

GÜÇ ELEKTRONİĞİ 2

VİZE SORU ÖRNEKLERİ

(Sorular biraz değişik biçimde de gelebilir.)

1) BJT, Tristör, Triyak, MOSFET ve IGBT elemanlarının güç elektroniğindeki kullanımlarını denetim yönüyle sınıflandırınız. Yani:

- a) Akım denetimli olanlar hangileridir?
- b) Gerilim denetimli olanlar hangileridir?
- c) Yarı denetimli olanlar hangileridir ve bu ne demek?

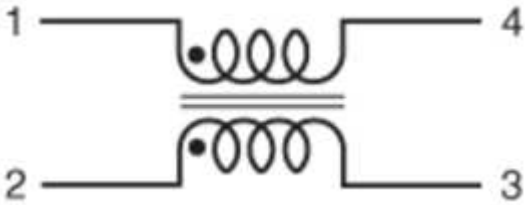
2) MOSFET ve IGBT geçiti yalıtımlı olduğu halde anahtarlamalarda geçitten akım geçme nedeni nedir?

3) BJT, Tristör, Triyak, MOSFET ve IGBT elemanlarından en yüksek tıkama gerilimine sahip olan üçünü yazınız.

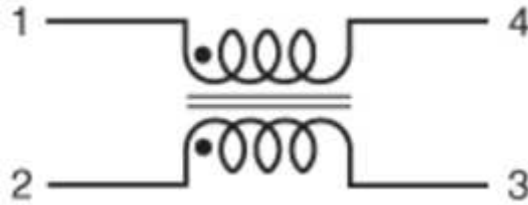
4) Güç elektroniği sürücülerinde EMI filtresine neden ihtiyaç duyulur?

5) Aynı nüve üzerine sarılmış iki bobinden oluşan EMI filtresinin ortak mod ve diferansiyel modlardaki akım yönlerini şekiller üzerinde ayrı ayrı işaretleyiniz.

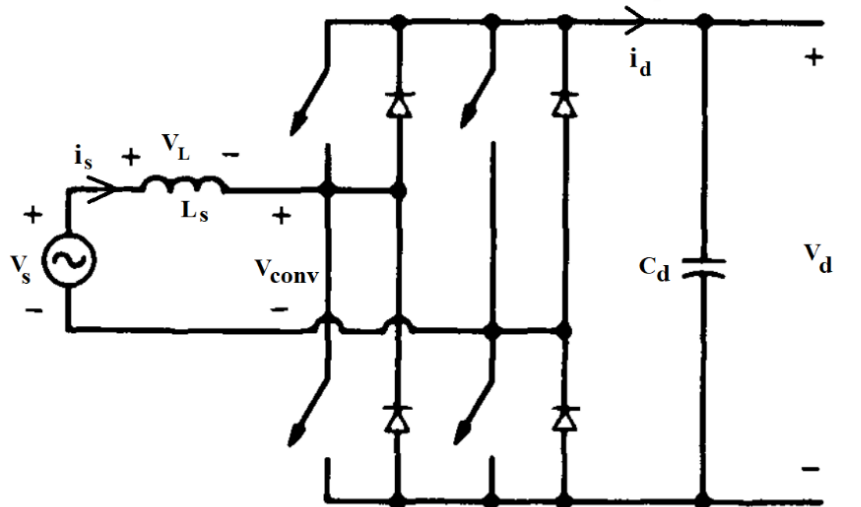
Ortak modda:



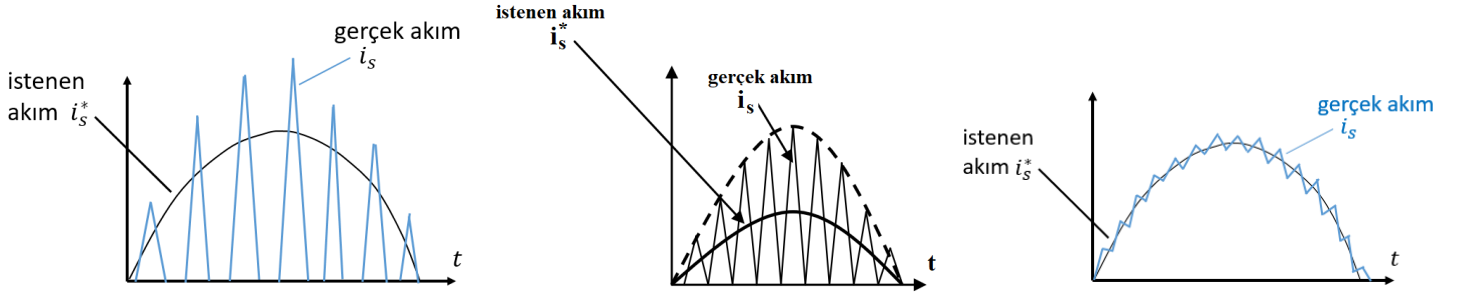
Diferansiyel modda:



6) Hem doğrultucu hem de evirici modunda iki yönlü kullanılan, reaktif güç ve şebeke akımı harmoniklerini azaltma amacıyla kullanılan yandaki denetimli çeviricide L_s bobininin 2 kullanım amacını yazınız.

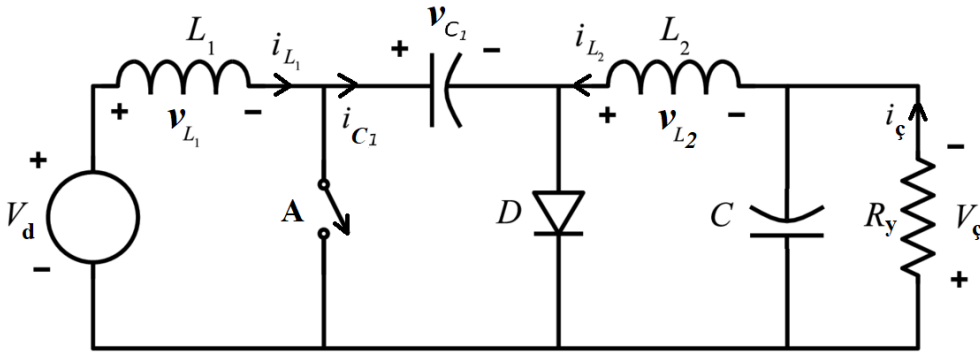


7) Soru 5'teki çeviricide güç faktörü düzeltme (PFC) amacıyla uygulanan akım kontrolü, üç farklı modda aşağıdaki üç farklı akım dalga şeklini veriyor. Her bir modun adını yazınız:



(Cevabınızda “kesikli iletim modu”, “kritik iletim modu” ve “sürekli iletim modu” adlarını doğru şekilde vermeniz beklenir. Bu açıklama sınavda verilmez.)

8) Aşağıdaki şekildeki Çuk devresinde bobin akımları sürekli. Devrenin A anahtarı kesimdeyken ve iletimdeykenki eşdeğerlerini diyot ve A yerine kısa devre ya da açık devre yaparak ayrı ayrı çiziniz.



$$\frac{V_{\text{ç}}}{V_d} = \frac{D}{1-D}$$

9) Ćuk devresinde bobin akımları sürekli, $V_d = 24\text{V}$, giriş gücü 12W , çıkış gerilimi 18V 'tur. Anahtar görev oranı (D) ve R_y 'yi bulunuz.

Çözüm: $\frac{18}{24} = \frac{D}{1-D} \rightarrow \boxed{D = \frac{3}{7} = 0,429}$. Çıkış gücü = giriş gücü = $\frac{V_{\text{ç}}^2}{R_y}$ olduğundan, $R_y = \frac{(18\text{V})^2}{12\text{W}} = \boxed{R_y = 27 \Omega}$.

10) Ćuk devresinde bobin akımları sürekli, anahtar görev oranı $D = 0,6$ ve $V_d = 15\text{V}$ ve ortalama giriş akımı 2A ise çıkış gerilimi, C_1 'in ortalama gerilimi V_{C1} ve L_2 'nin ortalama akımı ne kadardır?

(Cevabınızda ortalama denince periyodik çalışmalarda DC analiz yapınız. Yani bobin yerine kısa devre, kondansatör yerine açık devre koyunuz. Bu açıklama sınavda verilmez.)

Çözüm: $\frac{V_{\text{ç}}}{15\text{V}} = \frac{0,6}{1-0,6} \rightarrow \boxed{V_{\text{ç}} = 22,5\text{V}}$. Çıkış akımı ortalaması, DC analizde L_2 akımına eşittir. O da gerilim dönüşüm oranının tam tersiyle bulunur: $I_{\text{ç}} = \frac{1-0,6}{0,6} \times 2\text{A} = \boxed{I_{L2} = 1,333\text{A}}$. Yine DC analizle C_1 'in sol ucu girişin artı ucunda, sağ ucu çıkışın eksi ucunda bulunacağı için $V_{C1} = V_d + V_{\text{ç}} = 15\text{V} + 22,5\text{V} = \boxed{V_{C1} = 37,5\text{V}}$ bulunur.

GÜÇ ELEKTRONİĞİ 2

FİNAL/BÜTÜNLEME SORU ÖRNEKLERİ

(Vize soru örnekleri de DAHİLDİR. Sorular biraz değişik biçimlerde de gelebilir.)

- 1) Flyback DC/DC çeviricinin, normal alçaltıcı/yükseltici DC/DC çeviriciye göre önemli 2 avantaj ve bir dezavantajını yazınız.
- 2) Forward DC/DC çeviricinin, flyback DC/DC çeviriciye göre başlıca avantajını ve bunun nasıl sağlandığını açıklayınız.
- 3) Forward DC/DC çeviricide görev oranı (duty cycle) için

$$D < \frac{1}{1 + \frac{N_3}{N_1}}$$

İstenir (N_1 primerin, N_3 demanyetizasyon sargısının sarım sayısı). D bundan fazla yapılırsa ne sakınca olur?

- 4) İtmeli-çekmeli (push-pull) DC/DC çeviricinin forward DC/DC çeviriciye göre başlıca avantajını açıklayınız.

- 5) Köprü sürücülerdeki MOSFET'leri özyükleme (bootstrap) yöntemiyle anahtarlama, hangi soruna çözüm getirir? Açıklayınız.

- 6) Kesintisiz güç kaynaklarının (UPS) **statik** olanları başlıca kaç türlüdür? İsteddiğiniz birini açıklayınız.

- 7) Fırçasız DC motor kontrolünde köprü eviricinin kaynağın eksi ucuna bağlanan anahtarı (LS=low side), rotor konumunun bir sektör içinde kaldığı süre boyunca iletimde tutulurken, kaynağın artı ucuna bağlanan anahtarının (HS=high side) PWM şeklinde sektör boyunca defalarca açılıp kapatılmasının nedeni nedir?

- 8) AC motorların skaler kontrolü nedir?

- 9) Bir flyback DC/DC çeviricinin giriş DC kaynak gerilimi $V_d = 60$ V, çıkış gerilimi $V_o = 20$ V, Çıkış gücü $P_o = 50$ W, trafo primer/sekonder sarım oranı ise $N_p/N_s = 5/3$ 'dir. Sürekli akım modunda çalışılıyorsa görev oranı D kaçtır?

Sürekli akım modunda *yardımcı formül (sarım oranını yanlış kullanmamaya dikkat):*

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{D}{(1 - D)}$$

- 10) Bir flyback DC/DC çeviricinin anahtarlama frekansı $f_a = 80$ kHz, trafonun primer tarafındaki değeriyle mıknatıslanma endüktansı $L_m = 170$ μ H'dir. Bu endüktansın akımı her periyotta ortalama $I_d = 1,3$ A civarında $\pm 20\%$ dalgalanıyor. Demir kayıpları ihmal edilirse, nüve üzerinden sekondere aktarılan ortalama güç ne kadardır? (Yardımcı formül verilmiyor.)

- 11) Bir forward DC/DC çeviricinin giriş DC kaynak gerilimi $V_d = 100$ V, görev oranı $= 0,25$, trafo primer/sekonder sarım oranı $N_p/N_s = 4$, çıkış gücü $P_o = 30$ W'tır. Sürekli endüktans akımı modunda çalışılıyor. Ortalama giriş akımını (I_d) ve çıkış gerilimini (V_o) bulunuz. (Kayıplar ihmal ediliyor.)

Sürekli endüktans akımı modunda *yardımcı formül (sarım oranını yanlış kullanmamaya dikkat):*

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{N_s}{N_p} \cdot D$$

CEVAPLAR:

1) Başlıca avantajı yalıttır. Şebekeden trafosuz olarak doğrultulan bir gerilimi yalıtarak alçaltmak gerekebilir. Diğer bir avantajı da trafo sekonderine yalıtılmış çoklu sargılar bağlanarak, aynı giriş kaynağından tek bir denetimli anahtarla farklı voltajlarda yalıtılmış çoklu çıkışlar almanın mümkün olmasıdır.

Dezavantajı ise trafonun primerindeki anahtar iletimdeyken sekonderden akım çekilememesi nedeniyle ancak nüvede depolanmış enerjinin sekondere aktarılabilmesidir. Bu da trafo boyutunun çok küçültülememesine ya da anahtarlama frekansının yüksek olmasına yol açmaktadır. Her iki durumda da kayıp artmaktadır.

2) Primerdeki anahtar iletimdeyken, yani giriş kaynağından akım çekilirken de sekondere güç aktarılabilmesidir. Anahtar kesime girdince nüvede depolanan enerjiyle ark yaptırmamak ya da onu söndürme devresinde ziyan etmemek için trafoya sarılmış 3. bir sargı üzerinden o enerji giriş kaynağına geri kazandırılır.

3) Forward DC/DC çeviricide anahtar iletimdeyken trafo mıknatıslanma endüktansında depolanan akım, dolayısıyla nüvede depolanan enerji artar. Anahtarın kesim süresi ise bu akım sıfıra düşene kadar uzun olmalıdır. Aksi halde her periyotta depolanan enerji biraz daha artarak doyum sınırına gelir ve burada da ziyan olur. Bu şekilde enerji kaybını önlemek için $D < \frac{1}{1 + \frac{N_3}{N_1}}$ istenir.

4) İtmeli-çekmeli (push-pull) DC/DC çeviricide her iki yarı periyodun anahtarının hem iletiminde hem kesiminde sekondere enerji aktarılabilir. Filtre bobini (endüktans) akımının sürekli modunda çalıştırılıyorsa primerden sekondere güç akışı kesilmeden devam eder.

5) Köprü eviricilerde bir taraf anahtarlarının kaynak (source) veya emiter uçları ortaktır. Bunların geçitleri tek bir DC kaynaktan o noktaya göre uygun gerilim verilerek anahtarlanabilir. Ama diğer taraf anahtarlarının kaynak (source) veya emiter uçları yüke bağlı olduğu için bunların anahtarlama işaretlerini ortak şasi (GND) noktasına göre ortak bir kaynak gerilimiyle vermek mümkün olmaz. Normalde o taraftaki her anahtarın anahtarlama gerilimini yalıtılmış ayrı bir kaynaktan vermek gerekirdi. Bu da maliyeti çok artırır. Özyükleme (bootstrap) yöntemi kullanan IGBT/MOSFET sürücüleri ise, kondansatörler bağlanarak kullanılır ve o kondansatörler düşük güçlü ortak bir DC gerilim kaynağıyla doldurulur. Anahtarlama için o kondansatör gerilimleri kullanılır.

6) Ders notlarına bakınız. Olmayanlar <https://www.youtube.com/watch?v=abVfgFaC9jM> videosundan bilgi edinebilir.

7) İstenen yönde dönüş için uygun sargılardan geçecek akım yönleri önemlidir. İstenen torku sağlayacak şekilde dönüş için ise o akımın istenen değerde tutulması (akım kontrolü) gerekir. İşte o akım kontrolü PWM şeklinde gerilim uygulanmasıyla sağlandığı için sırası gelen HS anahtarı, sektör boyunca defalarca açılıp kapatılır. Akım yolundaki 2 anahtardan birinin açılıp kapatılması PWM için yeterli olduğundan, sırası gelen LS anahtarı sektör boyunca hep iletimde tutulur.

8) AC motorların hızını etkileyen başlıca değişken frekanstır (f). Hız frekansla tam ya da yaklaşık doğru orantılıdır. Ancak stator sargısında endüklenen zıt emk rms değeri

$$E_{rms} = \sqrt{2} \pi N \hat{\Phi} f$$

ki bu tek faza uygulanan rms gerilime yaklaşık eşittir, hem frekansla hem akı genliği $\hat{\Phi}$ ile orantılıdır. Bu yüzden sabit rms gerilim uygulanırken frekans artarken akı genliği azalır. Bu da hız artarken motorun o gerilimde sürebileceği maksimum torku azaltır. Bu yüzden uygulanan rms gerilim ile frekans oranı sabit tutularak ikisi birlikte artırılıp azaltılır. Buna skaler kontrol denir. Çok yüksek hızlarda ise kaynak gerilimi bunu karşılamaya yetmeyeceği için akı genliğini azaltmak kaçınılmaz olur.

9)

$$\frac{20}{60} = \frac{3}{5} \cdot \frac{D}{(1-D)} \rightarrow \frac{D}{(1-D)} = \frac{5}{9} \rightarrow 9D = 5 - 5D \rightarrow 14D = 5 \rightarrow \boxed{D = \frac{5}{14} = 0,357}$$

10) i_m akımı geçerken mıknatıslanma endüktansta depolanan enerji $\frac{1}{2} L_m i_m^2$ olduğu için, bir periyotta nüve üzerinden sekondere aktarılan enerji $\frac{1}{2} L_m (I_{m,\max}^2 - I_{m,\min}^2)$ olur, ve aktarılan güç de bunun f_a ile çarpımıdır.

$$I_{m,\max} = 1,2 \times 1,3A = 1,56 A \rightarrow I_{m,\min} = 0,8 \times 1,3A = 1,04 A$$

$$P = \frac{1}{2} \times 170 \times 10^{-6} \times (1,56^2 - 1,04^2) \times 80000 W = \boxed{P = 9,2 W}$$

11) $I_d = P / V_d = 30W / 100V = \boxed{I_d = 0,3 A}$

$$\frac{V_0}{100V} = \frac{1}{4} \cdot 0,25 \rightarrow \boxed{V_0 = 6,25 V}$$