

# Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

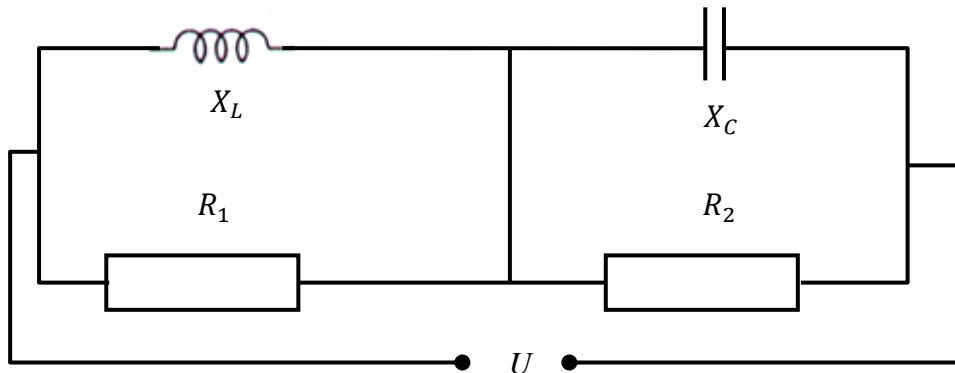
## Задатак 1

Дато је коло према слици.

Познато је:  $L = 1 \text{ mH}$ ,  $R_1 = 500 \Omega$  и  $C = 2 \text{ nF}$ .

Одредити отпорност  $R_2$  ако је у колу настала резонанса при кружној учестаности  $\omega_0 = 10^6 \text{ rad/s}$ .

Колики је резонантни отпор кола  $Z_0$  ?



Паралелну везу  $R_1$  и  $X_L$  претворити у редну везу:

$$\underline{Z}_1 = \frac{R_1 \cdot jX_L}{R_1 + jX_L} = \frac{500 \cdot j1000}{500 + j1000} = 400 + j200.$$

2 бодова

Исто тако паралелну везу  $R_2$  и  $X_C$  претворити у редну, па слиједи:

$$\underline{Z}_2 = \frac{R_2 \cdot (-jX_C)}{R_2 - jX_C} = \frac{-j500R_2}{R_2 - j500} = \frac{-j500R_2 \cdot (R_2 + j500)}{R_2^2 + 500^2} = \frac{250000R_2 - j500R_2^2}{R_2^2 + 250000} =$$
$$\frac{25 \cdot 10^4}{R_2^2 + 25 \cdot 10^4} - j \frac{500R_2^2}{R_2^2 + 25 \cdot 10^4}$$

3 бодова

Укупна импеданса је једнака:

$$\underline{Z}_0 = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 = 400 + \frac{25 \cdot 10^4}{R_2^2 + 25 \cdot 10^4} + j \left( 200 - \frac{500R_2^2}{R_2^2 + 25 \cdot 10^4} \right)$$

5 бодова

Како је код резонансе реактанса једнака нули, слиједи:

$$\frac{500R_2^2}{R_2^2 + 25 \cdot 10^4} = 200 \Rightarrow 500R_2^2 = 200R_2^2 + 50 \cdot 10^6 \Rightarrow 300R_2^2 = 50 \cdot 10^6 \Rightarrow R_2 = 408,25 \Omega.$$

5 бодова

# Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

Ако уврстимо  $R_2$  у реални део импедансе слиједи:

$$\underline{Z}_0 = 400 + 25 \cdot 10^4 R_2 / (408,25^2 + 25 \cdot 10^4) = \mathbf{644,9 \, \Omega}.$$

5 бодова

## Задатак 2

За коло простопериодичне струје, према слици, методом контурних струја одредити комплексну привидну снагу коју развије струјни генератор.

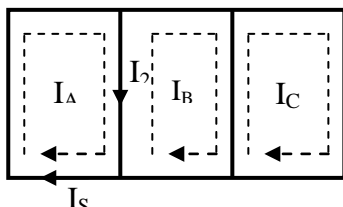
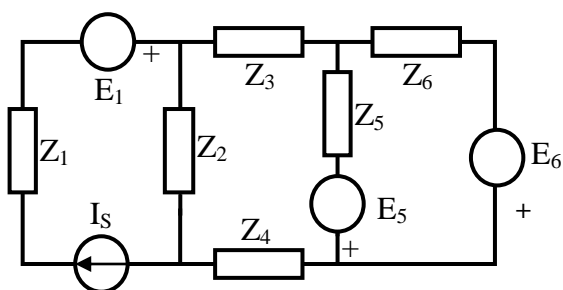
Бројни подаци:

$$\underline{E}_1 = (50 - j50) \text{ V}; \quad \underline{E}_5 = 100 \text{ V}; \quad \underline{E}_6 = j200 \text{ V};$$

$$\underline{I}_S = (160 - j480) \text{ mA}; \quad \underline{Z}_1 = (50 - j50) \Omega;$$

$$\underline{Z}_2 = j100 \Omega; \quad \underline{Z}_3 = (150 - j200) \Omega;$$

$$\underline{Z}_4 = (150 - j100) \Omega; \quad \underline{Z}_5 = j50 \Omega; \quad \underline{Z}_6 = 100 \Omega.$$



$$\underline{I}_A = \underline{I}_S = (0,16 - j0,48) \text{ A};$$

$$\underline{E}_5 = (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 + \underline{Z}_5) \underline{I}_B - \underline{Z}_2 \underline{I}_A - \underline{Z}_5 \underline{I}_C \dots\dots\dots (1)$$

$$\underline{E}_6 - \underline{E}_5 = (\underline{Z}_5 + \underline{Z}_6) \underline{I}_C - \underline{Z}_5 \underline{I}_B \dots\dots\dots (2);$$

5 бодова

$$148 + j16 = (300 - j150) \underline{I}_B - j50 \underline{I}_C \quad / \cdot (100 + j50)$$

$$-100 + j200 = -j50 \underline{I}_B + (100 + j50) \underline{I}_C \quad / \cdot j50$$

$$14\,000 + j9\,000 = 37\,500 \underline{I}_B - j50 \cdot (100 + j50) \underline{I}_C$$

$$14\,000 + j9\,000 = 37\,500 \underline{I}_B + j50(100 + j50) \underline{I}_C$$

$$\underline{I}_B = (0,1 + j0,1) \text{ A},$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_A - \underline{I}_B = 0,16 - j0,48 - 0,1 - j0,1 = (0,06 - j0,58) \text{ A} = \mathbf{(60 - j580) \text{ mA}}.$$

5 бодова

$$\underline{U}_S - \underline{Z}_1 \underline{I}_S + \underline{E}_1 - \underline{Z}_2 \underline{I}_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{U}_S = \underline{Z}_1 \underline{I}_S + \underline{Z}_2 \underline{I}_2 - \underline{E}_1 = (0,16 - j0,48) \cdot (50 - j50) + (0,06 - j0,58) \cdot j100 - 50 + j50 = \mathbf{(-8 + j24) \text{ V}}.$$

5+5 бодова

$$\underline{S}_S = \underline{U}_S \underline{I}_S^* = (-8 + j24) \cdot (50 - j50) = \mathbf{-12,8 \text{ VA}}.$$

Слиједи да струјни генератор ради као потрошач који троши снагу (активну) од **12,8 W**.

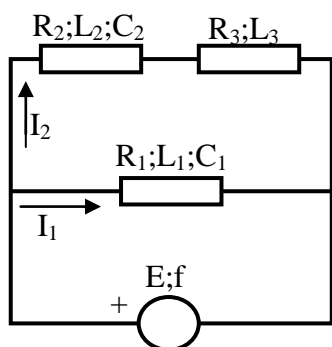
2+8 бодова

# Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

## Задатак 3

Два пријемника познатих карактеристика  $R_1 = 60 \Omega$ ;  $L_1 = 10 \text{ mH}$ ;  $C_1 = 5 \mu\text{F}$ ;  $R_2 = 5 \Omega$ ;  $L_2 = 2 \text{ mH}$  и  $C_2 = 2,5 \mu\text{F}$  и пријемник отпорности  $R_3 = 15 \Omega$  и непознате индуктивности  $L_3$  везани су као на слици и прикључени на идеални напонски генератор простопериодичне  $\text{ems}$ , максималне вриједности  $E_m = 40 \text{ V}$ , учестаности  $f$ . Активна снага другог пријемника је  $P_2 = 5 \text{ W}$ , реактивна снага трећег пријемника је  $Q_3 = 40 \text{ VAR}$ , а струја  $I_2$  фазно касни за  $\text{ems}$   $E$ . Одредити:

- Импедансу првог пријемника,
- Активну, реактивну и привидну снагу кола, Impedansu kola ako se učestanost smanji dva puta ( $f' = f/2$ ),
- Прираштаје активне и реактивне снаге које развија генератор када се учестаност генератора смањи два пута ( $f' = f/2$ ).



$$P_2 = I_2^2 R_2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = 1 \text{ [A]};$$

1 бод

$$Q_3 = I_2^2 X_3 \Rightarrow X_3 = \frac{Q_3}{I_2^2} = 40 \text{ } [\Omega];$$

1 бод

$$Z_{23} = \frac{E}{I_2} = 20\sqrt{2} \text{ } [\Omega].$$

1 бод

$$\underline{Z}_{23} = R_{23} + jX_{23} \Rightarrow X_{23} = \sqrt{Z_{23}^2 - R_{23}^2} = 20 \text{ } [\Omega] \text{ ( } X_{23} > 0, \text{ јер превладава инд. опт. ) } \underline{Z}_{23} = 20 + j 20$$

2 бода

$$\underline{Z}_{23} = \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 = 5 + j (X_{L2} - X_{C2}) + 15 + j 40 = 20 + j (40 + \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) \Rightarrow 40 + \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} =$$

$$20 \Rightarrow$$

$$L_2 \omega^2 + 20\omega - 1/C_2 = 0 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} \omega^2 + 20\omega - 1 / 2,5 \cdot 10^{-6} = 0 \Rightarrow$$

$$\omega_{1/2} = \frac{-20 \pm \sqrt{400 + 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = \frac{-20 \pm 60}{4 \cdot 10^{-3}}.$$

3+2 бода

## Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

Како је фреквенција увијек позитивна ( $f > 0$ ), остаје само једно рјешење, које износи:  $\omega = \frac{-20+60}{4} \cdot 10^3 = 10^4$  [rad/s] **1 бод**

Из реактивне отпорности  $X_3 = \omega L_3 \Rightarrow L_3 = X_3/\omega = 4$  [mH]. **1 бод**

а) Инпенданса првог пријемника износи:

$\underline{Z}_1 = 60 + j(\omega L_1 - 1/\omega C_1) = (60 + j80)$  [ $\Omega$ ]. преовладава инд. оптерећење  $\Rightarrow Z_1 = 100$  [ $\Omega$ ]. **2 бода**

$I_1 = E / Z_1 = 0,2\sqrt{2}$  [A]. **1 бод**

б) Активна снага на импеданси  $Z_1$  је  $P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 4,8$  W, **1 бод**

Реактивна  $Q_1 = I_1 \cdot X_1 = 6,4$  [VAR]. **1 бод**

Како је  $\underline{Z}_{23} = (20 + j20)$  [ $\Omega$ ]  $\Rightarrow P_{23} = I_2^2 \cdot R_{23} = 20$  W, односно  $Q_{23} = I_2^2 \cdot X_{23} = 20$  [VAR].

Укупна активна снага свих потрошача је  $P = P_1 + P_{23} = 24,8$  [W] а реактивна  $Q = Q_1 + Q_{23} = 26,4$  [VAR]. **3 бода**

Укупна привидна снага износи  $S = \sqrt{24,8^2 + 26,4^2} = 36,22$  [VA]. **1 бод**

За  $f' = f/2 \Rightarrow \omega' = \omega/2 = 5 \cdot 10^3$  [rad/s].

Импеданса са овом фреквенцијом износи:

$\underline{Z}_1' = R_1 + j\left(\omega' L_1 - \frac{1}{\omega' C_1}\right) = (60 + j10)$  [ $\Omega$ ]; **1 бод**

$\underline{Z}_2' = R_2 + j\left(\omega' L_2 - \frac{1}{\omega' C_2}\right) = (5 - j70)$  [ $\Omega$ ]; **1 бод**

$\underline{Z}_3' = R_3 + j\omega' L_3 = (15 + j20)$  [ $\Omega$ ]; **1 бод**

$\underline{Z}_{23}' = \underline{Z}_2' + \underline{Z}_3' = (20 - j50)$  [ $\Omega$ ]; **1 бод**

$\underline{Z}' = \frac{\underline{Z}_1' \cdot \underline{Z}_{23}'}{\underline{Z}_1' + \underline{Z}_{23}'} = (31 - j19,5)$  [ $\Omega$ ] **2 бода**

$\Rightarrow \underline{Z}' = \sqrt{31^2 + 19,5^2} = 36,62$  [ $\Omega$ ]; **1 бод**

с)  $I' = E/Z' = 0,77$  [A]. **1 бод**

Сада су снаге у колу,

Активна:  $P' = I'^2 R_e' = 0,77^2 \cdot 31 = 18,49$  [W], **1 бод**

а реактивна:  $Q' = I'^2 \cdot X_e' = 0,77^2 \cdot 19,5 = -11,56$  [VAR] **1 бод**

(преовладава кар. оптерећење).

Промјене (прираштаји) ових снага су:

- За активну:  $\Delta P = P' - P = -6,31$  [W], што значи да се активна снага смањила за 6,31 W. **2 бода**

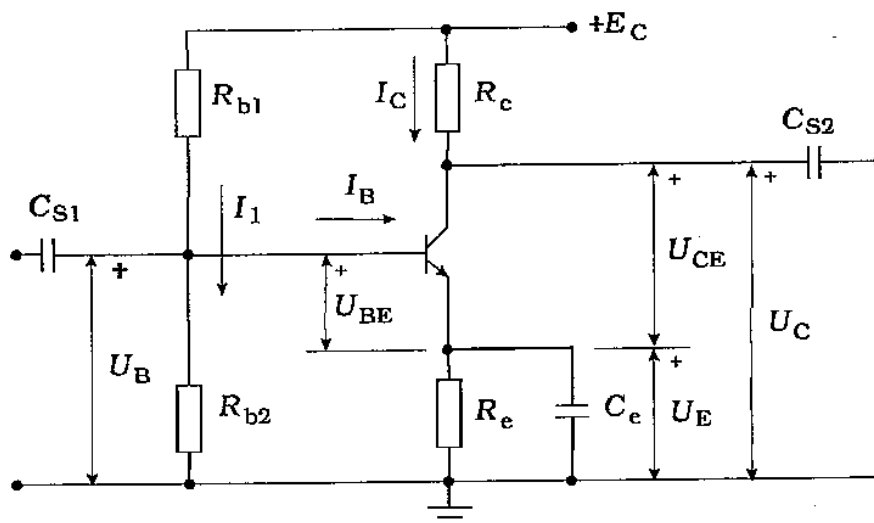
- За реактивну:  $\Delta Q = Q' - Q = -11,56 - 26,4 = -37,96$  [VAR]. **2 бода**

Дакле реактивна снага је вриједности  $Q = 26,4$  (инд. оптерећење) пала на вриједност  $-11,56$  (кар. Оптерећење) што представља разлику (пад) од 37,96 VAR-а.

### Задатак 4

На слици је приказан појачавач са заједничким емитором. Дате су вриједности величина  $E_C = 10$  [V],  $I_C = 1$  [mA],  $U_E = 1$  [V],  $h_{21E} = 300$ . Узети да је  $I_1 = 5 I_B$ , да је  $U_{BE} = 0,7$  [V] и да колекторски напон може да расте и да опада за исти износ код појачања наизмјеничног напона. Наћи  $R_C$ ,  $R_e$ ,  $R_{b1}$ ,  $R_{b2}$ .

## Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником



$$R_E = \frac{U_E}{I_E} = \frac{1 \text{ [V]}}{1 \text{ [mA]}} = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

5 бодова

$$(R_C \cdot I_C) = \frac{E_C - U_E}{2} = \frac{10 \text{ [V]} - 1 \text{ [V]}}{2} = 4,5 \text{ [V]}$$

$$R_C = \frac{(R_C \cdot I_C)}{I_C} = \frac{4,5 \text{ [V]}}{1 \text{ [mA]}} = 4,5 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

5 бодова

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21e}} = \frac{1 \text{ [mA]}}{300} = 3,33 \text{ [}\mu\text{A]}$$

$$I_1 = 5 I_B = 16,66 \text{ [}\mu\text{A]}; U_B = U_E + U_{BE} = 1,7 \text{ [V]}$$

$$R_{b2} = \frac{U_B}{I_1} = \frac{1,7 \text{ [V]}}{16,6 \text{ [}\mu\text{A]}} = 102 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

5 бодова

$$R_{b1} = \frac{E_C - U_B}{I_1} = \frac{10 \text{ [V]} - 1,7 \text{ [V]}}{16,6 \text{ [}\mu\text{A]}} = 500 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

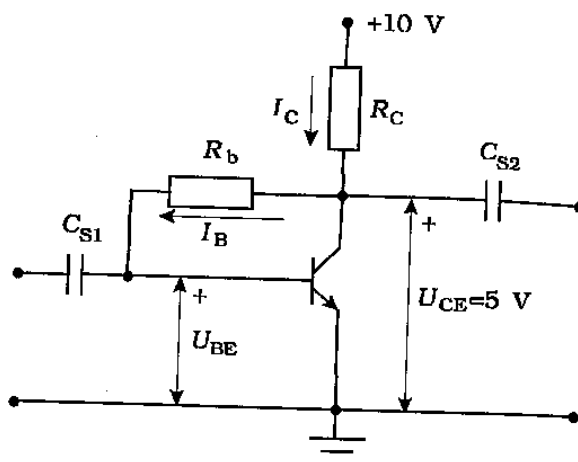
5 бодова

### Задатак 5

На слици је приказан појачавач са заједничким емитором, чија је радна тачка делимично стабилисана помоћу отпорника између колектора и базе. На слици је означен напон  $U_{CE}$  за постојећи коефицијент  $h_{21e}$ . Ако се стави други примерак транзистора који има  $h_{21e}$  већи три пута, колико приближно износи нови напон  $U_{CE}$ ? Занемарити утицај напона  $U_{BE}$ .

## Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

---



**РАД:**

Ако се занемари напон  $U_{BE}$ , тада се са слике види да је напон  $U_{CE}$  једнак производу  $R_b \cdot I_b$ :

$$U_{CE} = R_b \cdot I_b = \frac{R_b \cdot I_C}{h_{21e}}$$

Јер је:

$$I_C = \frac{I_b}{h_{21e}}$$

Ако се параметар  $h_{21e}$  повећа три пута, добије се нови напон  $U'_{CE}$  и струја  $I'_C$ :

$$U'_{CE} = \frac{R_b \cdot I'_C}{3 \cdot h_{21e}}$$

Дијељењем ових једначина, добије се:

$$\frac{U'_{ce}}{U_{ce}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{I'_c}{I_c}$$

Струја  $I_C$  се, по Омовом закону, добије када се напон на отпорнику  $R_C$  подијели његовом отпорношћу:

$$I_C = \frac{E_C - U_{ce}}{R_C}$$

$$I'_C = \frac{E_C - U'_{ce}}{R_C}$$

Када се ове две једначине подијеле, добије се:

## Кључ за исправљање задатака из основа електротехнике са електроником

---

$$\frac{I'c}{Ic} = \frac{Ec - U'ce}{Ec - Uce}$$

Замјеном вриједности  $I'c/Ic$  из овог израза у трећу једначину, добије се:

$$U'ce = \frac{Uce}{3} \cdot \frac{Ec - U'ce}{Ec - Uce}$$

Са слике се види да је  $Uce = Ec - U'ce = 5V$ , па се скраћивањем добије:

$$U'ce = \frac{Ec}{3} - \frac{U'ce}{3}$$

Одавде је:

$$U'ce(1 + \frac{1}{3}) = \frac{Ec}{3}$$

Сада је напон  $U'ce$  једнак:

$$U'ce = Ec/4 = 10V/4 = 2,5V$$

Упутство за оцјењивање задатка

Ако се поставе једначине за струје и напоне

**5 бодова**

Ако се подијеле једначине за струје и једначине за напон

**10 бодова**

Ако се добије коначан израз за тражени напон

**15 бодова**

Ако се добије тачан резултат

**20 бодова**