



## **„EUROELEKTRA” Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej Rok szkolny 2013/2014**

### **Zadania z elektrotechniki na zawody II stopnia**

#### **Zadanie 1**

W zakładowej stacji transformatorowej 15/0,4 kV zainstalowano cztery identyczne transformatory o danych:  $S_n = 1000 \text{ kVA}$ ,  $U_{1n} = 15750 \text{ V}^{\pm 2 \times 2,5\%}$ ,  $U_{2n} = 400 \text{ V}$ , Dyn11,  $u_k = 6\%$ ,  $\Delta P_0 = 2300 \text{ W}$ ,  $\Delta P_{Cu75} = 9600 \text{ W}$ . Transformatory pracują na głównym zaczeple przełącznika zaczeplów. W tym stanie pracy wszystkie mają jednakowe napięcia zwarcia, równe znamionowemu napięciu zwarcia, oraz jednakowe przekładnie. Bieżące obciążenie zakładu wynosi  $S_\Sigma = 1800 \text{ kVA}$ . Ile transformatorów należy załączyć do pracy równoległej, aby straty przy transformacji były najmniejsze? Przyjmij, że napięcie zasilania transformatorów jest stałe i równe znamionowemu.

#### **Zadanie 2**

Silnik indukcyjny klatkowy ma następujące dane znamionowe, określone dla temperatury uzwojeń maszyny równej  $\vartheta_0 = 40^\circ\text{C}$ :

$U_n = 400 \text{ V Y}$  – napięcie znamionowe,

$P_n = 55 \text{ kW}$  – moc znamionowa,

$f_n = 50 \text{ Hz}$  – częstotliwość znamionowa,

$n_n = 1470 \text{ obr/min}$  – znamionowa prędkość obrotowa,

$\lambda_n = M_{\max n}/M_n = 2,24$  – przeciążalność znamionowa.

Przy obciążeniu silnika pewnym stałym momentem oporowym jego prędkość obrotowa przy temperaturze uzwojeń równej  $40^\circ\text{C}$  wyniosła  $1480 \text{ obr/min}$ . W czasie pracy silnika, zasilanego z falownika tranzystorowego, jego uzwojenia nagrzały się do temperatury  $\vartheta = 150^\circ\text{C}$ . Jak zmieni się przy tej temperaturze uzwojeń prędkość obrotowa silnika przy niezmiennym momencie oporowym i o ile procent zmniejszy się lub zwiększy moment rozruchowy silnika? W rozważaniach pominij wpływ zmian rezystancji uzwojenia stojana silnika na parametry silnika oraz skorzystaj z uproszczonego wzoru Klossa.

Wskazówka:

zależność rezystancji uzwojeń, wykonanych z miedzi lub aluminium, od temperatury opisuje następujący wzór

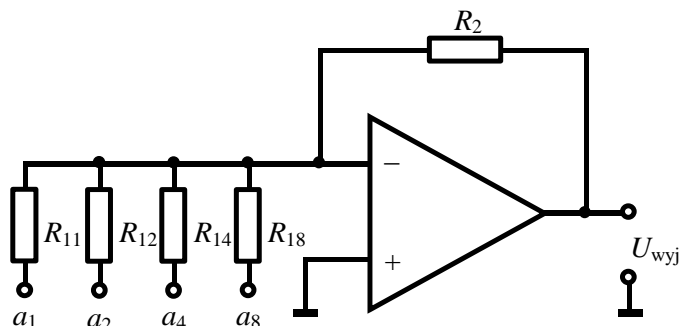
$$R_\vartheta = R_0 \frac{235 + \vartheta}{235 + \vartheta_0},$$

w którym:  $R_\vartheta$  – rezystancja uzwojeń silnika w temperaturze  $\vartheta$ ,

$R_0$  – rezystancja uzwojeń w temperaturze  $\vartheta_0$ .

### Zadanie 3

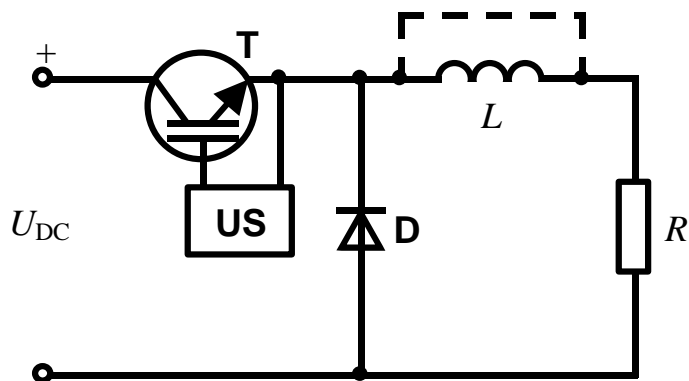
Dany jest przetwornik cyfrowo-analogowy o schemacie przedstawionym na rysunku 1, zamieniający dowolną, czterobitową liczbę, przedstawioną w naturalnym kodzie dwójkowym, na odpowiadający jej analogowy sygnał napięciowy. Dobierz rezystancję rezystorów wejściowych oraz wyznacz zdolność rozdzielczą przetwornika, czyli wartość zmiany napięcia wyjściowego przetwornika przy zmianie wartości cyfrowego sygnału wejściowego o jeden. Poziom wysoki sygnał cyfrowy (jedynki logicznej) wynosi  $-5\text{ V}$ , a poziomy niski (zera logicznego)  $0\text{ V}$ . Maksymalny analogowy sygnał wyjściowy przetwornika powinien być równy  $10\text{ V}$ . Rezystor w pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego ma wartość  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ . Przyjmij, że dysponujesz rezystorami o dowolnej wartości.



Rys. 1. Schemat przetwornika

### Zadanie 4

Do ogrzewania zajezdni tramwajowej wykorzystano grzejnik o mocy znamionowej  $P_n = 6\text{ kW}$  i o rezystancji w stanie nagrzanym równej  $R = 40\ \Omega$ . Grzejnik zasilany jest z tramwajowej sieci trakcyjnej prądu stałego o napięciu równym  $U_{DC} = 660\text{ V}$  za pośrednictwem tranzystorowego przekształtnika impulsowego DC/DC, wykorzystującego modulację szerokości impulsów (rys. 2). Dla ułatwienia eksploatacji grzejnika na potencjometrze (wewnątrz modułu US) do regulacji wydajności ogrzewania oznaczono cztery punkty, określające moc grzejnika przy znamionowym napięciu zasilania:  $0\text{ kW}$ ,  $2\text{ kW}$ ,  $4\text{ kW}$  i  $6\text{ kW}$ . Po pewnym czasie uległ awarii dławik wygładzający przekształtnika (przerwa w uzwojeniu). Postanowiono dławik zewrzeć i prowadzić eksploatację grzejnika w układzie bez dławika wygładzającego. Wyznacz nowe wartości mocy, odpowiadające punktom zaznaczonym na potencjometrze regulacyjnym. Załóż, że napięcie zasilania przekształtnika i wartość rezystancji grzejnika są stałe i równe wartościom znamionowym. Ponadto przyjmij, że w układzie z dławikiem wygładzającym częstotliwość przełączeń była równa  $f_{PWM} = 1000\text{ Hz}$ , a indukcyjność  $L$  cewki była tak dobrana, że prąd płynący przez rezystor był ciągły i idealnie wygładzony, a także że rezystancja tranzystora w stanie przewodzenia i rezystancja przewodów łączeniowych są równe zero.



Rys. 2. Schemat zasilania grzejnika

### **Zadanie 5**

Odbiornik trójfazowy jest zasilany 5-żyłowym przewodem miedzianym w izolacji polwinitowej (obciążone są trzy żyły przewodu), o przekroju każdej żyły  $50 \text{ mm}^2$ . Instalacja jest wykonana w ten sposób, że długotrwała obciążalność prądowa żył wynosi  $I_Z = 134 \text{ A}$ , przy znamionowej temperaturze otoczenia równej  $\Delta \vartheta_{\text{on}} = 30^\circ\text{C}$ . Odbiornik przewidziany jest do pracy dorywczej (krótkookresowej), trwającej 5 minut. Wyznacz największą wartość prądu, którą może pobierać ten odbiornik przy pracy dorywczej, tak aby nie przekroczyć temperatury granicznej, dopuszczalnej długotrwale, która dla tego typu przewodów wynosi  $\vartheta_{\text{dd}} = 70^\circ\text{C}$ . Do obliczeń przyjmij, że maksymalna temperatura otoczenia wynosi  $\Delta \vartheta_o = \Delta \vartheta_{\text{on}} = 30^\circ\text{C}$ . Ciepłna stała czasowa przewodów wynosi  $\tau = 660 \text{ s}$ .

Wskazówka:

Praca dorywcza urządzenia elektrycznego charakteryzuje się tym, że trwa ona przez tak krótki czas, że urządzenie nie osiąga temperatury ustalonej (ustalonego przyrostu temperatury). Po tym czasie pracy następuje przerwa trwająca tak długo, aż urządzenie osiągnie temperaturę otoczenia.

Krzywą nagrzewania przewodu opisuje równanie

$$\Delta \vartheta = \vartheta - \vartheta_o = \Delta \vartheta_{\text{ust}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right),$$

w którym:  $\tau$  – ciepłna stała czasowa przewodów,  $\Delta \vartheta$  – przyrost temperatury przewodu,  $\Delta \vartheta_{\text{ust}}$  – ustalony przyrost temperatury przewodu,  $\vartheta$  – temperatura przewodu,  $\vartheta_o$  – temperatura otoczenia.

***Opracował***  
**dr inż. Mirosław Miszewski**  
**PESA Bydgoszcz SA**

***Sprawdził***  
**dr inż. Sławomir Cieřlik**  
**UTP Bydgoszcz**

***Zatwierdził***  
**Przewodniczący**  
**Rady Naukowej Olimpiady**  
**dr inż. Sławomir Cieřlik**