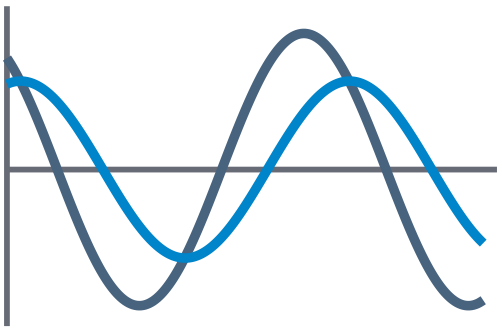
DEVRE ANALİZİ II

ÇALIŞMA KİTABI

ÖRNEK SAYFALAR

12 ünite · 188 soru · adım adım çözümler



Ertan Sinan Şahin

ertansinansahin.com

Bu kitap nasıl kullanılır?

- Her ünite, soruların dayandığı tanım ve formülleri özetleyen bir hatırlatma kutusuyla açılır.
- Zorluk: ★☆☆ temel ★★☆ orta ★★★ ileri. Her ünitede birkaç çoktan seçmeli kavram sorusu vardır; her ünite sınav tipi karma sorularla biter.
- Her sorunun altındaki noktalı alan sizin çözümünüz içindir. Önce kendiniz çözün; takıldığınızda hatırlatma kutusuna ve ders notuna dönün, çözüme en son bakın.
- Bütün çözümler kitabın sonundadır. Sorunun yanındaki Çözüm → s. bağlantısı çözüme, çözümdeki ← Soru s. bağlantısı soruya götürür. Kısa cevaplar **CEVAP** kutusundadır.
- **Gösterim ve işaretler:** Fazörler kalın harfle yazılır (**V**, **I**); fazörün büyüklüğü tepe değerdir; etkin değer V_{etk} ile belirtilir. AC güçte (Ünite 12) her soruda tepe mi etkin mi olduğu yazılır; üç fazlı devrelerde (Ünite 14) fazörler etkin değer fazörüdür. Sinüzoitler kosinüs referanslıdır ve açılar derecedir. Her yerde pasif işaret kuralı kullanılır: akım bir elemana + ucundan girerse $p = vi$ o elemanın soğurduğu güçtür. Şekillerde akımlar kırmızı, gerilim kutupları mavidir; sinüzoidal kaynağın kutupları kaynağın yanında siyah + ve − ile gösterilir.
- **Ortak üniteler:** Ünite 7–9 (bobin ve kondansatör, birinci ve ikinci mertebe geçici hâl) *Devre Analizi I* kitabındakilerle aynıdır. Devre II dersi bu konularla başlayan ya da Laplace'tan önce onları tekrar eden okullar için bu kitapta da yer alır.
- **Vize ve final:** Devre II çoğunlukla 2. sınıf baharda okutulur. Vize genellikle fazörleri, AC gücü, karşılıklı endüktansı ve üç fazlı devreleri (Ünite 10–14), final Laplace dönüşümünü, frekans yanıtını ve iki kapılı devreleri de (Ünite 15–18) kapsar. Laplace dönüşümünü fazörlerden önce işleyen okullar için Ünite 15–16 fazörlere dayanmadan yazıldı; o sırayla çalışırken 7–9 → 15–16 → 10–14 → 17–18 izlenebilir. Kendi dersinizin izlencesine göre çalışacağınız üniteleri seçin.

İçindekiler

Sayfa numaraları tam kitaba aittir. Renkli üniteler bu örnekte vardır; tıklayınca o üniteye gidersiniz.

7 Bobin ve Kondansatör ..... 16 soru 4

8 Birinci Mertebe RL ve RC Devreleri ..... 22 soru 13

9 RLC Devrelerinin Doğal ve Basamak Yanıtı ..... 20 soru 26

10 Sinüzoidal Kaynaklar ve Fazörler ..... 16 soru 38

11 Sinüzoidal Sürekli Hâl Analizi ..... 14 soru 50

12 AC Güç ..... 16 soru 60

13 **Karşılıklı Endüktans ve Transformatör** ..... 12 soru 71

14 Dengeli Üç Fazlı Devreler ..... 12 soru 79

15 Laplace Dönüşümü ..... 14 soru 87

16 **Laplace ile Devre Analizi; Transfer Fonksiyonu** ..... 20 soru 95

17 **Frekans Yanıtı: Rezonans, Pasif Filtreler, Bode Diyagramları** ..... 14 soru 112

18 İki Kapılı Devreler ..... 12 soru 123

Çözümler 131

13. ÜNİTE

KARŞILIKLI ENDÜKTANS VE TRANSFORMATÖR

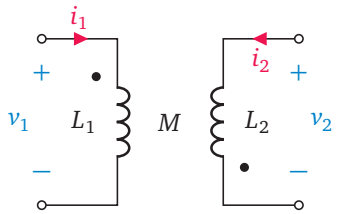
bağlı bobinler	$v_1 = L_1\dfrac{di_1}{dt} \pm M\dfrac{di_2}{dt}$	frekans domeni	$\mathbf{V}_1 = j\omega L_1\mathbf{I}_1 \pm j\omega M\mathbf{I}_2$
enerji	$w = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 \pm M i_1 i_2$	yansıyan empedans	$Z_r = \dfrac{(\omega M)^2}{Z_{22}} = \left(\dfrac{\omega M}{\lvert Z_{22}\rvert}\right)^2 Z_{22}^*$
kuplaj katsayısı	$k = \dfrac{M}{\sqrt{L_1 L_2}},\quad 0 \le k \le 1$	ideal, $1:n$	$\mathbf{V}_2 = n\mathbf{V}_1,\quad \mathbf{I}_1 = -n\mathbf{I}_2$
seri bağlı	$L_{\text{eş}} = L_1 + L_2 \pm 2M$	empedans yansıtma	$Z_{\text{giriş}} = Z_L/n^2$

Nokta kuralı: akım bir bobine noktalı ucundan girerse, öbür bobinde oluşan karşılıklı gerilimin artı ucu o bobinin noktalı ucudur. İki akım da noktalı uçlardan giriyor (ya da ikisi de çıkıyor) ise karşılıklı terim öz terimle aynı işaretlidir. Biri girip öbürü çıkıyorsa ters işaretlidir. İdeal transformatörde $1:n$, $N_1:N_2$ sarım oranıdır. Formüller noktalar aynı yanda, gerilimlerin + uçları noktalı uçlarda ve akımlar noktalı uçlardan giriyorken yazılmıştır, nokta ters çevrilirse işaret değişir. Z_{22} sekonder çevresinin toplam empedansı, $Z_{\text{giriş}}$ primer uçlarından görülen empedanstır. Fazörün büyüklüğü tepe değerdir: $S = \frac{1}{2}\mathbf{V}\mathbf{I}^*$. İlk iki bölüm (13.1–13.5) zaman domenindedir ve fazör gerektirmez; s-domeninde bağlı bobinler 16.11–16.12'dedir.

Karşılıklı endüktans ve nokta kuralı

13.1

★☆☆ Çözüm → s. 9



Şekildeki bağlı bobinlerde i_1 birinci bobine üst ucundan, i_2 ikinci bobine üst ucundan giriyor; v_1 ve v_2'nin + uçları üstte. Uç denklemleri hangisidir?

A) $v_1 = L_1\,di_1/dt + M\,di_2/dt,\quad v_2 = L_2\,di_2/dt + M\,di_1/dt$

B) $v_1 = L_1\,di_1/dt - M\,di_2/dt,\quad v_2 = L_2\,di_2/dt + M\,di_1/dt$

C) $v_1 = L_1\,di_1/dt + M\,di_2/dt,\quad v_2 = L_2\,di_2/dt - M\,di_1/dt$

D) $v_1 = L_1\,di_1/dt - M\,di_2/dt,\quad v_2 = L_2\,di_2/dt - M\,di_1/dt$

E) $v_1 = -L_1\,di_1/dt + M\,di_2/dt,\quad v_2 = -L_2\,di_2/dt + M\,di_1/dt$

Doğrusal transformatör

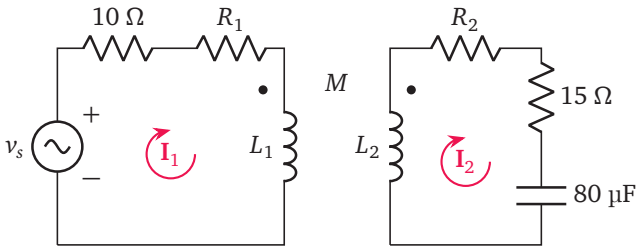
13.8 ★★☆ Çözüm → s. 9

Şekildeki doğrusal transformatörün parametreleri $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$, $L_1 = 50$ mH, $L_2 = 72$ mH, $M = 42$ mH'dir. Kaynak $v_s = 100\cos 500t$ V, iç direnci 10 Ω'dur; yük 15 Ω ile seri 80 µF'dır. Noktalar üsttedir.

a. Primer ve sekonder çevrelerinin öz empedanslarını (Z_{11}, Z_{22}) ve kuplaj katsayısını bulunuz.

b. Primere yansıyan empedansı ve kaynaktan görülen empedansı bulunuz.

c. $\mathbf{I}_1$, $\mathbf{I}_2$ ve yükün ortalama gücünü bulunuz.



16. ÜNİTE

LAPLACE İLE DEVRE ANALİZİ; TRANSFER FONKSİYONU

direnç	$V = RI$
bobin, seri biçim	$V = sL\,I - LI_0$
bobin, paralel biçim	$I = \dfrac{V}{sL} + \dfrac{I_0}{s}$
kondansatör, seri biçim	$V = \dfrac{I}{sC} + \dfrac{V_0}{s}$
kondansatör, paralel biçim	$I = sC\,V - CV_0$
bağlı bobinler	$V_1 = sL_1I_1 - L_1i_1(0) \pm \left[sMI_2 - Mi_2(0)\right]$

transfer fonksiyonu	$H(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)}$ (enerji yok)
dürtü yanıtı	$h(t) = \mathscr{L}^{-1}\{H(s)\}$
basamak yanıtı	$y_u(t) = \mathscr{L}^{-1}\{H(s)/s\}, \quad h = \dfrac{dy_u}{dt}$
konvolüsyon	$y(t) = \displaystyle\int_0^t h(\lambda)\,x(t-\lambda)\,d\lambda$
yanıtın bileşenleri	H'nin kutupları: geçici; X'inkiler: sürekli

Bu ünitede I_0 ve V_0, bobin akımının ve kondansatör geriliminin $t = 0^-$ değerleridir; pasif işaret kuralıyla I, elemana V'nin $+$ ucundan girer. Seri biçimdeki LI_0 ve V_0/s gerilim kaynakları, paralel biçimdeki I_0/s ve CV_0 akım kaynaklarıdır; seri biçim çevre yöntemine, paralel biçim düğüm yöntemine uygundur. s-domeninde gerilim V·s, akım A·s birimindedir; empedans yine ohmdur. Bağlı bobinlerde karşılıklı terim de başlangıç değeriyle gelir; işareti Ünite 13'teki nokta kuralına göre seçilir. Transfer fonksiyonu bütün başlangıç koşulları sıfırken tanımlanır. Ters dönüşümle bulunan zaman fonksiyonları $t \geq 0$ için geçerlidir.

s-domeninde doğal ve basamak yanıtı

16.4

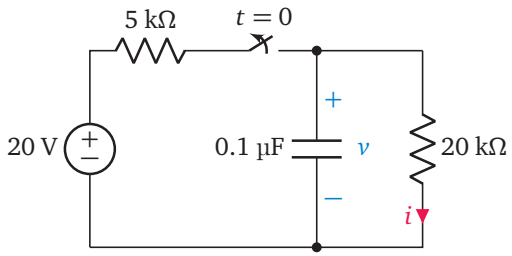
★☆☆ Çözüm → s. 9

Şekildeki devrede anahtar uzun süredir kapalıdır ve $t = 0$'da açılarak kaynağı ayırıyor.

a. $v(0^-)$'yi bulunuz.

b. Kondansatörü seri biçimde modelleyip 20 kΩ'un akımını ($I(s)$, aşağı doğru) bulunuz. $i(0^+)$'yı başlangıç değer teoremiyle bulup devreden denetleyiniz.

c. Kondansatörü paralel biçimde modelleyip $V(s)$'yi bulunuz; b'deki modelin aynı $V(s)$'yi verdiğini gösteriniz. $v(t)$'yi yazınız.



Çevre, düğüm ve Thévenin; anahtarlı devreler

16.9

★★★ Çözüm → s. 10

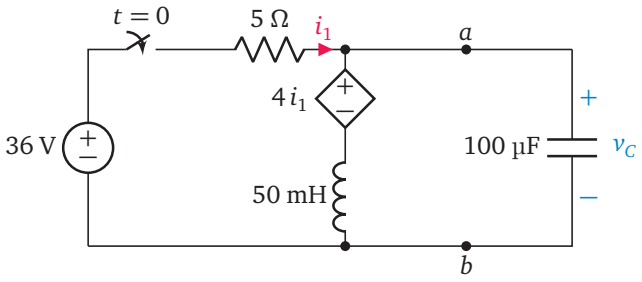
Şekildeki devrede anahtar $t = 0$'da kapanıyor; devrede başlangıçta enerji yoktur. Bağımlı kaynak bobinle seri bağlıdır ve gerilimi $4\,i_1$'dir (i_1 amper, gerilim volt).

a. a–b uçlarının solundaki devrenin s-domeni Thévenin gerilimini (V_{Th}) bulunuz.

b. Thévenin empedansını (Z_{Th}) test akımıyla bulunuz.

c. $V_C(s)$'yi ve $t \geq 0$ için $v_C(t)$'yi bulunuz. $v_C(\infty)$'u DC devreyle denetleyiniz.

d. $dv_C/dt(0^+)$'yı bulunuz. v_C son değerinin üstüne çıkar mı? En büyük değerini ve anını bulunuz.



17. ÜNİTE

FREKANS YANITI: REZONANS, PASİF FİLTRELER, BODE DİYAGRAMLARI

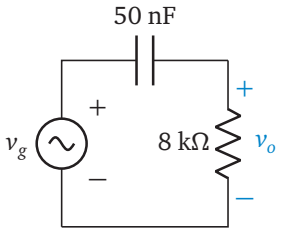
sürekli hâl	$y_{ss} = A\lvert H(j\omega)\rvert \cos(\omega t + \phi + \theta)$	rezonans	$\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$
kesim frekansı	$\lvert H(j\omega_c)\rvert = H_{\text{maks}}/\sqrt{2}$	bant genişliği	$\beta_{\text{seri}} = \dfrac{R}{L}, \quad \beta_{\text{paralel}} = \dfrac{1}{RC}$
RC ve RL	$\omega_c = \dfrac{1}{RC}, \quad \omega_c = \dfrac{R}{L}$	kalite faktörü	$Q = \dfrac{\omega_0}{\beta}, \quad \omega_{c1}\,\omega_{c2} = \omega_0^2$
Bode genliği	$A_{\text{dB}} = 20\log_{10}\lvert H(j\omega)\rvert$	kesim frekansları	$\omega_{c1,c2} = \mp\dfrac{\beta}{2} + \sqrt{\left(\dfrac{\beta}{2}\right)^2 + \omega_0^2}$

Bu ünitede sinüzoitler kosinüs referanslıdır ve genlikler tepe değerdir. Radyan bölü saniye cinsinden açısal frekans ile hertz cinsinden frekans karıştırılmaz; aralarındaki bağıntı $\omega = 2\pi f$'dir. Transfer fonksiyonu $H(s)$, devre başlangıçta enerjisizken çıkışın ve girişin Laplace dönüşümlerinin oranıdır. $s = j\omega$ konunca $|H(j\omega)|$ genliği, $\theta(\omega)$ faz açısını verir. H_{maks} genliğin en büyük değeridir; kesim (yarım güç) frekansında genlik bunun $1/\sqrt{2}$ katına iner. Bode diyagramında logaritma 10 tabanlıdır; bir dekad, frekansın on katına çıktığı aralıktır. Kaynaklar aksi söylenmedikçe idealdir.

Alçak ve yüksek geçiren filtreler

17.3 ★☆☆ Çözüm → s. 10

Şekildeki seri RC devresinde çıkış (v_o), 8 kΩ'luk direncin gerilimidir.



a. Kesim frekansını radyan bölü saniye ve hertz cinsinden bulunuz.

b. $v_g = 10\cos(200\pi t - 15°)$ V için v_o'yu bulunuz.

Bode diyagramları

17.11

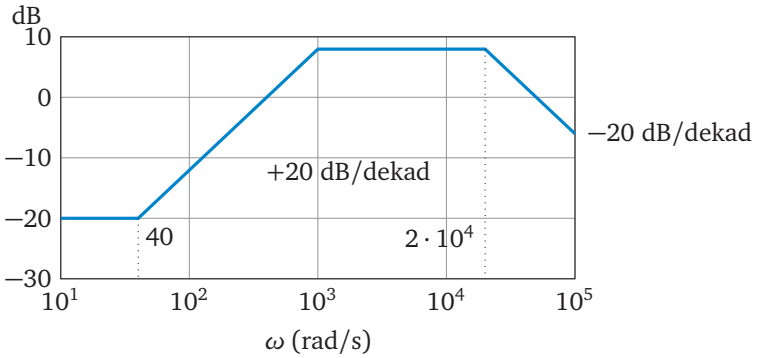
★★☆ Çözüm → s. 11

Şekilde, sıfırı ve kutupları gerçel ve negatif, $H(0) > 0$ olan bir transfer fonksiyonunun düz çizgi (asimptotik) Bode genlik diyagramı verilmiştir. Köşe frekansları 40, 10^3 ve $2 \cdot 10^4$ rad/s'dir.

a. $H(s)$'yi bulunuz. Orta bölgedeki yatay asimptot kaç desibeldir?

b. $\omega = 80$ rad/s ve $\omega = 10\,000$ rad/s'de gerçek genliği desibel olarak bulunuz; asimptotla karşılaştırınız. Bu frekansların köşelerle ilişkisi nedir?

c. $v_g = 3\cos(4000t)$ V için sürekli hâl çıkışını bulunuz. Asimptottan okunan genlik ve düz çizgi faz yaklaşığı ne kadar yanılır?



Örnek sayfalar · Kitabın tamamı: ertansinansahin.com

ÇÖZÜMLER

13 KARŞILIKLI ENDÜKTANS VE TRANSFORMATÖR

13.1

← Soru s. 3

Öz terimler: iki akım da kendi bobinine + ucundan girdiği için (pasif işaret kuralı) bunlar artıdır: $L_1\,di_1/dt$ ve $L_2\,di_2/dt$.

Karşılıklı terimler: i_1 birinci bobine noktalı uçtan girer; ikinci bobinde oluşturduğu gerilimin + ucu noktalı (alt) uçtur. v_2'nin + ucu üstte olduğundan bu terim $-M\,di_1/dt$ olur. i_2 ikinci bobine noktasız uçtan girer; birinci bobinde oluşturduğu gerilimin + ucu noktasız (alt) uçtur, v_1'e $-M\,di_2/dt$ olarak girer. Kısaca: bir akım noktadan giriyor, öbürü noktasız uçtan; karşılıklı terimler eksi.

- (A): İki akımın da noktalı uçtan girdiği duruma aittir.
- (B) ve (C): Karşılıklı endüktans simetriktir ($M_{12}=M_{21}$); bir denklemde eksi olan terim öbüründe de eksidir.
- (E): Öz terimlerin işareti pasif işaret kuralından gelir, noktalardan değil.

CEVAP D

13.8

← Soru s. 4

a. $\omega = 500$ rad/s: $j\omega L_1 = j25$, $j\omega L_2 = j36$, $j\omega M = j21\ \Omega$; kondansatör $-j/(500\cdot 80\times 10^{-6}) = -j25\ \Omega$.

$$Z_{11} = 10 + 2 + j25 = 12 + j25\ \Omega,$$

$$Z_{22} = 3 + j36 + 15 - j25 = 18 + j11\ \Omega,$$

$$k = \frac{42}{\sqrt{50(72)}} = \frac{42}{60} = 0.700.$$

b. $|Z_{22}|^2 = 445$; ölçek çarpanı $(\omega M/|Z_{22}|)^2 = 441/445 = 0.991$:

$$Z_r = 0.991(18 - j11) = 17.8 - j10.9\ \Omega.$$

Yansıyan empedans Z_{22}'nin eşleniğiyle orantılıdır: endüktif sekonder, primere kapasitif görünür.

Kaynaktan (iç direnci dâhil) görülen empedans:

$$Z_{\text{giriş}} = Z_{11} + Z_r = 29.8 + j14.1\ \Omega = 33.0\angle 25.3^\circ\ \Omega.$$

c. Primer akımı:

$$\mathbf{I}_1 = \frac{100}{33.0\angle 25.3^\circ} = 3.03\angle -25.3^\circ\ \text{A}.$$

Sekonder çevresinde (saat yönünde) $\mathbf{I}_2$ noktalı uçtan çıkar: $-j21\mathbf{I}_1 + Z_{22}\mathbf{I}_2 = 0$:

$$\mathbf{I}_2 = \frac{j21\,\mathbf{I}_1}{18 + j11} = 3.02\angle 33.3^\circ\ \text{A},$$

$$P_L = \tfrac{1}{2}(3.02^2)(15) = 68.2\ \text{W}.$$

Kontrol: Yansıyan direncin gücü $\frac{1}{2}(3.03^2)(17.84) = 81.9$ W, sekonderdeki gücün tamamına eşittir: $P_{R_2} + P_L = \frac{1}{2}(3.02^2)(3) + 68.2 = 13.6 + 68.2 = 81.9$ W.

Sık yapılan hata: Yansıyan empedansı $(\omega M)^2/Z_{22}^*$ yazmak. Doğrusu $(\omega M)^2/Z_{22}$'dir; bu da Z_{22}^* ile orantılı çıkar.

CEVAP a. $Z_{11} = 12 + j25\ \Omega$, $Z_{22} = 18 + j11\ \Omega$, $k = 0.700$ b. $Z_r = 17.8 - j10.9\ \Omega$; $Z_{\text{giriş}} = 29.8 + j14.1\ \Omega$ c. $\mathbf{I}_1 = 3.03\angle -25.3^\circ$ A, $\mathbf{I}_2 = 3.02\angle 33.3^\circ$ A, 68.2 W

16 LAPLACE İLE DEVRE ANALİZİ; TRANSFER FONKSİYONU

16.4

← Soru s. 5

a. $t < 0$'da kondansatör açık devredir; gerilim bölücü: $v(0^-) = 20\cdot 20/(5+20) = 16.0$ V.

b. Seri biçim: $1/(sC) = 10^7/s$ ile seri $16/s$ kaynağı (+ üstte). Tek çevre kalır:

$$I(s) = \frac{16/s}{10^7/s + 20\,000} = \frac{8\times 10^{-4}}{s + 500}.$$

$$i(0^+) = \lim_{s\to\infty} sI(s) = 8\times 10^{-4}\ \text{A} = 0.800\ \text{mA}.$$

Devreden: $t = 0^+$'da kondansatör gerilimi 16 V'ta kalır; bu gerilim doğrudan 20 kΩ'un uçlarındadır: $16/20 = 0.800$ mA.

ertansinansahin.com

c. Paralel biçim: $10^7/s$'ye paralel $CV_0 = 1.6\times10^{-6}$ A·s (üst düğüme doğru). Üst düğümde KAY:

$$10^{-7}s\,V + \frac{V}{20\,000} = 1.6\times10^{-6} \;\Rightarrow\; V(s) = \frac{16}{s+500}.$$

Seri biçimde $V = 20\,000\,I(s) = 16/(s+500)$, aynı ifadedir: iki biçim birbirinin kaynak dönüşümüdür. Ters dönüşüm:

$$v(t) = 16.0\,e^{-500t}\ \text{V}, \quad t \geq 0.$$

Kontrol: Zaman sabiti $\tau = 20\ \text{k}\Omega \times 0.1\ \mu\text{F} = 2$ ms'dir; $V(s)$'nin kutbu da $-1/\tau = -500\ \text{s}^{-1}$'dir.

Sık yapılan hata: Seri biçimdeki $16/s$ kaynağını unutup $I(s) = 0$ bulmak ya da kaynağı 16 (s'siz) almak. Başlangıç koşulu kaynağı da bir Laplace dönüşümüdür; sabit gerilim $16/s$ olarak girer.

CEVAP a. 16.0 V b. $I = \frac{8\times10^{-4}}{s+500}$; $i(0^+) = 0.800$ mA c. $V = \frac{16}{s+500}$ (iki biçimde aynı); $v = 16.0e^{-500t}$ V, $t \geq 0$

16.9

← Soru s. 6

a. Uçlar açıkken i_1, bağımlı kaynaklı koldan akar. Döngüde KGY:

$$\frac{36}{s} = 5I_1 + 4I_1 + 0.05s\,I_1 \;\Rightarrow\; I_1 = \frac{720}{s\,(s+180)},$$

$$V_{\text{Th}} = (4 + 0.05s)\,I_1 = \frac{36\,(s+80)}{s\,(s+180)}.$$

b. Kaynak sıfırlanır, a'ya I_t verilir. 5 Ω artık a ile alt düğüm arasındadır: $I_1 = -V_a/5$. Bobinden $I_t + I_1$ geçer:

$$V_a = 4I_1 + 0.05s\,(I_t + I_1) = -0.8V_a + 0.05s\,I_t - 0.01s\,V_a,$$

$$Z_{\text{Th}} = \frac{V_a}{I_t} = \frac{0.05s}{1.8 + 0.01s} = \frac{5s}{s+180}\ \Omega.$$

Bağımlı kaynak sıfırlanmaz; $5\ \Omega \parallel sL$ ile karşılaştırınca kutbu -100'den -180'e kaydırır.

c. $1/(sC) = 10^4/s$; gerilim bölücü:

$$V_C = V_{\text{Th}}\,\frac{10^4/s}{Z_{\text{Th}} + 10^4/s} = \frac{72\,000\,(s+80)}{s\,(s+200)(s+1800)}.$$

Katsayılar: $s=0$: $72\,000(80)/360\,000 = 16$; $s=-200$: $72\,000(-120)/[(-200)(1600)] = 27$; $s=-1800$: $72\,000(-1720)/[(-1800)(-1600)] = -43$:

$$v_C(t) = 16 + 27\,e^{-200t} - 43\,e^{-1800t}\ \text{V}, \quad t \geq 0.$$

Kontrol: DC'de bobin kısa devredir: $v_a = 4i_1$ ve $36 = 5i_1 + 4i_1$, yani $i_1 = 4$ A, $v_C = 16.0$ V. Son değer teoremi de 16 V verir; $v_C(0) = 16 + 27 - 43 = 0$.

d. $t = 0^+$'da $v_C = 0$ ve bobin akımı sıfırdır; $i_1 = 36/5 = 7.2$ A'in tamamı kondansatöre gider:

$$\frac{dv_C}{dt}(0^+) = \frac{7.2}{10^{-4}} = 72\,000\ \text{V/s} = \lim_{s\to\infty} s^2 V_C.$$

En büyük değerde $dv_C/dt = 0$: $5400\,e^{-200t} = 77\,400\,e^{-1800t}$, yani $e^{1600t} = 43/3$:

$$t = \frac{\ln(43/3)}{1600} = 1.66\ \text{ms}, \qquad v_{C,\text{maks}} = 33.2\ \text{V}.$$

Evet, son değerin (16 V) iki katından fazlasına çıkar. Başlangıçta bobin açık devre gibidir; kondansatör yalnız 5 Ω üzerinden 36 V'a doğru hızla dolar. Bobin akımı kurulunca bağımlı kaynaklı kol a ucunu 16 V'a çeker. **Sık yapılan hata:** Z_{Th}'yi bulurken bağımlı kaynağı da sıfırlamak. O zaman $5\ \Omega \parallel 0.05s = 5s/(s+100)$ bulunur; kutup -180 yerine -100 çıkar ve v_C yanlış olur.

CEVAP a. $V_{\text{Th}} = \frac{36(s+80)}{s(s+180)}$ b. $Z_{\text{Th}} = \frac{5s}{s+180}\ \Omega$ c. $v_C = 16 + 27e^{-200t} - 43e^{-1800t}$ V, $t \geq 0$; 16.0 V d. 72 000 V/s; evet: 33.2 V, 1.66 ms

ertansinansahin.com

17 FREKANS YANITI: REZONANS, PASİF FİLTRELER, BODE DİYAGRAMLARI

17.3

← Soru s. 7

a. Gerilim bölücü: $H(s) = R/(R+1/sC) = s/(s+1/RC)$. $H(0) = 0$, $H(\infty) = 1$; devre yüksek geçirendir. $|H(j\omega_c)| = 1/\sqrt{2}$ koşulu $\omega_c = 1/RC$ verir:

$$\omega_c = \frac{1}{8\cdot10^3\cdot50\cdot10^{-9}} = 2500\ \text{rad/s},$$

$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{2500}{2\pi} = 398\ \text{Hz}.$$

b. Girişin frekansı $f = 100$ Hz, açısal frekansı $\omega = 2\pi(100) = 628.3$ rad/s'dir.

$$|H| = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2+\omega_c^2}} = \frac{628.3}{\sqrt{628.3^2+2500^2}} = 0.244,$$

$$\theta = 90^\circ - \tan^{-1}\frac{628.3}{2500} = 90^\circ - 14.1^\circ = 75.9^\circ,$$

$$v_o = 2.44\cos(200\pi t + 60.9^\circ)\ \text{V}.$$

Sık yapılan hata: Hertz cinsinden 100'ü doğrudan ω yerine koymak; o zaman $|H| \approx 0.04$ gibi altı kat küçük bir değer çıkar.

CEVAP a. $\omega_c = 2500$ rad/s, $f_c = 398$ Hz b. $v_o = 2.44\cos(200\pi t + 60.9^\circ)$ V

17.11

← Soru s. 8

a. Diyagram düşük frekansta −20 dB'de yataydır: $H(0) = 10^{-20/20} = 0.1$. Eğim 40 rad/s'de +20 dB/dekad olur (sıfır), 1000 rad/s'de yeniden düzleşir (kutup), $2 \cdot 10^4$ rad/s'den sonra −20 dB/dekad iner (ikinci kutup):

$$H(s) = \frac{0.1\,(1 + s/40)}{(1 + s/1000)(1 + s/20\,000)} = \frac{50\,000\,(s + 40)}{(s + 1000)(s + 20\,000)}.$$

Orta asimptot 40'tan 1000 rad/s'ye $\log_{10} 25 = 1.398$ dekad boyunca yükselir:

$$-20 + 20(1.398) = 7.96 \text{ dB} \quad (|H| = 2.50).$$

b. 80 rad/s, sıfırın köşesinin iki katı; 10 000 rad/s, ikinci kutbun köşesinin yarısıdır. Asimptot değerleri $-20 + 20\log_{10} 2 = -14.0$ dB ve 7.96 dB'dir. Sayıları yerine koyunca $|H(j80)| = 0.2229$ ve $|H(j10^4)| = 2.225$ bulunur:

$$20\log_{10} 0.2229 = -13.0 \text{ dB},$$

$$20\log_{10} 2.225 = 6.95 \text{ dB}.$$

Gerçek eğri 80 rad/s'de asimptotun yaklaşık 1 dB üstünde (+0.9 dB, sıfır), 10 000 rad/s'de yaklaşık 1 dB altındadır (−1.0 dB, kutup). Köşenin iki katında ya da yarısında düzeltme $10\log_{10}(1.25) \approx 1$ dB'dir; komşu köşelerin küçük katkısı farkı biraz değiştirir.

c. $s = j4000$ konur:

$$H(j4000) = \frac{50\,000\,(40 + j4000)}{(1000 + j4000)(20\,000 + j4000)} = 2.38 \angle 2.2^\circ,$$

$$v_o = 7.14\cos(4000t + 2.2^\circ) \text{ V}.$$

Asimptot 4000 rad/s'de 7.96 dB, yani $|H| = 2.50$ verir; genlik 7.50 V okunur ve gerçeğinden %5 büyüktür. Düz çizgi faz yaklaşığında sıfır +90° (400 rad/s'den sonra), 1000 rad/s'deki kutup $-45^\circ(1 + \log_{10} 4) = -72.1^\circ$, $2 \cdot 10^4$ rad/s'deki kutup $-45^\circ \log_{10}(4000/2000) = -13.5^\circ$ katar:

$$\theta \approx 90^\circ - 72.1^\circ - 13.5^\circ = 4.4^\circ \quad \text{(gerçek } 2.2^\circ\text{)}.$$

CEVAP

a. $H(s) = 50\,000(s + 40)/[(s + 1000)(s + 20\,000)]$; 7.96 dB b. −13.0 dB (asimptottan 0.9 dB yukarıda); 6.95 dB (1.0 dB aşağıda)
c. $v_o = 7.14\cos(4000t + 2.2^\circ)$ V; asimptotla 7.50 V, faz yaklaşığı 4.4°

ertansinansahin.com

KİTABIN TAMAMINDA

- 12 ünite, 188 soru ve hepsinin adım adım çözümü.
- Her ünitenin başında, soruların dayandığı bağıntıları özetleyen hatırlatma kutusu.
- Temel, orta ve ileri düzeyde sorular; her sorunun altında kendi çözümünüz için noktalı alan.
- Sorudan çözüme, çözümden soruya tek tıkla geçiş.

ertansinansahin.com