



Šifra kandidata:

**Državni izpitni center**



M 0 7 2 7 7 1 1 2

JESENSKI ROK

# **ELEKTROTEHNIKA**

NAVODILA ZA OCENJEVANJE

**Petek, 31. avgust 2007**

**SPLOŠNA MATURA**

**A01**

**Džul (J) in kilovatna ura (kW h) sta enoti za delo ali energijo.**

Delo 2,3 kW h izrazite v džulih.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Zapis dela v džulih

$$2,3 \text{ kW h} = 2300 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 8,28 \cdot 10^6 \text{ W s} = 8,28 \cdot 10^6 \text{ J} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A02**

**Nevzbujen atom bakra ima 29 elektronov.**

Izračunajte elektrino v jedru atoma bakra.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Izračun elektrine v jedru atoma bakra

$$Q = 29e = 29 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,64 \cdot 10^{-18} \text{ C} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A03**

**Na nekem mestu se spremeni presek tokovodnika: v prvem delu ima presek  $S_1 = 2,5 \text{ mm}^2$ , tok pa gostoto  $J_1 = 3 \text{ A/mm}^2$ , v drugem delu ima vodnik presek  $S_2 = 5 \text{ mm}^2$ .**

Izračunajte gostoto toka  $J_2$  v drugem delu tokovodnika.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Gostota toka na drugem odseku tokovodnika

$$J_1 S_1 = J_2 S_2 \Rightarrow J_2 = \frac{J_1 S_1}{S_2} = \frac{3 \cdot 2,5}{5} = 1,5 \text{ A/mm}^2 \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A04**

Na oddaljenosti  $r_1 = 1$  cm od točkastega naboja je absolutna vrednost vektorja električne poljske jakosti enaka  $E_1 = 300$  kV/m.

Izračunajte absolutno vrednost električne poljske jakosti  $E_2$  na oddaljenosti  $r_2 = 2$  cm od tega naboja.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Poljska jakost

$$E_1 = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} \text{ in } E_2 = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} \Rightarrow$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \Rightarrow E_2 = E_1 \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = 300 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 75 \text{ kV/m} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A05**

Skozi grelec z upornostjo  $R = 6 \Omega$  je električni tok  $I = 15$  A.

Izračunajte toploto, ki se sprosti v grelcu v času  $t = 3$  min.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Sproščena toplota v grelcu

$$W = RI^2t = 6 \cdot 15^2 \cdot 180 = 243 \text{ kJ} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A06**

Akumulator ima napetost prostega teka  $U_0 = 1,2$  V in zanemarljivo notranjo upornost.

Breme, ki je bilo priključeno na akumulator, je sprejelo energijo  $W = 6$  Wh.

Izračunajte naboj  $Q$ , ki je stekel skozi akumulator.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Izračun naboja

$$W = QU_0 \Rightarrow Q = \frac{W}{U_0} = \frac{6 \cdot 3600}{1,2} = 18 \text{ kC} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A07**

V transformatorski pločevini je pri magnetni poljski jakosti  $H = 30 \text{ A/m}$  gostota magnetnega pretoka  $B = 1,5 \text{ T}$ .

Izračunajte relativno permeabilnost pločevine v tej delovni točki.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Izračun relativne permeabilnosti

$$B = \mu_0 \mu_r H \Rightarrow \mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{1,5}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 30} = 39800 \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A08**

Tok  $I = 0,5 \text{ A}$  povzroči v tuljavi z  $N = 500$  ovoji magnetni pretok  $\Phi = 1,2 \text{ mWb}$ .

Izračunajte induktivnost tuljave?

(2 točki)

**Rešitev in navodila za ocenjevanje**

Induktivnost tuljave

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{500 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 1,2 \text{ H} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A09**

Efektivna vrednost harmonične napetosti je  $U = 10 \text{ V}$ .

Določite srednjo in maksimalno vrednost napetosti.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Srednja vrednost harmonične funkcije je enaka nič

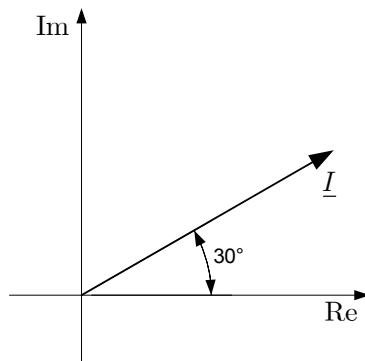
$$U_{\text{sr}} = 0 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

Maksimalna vrednost

$$U_{\text{m}} = \sqrt{2}U = \sqrt{2} \cdot 10 \cong 14,1 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

**A10**

Kazalec na sliki pripada harmoničnemu toku, ki ima amplitudo  $I_m$  in krožno frekvenco  $\omega$ .



Zapišite ta tok kot časovno funkcijo.

(2 točki)

**Rešitev in navodila za ocenjevanje**

Izraza za trenutni vrednosti napetosti in toka

$$i = I_m \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A11**

Trifazni motor moči  $P = 10 \text{ kW}$  ima faktor delavnosti  $0,8$ .

Izračunajte jalovo moč  $Q$  motorja.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Jalova moč

$$Q = P \tan \varphi = P \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} = 10 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{1}{0,8^2} - 1} = 7,5 \text{ kvar} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**A12**

Nenaelektren kondenzator kapacitivnosti  $C = 10 \mu\text{F}$  in njemu zaporedno vezan upor upornosti  $R = 1 \text{ k}\Omega$  priključimo v trenutku  $t = 0 \text{ s}$  na enosmerno napetost  $U = 10 \text{ V}$ .

Določite vrednost napetosti na kondenzatorju v trenutku  $t = 10 \text{ ms}$ .

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

Napetost na kondenzatorju

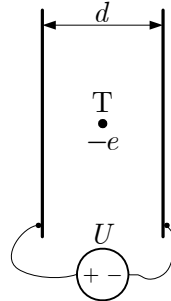
$$\tau = RC = 10^3 \cdot 10^{-5} = 10 \text{ ms} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$u(t) = 10(1 - e^{-t/\tau}) \text{ V}$$

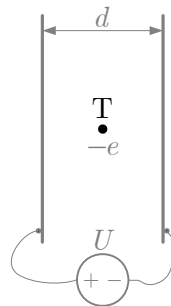
$$u(10 \text{ ms}) = 10(1 - e^{-1}) \text{ V} \cong 6,3 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

**B01**

Med vzporedni plošči z razmakom  $d = 8 \text{ cm}$  je priključen vir z napetostjo  $U = 320 \text{ V}$ . V točki T v sredini med ploščama je v danem trenutku elektron. Masa elektrona je  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .



- a) Izračunajte absolutno vrednost vektorja električne poljske jakosti  $\vec{E}$  v točki T. (2 točki)
- b) Vrišitate vektor poljske jakosti  $\vec{E}$  in vektor električne sile  $\vec{F}$ , ki deluje na elektron. (2 točki)



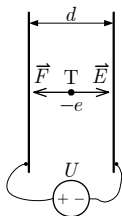
- c) Izračunajte pospešek elektrona v točki T. (2 točki)
- d) Izračunajte čas, v katerem bo elektron udaril v ploščo, če je pred tem v točki T miroval. (2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

- a) Izračun električne poljske jakosti

$$E = \frac{U}{d} = \frac{320}{0,08} = 4 \text{ kV/m} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- b) Skica vektorjev



..... 2 točki

- c) Izračun pospeška elektrona

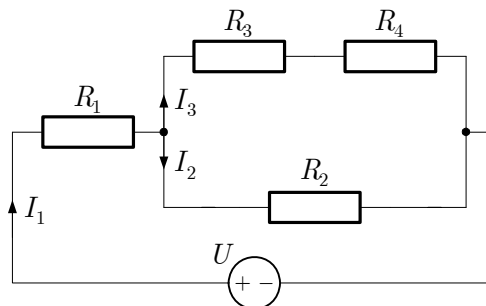
$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^3}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 0,7 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- d) Čas, v katerem elektron udari v ploščo

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{\frac{0,08}{0,7 \cdot 10^{15}}} = 10,7 \text{ ns} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**B02**

Vezje uporov z upornostmi  $R_1 = 8 \Omega$ ,  $R_2 = 80 \Omega$ ,  $R_3 = 50 \Omega$  in  $R_4 = 30 \Omega$  je priključeno na vir  $U = 48 \text{ V}$ .



- a) Izračunajte nadomestno upornost sestavljenega bremena. (2 točki)
- b) Izračunajte tok  $I_1$ . (2 točki)
- c) Izračunajte tok  $I_2$ . (2 točki)
- d) Izračunajte moč na uporu upornosti  $R_4$ . (2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

- a) Skupna upornost, s katero je obremenjen napetostni vir

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}} = R_1 + \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = 8 + \frac{80(50 + 30)}{80 + 50 + 30} = 48 \Omega \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- b) Izračun toka  $I_1$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{48}{48} = 1 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- c) Izračun toka  $I_2$

$$I_2 + I_3 = I_1$$

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3 + R_4}{R_2} = \frac{50 + 30}{80} = 1 \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{2} = 0,5 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- d) Izračun moči

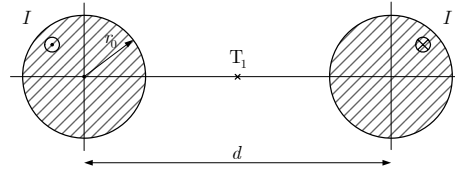
$$P_4 = R_4 I_3^2 = 30 \cdot 0,5^2 = 7,5 \text{ W} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**B03**

Vzporedna bakrena vodnika polmera  $r_0 = 2$  cm, dolžine  $l = 30$  m in medosne oddaljenosti  $d = 10$  cm oblikujeta simetrični dvovod. Tok v vodnikih dvovoda je  $I = 20$  A.

a) Narišite vektor magnetne sile na desni vodnik.

(2 točki)



b) Izračunajte absolutno vrednost magnetne sile na desni vodnik.

(2 točki)

c) Izračunajte absolutno vrednost vektorja gostote magnetnega pretoka v točki  $T_1$ , ki leži na sredini zveznice med osema vodnikov.

(2 točki)

d) Narišite vektor gostote magnetnega pretoka in izračunajte njegovo absolutno vrednost v točki  $T_2$  na premici skozi osi vodnikov, ki je od osi levega vodnika oddaljena za  $r_2 = 1$  cm.

(2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

a) Vektor magnetne sile na desni vodnik



..... 2 točki

b) Absolutna vrednost magnetne sile na desni vodnik

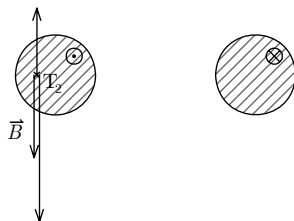
$$F_m = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20^2 \cdot 30}{2\pi \cdot 0,1} = 24 \text{ mN} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

c) Absolutna vrednost vektorja gostote magnetnega pretoka v točki  $T_1$

$$B = 2 \frac{\mu_0 I}{2\pi \left(\frac{d}{2}\right)} = 2 \frac{\mu_0 I}{\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{\pi \cdot 0,05} = 160 \text{ } \mu\text{T} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

d) Vektor gostote magnetnega pretoka v  $T_2$

Skica vektorja gostote magnetnega pretoka v točki  $T_2$



..... 1 točka

Absolutna vrednost vektorja gostote magnetnega pretoka v točki  $T_2$

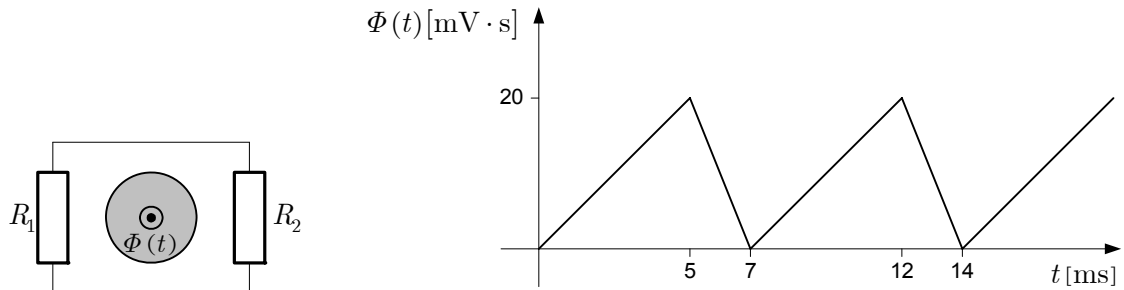
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0^2} r_2 - \frac{\mu_0 I}{2\pi (d + r_2)} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0,02^2} \cdot 0,01 - \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0,11}$$

$$B = 100 - 36,36 = 63,64 \text{ } \mu\text{T} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$



**B04**

V feromagnetnem stebru se magnetni pretok  $\Phi(t)$  spreminja periodično po dani časovni funkciji. Okrog feromagnetnega stebra je sklenjena zanka z uporoma  $R_1 = 30 \Omega$  in  $R_2 = 20 \Omega$ . V zanki se inducira napetost  $u$  in v njej teče inducirani tok  $i$ .



- Kolikšna je inducirana napetost  $u$  v intervalu od 0 ms do 5 ms? (2 točki)
- Kolikšen je inducirani tok  $i$  v zanki ob času  $t = 6$  ms? (2 točki)
- Kolikšna je moč na upor  $R_1 = 30 \Omega$  ob času  $t = 6$  ms? (2 točki)
- Izračunajte srednjo vrednost  $U_{\text{sr}}$  inducirane napetosti. (2 točki)

**Rešitev in navodila za ocenjevanje:**

- a) Inducirana napetost v prvem intervalu

$$u = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{s}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = -4 \text{ V} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- b) Inducirani tok v zanki

$$i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \frac{1}{R_1 + R_2} = -\frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} \frac{1}{50 \Omega} = 0,2 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- c) Moč na motorju

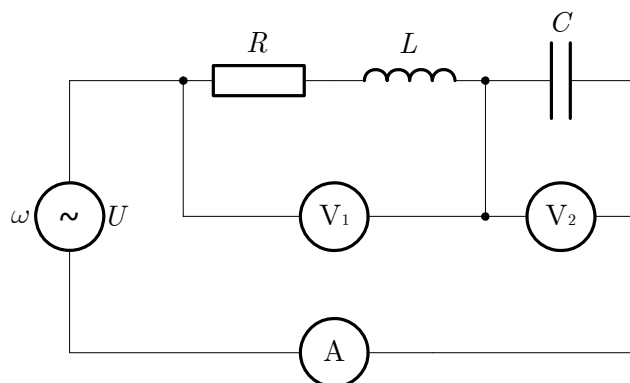
$$P_2 = R_2 i^2 = 30 \Omega \cdot (0,2 \text{ A})^2 = 1,2 \text{ W} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- d) Srednja vrednost napetosti

$$U_{\text{sr}} = \frac{1}{7 \cdot 10^{-3} \text{ s}} (-4 \text{ V} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ s} + 10 \text{ V} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}) = 0 \text{ V} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**B05**

Zaporedni nihajni krog z uporabo upornosti  $R = 2 \Omega$ , tuljavo induktivnosti  $L = 10 \mu\text{H}$  in kondenzatorjem kapacitivnosti  $C = 100 \text{ nF}$  je vzbujan s harmoničnim virom efektivne napetosti  $U = 5 \text{ V}$  in spremenljive frekvence (frekvenčni generator).



- a) Kolikšen je odčitek z ampermetra v resonanci? (2 točki)
- b) Kolikšen je odčitek z voltmetra  $V_2$  v resonanci? (2 točki)
- c) Kolikšen je odčitek z voltmetra  $V_1$  v resonanci? (2 točki)
- d) Kolikšen bi bil odčitek drugega voltmetra, če bi bila frekvenca generatorja veliko manjša od resonančne frekvence nihajnega kroga? (2 točki)

**Rešitev in navodila za ocenjevanje**

- a) Odčitek z ampermetra v resonanci  

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$
- b) Izračun napetosti, ki jo meri drugi voltmeter  

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-5} \cdot 10^{-7}}} = 10^6 \text{ rad/s} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$U_2 = \frac{1}{\omega_0 C} I = \frac{1}{10^6 \text{ s}^{-1} \cdot 10^{-7} \text{ H}} \cdot 2,5 \text{ A} = 25 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$
- c) Izračun napetosti, ki jo meri prvi voltmeter  

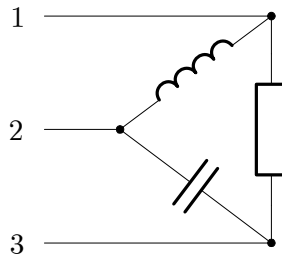
$$U_1 = \sqrt{R^2 + (\omega_0 L)^2} I = \sqrt{2^2 + (10^6 \cdot 10^{-5})^2} \cdot 2,5 = 25,5 \text{ V} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$
- d) Odgovor  
 Pri frekvenci, ki je veliko manjša od resonančne, je absolutna vrednost impedance kondenzatorja veliko večja od absolutnih vrednosti impedanc ostalih dveh elementov, zato je odčitek drugega voltmetra praktično enak efektivni vrednosti napetosti vira. 2 točki

**B06**

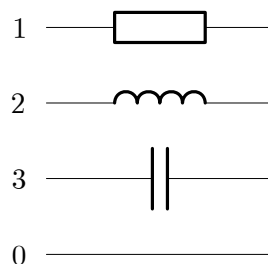
Upor, kondenzator in tuljava so priključeni na simetrični trifazni sistem v vezavi trikot.

Absolutne vrednosti njihovih impedanc so:  $Z_R = 25 \Omega$ ,  $Z_C = 20 \Omega$  in  $Z_L = 40 \Omega$ .

Efektivna vrednost medfazne napetosti je  $U = 400 \text{ V}$ .



- a) Izračunajte delovno moč upora. (2 točki)
- b) Izračunajte jalovo moč kondenzatorja. (2 točki)
- c) Izračunajte jalovo moč tuljave. (2 točki)
- d) Izračunajte kompleksno moč  $\underline{S} = P + jQ$  trifaznega bremena, ko so isti elementi priključeni na isti trifazni sistem v vezavi zvezda z nevtralnim vodnikom. (2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

- a) Delovna moč upora

$$P_R = \frac{U^2}{Z_R} = \frac{400^2}{25} = 6,4 \text{ kW} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- b) Jalova moč kondenzatorja

$$Q = -\frac{U^2}{Z_C} = -\frac{400^2}{20} = -8 \text{ kvar} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- c) Jalova moč tuljave

$$Q = \frac{U^2}{Z_L} = \frac{400^2}{40} = 4 \text{ kvar} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

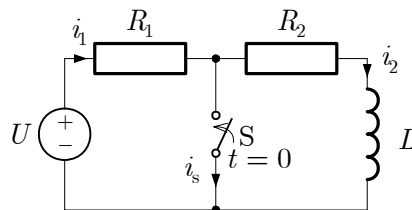
- d) Kompleksna moč trifaznega bremena v vezavi zvezda z nevtralnim vodnikom

$$\underline{S} = P + jQ = \frac{U_f^2}{Z_R} - j\frac{U_f^2}{Z_C} + j\frac{U_f^2}{Z_L}$$

$$\underline{S} = \frac{\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{25} - j\frac{\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{20} + j\frac{\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{40} = (2,13 - j1,33) \text{ kVA} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

**B07**

**Vežje ima podatke:**  $U = 2 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 0,1 \text{ } \Omega$  in  $L = 10 \text{ mH}$ . **V času**  $t = 0 \text{ s}$  **sklenemo stikalo S.**



- Določite vrednost toka  $i_2$  skozi tuljavo pred sklenitvijo stikala. (2 točki)
- Izračunajte magnetno energijo v tuljavi pred sklenitvijo stikala. (2 točki)
- Izračunajte časovno konstanto prehodnega pojava po sklenitvi stikala. (2 točki)
- Izračunajte tok  $i_s$  skozi stikalo v času ene časovne konstante po sklenitvi stikala. (2 točki)

**Rešitev in navodilo za ocenjevanje**

- a) Tok  $i_2$  pred sklenitvijo stikala

$$i_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{2}{2 \cdot 0,1} = 10 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- b) Magnetna energija pred sklenitvijo stikala

$$W_m = \frac{L i_2^2}{2} = \frac{10^{-2} \cdot 10^2}{2} = 500 \text{ mJ} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- c) Časovna konstanta prehodnega pojava

$$\tau = \frac{L}{R_2} = \frac{10^{-2}}{10^{-1}} = 100 \text{ ms} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

- d) Tok skozi stikalo v času ene časovne konstante

$$i_s(t) = \frac{U}{R_1} - \frac{U}{R_1 + R_2} e^{-t/\tau}$$

$$i_s(\tau) = \frac{U}{R_1} - \frac{U}{R_1 + R_2} e^{-1} = \frac{2}{0,1} - \frac{2}{0,2} e^{-1} = 16,32 \text{ A} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$