



Šifra kandidata:

Državni izpitni center



M 0 9 1 7 7 1 1 2

SPOMLADANSKI IZPITNI ROK

ELEKTROTEHNIKA

NAVODILA ZA OCENJEVANJE

Sreda, 27. maj 2009

SPLOŠNA MATURA

A01

Žveplena kislina v vodi disociira v ione H^+ in ione SO_4^{--} .

Kolikšen je električni naboj iona SO_4^{--} ?

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Naboj iona SO_4^{--}

$$Q = -2e_0 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$Q = -2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = -3,204 \cdot 10^{-19} \text{ C} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A02

Dve prevodni telesi sta med seboj povezani z vodnikom, sicer pa nista nikamor priključeni. V nekem trenutku ima telo A naboj 30 nC, telo B pa naboj 25 nC. V poznejšem trenutku ima telo A naboj -15 nC.

Kolikšen naboj ima v poznejšem trenutku telo B?

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Zapis zakona o ohranitvi naboja

$$Q_A^{(1)} + Q_B^{(1)} = Q_A^{(2)} + Q_B^{(2)} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun naboja

$$Q_B^{(2)} = Q_A^{(1)} + Q_B^{(1)} - Q_A^{(2)} = 30 + 25 - (-15) = 70 \text{ nC} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A03

Za vodnike je predpisana gostota toka $J = 4 \text{ A/mm}^2$.

Izračunajte potrebni presek vodnika, če bo tok 40 A?

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Izraz za presek vodnika

$$A = \frac{I}{J} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun preseka vodnika

$$A = \frac{40}{4} = 10 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A04

V atomu vodika sta elektron in proton na medsebojni oddaljenosti $d = 53 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

Izračunajte električno silo, s katero jedro privlači elektron.

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Električna sila

$$F_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$F_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{(1,602 \cdot 10^{-19})^2}{4\pi \frac{10^{-9}}{36\pi} (53 \cdot 10^{-12})^2} = 82,2 \text{ nN} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A05

Realni napetostni vir ima notranjo upornost $R_n = 2 \Omega$ in napetost prostega teka

$U_0 = 12 \text{ V}$. Na vir priključimo prilagojeno breme.

Izračunajte moč na prilagojenem bremenu.

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Izračun moči na prilagojenem bremenu

$$R_b = R_n \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$P_{b\max} = \frac{U_b^2}{R_b} = \frac{U_0^2}{4R_n} = \frac{12^2}{4 \cdot 2} = 18 \text{ W} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A06

Na 5,76 km dolgem aluminijastem vodniku je pri bremenskem toku 85 A padec napetosti

$\Delta U = 85 \text{ V}$ ($\gamma = 36 \cdot 10^6 \text{ S/m}$).

Kolikšen je prerez vodnika?

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Izračun prereza vodnika

$$A = \frac{I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$A = \frac{85 \cdot 5760}{36 \cdot 10^6 \cdot 85} = 160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 160 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A07

Skozi ravni vodnik s premerom $d = 1 \text{ mm}$ teče tok $I = 20 \text{ A}$.

Izračunajte magnetno poljsko jakost H na razdalji 40 mm od osi vodnika.

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Magnetna poljska jakost ravnega vodnika

$$H = \frac{I}{2\pi r} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun magnetne poljske jakosti

$$H = \frac{20}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 79,6 \text{ A/m} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A08

Med časoma $t_1 = 0,12 \text{ ms}$ in $t_2 = 0,27 \text{ ms}$ se je magnetni pretok skozi tuljavo z $N = 150$ ovoji linearno povečeval od vrednosti $\Phi_1 = 2,5 \mu\text{Wb}$ do vrednosti $\Phi_2 = 4,5 \mu\text{Wb}$.

Kolikšna je bila v tem času inducirana napetost med priključkoma tuljave?

(2 točki)

Rešitev in navodilo za ocenjevanje

Inducirana napetost

$$u_{\text{ind}} = -N \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -150 \cdot \frac{(4,5 - 2,5) \cdot 10^{-6}}{(0,27 - 0,12) \cdot 10^{-3}} = -2 \text{ V} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

A09

Zaporedni nihajni krog je v resonanci. Z osciloskopom smo ugotovili, da se napetost na tuljavi spreminja po enačbi $u_L(t) = 15 \sin \omega t \text{ V}$.

Zapišite izraz za trenutno vrednost napetosti na kondenzatorju.

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

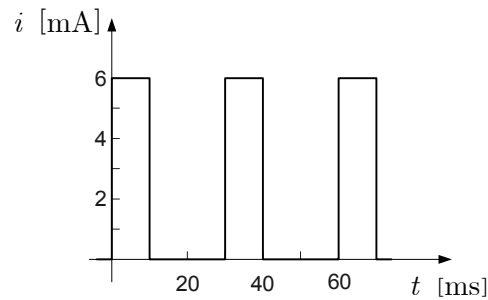
Določitev trenutne napetosti na kondenzatorju

$$u_C = -u_L \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$u_C(t) = -15 \sin \omega t \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A10

Dan je časovni diagram periodičnega toka.



- Določite periodo toka.
- Izračunajte srednjo vrednost toka.

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- Perioda
 $T = 30 \text{ ms}$ 1 točka
- Srednja vrednost toka

$$I_{\text{sr}} = \frac{6 \cdot 10 + 0 \cdot 20}{30} \cdot 10^{-3} = 2 \text{ mA}$$
 1 točka

A11

Ko tri enaka grela vezemo v trikot in priključimo na simetrično trifazno omrežje, je celotna moč grel $P = 2,7 \text{ kW}$.

Kolikšna bi bila celotna moč teh istih grel, če bi jih vezali v zvezdo in priključili na isto omrežje?
 (2točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Izračun moči v vezavi zvezda

$$P_{\text{zv}} = \frac{P_{\text{tr}}}{3} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$P_{\text{zv}} = \frac{2700}{3} = 900 \text{ W} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

A12

Kondenzator kapacitivnosti $C = 2,5 \mu\text{F}$, ki je naelektren z nabojem $\pm Q = \pm 5 \text{ mC}$, želimo razelektriti prek upora upornosti $R = 100 \Omega$.

Kolikšen bo praznilni tok kondenzatorja ob priključitvi upora med sponki kondenzatorja?

(2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

Izraz za tok

$$i = \frac{u}{R} = \frac{Q/C}{R} = \frac{Q}{CR} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun toka

$$i = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 100} = 20 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

B01

Ploščni kondenzator je naelektren z naboje $\pm Q = \pm 5 \text{ nC}$. Plošči imata površino

$S = 20 \text{ cm}^2$. Med njima sta dva izolacijska lističa: prvi ima dielektričnost

$\epsilon_1 = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ As/(Vm)}$ in debelino $d_1 = 250 \text{ }\mu\text{m}$, drugi pa dielektričnost

$\epsilon_2 = 5 \cdot 10^{-11} \text{ As/(Vm)}$ in debelino $d_2 = 400 \text{ }\mu\text{m}$.

- a) Izračunajte gostoto električnega pretoka D med ploščama. (2 točki)
- b) Izračunajte poljski jakosti E_1 in E_2 v lističih. (2 točki)
- c) Izračunajte napetost med ploščama kondenzatorja. (2 točki)
- d) Napišite, katerega od lističev bi morali izvleči izmed plošč, da bi se energija v polju kondenzatorja najbolj povečala, in utemeljite odločitev. (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- a) Izračun gostote električnega pretoka

$$D = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$D = \frac{5 \cdot 10^{-9}}{20 \cdot 10^{-4}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- b) Izračun poljske jakosti E_1

$$E_1 = \frac{D}{\epsilon_1} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2,5 \cdot 10^{-11}} = 10^5 \text{ V/m} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun poljske jakosti E_2

$$E_2 = \frac{D}{\epsilon_2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-11}} = 5 \cdot 10^4 \text{ V/m} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- c) Izraz za napetost

$$U = E_1 d_1 + E_2 d_2 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun napetosti

$$U = 10^5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 25 + 20 = 45 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- d) Ugotovitev

Izvleči moramo drugi listič..... 1 točka

Utemeljitev ugotovitve

Če izvlečemo prvega, bo imel kondenzator napetost $U_1 = \epsilon_{r1} 25 + 20 = 90,62 \text{ V}$, če

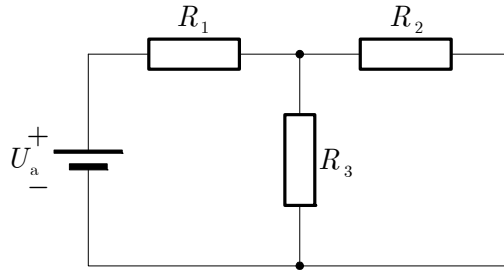
izvlečemo drugega, bo imel kondenzator napetost $U_2 = 25 + 20\epsilon_{r2} = 138 \text{ V}$. Ker pa je

energija $QU/2$ in je naboj nespremenljiv, bo energija v kondenzatorju najvišja, če izvlečemo

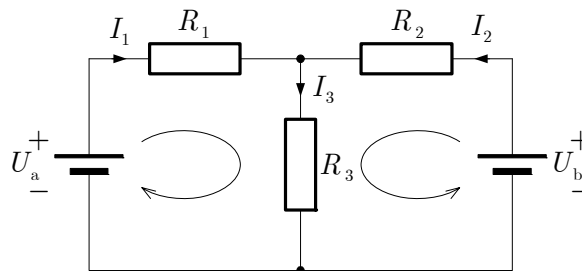
drugi listič..... 1 točka

B02

Dano je vezje s podatki: $U_a = 12 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 10 \text{ } \Omega$ in $R_3 = 15 \text{ } \Omega$.



- a) Izračunajte nadomestno upornost vezave uporov na sliki. (2 točki)
- b) Izračunajte moč P nadomestnega bremena. (2 točki)
- c) Izračunajte električno delo W_1 na uporu R_1 v času $t = 30 \text{ min}$. (2 točki)
- d) V vezje vžemo drugi idealni napetostni generator z napetostjo $U_b = 8 \text{ V}$, kakor kaže spodnja slika. Zapišite sistem enačb za izračun tokov I_1 , I_2 in I_3 ter izračunajte tok I_3 . (2 točki)

**Rešitev in navodila za ocenjevanje**

- a) Izračun nadomestne upornosti
- $$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$
- $$R_{23} = 6 \text{ } \Omega$$
- $$R = R_1 + R_{23}$$
- $$R = 16 \text{ } \Omega \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$
- b) Izračun moči
- $$P = \frac{U_a^2}{R} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$
- $$P = \frac{12^2}{16} = 9 \text{ W} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

c) Izračun dela

$$I = I_1 = \frac{U_a}{R} = \frac{12}{16} = 0,75 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$W_1 = R_1 I_1^2 t = 10 \cdot 0,75^2 \cdot 1800 = 10,125 \text{ kJ} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

d) Sistem enačb

$$\left. \begin{array}{l} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 - U_a = 0 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 - U_b = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Izračun toka I_3

$$I_1 = 0,45 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,05 \text{ A}$$

$$I_3 = 0,5 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

B03

Toroidno jedro srednjega polmera $r = 12$ cm in permeabilnosti $\mu = 0,012$ Vs/(A m) ima kvadratni presek s stranico $a = 4$ cm. Na toroidu je navitje z $N = 420$ ovoji in tokom $I = 0,6$ A.

- a) Izračunajte srednjo vrednost magnetne poljske jakosti v jedru. (2 točki)
- b) Izračunajte magnetni pretok v jedru. (2 točki)
- c) Izračunajte magnetno upornost jedra. (2 točki)
- d) Za koliko bi morali povečati tok skozi navitje, da bi pretok v jedru ostal nespremenjen, ko bi v jedro zarezali rezo debeline $d = 0,5$ mm. (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- a) Srednja vrednost magnetne poljske jakosti v jedru

$$H = \frac{NI}{2\pi r} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$H = \frac{420 \cdot 0,6}{2\pi \cdot 0,12} = 334,2 \text{ A/m} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- b) Magnetni pretok v jedru

$$\Phi = BS = \mu H a^2 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\Phi = 0,012 \cdot 334,2 \cdot (0,04)^2 = 6,42 \text{ mWb} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- c) Magnetna upornost jedra

$$R_m = \frac{\Theta}{\Phi} = \frac{NI}{\Phi} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$R_m = \frac{420 \cdot 0,6}{6,42 \cdot 10^{-3}} = 39,3 \cdot 10^3 \text{ A/Wb} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- d) Magnetna upornost zračne reže

$$R_{m0} = \frac{d}{\mu_0 a^2} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (0,04)^2} = 248,7 \cdot 10^3 \text{ A/Wb} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

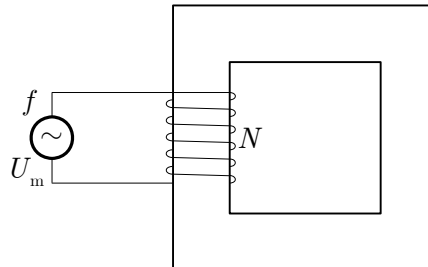
Izračun toka

$$I_1 = \frac{(R_m + R_{m0}) \Phi}{N} = 4,4 \text{ A}$$

Tok bi morali povečati za 3,8 A 1 točka

B04

Na feromagnetnem jedru, ki ima presek površine $S = 1 \text{ cm}^2$, srednjo dolžino magnetne poti $l = 16 \text{ cm}$ in permeabilnost $\mu = 10^{-2} \text{ Vs}/(\text{A m})$, je navitje z ovoji $N = 40$, ki je priključeno na vir sinusne napetosti frekvence $f = 400 \text{ Hz}$ in amplitude $U_m = 80 \text{ V}$.



- a) Izračunajte induktivnost L tuljave. (2 točki)
- b) Izračunajte amplitudo Φ_m magnetnega pretoka v jedru. (2 točki)
- c) Izračunajte amplitudo I_m toka v navitju. (2 točki)
- d) Izračunajte največjo vrednost magnetne energije v jedru tuljave. (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- a) Induktivnost tuljave

$$L = \frac{\mu_0 S N^2}{l} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$L = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-4} \cdot 1600}{0,16} = 10 \text{ mH} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- b) Amplituda magnetnega pretoka

$$U_m = \omega N \Phi_m \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\Phi_m = \frac{U_m}{\omega N} = \frac{80}{2\pi \cdot 400 \cdot 40} = 796 \text{ } \mu\text{Vs} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- c) Amplituda toka v navitju

$$I_m = \frac{\Psi_m}{L} = \frac{N \Phi_m}{L} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$I_m = \frac{40 \cdot 796 \cdot 10^{-6}}{0,01} = 3,18 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- d) Največja vrednost magnetne energije

$$W_m = \frac{L I_m^2}{2} = 50,7 \text{ mJ} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

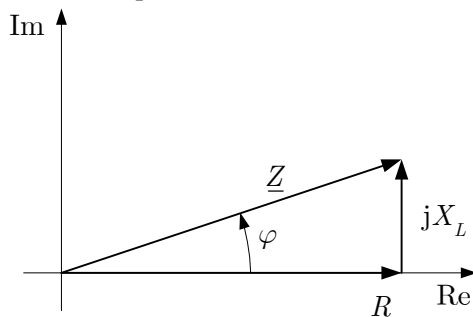
B05

Zaporedno sta vezana upor z upornostjo $R = 10 \Omega$ in tuljava z induktivnostjo $L = 10 \text{ mH}$. Frekvenca priključene napetosti je $f = 50 \text{ Hz}$.

- a) Skicirajte kazalec impedance v kompleksni ravnini. (2 točki)
- b) Izračunajte absolutno vrednost impedance. (2 točki)
- c) Izračunajte fazni kot φ . (2 točki)
- d) Izračunajte induktivnost L_x tuljave, ki bi jo morali danima elementoma vezati zaporedno, da bi se fazni kot povečal na 45° . (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- a) Kazalec impedance



..... 2 točki

- b) Izračun absolutne vrednosti impedance

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + (2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3})^2} = 10,5 \Omega \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- c) Izračun faznega kota

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{10,5} = 0,95 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\varphi = 18^\circ \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- d) Izračun induktivnosti druge tuljave

$$\tan 45^\circ = \frac{X_L + X_{L_x}}{R} = 1 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$X_{L_x} = R - X_L = 10 - 3,14 = 6,86 \Omega$$

$$L_2 = \frac{X_{L_x}}{2\pi f} = \frac{6,86}{2\pi \cdot 50} = 21,8 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 21,8 \text{ mH} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

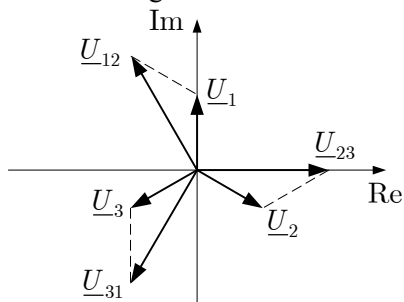
B06

Tri bremena z impedancami $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = (40 + j20) \Omega$ so vezana v zvezdo in priključena na simetrični trifazni sistem napetosti 400 V/230 V. Dan je kazalec fazne napetosti $\underline{U}_1 = j230$ V.

- a) Zapišite kazalca faznih napetosti \underline{U}_2 in \underline{U}_3 . (2 točki)
- b) Zapišite kazalca medfaznih napetosti \underline{U}_{12} in \underline{U}_{23} . (2 točki)
- c) Izračunajte kazalca linijskih tokov \underline{I}_1 in \underline{I}_3 . (2 točki)
- d) Narišite kazalčni diagram faznih in medfaznih napetosti. (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

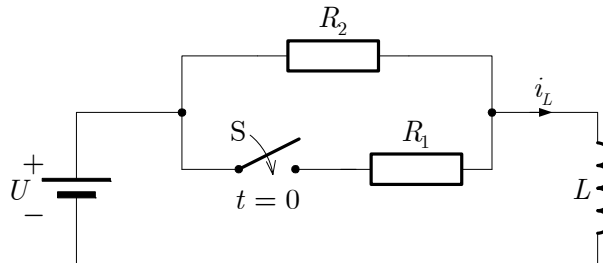
- a) Kazalca faznih napetosti
 $\underline{U}_2 = 230e^{-j30^\circ}$ V = (199,2 - j115) V 1 točka
 $\underline{U}_3 = 230e^{-j150^\circ}$ V = (-199,2 - j115) V 1 točka
- b) Kazalca medfaznih napetosti
 $\underline{U}_{12} = 400e^{j120^\circ}$ V = (200 + j346,4) V 1 točka
 $\underline{U}_{23} = 400$ V 1 točka
- c) Kazalci linijskih tokov
 $\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} = \frac{j230}{40 + j20} = (2,3 + j4,6)$ A 1 točka
 $\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_3}{\underline{Z}_3} = \frac{-199,2 - j115}{40 + j20} = (-5,134 - j0,308)$ A 1 točka
- d) Kazalčni diagram faznih in medfaznih napetosti



..... 2 točki

B07

Podatki enosmernega vezja so: $U = 100 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 100 \text{ } \Omega$ in $L = 10 \text{ mH}$. **V trenutku** $t = 0 \text{ s}$ **sklenemo stikalo.**



- Določite vrednost toka i_L pred sklenitvijo stikala. (2 točki)
- Določite vrednost toka i_L po zaključenem prehodnem pojavu. (2 točki)
- Izračunajte časovno konstanto prehodnega pojava. (2 točki)
- Skicirajte časovni potek toka i_L med prehodnim pojavom in napišite izraz za časovni potek toka i_L med prehodnim pojavom. (2 točki)

Rešitev in navodila za ocenjevanje

- a) Določitev toka pred sklenitvijo stikala

$$i_L(0) = \frac{U}{R_2} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$i_L(0) = \frac{U}{R_2} = \frac{100}{100} = 1 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- b) Določitev razmer po prehodnem pojavu

$$i_L(\infty) = \frac{U}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

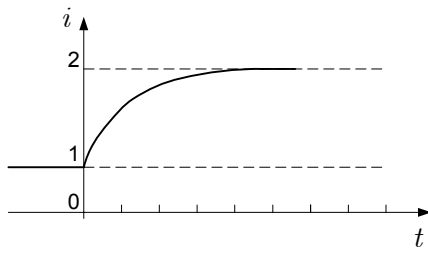
$$i_L(\infty) = \frac{U}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{100}{\frac{100 \cdot 100}{100 + 100}} = 2 \text{ A} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

- c) Izračun časovne konstante

$$\tau = \frac{L}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\tau = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{\frac{100 \cdot 100}{100 + 100}} = 0,2 \text{ ms} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

d) Narisan časovni potek toka i_L med prehodnim pojavom



.....1 točka

Napisan izraz za časovni potek toka i_L med prehodnim pojavom

$i_L = 2 - 1e^{-t/\tau} = (2 - e^{-(5000 \text{ s}^{-1})t}) \text{ A}$ 1 točka