

# XLI OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

## Zawody II stopnia

### Zadania dla grupy elektryczno-elektronicznej

#### Zadanie 1

Czajnik elektryczny z grzałką o parametrach znamionowych  $P_{n1}/U_{n1} = 2200 \text{ W}/250 \text{ V}$  zasilany z sieci elektroenergetycznej napięciem znamionowym zagotuje  $V = 1 \text{ l}$  wody o temperaturze pokojowej  $T_p = 23^\circ \text{ C}$  w czasie  $t_0 = 3,5 \text{ min}$ .

Policzyć, o ile wydłuży się, przy tych samych warunkach zewnętrznych, czas zagotowania  $1 \text{ l}$  wody, jeżeli w czajniku wymieniono grzałkę na grzałkę o identycznej budowie i wymiarach geometrycznych, ale o innych parametrach znamionowych,  $P_{n2}/U_{n2} = 1500 \text{ W}/240 \text{ V}$ . Ile wody należałoby dolać do czajnika z grzałką o większej mocy, żeby czas zagotowania wody był identyczny jak w czajniku gotującym  $1 \text{ l}$  wody z mniejszą grzałką. Oszacować sprawność energetyczną czajnika.

Przyjąć, że rezystywność materiału, z jakiego wykonano grzałkę jest stała, gęstość wody  $\rho = 1 \text{ kg/l}$ , ciepło właściwe wody  $c = 4187 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , temperatura wrzenia wody  $T_w = 100^\circ \text{ C}$ .

Autor: Piotr Fabijański  
Koreferent: Paweł Fabijański

#### Zadanie 2

Oprócz akumulatorów, które są chemicznymi magazynami energii elektrycznej można energię elektryczną przechowywać w innych zasobnikach, które przedstawiono na rys.1.

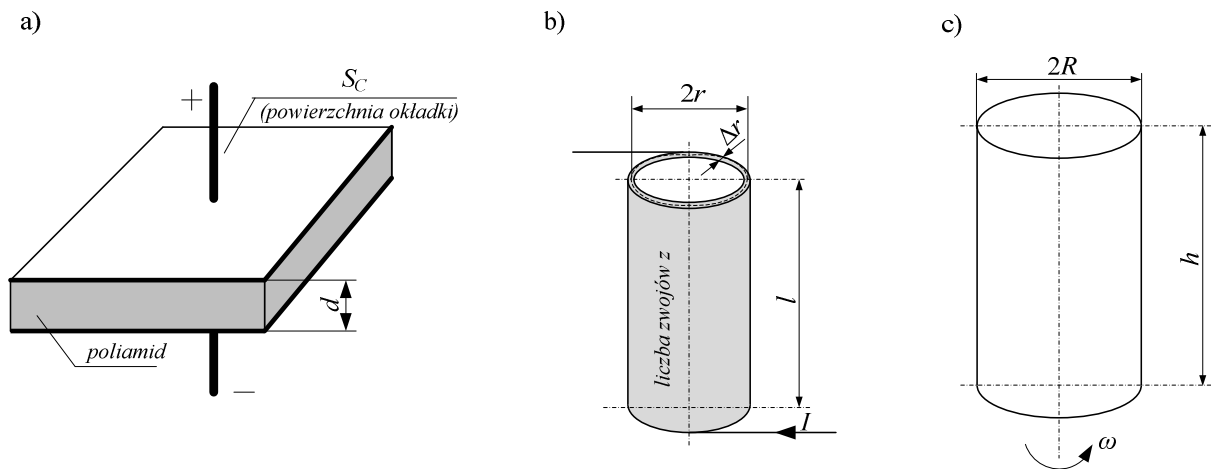
*Maksymalna energia zgromadzona w polu elektrycznym* kondensatora  $C$  (rys.1a) jest ograniczona przez wytrzymałość dielektryczną  $K_u$ , która określa odporność na przebicie zastosowanego w kondensatorze izolatora.

$$K_u = \frac{U_{max}}{d} \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right], \quad (1)$$

gdzie:  $U_{max}$  [V] maksymalna wartość napięcia na kondensatorze,  $d$  [m] – odległość pomiędzy okładkami kondensatora.

---

Patronem honorowym OWT jest Minister Gospodarki.  
Organizatorem OWT jest Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.  
Olimpiada jest finansowana ze środków MEN.



Rys.1. Magazynowanie energii elektrycznej:

- a) w polu elektrycznym kondensatora, b) w polu magnetycznym dławika indukcyjnego, c) w postaci energii kinetycznej wirującej masy (koło zamachowe).

Maksymalna energia zgromadzona w polu magnetycznym dławika indukcyjnego  $L$  (rys.1b) jest ograniczona przez siłę elektrodynamiczną rozrywającą uzwojenia cewki z prądem. W tym przypadku maksymalne naprężenie mechaniczne  $\sigma_{max}$  występujące przy rozrywaniu jest opisane wzorem:

$$\sigma_{max} = \frac{B_{max}^2 r}{2 \mu_0 \Delta r} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]. \quad (2)$$

Maksymalną energię kinetyczną bezwładnika wykonanego w postaci walca (rys.1c) określa maksymalna wartość prędkości liniowej na zewnętrznej powierzchni cylindra, którą wyznacza się ze wzoru:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{\sigma_{rmax}}{\rho_w}}, \quad (3)$$

gdzie  $\sigma_{rmax}$  [Pa] – dopuszczalne naprężenia na rozciąganie,  $\rho_w \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$  – gęstość materiału z jakiego wykonano walec.

Wiedząc, że znane są następujące parametry:

- dla kondensatora
  - dielektryk – poliamid,
  - $K_u = 140 \text{ kV/mm}$  – wytrzymałość elektryczna poliamidu,
  - $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  – przenikalność dielektryczna próżni,

- $\varepsilon_R = 2,6$  - względna przenikalność dielektryczna poliamidu,
- $\rho_p = 900 \text{ kg/m}^3$  - gęstość poliamidu,
- dla dławika indukcyjnego
  - $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$  - przenikalność magnetyczna próżni,
  - $\rho_{Cu} = 9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  - gęstość miedzi,
  - $\sigma_{max} = 5 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$  - dopuszczalne naprężenia rozrywające uzwojenia dławika,
  - $\Delta r = 0,2 r$  - grubość uzwojenia (rys.1b),
- dla wirującego walca
  - materiał bezwładnika - włókno węglowe,
  - $\sigma_{rmax} = 2,4 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$  - dopuszczalne naprężenia na rozciąganie,
  - $\rho_w = 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  - gęstość włókna węglowego,

wykazać dla wymienionych w zadaniu zasobników, że stosunek maksymalnej, możliwej do zgromadzenia w każdym z nich energii do jego masy jest równy:

- dla kondensatora:

$$\frac{W_{Cmax}}{m_C} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_R K_u^2}{2 \rho_p}, \quad (4)$$

- dla dławika indukcyjnego:

$$\frac{W_{Lmax}}{m_L} = \frac{\sigma_{max}}{2 \rho_{Cu}}, \quad (5)$$

- dla wirującego walca:

$$\frac{W_{Kmax}}{m_w} = \frac{\sigma_{rmax}}{2 \rho_w}. \quad (6)$$

Obliczyć  $\frac{W_{Cmax}}{m_C}$ ,  $\frac{W_{Lmax}}{m_L}$ ,  $\frac{W_{Kmax}}{m_w}$  dla podanych w zadaniu danych, porównać wyniki

i podać wnioski.

Uwaga:

W obliczeniach pominąć objętość i masę okładek kondensatora, objętość i masę izolacji powietrznego dławika indukcyjnego oraz masę dodatkowych elementów i urządzeń współpracujących z wirującym walcem. Przyjąć, że:

– indukcyjność dławika:

$$L = \frac{\mu_0 S_L z^2}{l}, \quad (7)$$

– moment bezwładności walca:

$$J = \frac{m_w R^2}{2}. \quad (8)$$

Autor: Grzegorz Kamiński  
Koreferent: Paweł Fabijański

### Zadanie 3

Czy istnieje taki system liczbowy o postawie  $p > 0$ , w którym daną liczbę można zapisać w postaci ułamka  $\frac{3002}{200}$  lub w postaci liczby mieszanej 13,01? Jaki to system i jaka to liczba?

Autor: Paweł Fabijański  
Koreferent: Piotr Fabijański