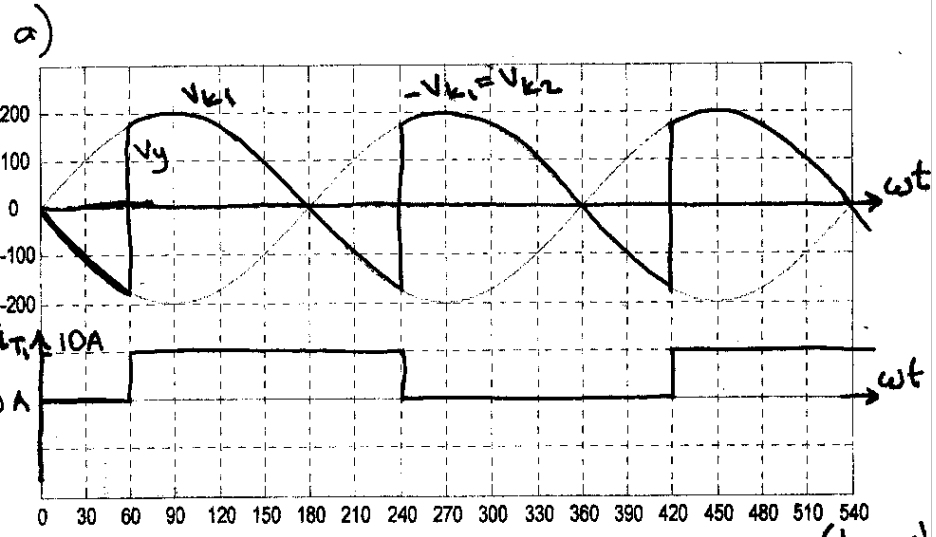
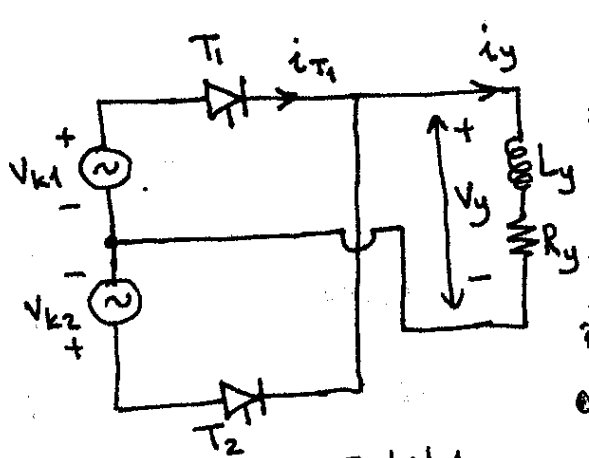
$$t_{\text{aktarım}} = \mu / \omega = \frac{3,12^\circ}{360^\circ \times 50} = \boxed{0,173 \text{ ms} = t_{\text{aktarım}}} \rightarrow \text{Aktarım süresi}$$

Öğrencinin Adı Soyadı:

Numarası:

1	2	3	4	Ödev	x2 mi?	TOPLAM

1)



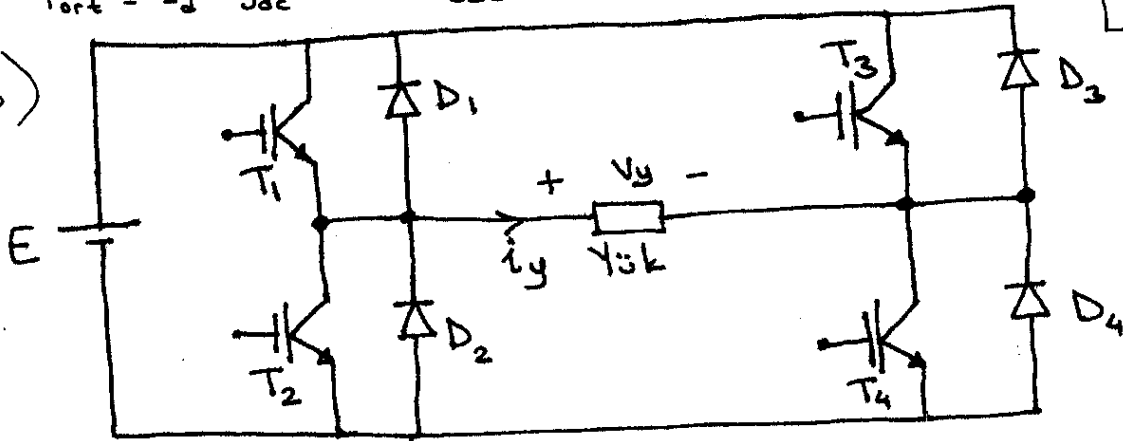
1.b) $P_{ort} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{4\pi/3} V_y i_y d(\omega t)$
 $L_y = I_d$

$$P_{ort} = I_d \cdot V_{ydc}$$

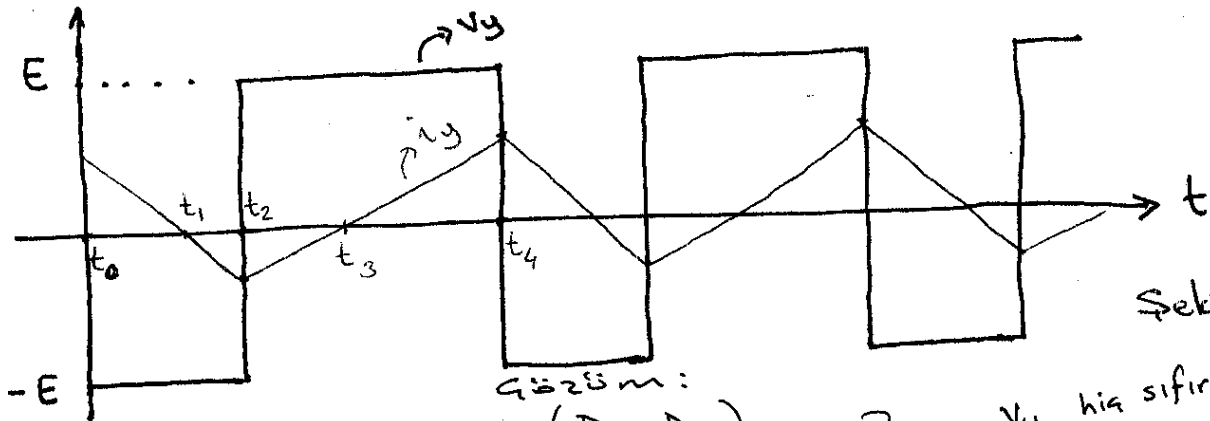
$$V_{ydc} = \frac{2\hat{V}}{\pi} \cos \alpha = \frac{2 \times 200V}{\pi} \cos 60^\circ = 63,66V, \quad I_d = 10A$$

$$P_{ort} = 636,6W$$

3)



Şekil 3.a



Şekil 3.b

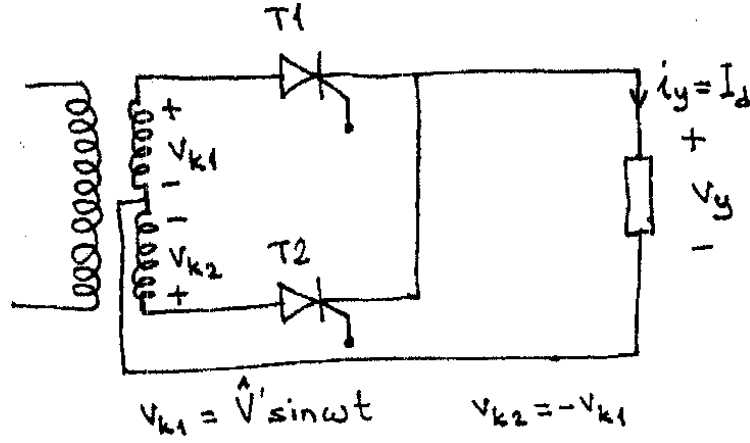
Gözlem:

$$\begin{aligned} t_0 < t < t_1 &\Rightarrow (D_2, D_3) \\ t_1 < t < t_2 &\Rightarrow (T_2, T_3) \\ t_2 < t < t_3 &\Rightarrow (D_1, D_4) \\ t_3 < t < t_4 &\Rightarrow (T_1, T_4) \end{aligned}$$

V_y hiç sıfırda kalmıyor.
 Bu yüzden ikinci seçeneği olan yok.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

17 Nisan 2008 Süre: 90 dakika



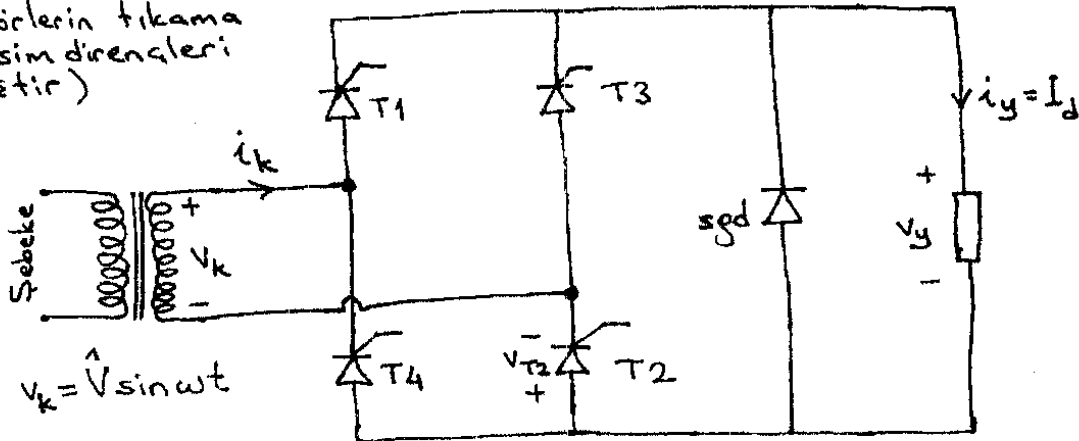
- 1) Şekildeki O2 devresi, $I_d=20A$ tam süzölmüş akımla $\alpha=60^\circ$ ateşleme açısıyla ve $\hat{V}'=200V$ ile uzun zamandır çalışmaktadır. Tristörler ideal kabul ediliyor. Frekans 50Hz 'dir.
 - a) Trafo sekonder sargılarının her bir kısmının kaçak endüktansı $L_k=6mH$ ve sargı dirençleri ihmal 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) şıkkındaki 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 örnekler. gibi)

I_d	T5, T6	D	T7	T8
-------	--------	---	----	----
- 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) $\hat{V}_{\text{aktarım}} = 2\hat{V}' = 400V$

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

$$0,3115 = \cos(60^\circ + \ddot{u}) \rightarrow \boxed{\ddot{u} = 11,85^\circ} = \omega t_{\text{akt}} \quad \downarrow \quad 360^\circ \cdot 50\text{Hz}$$

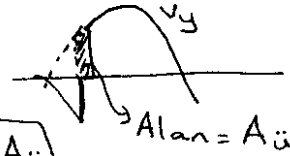
$$t_{\text{akt}} = \frac{11,85^\circ}{360^\circ \cdot 50\text{Hz}} = \boxed{0,66\text{ms} = t_{\text{akt}}}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

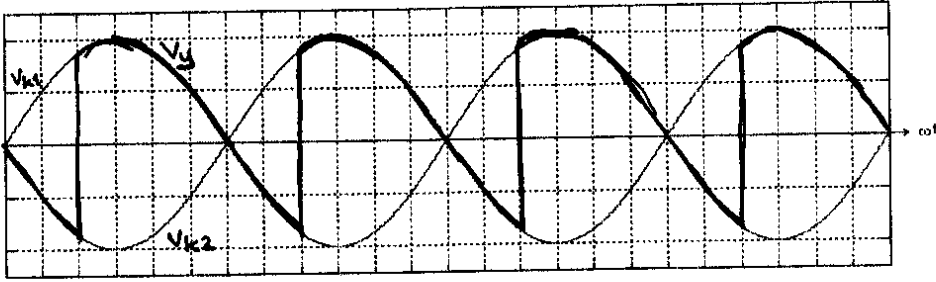
$$\text{Distorsiyon akım bileşeni: } I_{dis} = \sqrt{I_{krms}^2 - I_{krms}^2} = \sqrt{7,07^2 - \left(\frac{20}{\pi}\right)^2} A$$

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

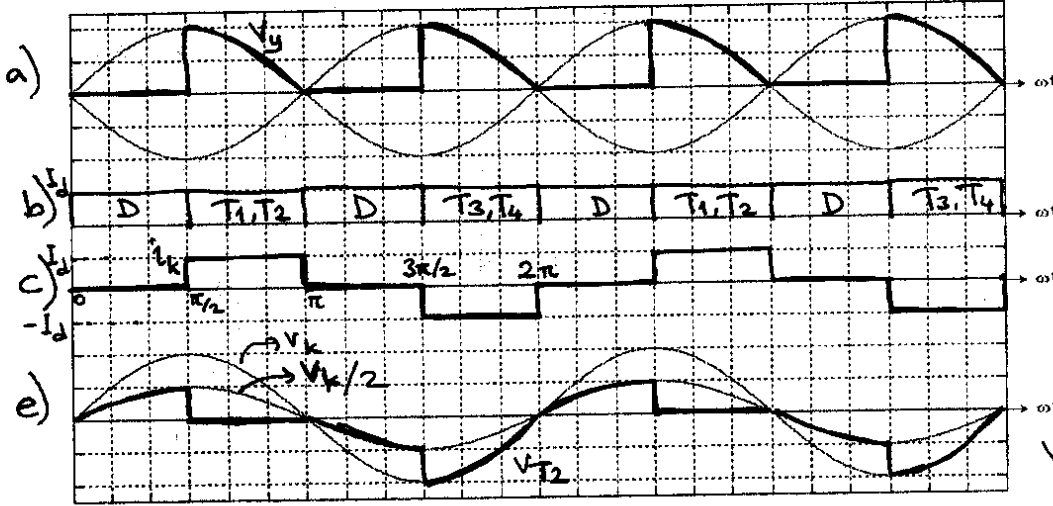
$$THD_i = \%100 \cdot \frac{3,078}{20/\pi} = \%48,3$$

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

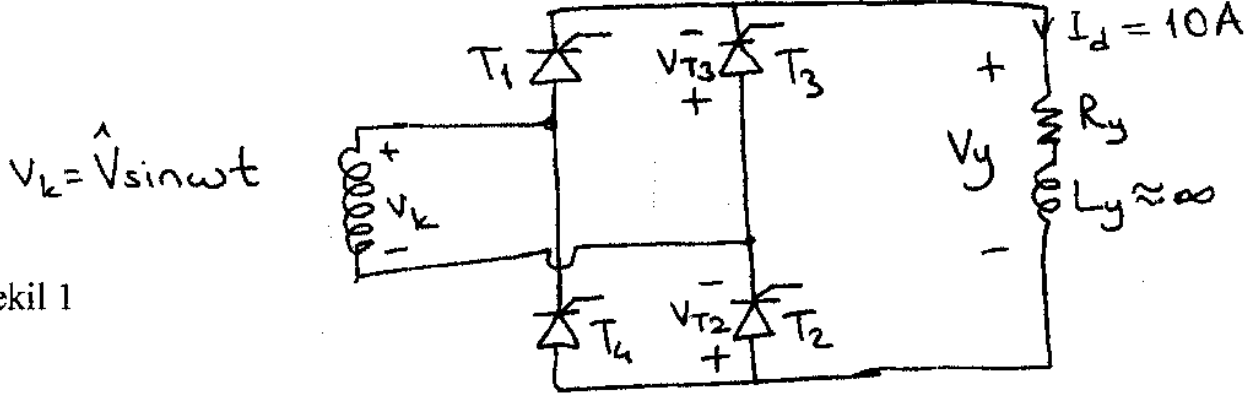
Her soru eşit (25) puanlıdır. Sorularınızdan en yüksek puanlı 4 tanesi hesaba katılacaktır.

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.

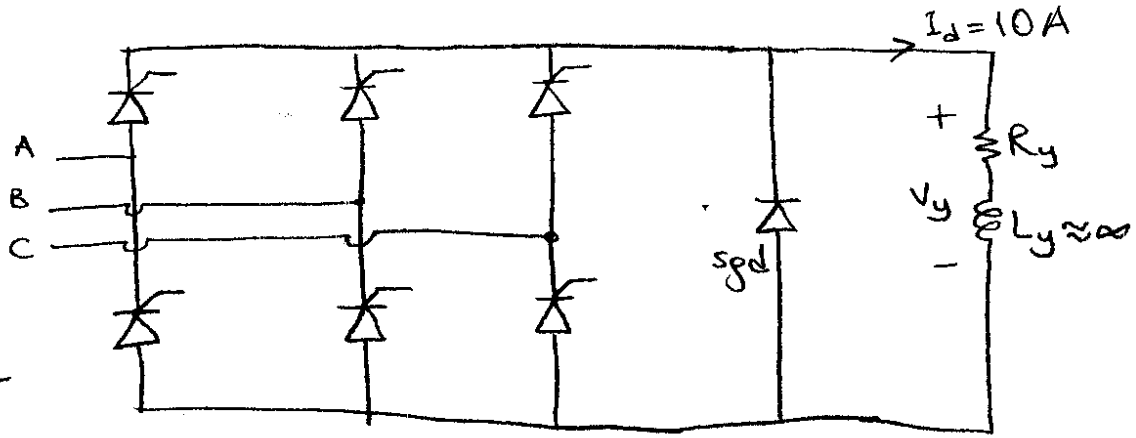
4) Şekil 3'teki DC/DC çevirici devresindeki A anahtarı, her 1ms'lik periyodun 0,4ms'sinde iletimde, 0,6ms'sinde kesimde çalıştırılmaktadır. Yük, sürekli akım çekmektedir.

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.

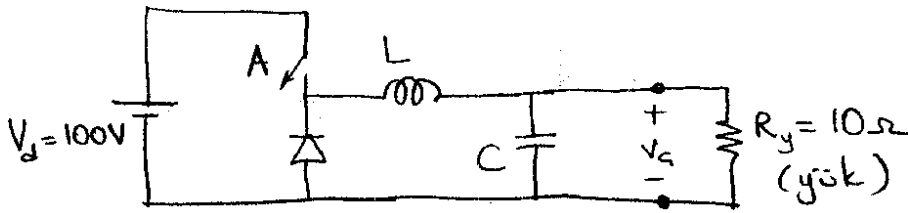
Sekil 2



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

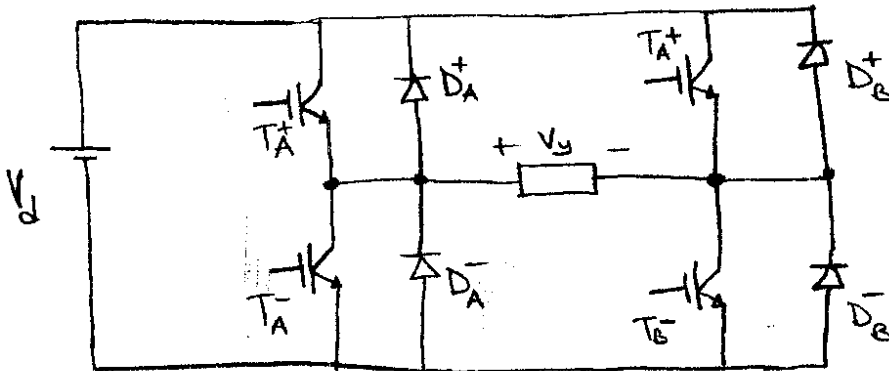
$$V_{CA} = \sqrt{3} \hat{V} \sin(\omega t - 240^\circ)$$

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

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

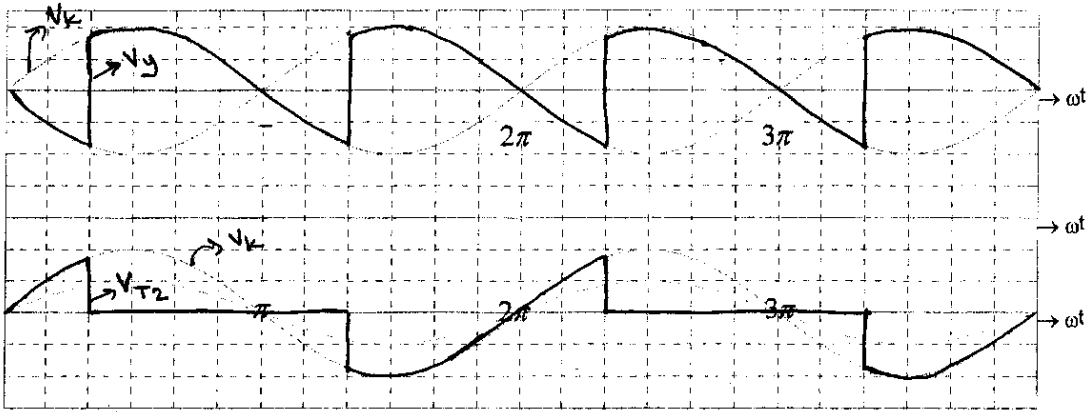
$$f_s = \frac{1}{1 \text{ ms}} = 1000 \text{ Hz}$$

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

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

Çizimler sonraki kâğıttadır.

1) a)

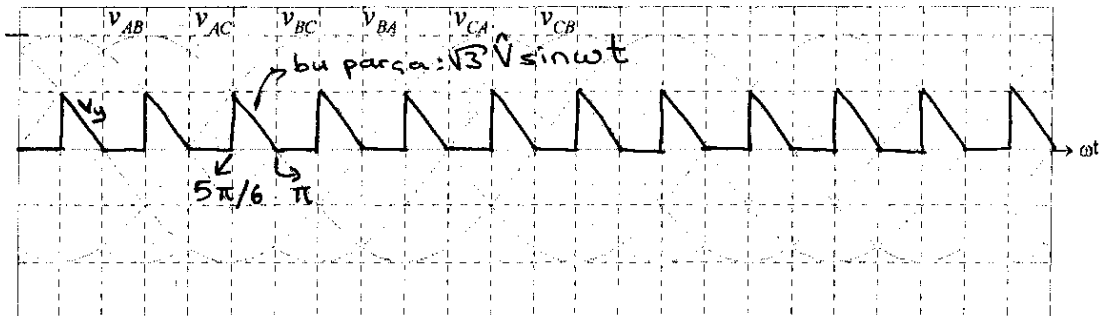


b)

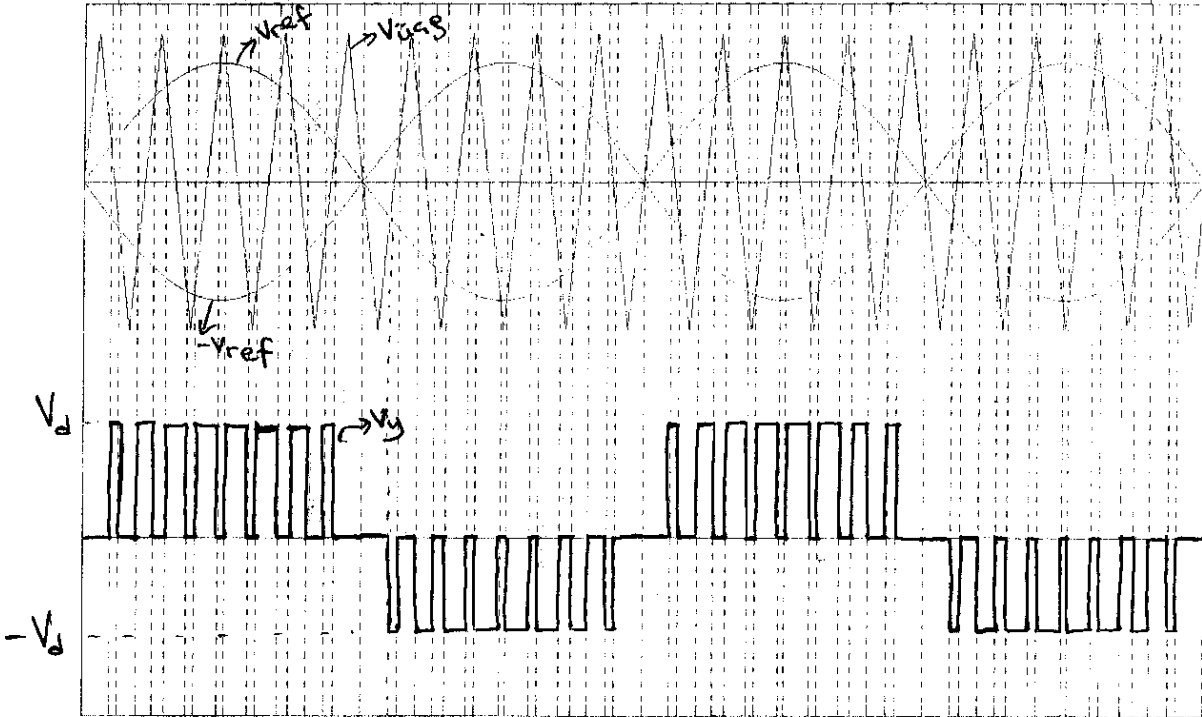
T_1, T_2 ikt.
ise $V_{T2} = 0$,

T_3, T_4 ikt. 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.

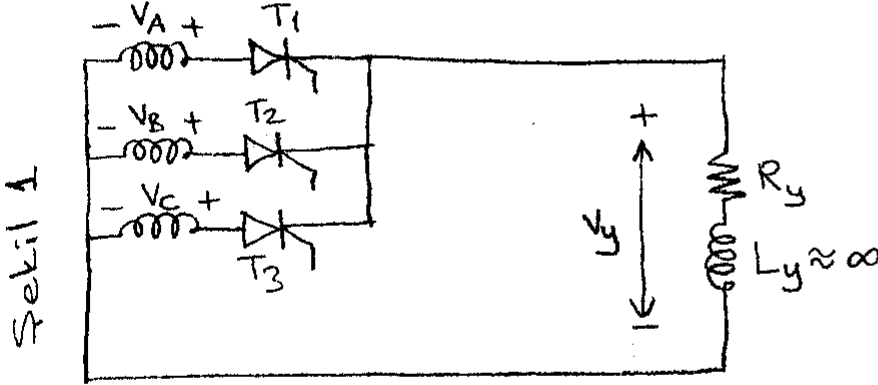
GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

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)



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

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

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

$$\hat{V} = 500 V$$

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

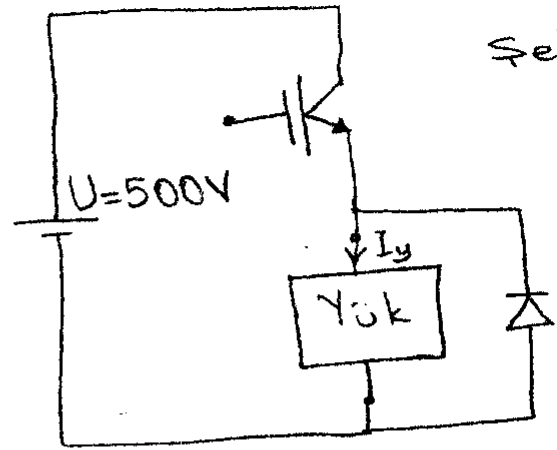
a) Aktarım süresini (t_{akt}) ve açış karşılığı (\bar{u}) bulunuz. (13 puan)

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)

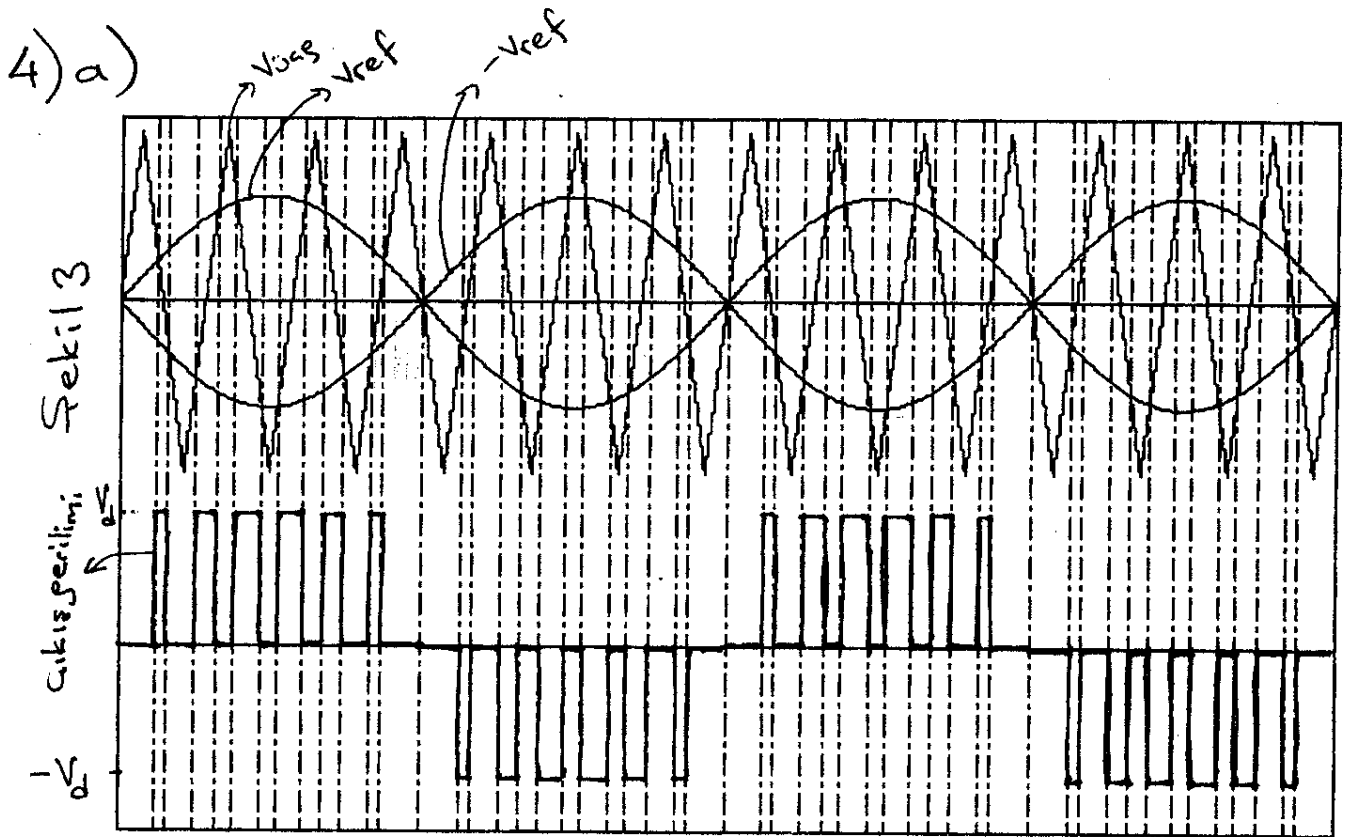
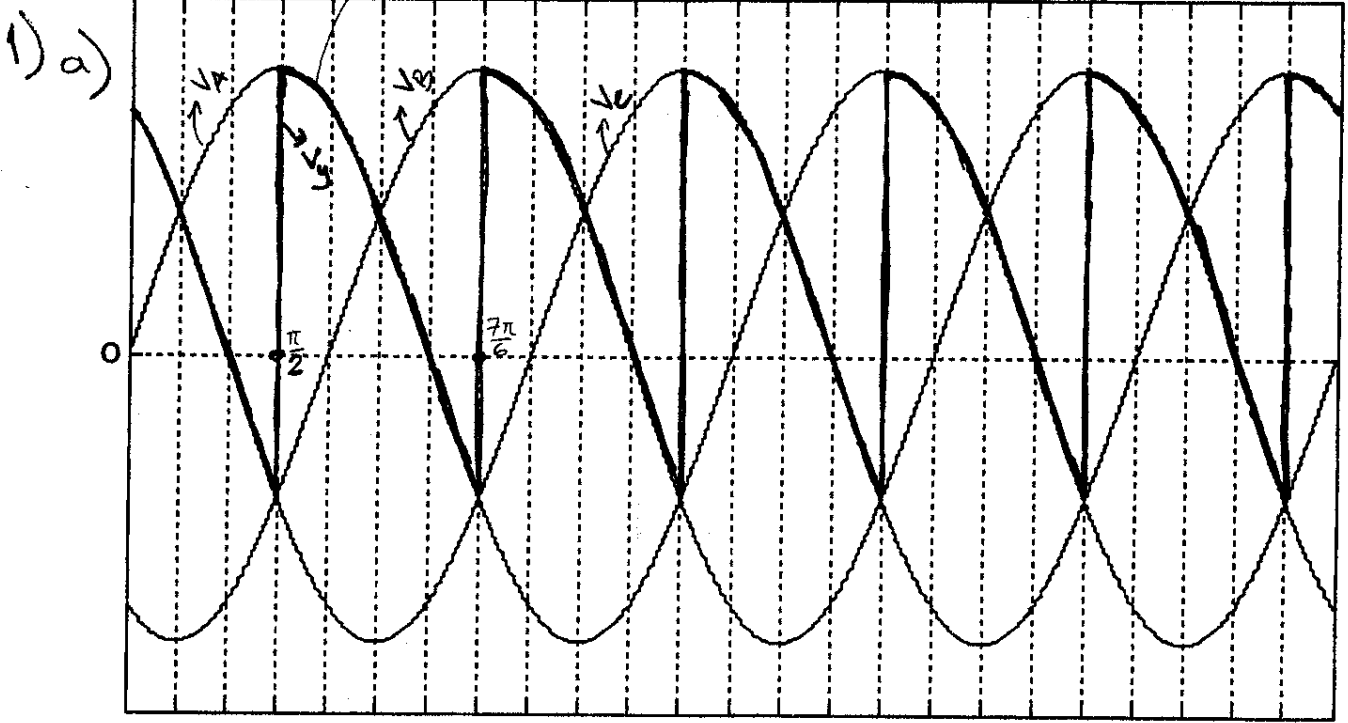
b) $V_{üçg}$ frekansının, V_{ref} frekansının tek katı seçilmesi (mesela burada 7 katı seçilmiş) ne avantaj sağlar? (5 puan)

BAŞARILAR ...

Yar. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

Adı Soyadı:

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



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

GÜÇ ELEKTRONİĞİ BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

26.06.2008

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

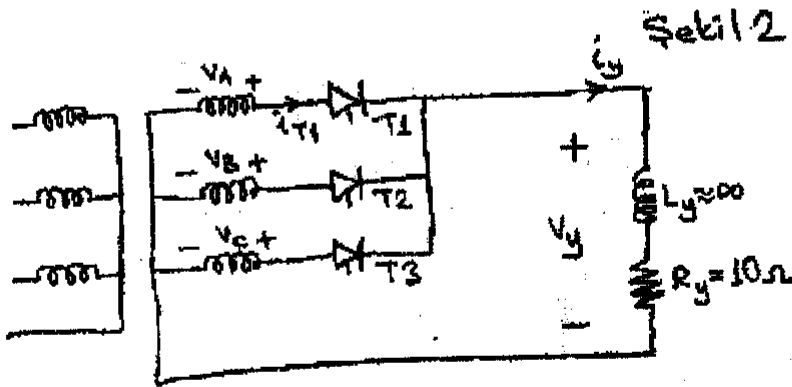
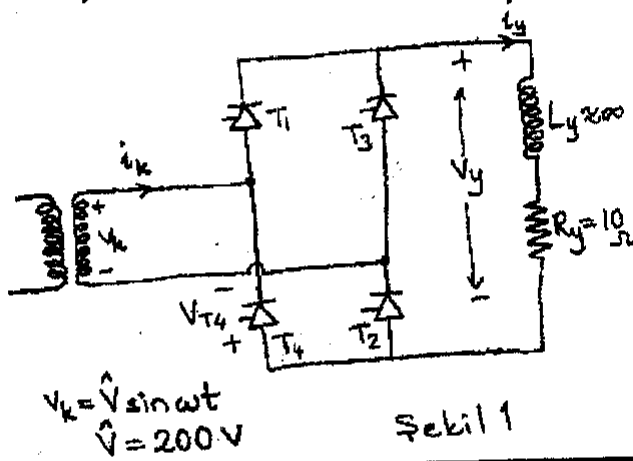
$$P = 6A \cdot 500V \cdot 0,8 = \boxed{2,4kW = P}$$

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_i) (5 puan) hesaplayınız.



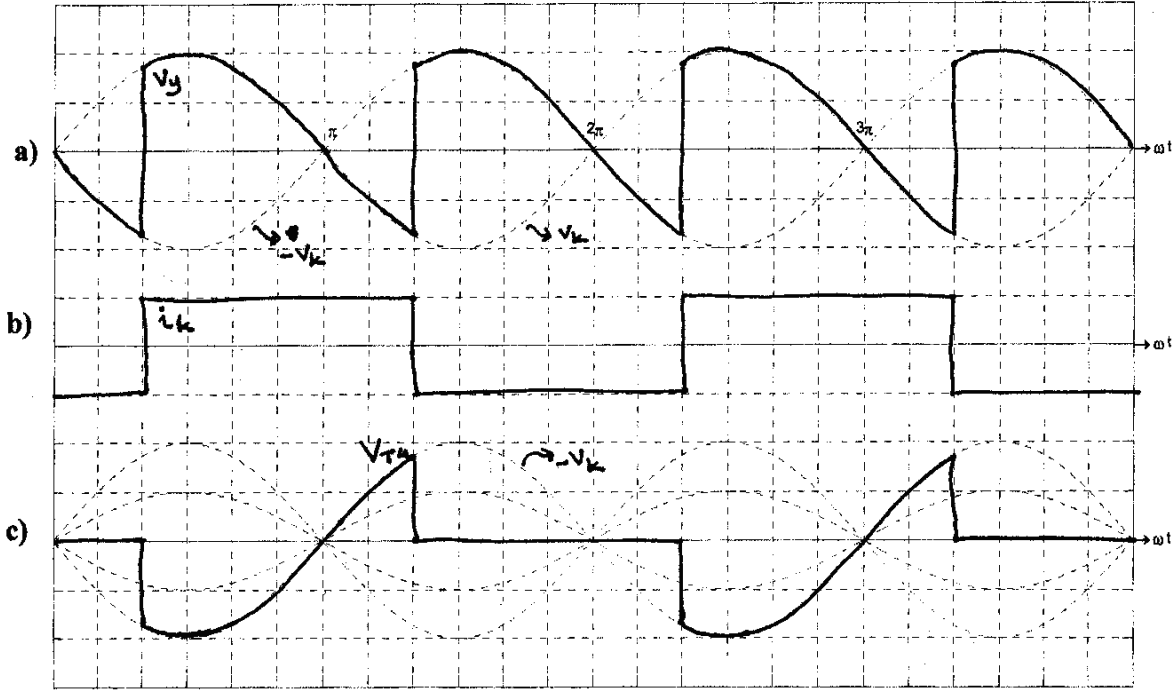
$$\begin{aligned} v_A &= \hat{V} \sin \omega t \\ v_B &= \hat{V} \sin (\omega t - 120^\circ) \\ v_C &= \hat{V} \sin (\omega t - 240^\circ) \\ \hat{V} &= 200 V \end{aligned}$$

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 (μ) (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)

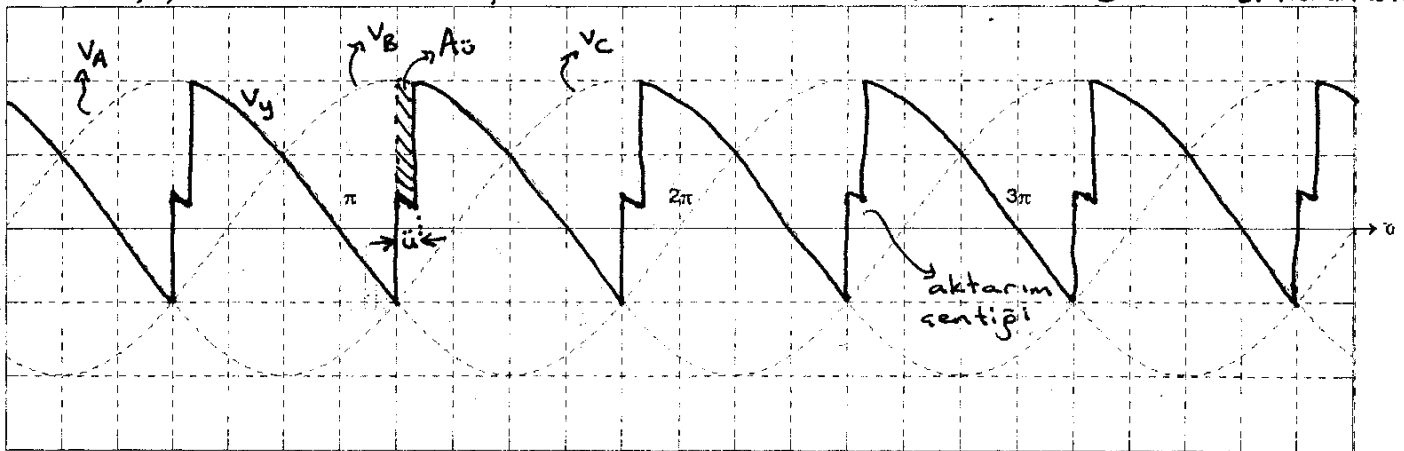
Öğrencinin Numarası:	GE-V-2009-CA1	Cevap 1	Cevap 2	TOPLAM
Adı Soyadı:				

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 süzölmüş akımla 50Hz'lik bir şebekede çalışmaktadır. Tristörler ideal ve tıkkama 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 süzölmüş I_d , α , frekans ve \hat{V} değeriyle çalışılıyor; ancak bu defa trafo sekonder sargısının kaçak endüktansı $L_k = 7mH$ olarak dikkate alınız.

a) Aktarım açısını (μ) 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 yükte $\alpha = 90^\circ$ 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)

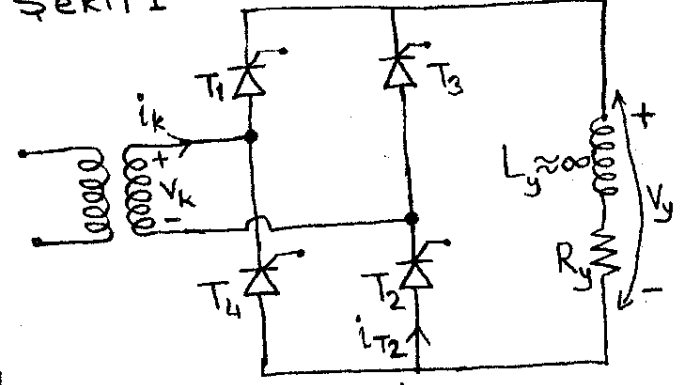
b) Yük olarak yalnız bir dc motor varsa ve endüktansı büyük olduğu için $I_y = 15A$ değerinde yaklaşık sabit bir akım çekiyorsa ortalama gücü ne olur? (12 puan)

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)

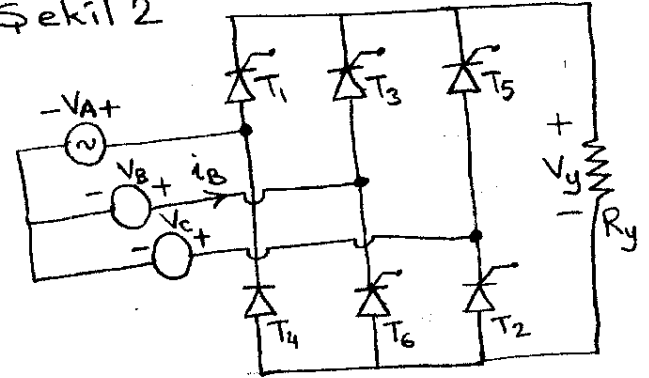
6) Bir H köprüsü devresi çift yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Anahtarlama karşılaştırma amacıyla kullanılan üçgen dalganın referans gerilime eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Çıkış gerilimini ve bunun temel bileşenini çiziniz. (20+5 puan)

Şekil 1



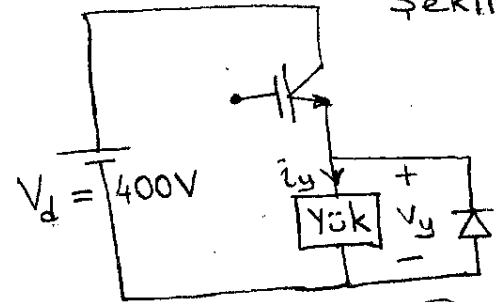
$$v_k = \hat{V} \sin(\omega t), \quad \hat{V} = 400V$$

Şekil 2

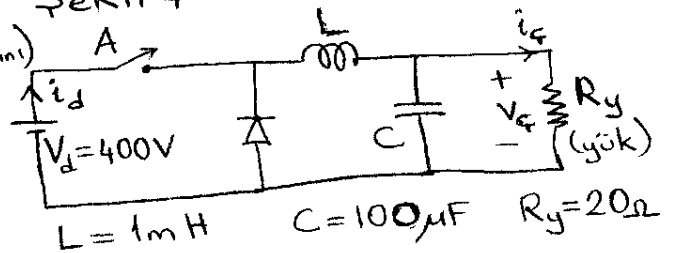


$$\begin{aligned} v_{AB} &= v_A - v_B = \hat{V}_h \sin \omega t \\ v_{BC} &= v_B - v_C = \hat{V}_h \sin(\omega t - 120^\circ) \\ v_{CA} &= v_C - v_A = \hat{V}_h \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

Şekil 3



Şekil 4

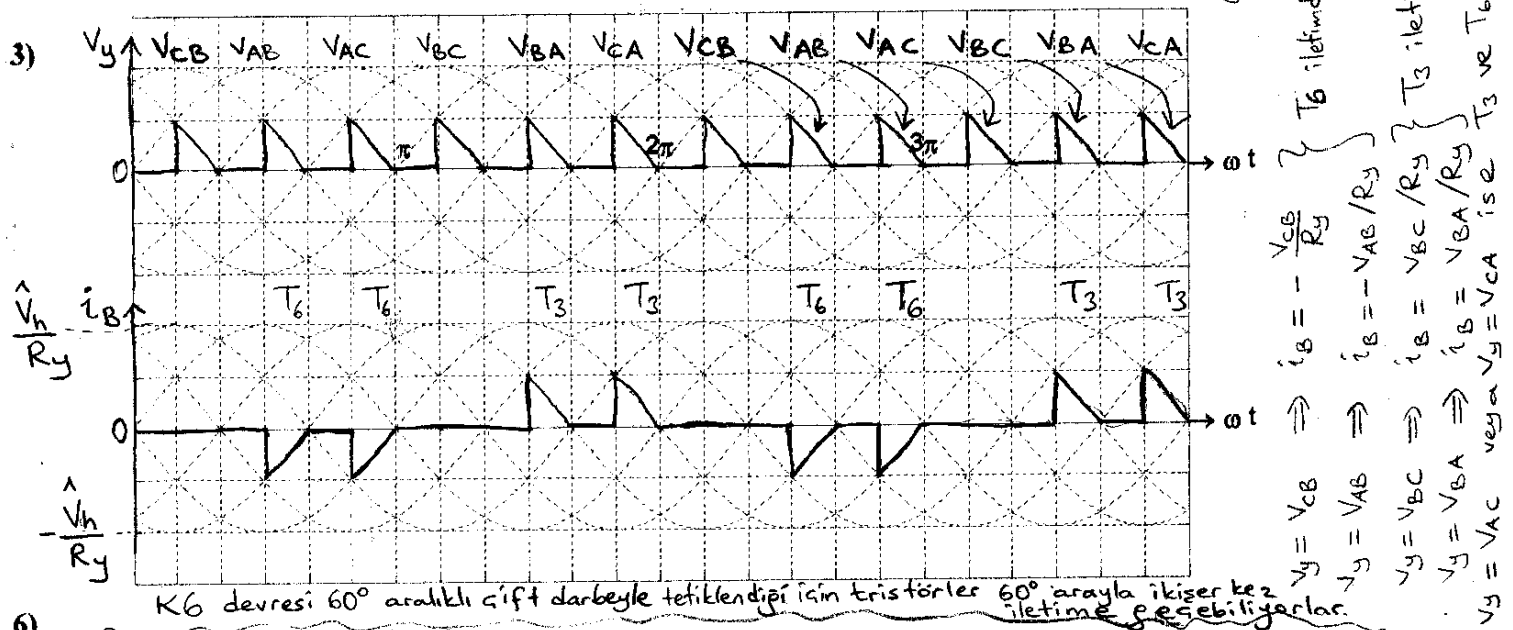
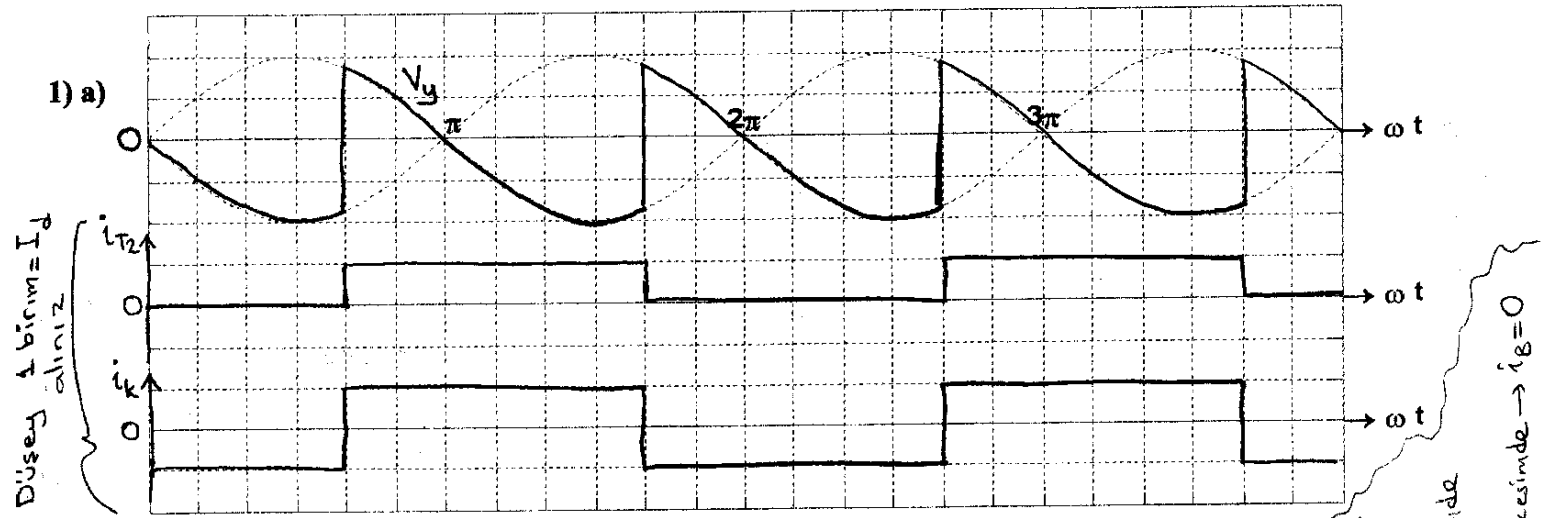


$L = 1mH$ $C = 100\mu F$ $R_y = 20\Omega$
 v_a , i_a ve i_d ortalamalarını
 sırasıyla V_a , I_a ve I_d ile
 gösteriniz.

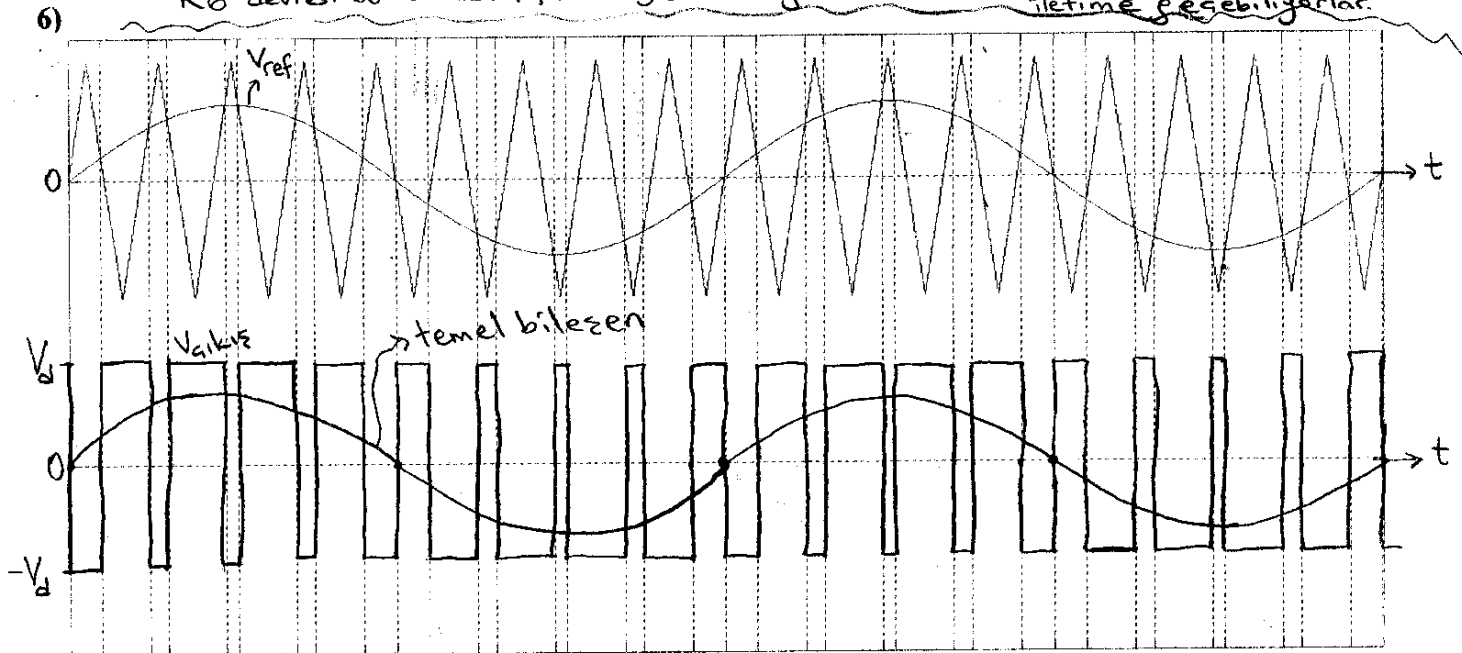
BAŞARILAR ...

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° aralıklı çift darbeyle tetiklendiği için triistörler 60° 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 ΔV_{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.)

$I_a = 14A$

$V_a = 280V$

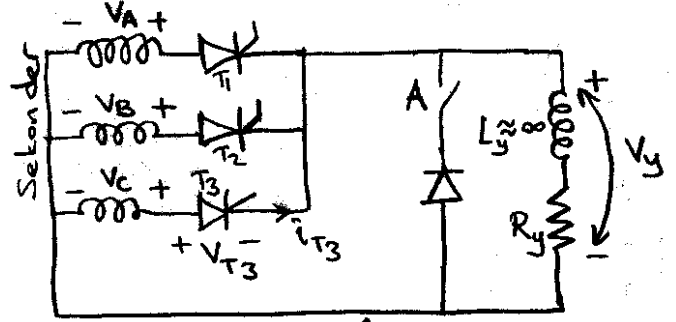
$I_d = I_a \times D = 14A \times 0,7 = 9,8A = I_d$

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

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

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

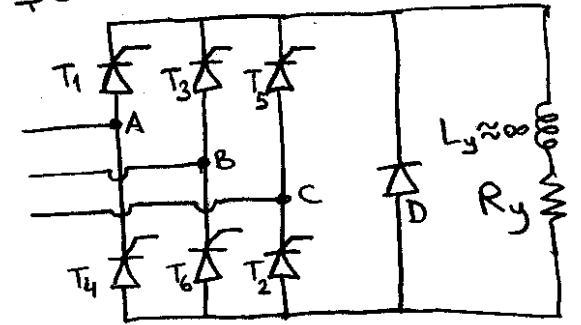
2) Şekil 1'deki devre aynı tam süzölmüş I_d , α , frekans ve \hat{V} değeriyle çalışıyor; ancak bu defa A anahtarı açık olup trafo sekonder sargısının kaçak endüktansı $L_k = 3mH$ olarak dikkate alınıyor.

a) Aktarım açısını (μ) 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

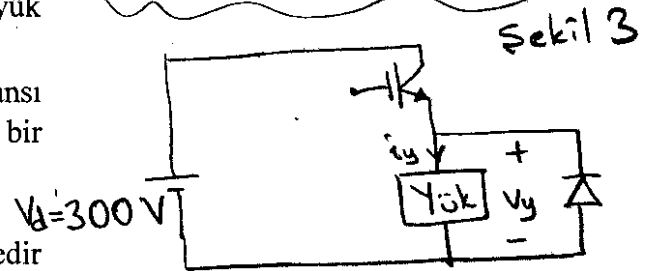


$$\begin{aligned} v_{AB} &= v_A - v_B = \hat{V}_h \sin \omega t \\ v_{BC} &= v_B - v_C = \hat{V}_h \sin (\omega t - 120^\circ) \\ v_{CA} &= v_C - v_A = \hat{V}_h \sin (\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

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.

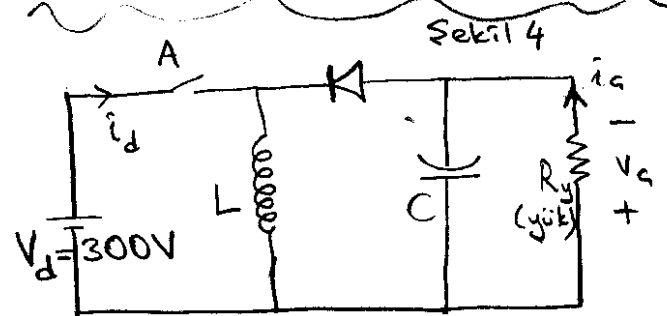
a) Yük olarak yalnız $R_y = 10\Omega$ direnç varsa yük üzerindeki ortalama güç ne olur? (13 puan)

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

$$\begin{aligned} L &= 1mH \\ R_y &= 50\Omega \\ C &: \text{yeterince büyük} \end{aligned}$$

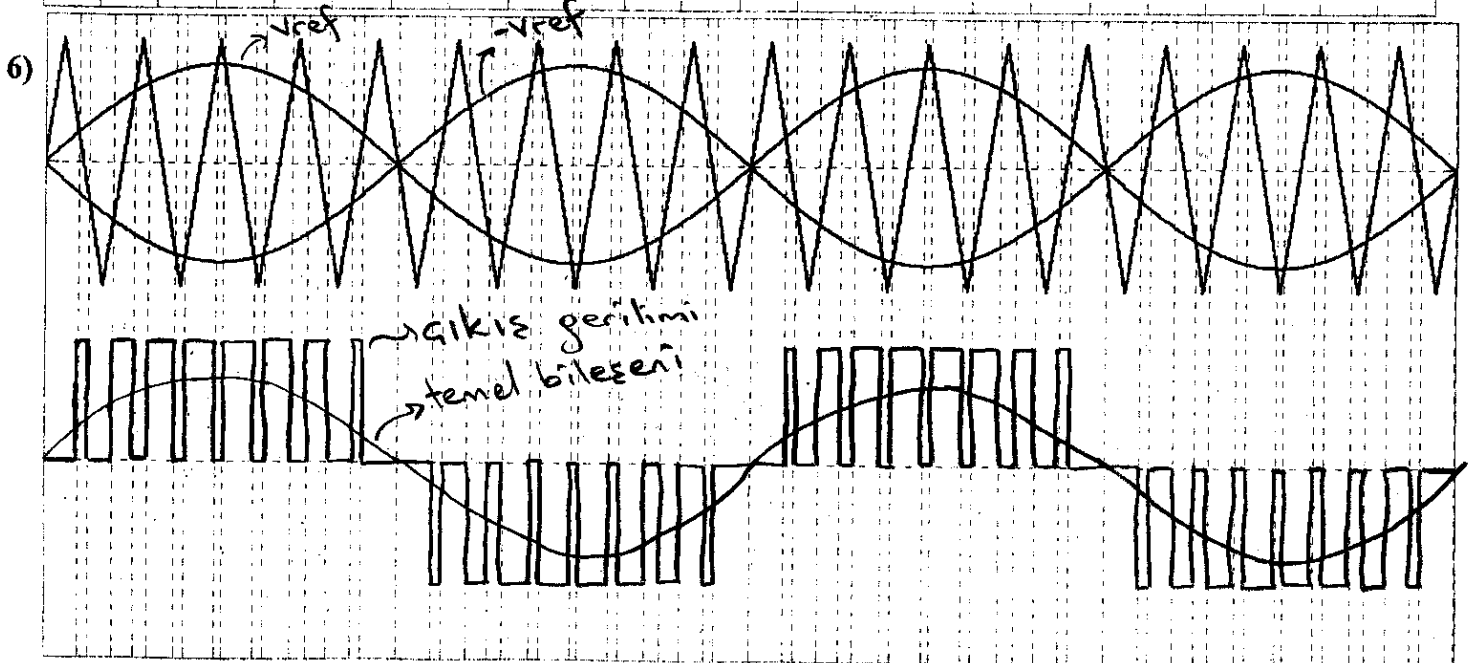
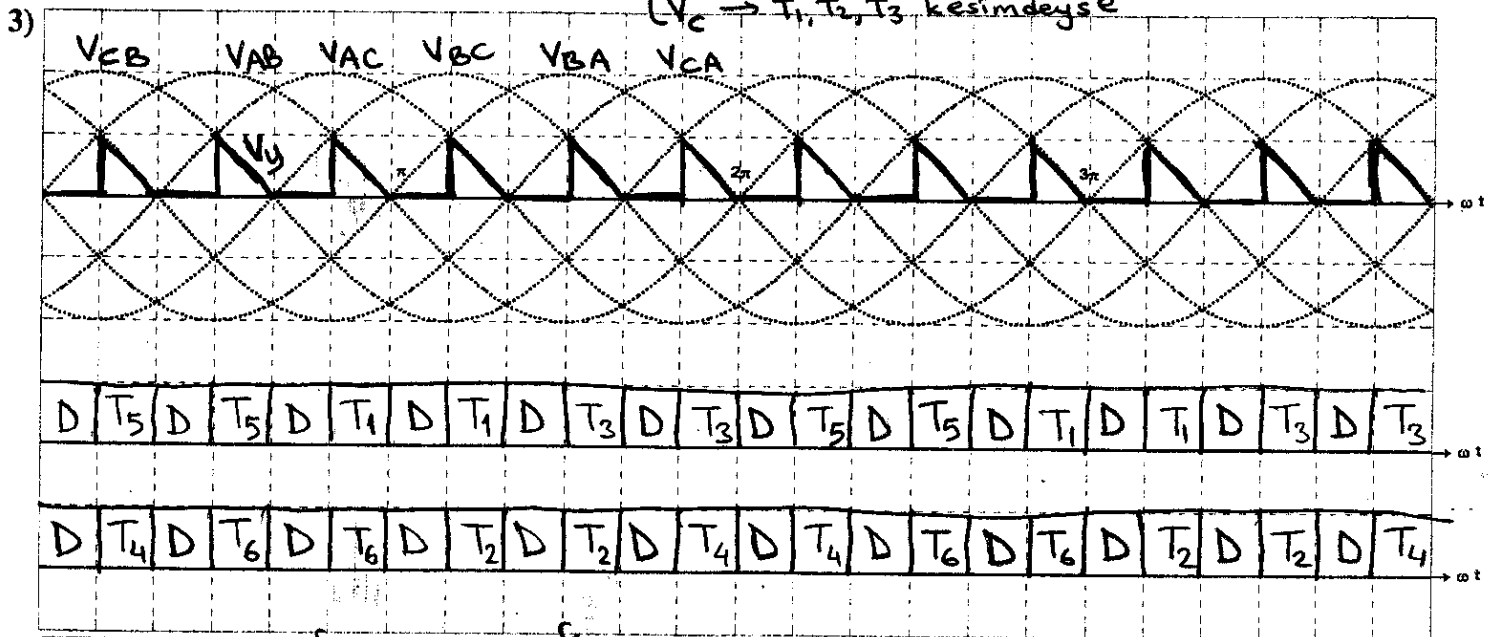
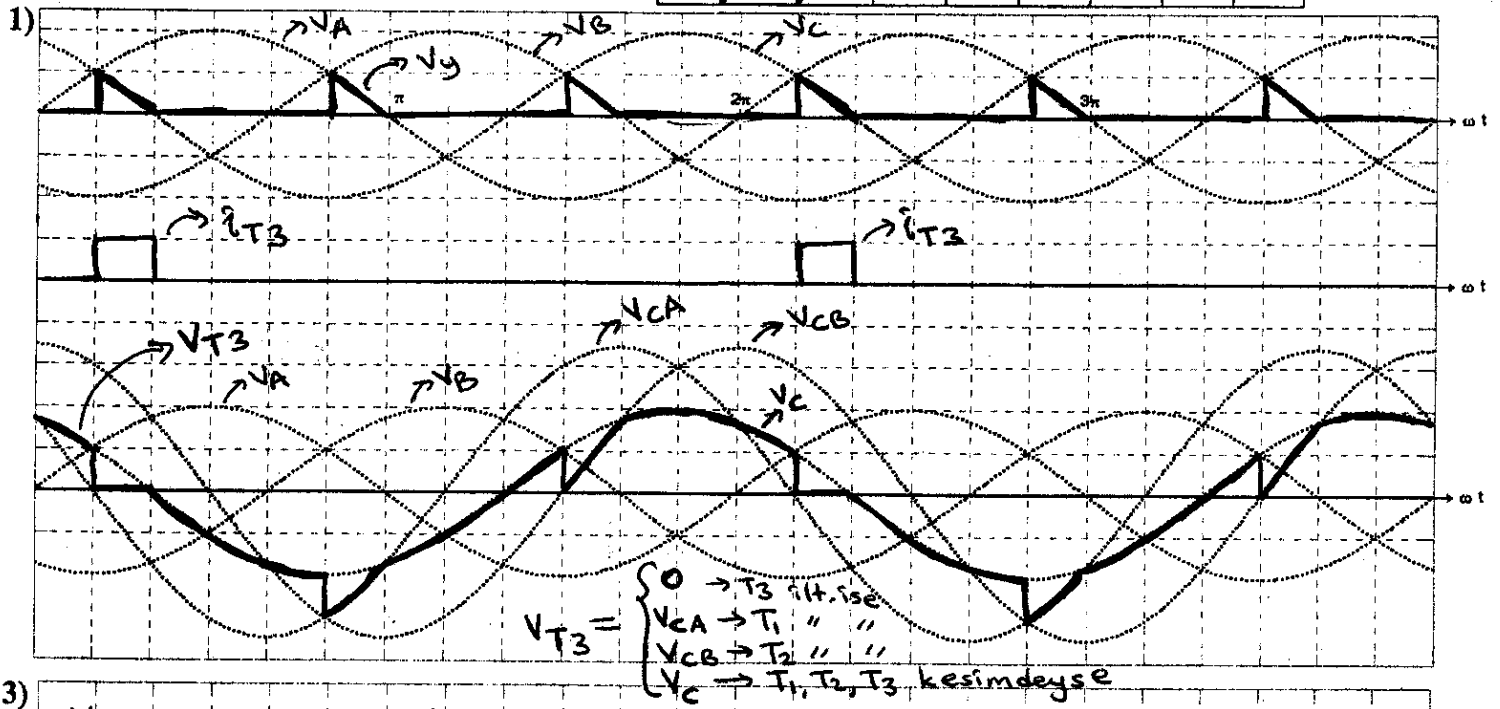
6) Bir H köprüsü devresi tek yönlü gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle evirici olarak çalıştırılmaktadır. Anahtarlama karşılaştırma amacıyla kullanılan üçgen dalganın referans gerilime veya negatifine eşit olduğu anlar kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Çıkış gerilimini ve bunun temel bileşenini çiziniz. (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 $\hat{V}_{akt} = \sqrt{3} \hat{V} = \sqrt{3} \times 300V = 519,6V$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\underbrace{\left(\frac{1}{T} \int v_y^2 dt \right)}_{(V_y^{rms})^2}$$

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

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

$$\underbrace{\left(\frac{1}{T} \int v_y dt \right)}_{V_{ydc}}$$

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

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

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

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

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

$$\Delta_1 = \frac{2L}{V_d \cdot D \cdot T_a} \cdot I_a \rightarrow \frac{I_a}{\Delta_1} = 300V \times 0,6 \times 0,5\text{ms} / (2 \times 1\text{mH}) = 45A = \frac{I_d}{D} \quad \left(\text{çünkü } I_a = \frac{\Delta_1 I_d}{D} \right)$$

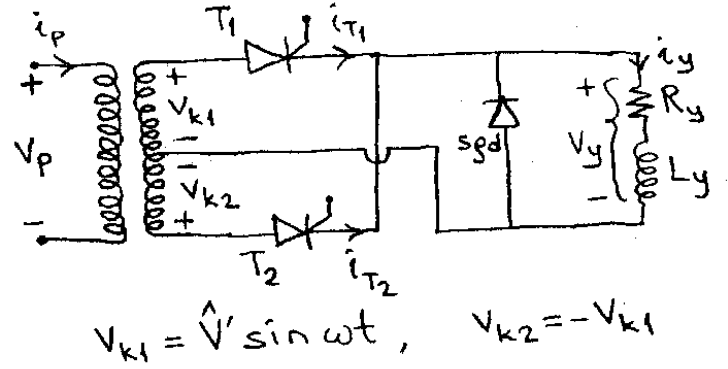
$$I_d = 0,6 \times 45A = \boxed{27A = I_d} \quad V_d I_d = V_g I_a = V_g^2 / 50\Omega = 300V \times 27A$$

$$\rightarrow \boxed{V_g = 636,4V} \rightarrow I_g = 636,4V / 50\Omega = \boxed{12,7A = I_g} \quad \left(\text{yani } \Delta_1 = \frac{I_g}{45A} = 0,28 \right)$$

GÜÇ ELEKTRONİĞİ ARASINAV SORULARI

24 Nisan 2010 Süre: 90 dakika

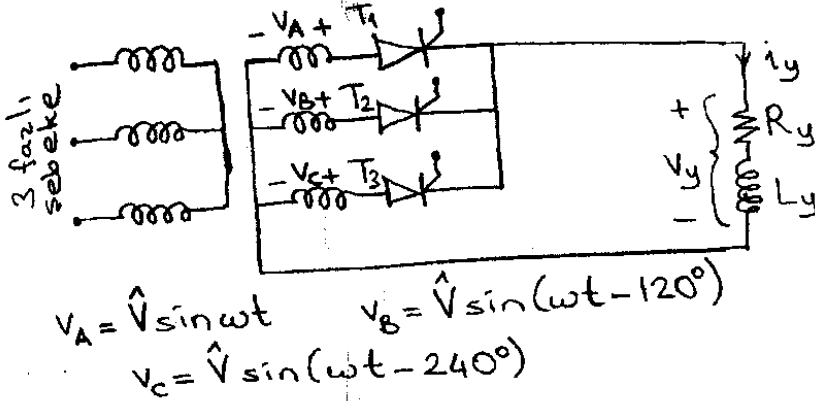
1) Şekilde verilen tek fazlı orta uçlu doğrultucu (O2) devresinde tüm elemanları ideal, akımı $i_y = I_d = 10A$ değerinde tam süzölmüş ($L_y \approx \infty$) kabul edelim. Trafo sarım oranı 1:(1+1), $v_{k1} = \hat{V}' \sin(\omega t)$, $v_{k2} = -v_{k1}$, $\hat{V}' = 200V$, $\alpha = 60^\circ$ ateşleme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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

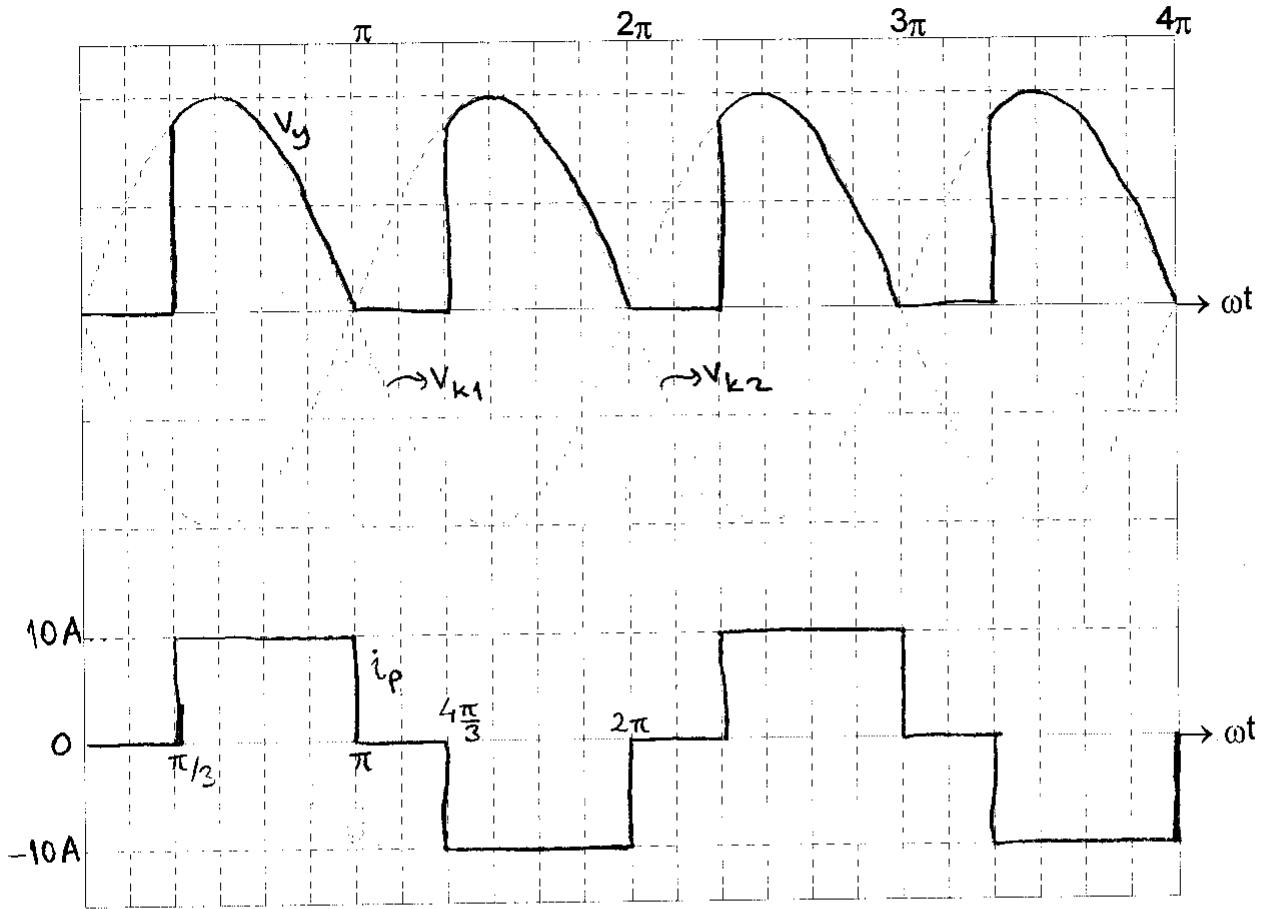
$$\Delta V_{ydc} = \frac{8\pi}{2\pi/3} V = 12V$$

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

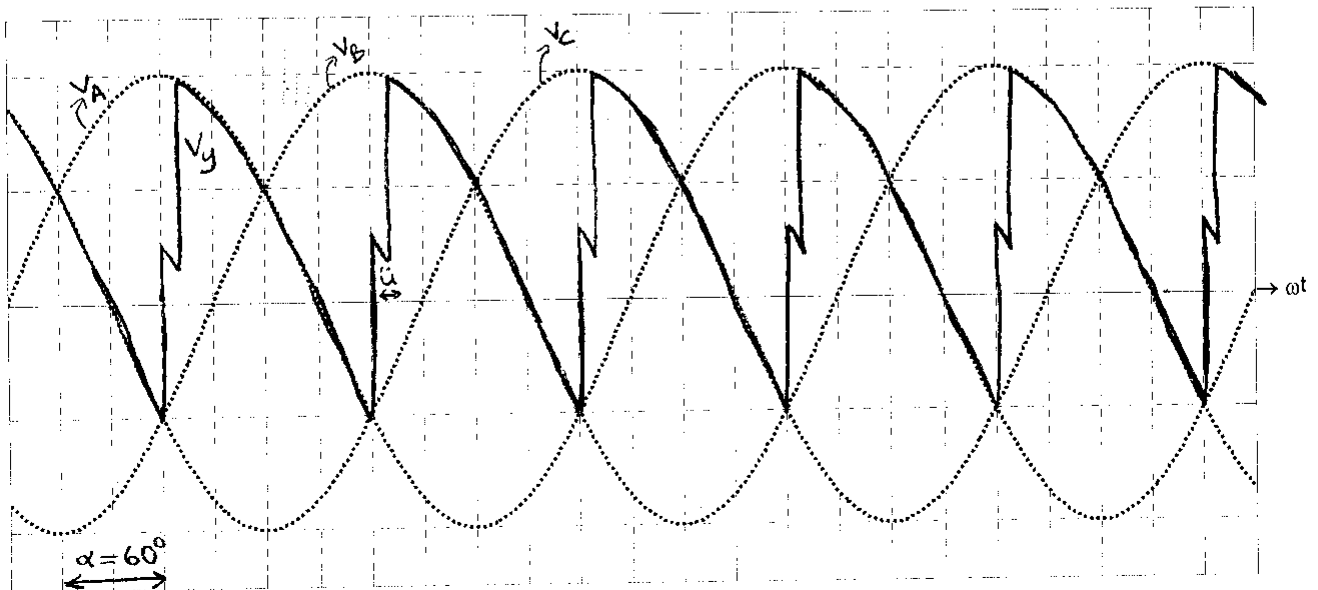
Öğrenci No:
Adı Soyadı:

GE - V - 2010 - CA - 2

1- a)



2-c)



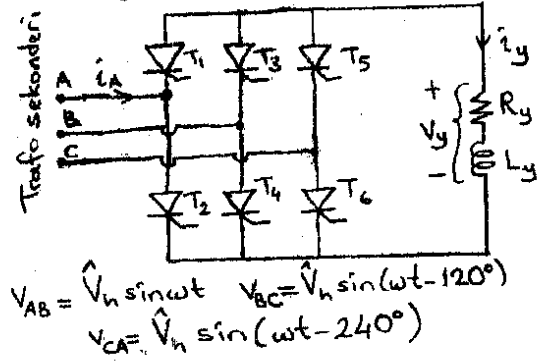
14 Haziran 2010 Süre: 80 dakika

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. $\hat{V}_h = 200V$

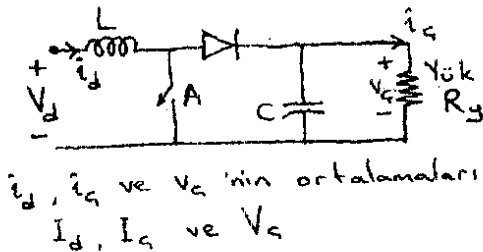
- a) v_y ile i_A dalga şekillerini çiziniz. (8+8 puan)**
b) i_A akımının etkin değerini hesaplayınız. (9 puan)



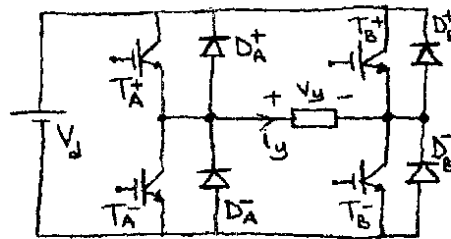
2) Şekil 1’de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi, 15A’lık tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$). 50Hz’de $\alpha = 60^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ideal, trafo sargı dirençleri ihmal edilebilir, yıldız bağlı sekonder kaçak endüktansları ise her faz için 5mH’dir.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

- 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



Şekil 3



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). $R_y = 12 \Omega$, $L = 417 \mu H$, $T_a = 0.25 ms$, $C = 1 mF$, $V_d = 12 V$

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 anahtarlama yapılmaktadır.

- 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_v akımını çizin. (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)

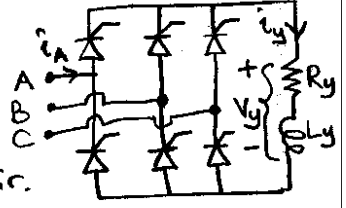
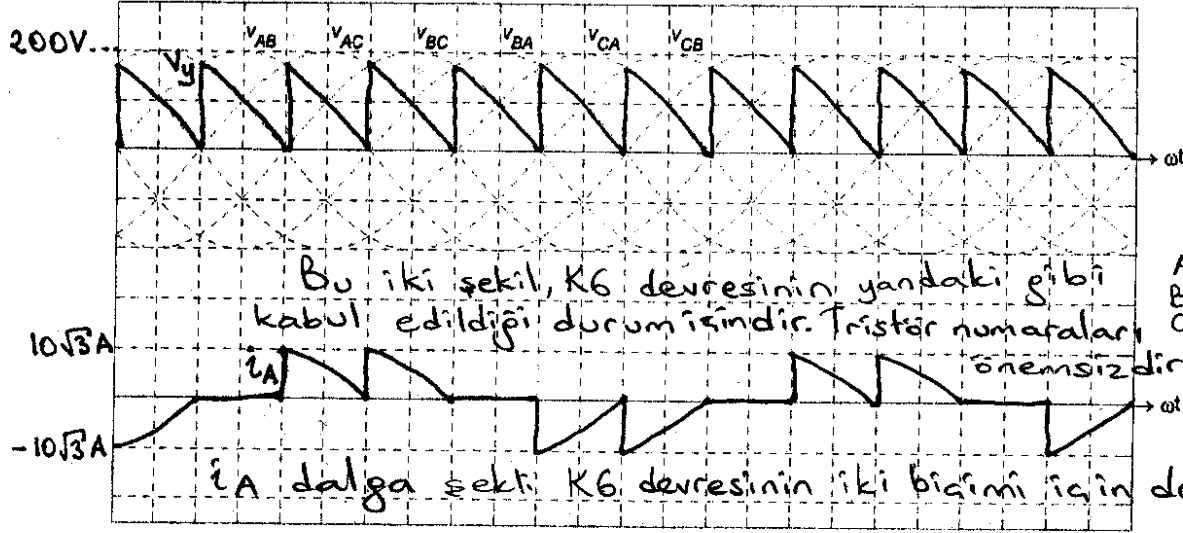
5) Şekil 3'te verilen tek fazlı tam köprü devre evirici olarak **tek** kutuplu gerilim anahtarlama PWM yöntemiyle ve verilen referans gerilim (v_{ref}) için çalıştırılmaktadır.

- a) v_v geriliminin dalga şeklini çiziniz. (18 puan)**

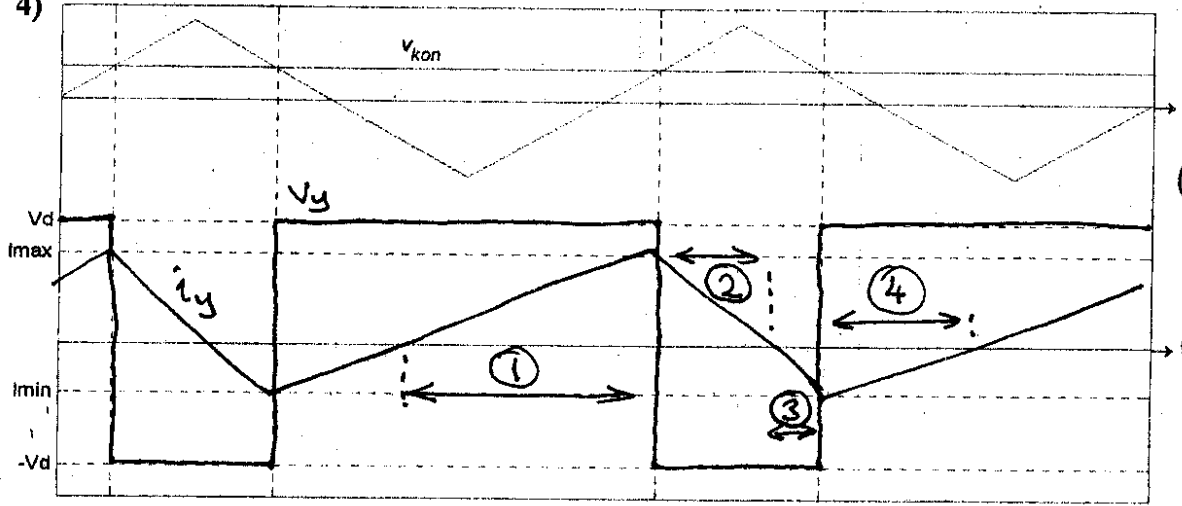
b) Üçgen dalga frekansının, v_{ref} frekansının tek, çift ya da tamsayı olmayan katları olması hangi simetri durumu ve avantaj/dezavantaj sağlar? (7 puan)

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

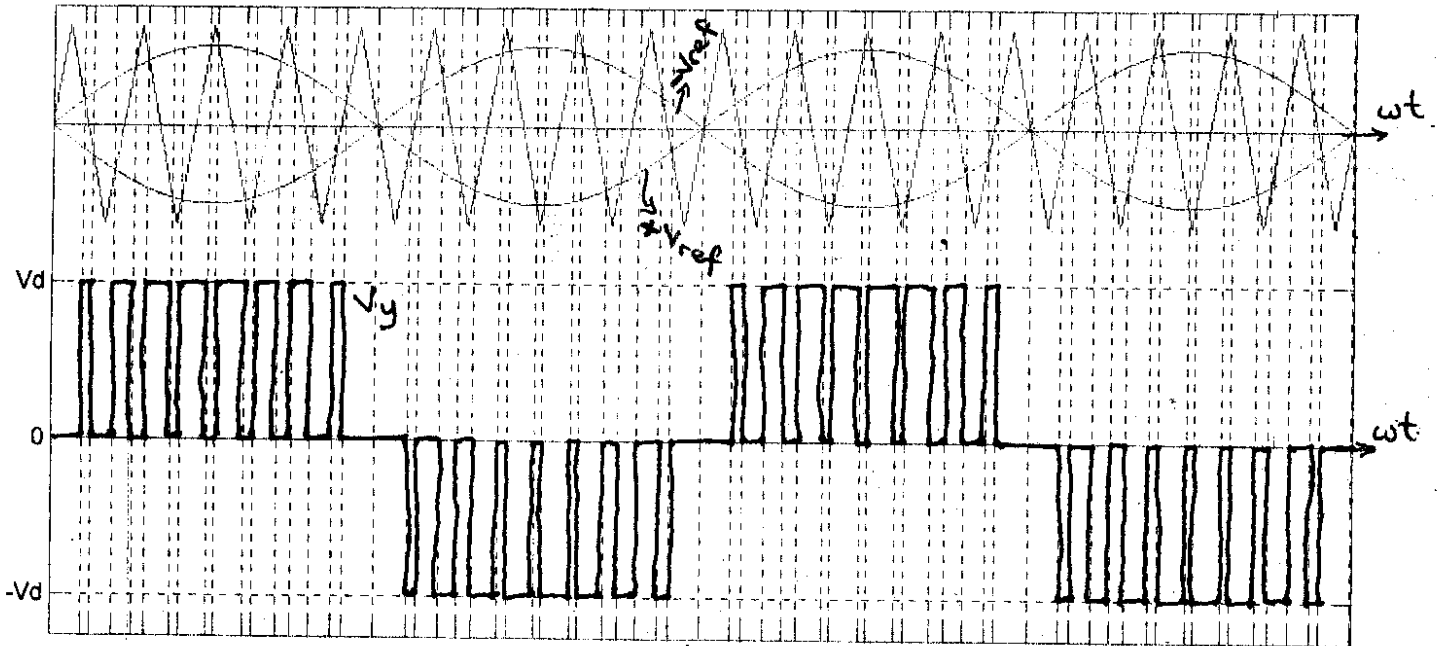
1) a)



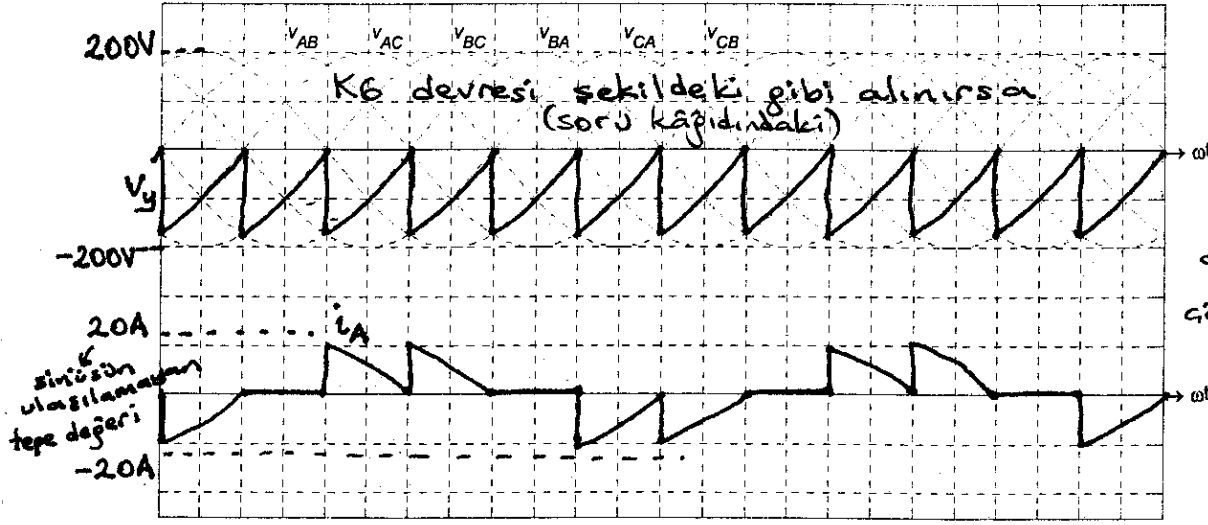
4)



5)

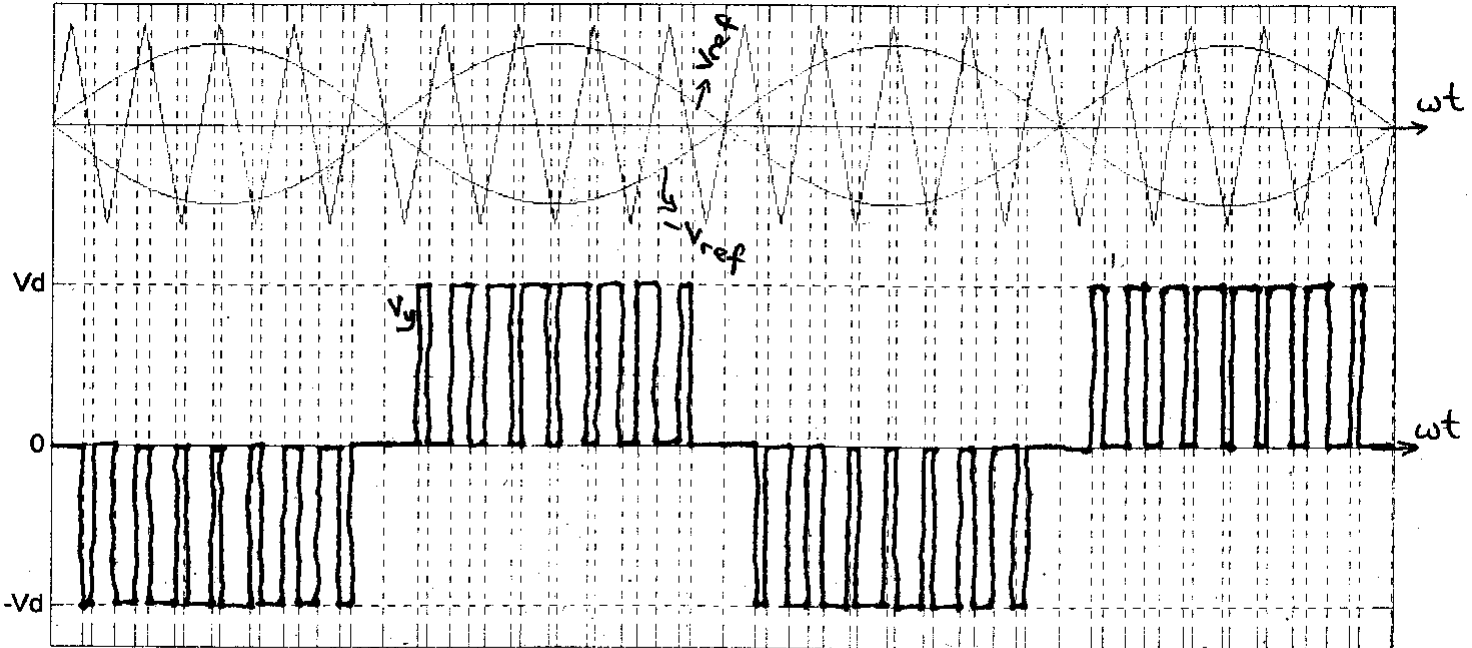


1) a)



Soru kâğıdındaki
tristör numarala-
rı standart
değildir; ama
çözüm ve çizimleri
etkileniyor.

5)



V_{ref} ile $-V_{ref}$ kâğıtta verildiği gibi alınır V_g yukarıdaki
gibi olur.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

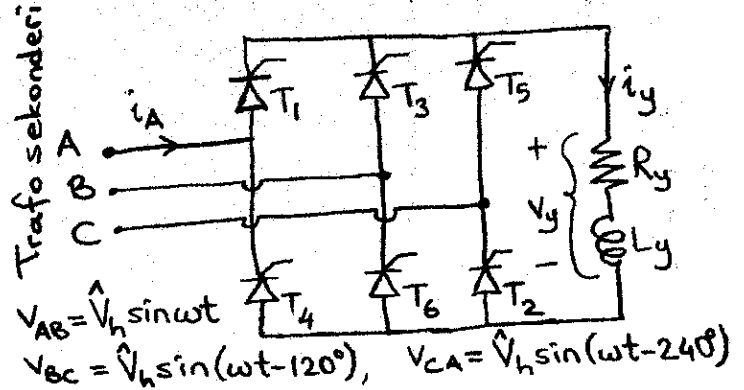
Her soru 25 puan değerinde olup sorulardan yalnızca 4 tanesini cevaplamanız istenmektedir. 5 soruyu da cevaplayanların en düşük puanlı sorusu dikkate alınmayacaktır.

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)

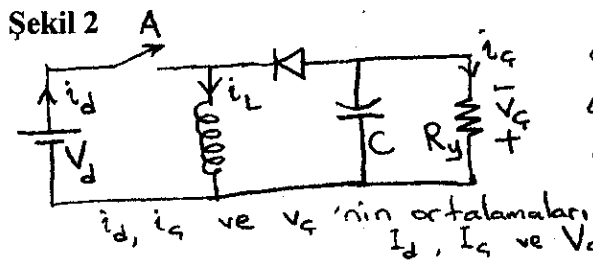


2) Şekil 1'de verilen üç fazlı köprü doğrultucu devresi, 12A'lık tam süzölmüş akımla ($L_y \approx \infty$) 50Hz'de $\alpha = 90^\circ$ ateşleme açısıyla bir süredir çalışmaktadır. Tristörler ideal, trafo sargı dirençleri ihmal edilebilir, yıldız bağlı sekonder kaçak endüktansları ise her faz için 6mH'dir.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

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

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

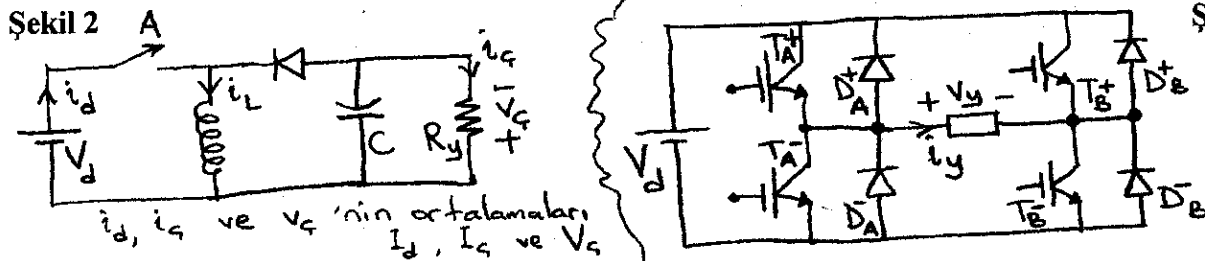
Şekil 2



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

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

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

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

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

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

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

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

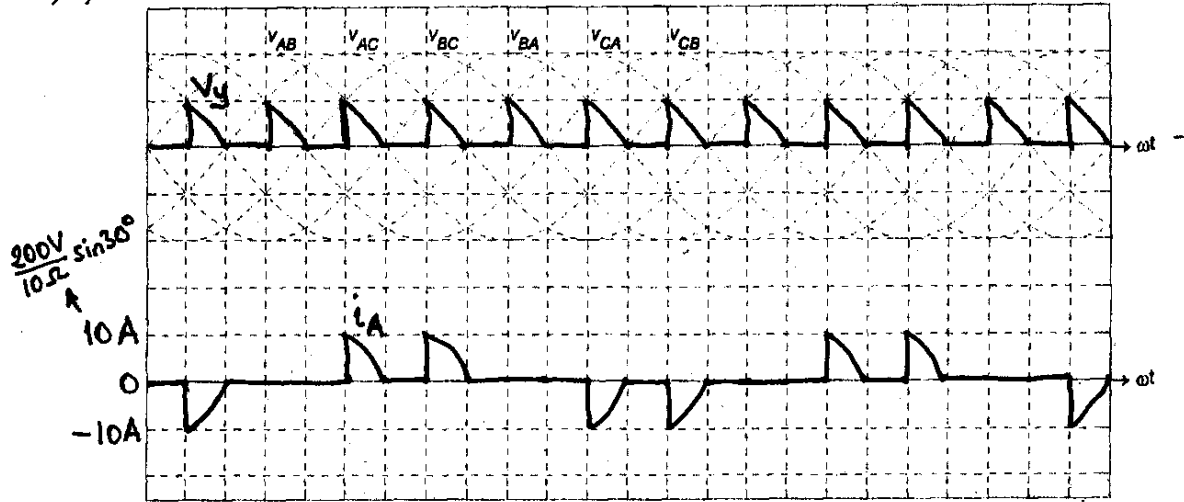
$$t_{akt} = \frac{13,1^\circ}{360^\circ \times 50Hz} = t_{akt} = 0,73ms$$

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

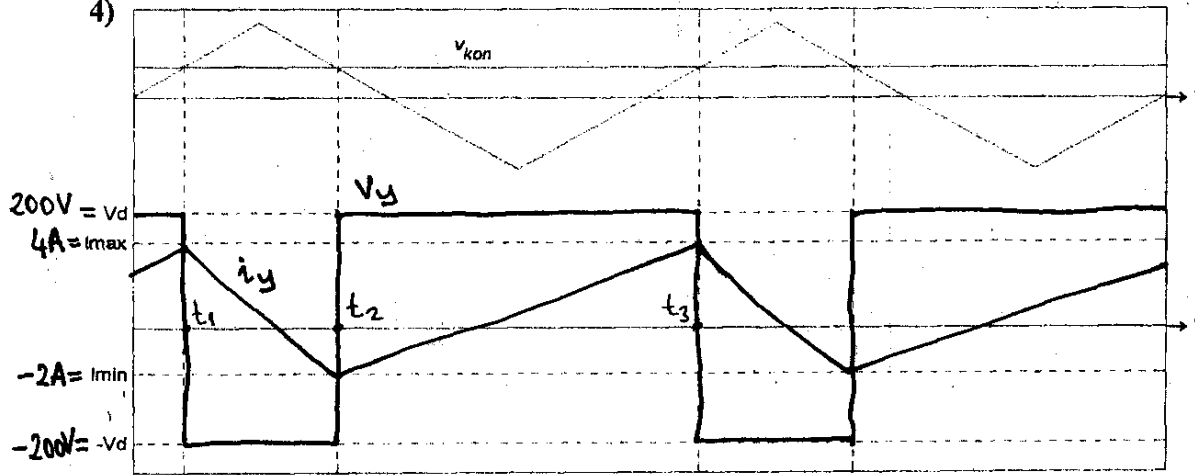
$$\Delta V_{ydc} = \frac{7,2\pi V}{\pi/3} = 21,6V \quad V_{ydc}^{ideal} = \frac{3\hat{V}_h}{\pi} \cos 90^\circ = 0V$$

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

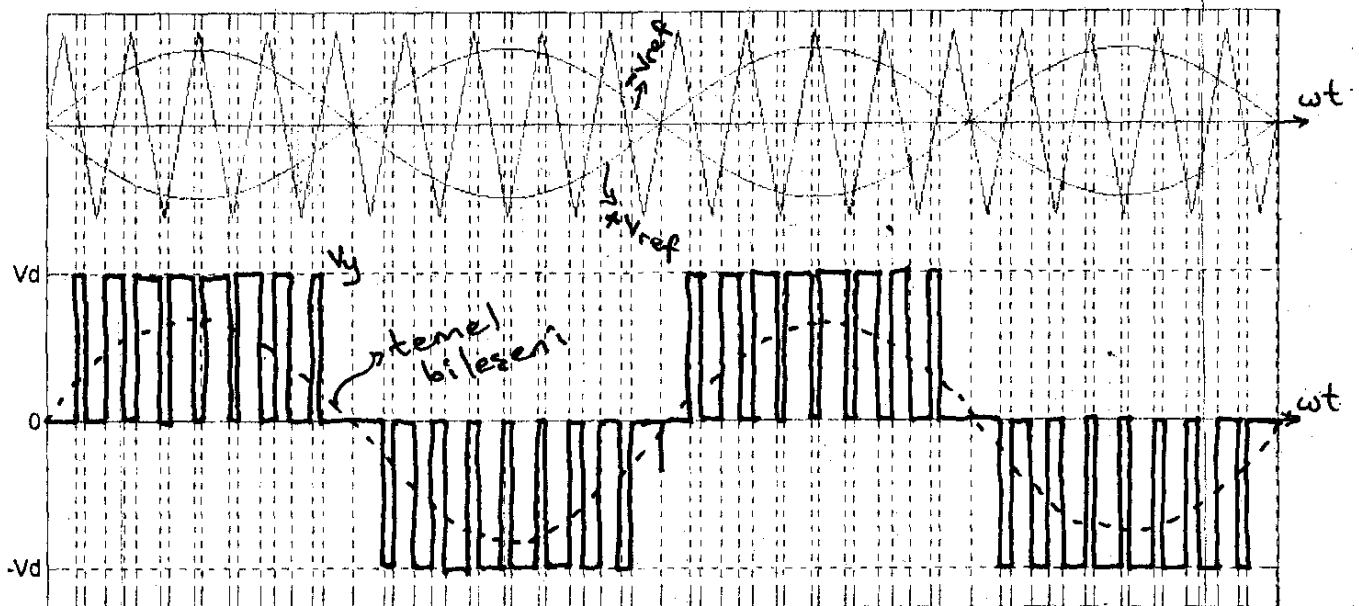
1) a)



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 $\frac{V_s}{V_d} = 2 = \frac{D}{\Delta_1} \rightarrow D = 2\Delta_1$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

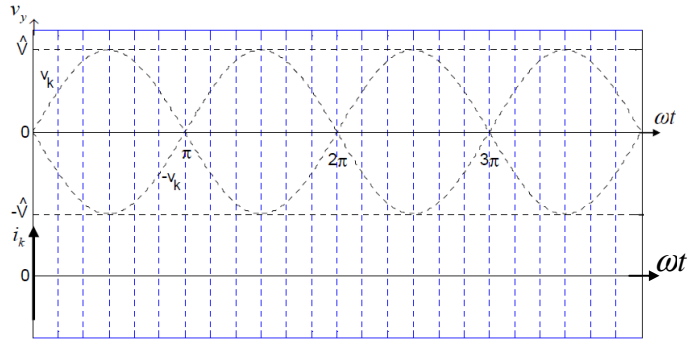
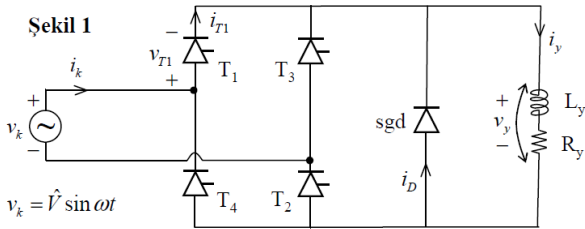
$$S = V_{\text{rms}} I_{k\text{rms}} \quad P = V_{\text{rms}} I_{k1} \cos \phi_1 \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

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)

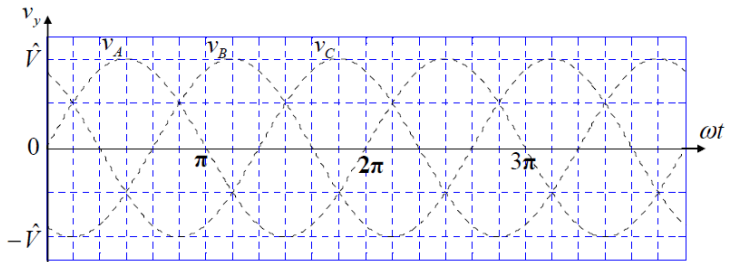
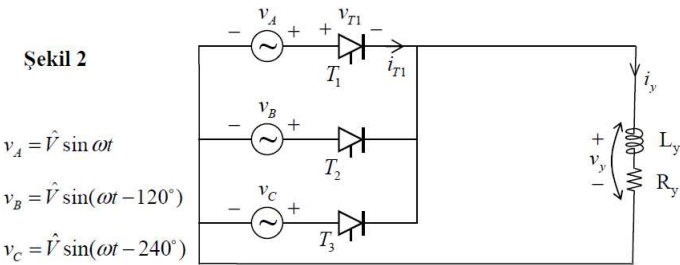
b) Yük üzerindeki ortalama gerilimi bulunuz. (12 puan)

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)

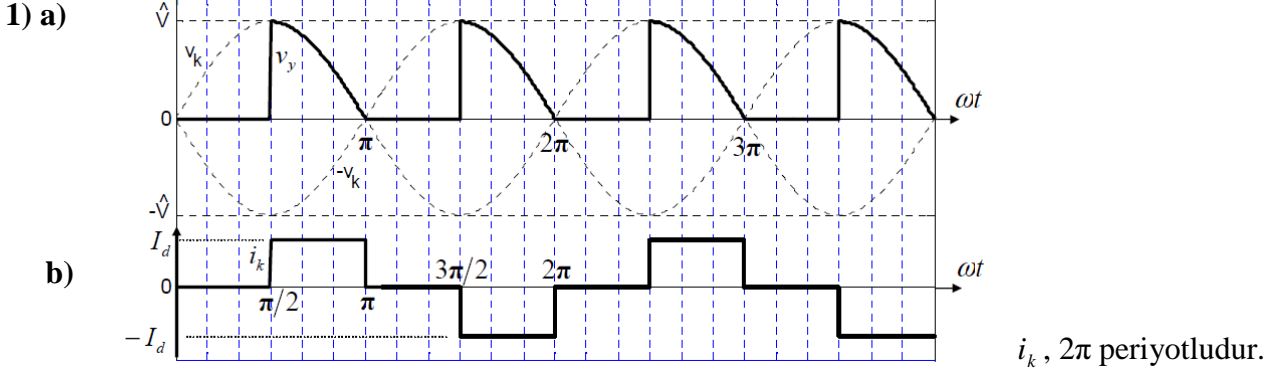
Şekil 2



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:

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

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

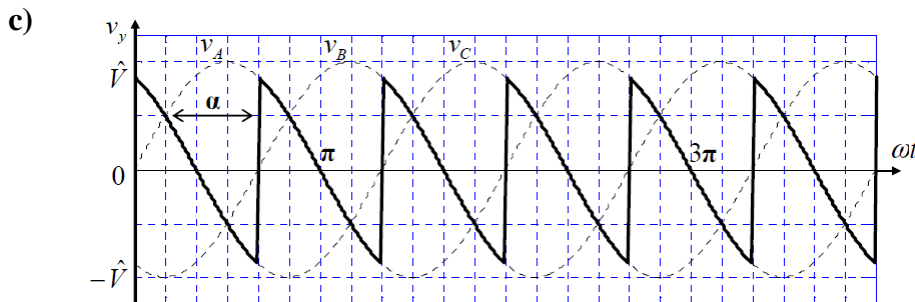
$$v_y \text{ 'nin periyodu } T_{vy} = 2\pi/3$$

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

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

$$V_{ydc}^{gerçek} = 0V - 9V$$

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



Bu çizimde aktarım ihmal edildiği için aktarım çentikleri gösterilmemiştir.