

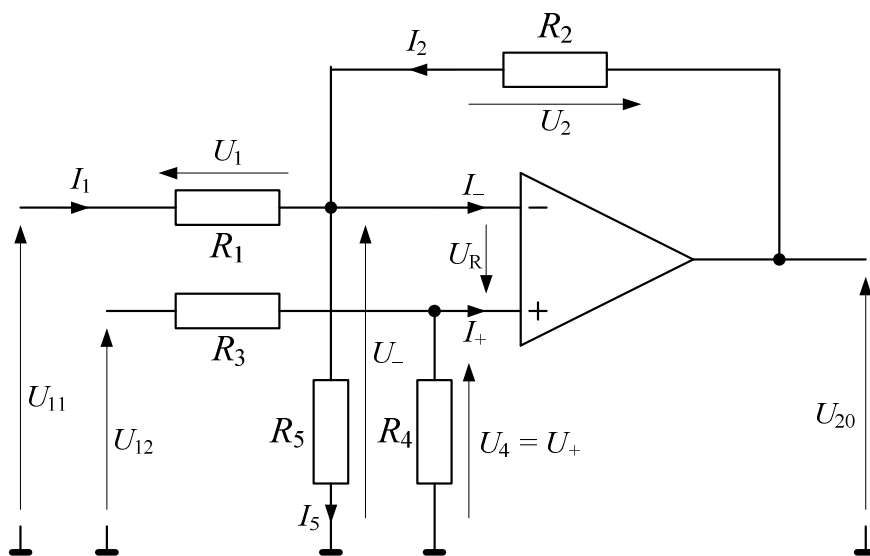
XL OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

Zawody III stopnia

Rozwiązania zadań dla grupy elektryczno-elektronicznej

Rozwiązanie zadania 1

Warunki zadania spełnia układ przedstawiony na rysunku (rys.1).



Rys.1. Układ realizujący sumowanie $U_{20} = -2 U_{11} + 5 U_{12}$

Funkcję przenoszenia tego układu, przy założeniu, że wzmacniacz jest idealny można wyznaczyć zapisując układ równań:

$$U_R = 0 \quad I_- = I_+ = 0 ,$$

$$U_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_{12} ,$$

$$U_- = I_5 R_5 = U_{11} - I_1 R_1 = U_{20} - U_2 ,$$

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

$$U_2 = I_2 R_2,$$

$$U_+ = U_-,$$

$$I_5 = I_1 + I_2.$$

Po przekształceniu

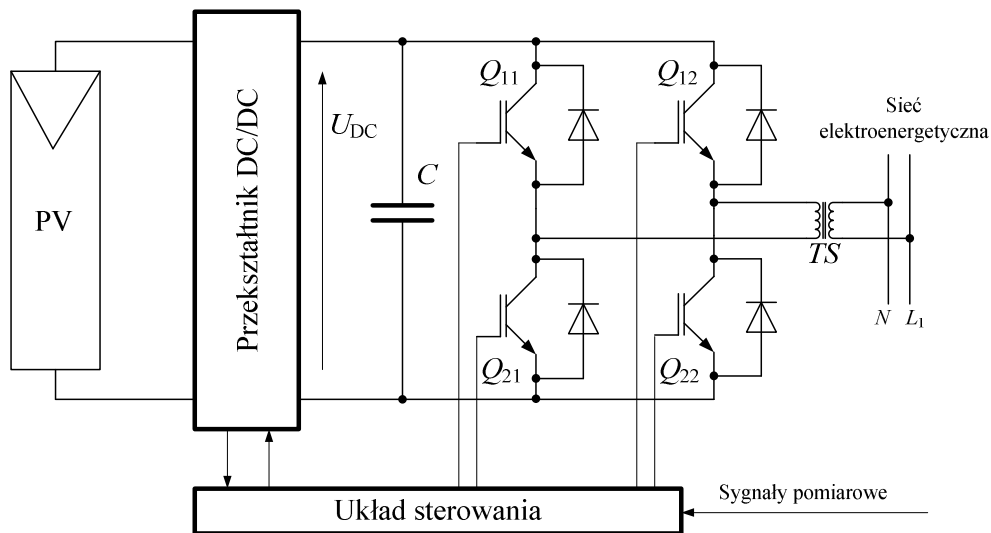
$$U_{20} = -\frac{R_2}{R_1} U_{11} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_5} + 1 \right) U_{12}.$$

Współczynniki stojące przy zmiennych U_{11} i U_{12} muszą mieć wartości:

$$\frac{R_2}{R_1} = 2, \quad \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_5} + 1 \right) = 5.$$

Przykładowe wartości rezystorów spełniające warunki zadania: $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 8 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$.

Rozwiązanie zadania 2



Rys.1. Przykładowy układ z falownikiem napięcia umożliwiający współpracę baterii fotowoltaicznej z siecią elektroenergetyczną

Ad.a) Schemat falownika napięcia sprzęgający baterię fotowoltaiczną z siecią elektroenergetyczną przedstawiono na rys.1. Pomędzy zaciskami sieci elektroenergetycznej i zaciskami wyjściowymi falownika umieszczono dodatkowo transformator, który zapewnia separację galwaniczną obwodów. Napięcie U_{DC} w obwodzie pośredniczącym, zasilające falownik można regulować w układzie przekształtnika DC/DC poprzez zmianę współczynnika modulacji m .

Ad.b) Sprawność układu przekształcania energii słonecznej na energię elektryczną można obliczyć ze wzoru:

$$\eta_C = \eta_B \eta_F = 0,195 \cdot 0,97 = 0,18915 ; \quad \eta_C \approx 19\% .$$

Odczytane z charakterystyk ogniwa współrzędne punktu mocy maksymalnej przy natężeniu oświetlenia równym 1000 W/m^2 to odpowiednio: $U_{MPP1} = 38 \text{ V}$ i $I_{MPP1} = 5 \text{ A}$ (patrz treść zadania wykres na rys.1). Zatem moc maksymalna jaką można pobrać z tej baterii jest równa:

$$P_{MAX} = 12 U_{MPP1} I_{MPP1} = 12 \cdot 38 \cdot 5 = 2280 \text{ W}.$$

Ad.c) Minimalne użyteczne napięcie baterii fotowoltaicznej U_{DCMIN} można oszacować zakładając maksymalną wartość współczynnika głębokości modulacji napięcia zasilającego falownik $m = 1$. Ponieważ amplituda napięcia wyjściowego falownika powinna być równa:

$$U_{MFMIN} = 1,05 U_{MS} = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot U_S = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 230 = 341,5 \text{ V},$$

to

$$U_{DCMIN} = \frac{U_{MFMIN}}{m} = \frac{341,5}{1} = 341,5 \text{ V}.$$

Ad.d) Jeżeli natężenie oświetlenia zmniejszyło się do 200 W/m^2 to wraz z nim zmniejszyła się wartość napięcia i prąd pojedynczego ogniwa. W tym wypadku współrzędne punktu mocy maksymalnej są odpowiednio równe: $U_{MPP2} = 36 \text{ V}$ i $I_{MPP2} = 1 \text{ A}$ (patrz treść zadania wykres na rys.1). Moc pobierana z baterii zmniejszy się i będzie równa:

$$P_{MIN} = 12 U_{MPP2} I_{MPP2} = 12 \cdot 36 \cdot 1 = 432 \text{ W}.$$

Uwzględniając sprawność falownika moc oddawana do sieci zmniejszy się i będzie miała wartość:

$$P_S = \eta_F P_{MIN} = 0,97 \cdot 432 = 419,04 \approx 419 \text{ W}.$$

Wartość skuteczna prądu wpływającego do sieci elektroenergetycznej jest zatem równa:

$$I_S = \frac{P_S}{U_S} = \frac{419}{230} = 1,82 \text{ A}.$$

Ad.e) Rezystor obciążenia baterii fotowoltaicznej dla natężenia oświetlenia 200 W/m^2

$$R_{MAX} = \frac{12 U_{MPP2}}{I_{MPP2}} = \frac{12 \cdot 36}{1} = 432 \Omega .$$

Dla natężenia oświetlenia 1000 W/m^2

$$R_{MIN} = \frac{12 U_{MPP1}}{I_{MP1}} = \frac{12 \cdot 38}{5} = 91,2 \Omega .$$

Rozwiązanie zadania 3

Z podanych w zadaniu danych wynika, że średnica zewnętrzna uzwojenia jest równa:

$$D_{Umax} = D_U - \frac{D}{2} - \frac{d}{2} = 82 - \frac{72}{2} - \frac{52}{2} = 20 \text{ mm}.$$

Wewnętrzna średnica uzwojenia

$$D_{Umin} = \frac{D}{2} - \frac{d}{2} = \frac{72}{2} - \frac{52}{2} = 10 \text{ mm}.$$

Średnia średnica uzwojenia

$$D_{Um} = \frac{D_{Umax} + D_{Umin}}{2} = \frac{20 + 10}{2} = 15 \text{ mm}.$$

Średnia długość jednego zwoju $l_{Um} = \pi D_{Um}$,

liczba zwojów dławika wynosi:

$$z = \frac{l_D}{\pi D_{Um}} = \frac{220}{\pi \cdot 0,015} \approx 4670 \text{ zwojów}.$$

Masa zużytej miedzi można być obliczyć ze wzoru:

$$m_{Cu} = V_{Cu} \rho_{Cu} ,$$

gdzie V_{Cu} objętość uzwojenia (średnica drutu nawojowego $d_{Cu} = 0,1 \text{ mm}$)

$$V_{Cu} = S_{Cu} l_D = \frac{\pi d_{Cu}^2}{4} l_D = \frac{\pi \cdot 0,1^2 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{4} \cdot 220.$$

$$\begin{aligned} m_{Cu} &= S_{Cu} l_D \rho_{Cu} = \frac{\pi d_{Cu}^2}{4} l_D \rho_{Cu} = \frac{\pi \cdot 0,1^2 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{4} \cdot 220 \cdot 8920 = \\ &= 0,00785 \cdot 10^{-6} \cdot 220 \cdot 8920 \approx 15,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 15,4 \text{ g}. \end{aligned}$$

Przepływ Θ jest równy:

$$\Theta = I z.$$

Prąd płynący przez dławik można obliczyć stosując prawo Ohma:

$$I = \frac{U}{R_{Cu}},$$

gdzie R_{Cu} rezystancja uzwojenia.

$$R_{Cu} = \frac{l_D}{\gamma_{Cu} S_{Cu}} = \frac{220}{56 \cdot 10^6 \cdot 0,00785 \cdot 10^{-6}} \approx 500 \Omega.$$

$$\Theta = \frac{U}{R_{Cu}} z = \frac{24}{500} \cdot 4670 = 0,048 \cdot 4670 \approx 224 \text{ A (amperozwojów)}.$$

Średnia droga magnetyczna l_m dla rdzenia zastosowanego w dławiku:

$$l_m = \pi d_m = \pi \frac{D + d}{2} = \pi \cdot \frac{(72 + 52) \cdot 10^{-3}}{2} = \pi \cdot 62 \cdot 10^{-3} \approx 0,195 \text{ m}.$$

Natężenie pola magnetycznego w rdzeniu jest zatem równe:

$$H = \frac{\Theta}{l_m} = \frac{224}{0,195} = 1148,7 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

Rozwiązanie problemu technicznego

Napięcie na zaciskach odbiornika w trzecim eksperymencie można wyznaczyć znając siłę elektromotoryczną E i rezystancję wewnętrzną R_B akumulatora. Parametry te można oszacować analizując wyniki pierwszego i drugiego eksperymentu.

Z wypadkowych charakterystyk prądowo-napięciowych szeregowo połączonych: grzałki i żarówki oraz równolegle połączonych: grzałki i wentylatora można odczytać, że w pierwszym eksperymencie dla $U_1 = 15,4 \text{ V}$ prąd akumulatora jest równy $I_{B1} = 8,8 \text{ A}$, a w drugim dla $U_2 = 12,5 \text{ V}$, $I_{B2} = 17,5 \text{ A}$. Siłę elektromotoryczną akumulatora i jego rezystancję wewnętrzną można zatem obliczyć rozwiązując układ równań:

$$\frac{E - U_1}{R_B} = I_{B1},$$

$$\frac{E - U_2}{R_B} = I_{B2}.$$

Po przekształceniu

$$R_B = \frac{U_1 - U_2}{I_{B2} - I_{B1}} = \frac{15,4 - 12,5}{17,5 - 8,8} = 0,33 \Omega \approx 0,3 \Omega,$$

$$E = \frac{I_{B2} U_1 - I_{B1} U_2}{I_{B2} - I_{B1}} = \frac{17,5 \cdot 15,4 - 8,8 \cdot 12,5}{17,5 - 8,8} = 18,3 \text{ V} \approx 18 \text{ V}.$$

W trzecim eksperymencie połączono szeregowo-równolegle elementy R_G , R_Z , R_W . Punkt przecięcia wypadkowej charakterystyki prądowo-napięciowej odbiornika $(R_G + R_W) \parallel R_Z$, i charakterystyki akumulatora wyznacza punkt pracy akumulatora i odbiornika. Punkt ten ma współrzędne: $U_3 = 13,2 \text{ V}$, $I_{B3} = 16,2 \text{ A}$.

Zastępując akumulator prądnicą napięcie U_P na jej zaciskach musi być równe U_3 . Z charakterystyki regulacyjnej prądnicy można zatem odczytać, że wymagany prąd wzbudzenia ma wartość $I_f \approx 140 \text{ mA}$.

Wyznaczając kolejno punkty pracy elementów R_G , R_Z , R_W i odczytując odpowiednie wartości z charakterystyk prądowo-napięciowych można obliczyć przybliżone moce tych elementów:

1. grzałka (z charakterystyki $U_G = 4,0 \text{ V}$, $I_G = I_W = 3,7 \text{ A}$)

$$P_G = U_G I_G = 4,0 \cdot 3,7 = 14,8 \text{ W},$$

2. wentylator (z charakterystyki $U_W = 9,2 \text{ V}$, $I_W = I_G = 3,7 \text{ A}$)

$$P_W = U_W I_W = 9,2 \cdot 3,7 = 34,04 \text{ W},$$

3. żarówka (z charakterystyki $U_Z = U_P = 13,2 \text{ V}$, $I_Z = 12,5 \text{ A}$)

$$P_Z = U_Z I_Z = 13,2 \cdot 12,5 = 165 \text{ W}.$$