

# Županijsko natjecanje iz fizike, 2023.

## Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

### 1. zadatak (8 bodova)

Treba prepoznati da se tijelo giba po putanji koja je identična putanji matematičkog njihala, a sila podloge djeluje kao sila napetosti niti. Stoga zaključujemo da se radi o harmoničkom gibanju. **(2 boda)**

S obzirom da na početku tijelo miruje, zaključujemo da se radi o maksimalnoj visini tijela i da je tijelo na početku gibanja. Tijelo će nakon pola svog perioda doći na drugu stranu, gdje će opet mirovati, jer je ukupna energija tijela očuvana. Prema tome, brzina nakon vremena  $\tau$  je  $v = 0$  **(2 boda)**

Ukupno trajanje gibanja  $\tau$  je pola perioda matematičkog njihala: **(2 boda)**

$$\tau = \frac{1}{2} 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = \pi \sqrt{\frac{R}{g}},$$

$\tau = 31.72$  s. **(2 boda)**

### 2. zadatak (13 bodova)

Transformator je električni element koji prenosi električnu energiju iz jednog strujnog kruga u drugi i to tako da omjer napona (sukladno tome i omjer struje) ovisi o omjeru namotaja primara i sekundara. U ovom zadatku pojednostavljujemo prvo omjere  $N/M = n$  radi lakšeg zapisa. Tako je  $n_1 = 0.1$ ,  $n_2 = 2$ .

Izvore napona (izvor i sekundari transformatora) ćemo označavati s  $V_1$ ,  $V_2$  i  $V_3$ , a napon potrošen na transformatoru (napon na primaru) s  $U_1$  i  $U_2$ . Pišemo pad napona u tri strujna kruga: **(3 boda)**

$$V_1 - I_1 R_1 - U_1 = 0 \quad (1)$$

$$V_2 - I_2 R_2 - U_2 = 0 \quad (2)$$

$$V_3 - I_3 R_3 = 0 \quad (3)$$

Izražavamo omjer napona na transformatorima: **(2 boda)**

$$U_1 = n_1 V_2 \quad (4)$$

$$U_2 = n_2 V_3 \quad (5)$$

Te omjer struje na transformatorima: **(2 boda)**

$$I_2 = n_1 I_1 \quad (6)$$

$$I_3 = n_2 I_2 = n_1 n_2 I_1 \quad (7)$$

Uvrštavanjem (4-7) u (1-3):

$$V_1 - I_1 R_1 - n_1 V_2 = 0 \quad (8)$$

$$V_2 - n_1 I_1 R_2 - n_2 V_3 = 0 \quad (9)$$

$$V_3 - n_1 n_2 I_1 R_3 = 0 \quad (10)$$

$V_3$  sada možemo izraziti preko  $V_1$ , pa je (10): **(3 boda)**

$$I_1 (R_1 + n_1^2 R_2 + n_1^2 n_2^2 R_3) = V_1$$

Struja  $I_1 = 5.77$  A, a iz toga slijedi:  $I_2 = 0.577$  A,  $I_3 = 1.15$  A. **(3 boda)**

### 3. zadatak (8 bodova)

U serijskom spoju otpornika i kondenzatora ukupna impedancija dana je s: **(2 boda)**

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}.$$

Struja u krugu frekvencije  $f_0$  je  $I_0$ . Smanji li se frekvencija  $f = f_0/3$ , struja je tada  $I = I_0/2$ .

Struju ćemo naći iz Ohmovog zakona: **(1 bod)**

$$I = \frac{U}{Z}.$$

Ako se struja smanjila na pola, impedancija se povećala za  $Z = 2Z_0$ . **(1 bod)**

Pišemo impedancije preko frekvencije  $f$ , uz opasku da ako je  $f = f_0/3$ , tada je i  $\omega = \omega_0/3$ : **(2 boda)**

$$\sqrt{R^2 + \frac{9}{\omega_0^2 C^2}} = 2 \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega_0^2 C^2}}.$$

Dalje, kvadriramo obje strane:

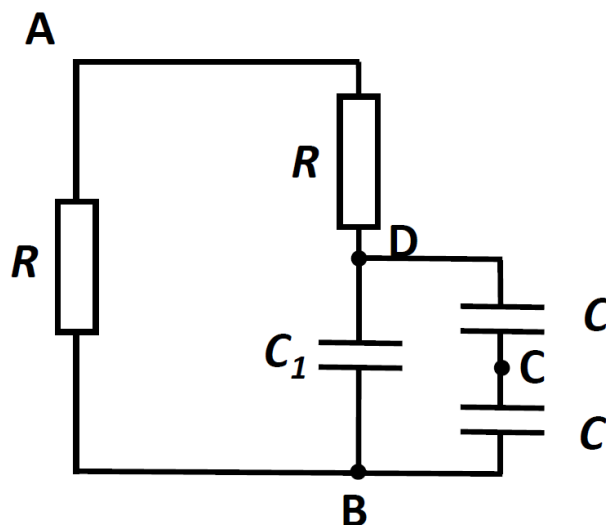
$$R^2 + \frac{9}{\omega_0^2 C^2} = 4R^2 + \frac{4}{\omega_0^2 C^2}$$

Konačno, iskoristimo pokratu  $Z_C^2 = \frac{1}{\omega_0^2 C^2}$ :  $5Z_C^2 = 3R^2$ .

Omjer je  $R/Z_C = \sqrt{5/3}$ . **(2 boda)**

4. zadatak (11 bodova)

Strujni krug možemo bolje nacrtati da vrste spojeva među elementima dođu do izražaja kao na slici: (2 boda)



Tri kondenzatora možemo preračunati u jedan efektivni kondenzator po pravilima paralelnog i serijskog zbrajanja kapaciteta: (2 boda)

$$C_{uk} = C_1 + \frac{1}{\frac{1}{C} + \frac{1}{C}} = C_1 + \frac{C}{2}$$

Iz  $C_1 = C/2$  slijedi  $C_{uk} = C$ . Primjećujemo također da je impedancija grane DCB jednaka impedanciji grane DB. S obzirom da su zadnje točke tih grana na jednakoj razlici napona, možemo zaključiti da je struja kroz obje grane jednaka. Zato je struja  $I_{AD} = 2I_{DB}$ , odnosno  $I_{AB} = \frac{3}{2}I_{AD}$ . Zbog toga zaključujemo: (2 boda)

$$Z_{RC} = \frac{3}{2}Z_{AB}$$

Raspisivanjem i kvadriranjem:

$$\begin{aligned} 2\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} &= 3R \\ 4R^2 + \frac{4}{\omega^2 C^2} &= 9R^2 \\ \frac{1}{\omega^2 C^2} &= \frac{5}{4}R^2 \end{aligned}$$

Fazni pomak je dan s: (3 boda)

$$\tan \vartheta = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\omega C} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

Uvrštavanjem veličina dobijemo:  $\vartheta = 48^\circ$ . (2 boda)

### 5. zadatak (10 bodova)

Konstantna struja uz konstantni otpor znači da je i inducirani napon konstantan. S obzirom da se radi o jednolikom gibanju možemo pisati izraz: **(2 boda)**

$$U = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t}$$

Da bi inducirani napon bio konstantan, površina petlje se mora jednolično mijenjati. Promatranjem slike, zaključujemo da je to jedino moguće ako je kut  $\alpha = 90^\circ$  ili  $\alpha = 0^\circ$ . Svaki odgovor nosi po dva boda. **(4 boda)**

U tom slučaju, možemo izraziti  $\Delta S/\Delta t = a\Delta b/\Delta t = av$ , gdje je  $a$  stranica paralelna na granicu područja, a  $b$  okomita.

Oslobodenu toplinsku energiju možemo izraziti preko struje i napona:  $Q = UIt$ . **(2 boda)**

Kombiniranjem ovog izraza i prvog:

$$\frac{Q}{It} = \frac{Bav}{I} \frac{Q}{I} = Bavt = Bab = BS$$

Površina je:

**(2 boda)**

$$S = \frac{Q}{IB} = 0.125 \text{ m}^2 .$$