

**XLIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ**

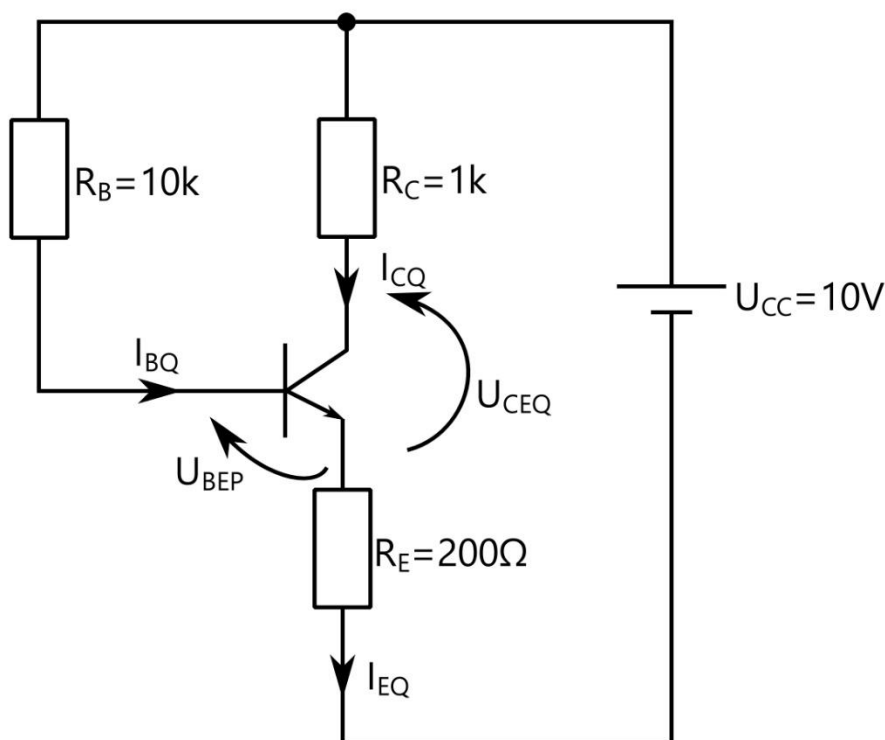
Autor: Paweł Fabijański

Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 1

W układzie jak na rysunku należy obliczyć współrzędne punktu pracy tranzystora bipolarnego: I_{CQ} (wynik w mA z dokładnością do 0,1 mA), U_{CEQ} (wynik w V z dokładnością 0,1 V) oraz I_{BQ} (wynik w mA z dokładnością do 0,1 mA).

Założenia upraszczające: napięcie baza-emiter stałe $U_{BEP} = 0,7$ V, napięcie nasycenia $U_{CES} = 0,2$ V, współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta_0 = 100$ A/A.



Rozwiązanie:

Zakładając, że tranzystor jest w stanie aktywnym można napisać:

$$I_{BQ}R_B + U_{BEP} + I_{EQ}R_E = \frac{I_{CQ}}{\beta_0}R_B + U_{BEP} + \frac{I_{CQ}}{\alpha_0}R_E = U_{CC}$$

XLIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Po przekształceniu prąd kolektora jest równy:

$$I_{CQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEP}}{\frac{R_B}{\beta_0} + \frac{R_E}{\alpha_0}} = \frac{10 - 0,7}{\frac{10000}{100} + \frac{200}{0,99}} = 46 \text{ mA}$$

gdzie $\alpha_0 = \frac{\beta_0}{\beta_0 + 1} = \frac{100}{101} = 0,99$

Po podstawieniu prądu I_{CQ} do równania:

$$I_{CQ}R_C + U_{CEQ} + I_{EQ}R_E = I_{CQ}R_C + U_{CEQ} + \frac{I_{CQ}}{\alpha_0}R_E = U_{CC}$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ}R_C - \frac{I_{CQ}}{\alpha_0}R_E$$

łatwo zauważyć, że po podstawieniu danych jest $U_{CEQ} < 0$. Oznacza to, że tranzystor nie znajduje się w stanie aktywnym, jak pierwotnie założono tylko jest w stanie nasycenia.

Zatem można przyjąć, że $U_{CEQ} = U_{CES}$

Zapisując układ równań:

$$I_{CQ}R_C + U_{CES} + I_{EQ}R_E = U_{CC}$$

$$I_{BQ}R_B + U_{BEP} + I_{EQ}R_E = U_{CC}$$

$$I_{EQ} = I_{BQ} + I_{CQ}$$

Można wyznaczyć:

$$I_{CQ} = \frac{U_{CC}R_B + U_{BEP}R_E - U_{CES}(R_B + R_E)}{R_C R_B + R_C R_E + R_B R_E} = \frac{98,1 \cdot 10^{-3}}{12,2} \text{ A} \cong 8 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{CES} - I_{CQ}(R_C + R_E)}{R_E} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,2} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

Odp. $I_{CQ} = 8 \text{ mA}$, $U_{CEQ} = 0,2 \text{ V}$, $I_{BQ} = 1 \text{ mA}$

Autor: Paweł Fabijański

Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 2

Do jednofazowej linii zasilającej o częstotliwości $f = 50 \text{ Hz}$ i o napięciu znamionowym $U = 230 \text{ V}$ dołączono trzy odbiorniki:

1 - rezystancyjny grzejnik elektryczny o mocy 230 W ,

2 - oprawę oświetleniową z żarzeniówką o mocy 115 W i $\cos\varphi_j = 0,6$ oraz

3 - silnik elektryczny pracujący w warunkach znamionowych przy $I_N = 3,2 \text{ A}$ i $\cos\varphi_s = 0,77$.

Obliczyć jaki element elektryczny (R , L lub C , przy założeniu, że są to elementy idealne), i o jakiej wartości, należy dołączyć do linii zasilającej te urządzenia, aby prąd w linii zasilającej był możliwie najmniejszy? Należy podać wartość tego prądu.

XLIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Rozwiązanie:

W grzejniku występuje tylko składowa czynna prądu I_{gc} .

$$I_g = I_{gc} = \frac{230 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 1 \text{ A}$$

W oprawie oświetleniowej składowa czynna prądu I_{jc} jest równa:

$$I_{jc} = \frac{115 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,5 \text{ A}$$

Składowa bierna

$$I_{jb} = I_{jc} \cdot \operatorname{tg} \varphi_j = 0,5 \frac{\sqrt{1 - 0,6^2}}{0,6} \cong 0,67 \text{ A}$$

Prąd oprawy oświetleniowej

$$I_j = \sqrt{I_{jc}^2 + I_{jb}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,7^2} \cong 0,89 \text{ A}$$

Składowa czynna prądu silnika

$$I_{sc} = I_N \cos \varphi_s = 3,2 \cdot 0,77 \cong 2,24 \text{ A}$$

Składowa bierna prądu silnika

$$I_{sb} = I_{sc} \cdot \operatorname{tg} \varphi_s = 2,24 \frac{\sqrt{1 - 0,77^2}}{0,77} \cong 1,86 \text{ A}$$

Składowa czynna prądu linii zasilającej

$$I_c = I_{gc} + I_{jc} + I_{sc} = 1 + 0,5 + 2,24 \cong 3,74 \text{ A}$$

Składowa bierna prądu linii zasilającej

$$I_b = 0 + I_{jb} + I_{sb} = 0 + 0,67 + 1,86 \cong 2,53 \text{ A}$$

Prąd linii

$$I = \sqrt{I_c^2 + I_b^2} = \sqrt{3,74^2 + 2,53^2} \cong 4,52 \text{ A}$$

Równolegle należy włączyć pojemność C w celu kompensacji składowej biernej – indukcyjnej prądu linii zasilającej, pobieranej przez urządzenia, którą wyznaczamy z zależności

$$\frac{1}{2\pi f C} = \frac{U}{I_b}$$

Skąd

$$C = \frac{I_b}{2\pi f U} = \frac{2,53}{314 \cdot 230} \approx 0,000035 \text{ F} = 35 \mu\text{F}$$

Odp: Należy równolegle dołączyć pojemność $C = 35 \mu\text{F}$. Najmniejsza wartość prądu linii zasilającej, to składowa czynna tego prądu $I_c = 3,74 \text{ A}$.

XLIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Autor: Stanisław Wincenciak
Koreferent: Paweł Fabijański

Zadanie 3

Przewód o przekroju kołowym składa się z dwóch współosiowych warstw: stalowego rdzenia o promieniu $a=0,5$ mm oraz miedzianego pokrycia o promieniu $b=0,7$ mm. Przewód wiezie prąd stały o natężeniu $I=10$ A. Na polecenie wyznaczenia wartości natężenia pola magnetycznego w połowie grubości warstwy miedzianej, postanowiono uprościć sobie obliczenia i policzono średnią arytmetyczną z wartości natężenia pola magnetycznego na brzegach tej warstwy. Jaki błąd (wyrażony w procentach) popełniono?

Należy założyć, że przewód jest nieskończenie długi.

Konduktywność miedzi $\gamma_{Cu} = 5,7 \cdot 10^7 \text{Sm}^{-1}$; stali $\gamma_{Fe} = 1,0 \cdot 10^7 \text{Sm}^{-1}$.

Rozwiązanie:

Różne wartości konduktywności i wymiary warstw powodują, że prąd nie płynie równomiernie całym przekrojem przewodu. O rozplywie prądu na poszczególne warstwy przewodu decydują ich rezystancje wyznaczone dla umownej długości l (w dalszych obliczeniach długość przewodu nie ma znaczenia) ze wzorów:

$$R_{Fe} = \frac{l}{\gamma_{Fe}\pi a^2}$$
$$R_{Cu} = \frac{l}{\gamma_{Cu}\pi(b^2 - a^2)}$$

Korzystając z faktu, że rezystancje te są połączone równolegle możemy wyznaczyć natężenie prądu płynącego w miedzi

$$I_{Cu} = \frac{R_{Fe}}{R_{Cu} + R_{Fe}} I = 8,46 \text{ A}$$

a w rdzeniu stalowym

$$I_{Fe} = I - I_{Cu} = 1,54 \text{ A}$$

Do obliczenia natężenia pola magnetycznego należy wykorzystać prawo Ampera w postaci

$$H = \frac{\theta}{2\pi r},$$

gdzie: θ - przepływ prądu objęty okręgiem o promieniu r .

Zatem na krańcach warstwy miedzianej mamy:

$$H(a) = \frac{I_{Fe}}{2\pi a} = 490 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$H(b) = \frac{I}{2\pi b} = 2275 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

XLIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Jeśli poszlibyśmy łatwiejszą ścieżką, to wartość natężenia pola magnetycznego (wartość średnia) wynosi

$$H_{\text{sr}}(0,6) = \frac{H(a) + H(b)}{2} = 1382 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Natomiast jeśli chcemy wyznaczyć wartość dokładną, to zgodnie z cytowanym wcześniej prawem Ampera musimy zapisać

$$H(r) = \frac{I_{\text{Fe}} + I_{\text{Cu}} \frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}}{2\pi r}$$

Po podstawieniu $r = 0,6$ mm i pozostałych wielkości otrzymamy: $H(0,6) = 1430 \frac{\text{A}}{\text{m}}$.
Zatem błąd względny (wyrażony w procentach), a wynikający z uproszczonych obliczeń, jest znaczący i wynosi

$$\delta = \frac{H(0,6) - H_{\text{sr}}(0,6)}{H(0,6)} 100\% = 3,8\%$$