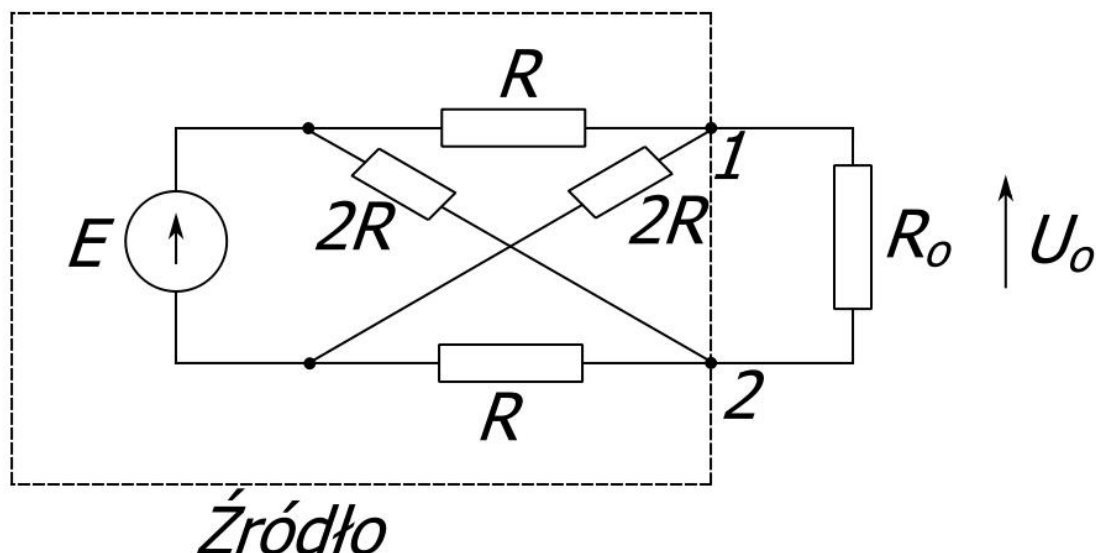


XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Autor: Jan Sroka
Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 1

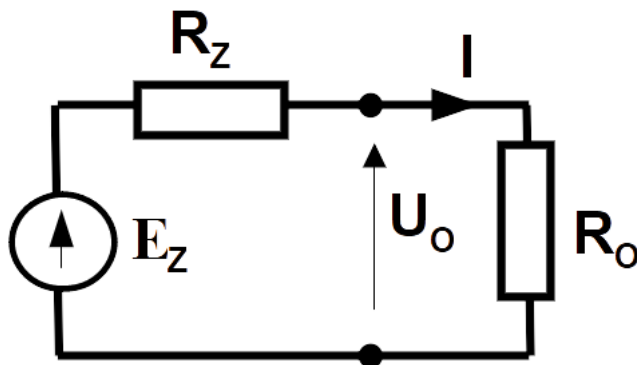


1. W obwodzie przedstawionym na rysunku mamy źródło napięcia o zaciskach 1 i 2 a także o złożonej postaci rezystancji wewnętrznej i o źródle napięcia E . Podaj wzór na napięcie U_0 na obciążeniu R_0 . Wyznacz rezystancję wewnętrzną źródła R_z .
2. Przeanalizuj przy jakiej zależności między rezystancjami R i R_0 moc doprowadzona do obciążenia osiąga wartość maksymalną? Taki stan obwodu nazywa się stanem dopasowania mocowego (impedancyjnego) obwodu.
3. Napięcie na obciążeniu można przedstawić jako sumę składowej w warunkach dopasowania, którą nazywa się składową napięcia padającego U_i oraz składowej nazywanej składową odbitą U_r . Wyznacz składową padającą i odbitą napięcia na obciążeniu.
4. W technice mikrofalowej definiuje się współczynnik odbicia Γ na obciążeniu jako stosunek napięcia odbitego do padającego. Wyraż go przy pomocy rezystancji zastępczej R_z źródła i rezystancji obciążenia.
5. Podaj wzór na napięcie U_0 na obciążeniu wyrażone współczynnikiem odbicia Γ .
6. Przeanalizuj przedział zmienności współczynnika odbicia w zależności od wartości rezystancji obciążenia. Podaj w szczególności wartość tego współczynnika dla obciążenia w postaci:
 - zwarcia
 - rozwarcia
 - dopasowania

XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Rozwiązanie zadania nr 1

Jeśli w celu wyznaczenia napięcia U_0 zastosujemy metodę Thevenina, to obwód z treści zadania da się sprowadzić do postaci pokazanej na rysunku,



gdzie: $E_Z = \frac{1}{3}E$; $R_Z = \frac{4}{3}R$.

Zatem w tak prostym obwodzie wyznaczamy napięcie U_0 w postaci

$$U_0 = \frac{\frac{1}{3}E}{\frac{4}{3}R + R_O} R_O$$

Z warunku dopasowania odbiornika do źródła wiemy, że ma to miejsce, gdy

$$R_0 = R_Z = \frac{4}{3}R$$

Napięcie na obciążeniu możemy przedstawić jako sumę składowej w warunkach dopasowania, którą nazywa się składową napięcia padającego U_i oraz składowej nazywanej składową odbitą U_r

$$U_0 = U_i + U_r$$

Zatem poszczególne składniki przyjmą postać:

$$U_i = \frac{E}{6}$$
$$U_r = \frac{-R_Z + R_O}{R_Z + R_O} \cdot \frac{E}{6} = \frac{-\frac{4}{3}R + R_O}{\frac{4}{3}R + R_O} \cdot \frac{E}{6}$$

Współczynnik odbicia Γ na obciążeniu, wyrażony jako stosunek napięcia odbitego do padającego i opisujemy wzorem

$$\Gamma = \frac{R_O - R_Z}{R_O + R_Z}$$

XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Zatem wzór na napięcie U_0 na obciążeniu wyrażone współczynnikiem odbicia Γ przyjmie postać

$$U_0 = (1 + \Gamma) \frac{E}{6}$$

Dla wybranych, charakterystycznych wartości rezystancji obciążenia współczynnik odbicia przyjmuje wartości:

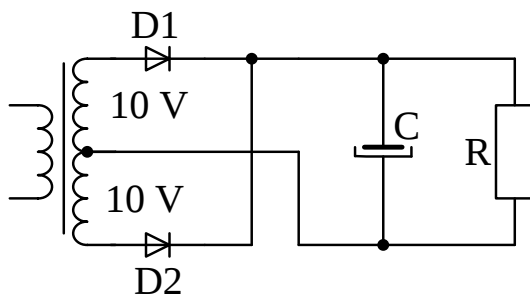
- zwarcie ($R_0 = 0 \Omega$) $\Gamma = -1$
- rozwarcie ($R_0 = \infty \Omega$) $\Gamma = 1$
- dopasowania ($R_0 = R_Z$) $\Gamma = 0$

Autor: Paweł Fabijański
Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 2

W układzie przedstawionym na rysunku zrealizowano prostownik dwupołówkowy z dzielonym uzwojeniem wtórnym transformatora i filtrem pojemnościowym na zaciskach odbiornika $R = 10 \Omega$. Na odbiorniku zmierzono wartość skuteczną $U = 7,27 \text{ V}$ i wartość średnią $U_{AV} = 7,14 \text{ V}$ napięcia.

1. Proszę wyliczyć składową stałą prądu odbiornika I_0 , średni prąd diody I_{DAV} i maksymalne napięcie wsteczne U_{DR} każdej diody, współczynnik tętnień k_t napięcia na odbiorniku - stosunek napięcia tętnień (wartość skuteczna) do składowej stałej napięcia na odbiorniku.
2. Przy założeniu, że napięcie tętnień ma w przybliżeniu kształt funkcji trójkątnej symetrycznej należy oszacować wartość pojemności C kondensatora stanowiącego filtr w obwodzie tego prostownika.



Wskazówka:

Do ewentualnego wykorzystania zamieszczono tabelę zawierającą wartości średnie i skuteczne najczęściej analizowanych sygnałów

XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Rodzaj sygnału	Wartość średnia	Wartość skuteczna	Współczynnik kształtu	Współczynnik szczytu
Sygnał stały	$1 \cdot U_m$	$1 \cdot U_m$	1	1
Sinusoidalny	$\frac{2 \cdot U_m}{\pi} \approx 0,637 \cdot U_m$	$\frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot U_m$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\sqrt{2} \approx 1,414$
Sinusoidalny wyprostowany dwupołkowo	$\frac{2 \cdot U_m}{\pi} \approx 0,637 \cdot U_m$	$\frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot U_m$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\sqrt{2} \approx 1,414$
Sinusoidalny wyprostowany jednopołkowo	$\frac{U_m}{\pi} \approx 0,318 \cdot U_m$	$\frac{U_m}{2} = 0,5 \cdot U_m$	$\frac{\pi}{2} \approx 1,571$	2
Trójkątny symetryczny	$\frac{U_m}{2} = 0,5 \cdot U_m$	$\frac{U_m}{\sqrt{3}} \approx 0,577 \cdot U_m$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,155$	$\sqrt{3} \approx 1,732$
Prostokątny symetryczny	$1 \cdot U_m$	$1 \cdot U_m$	1	1

Rozwiązanie zadania nr 2

Składowa stała prądu odbiornika (wartość średnia) jest równa:

$$I_0 = \frac{U_{AV}}{R} = \frac{7,14}{10} = 0,714 \text{ A} = 714 \text{ mA}$$

Średni prąd każdej diody jest równy:

$$I_{DAV} = 0,5 \cdot I_0 = 0,5 \cdot 0,714 = 0,357 \text{ A} = 357 \text{ mA}$$

Maksymalne napięcie wsteczne na diodach można obliczyć ze wzoru:

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 10 \approx 28,3 \text{ V}$$

Wartość skuteczna napięcia na odbiorniku spełnia zależność:

$$U = \sqrt{U_{AV}^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} = \sqrt{U_{AV}^2 + U_t^2}$$

Zatem skuteczna wartość napięcia tętnień U_t jest równa:

$$U_t = \sqrt{U^2 - U_{AV}^2} = \sqrt{7,27^2 - 7,14^2} \approx 1,37 \text{ V}$$

Współczynnik tętnień:

$$k_t = \frac{U_t}{U_{AV}} = \frac{1,37}{7,14} \approx 0,192 \quad (19,2\%)$$

Korzystając z przyjętego założenia, że napięcie wyjściowe ma kształt funkcji trójkątnej symetrycznej wartość międzyszczytową napięcia tętnień można obliczyć z zależności:

$$U_{pp} = 2\sqrt{3}U_t = 3,95 \text{ V}$$

Znajomość międzyszczytowego napięcia tętnień pozwala na wyznaczenie szacunkowej wartości pojemności filtru:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{I_0}{2fU_{pp}} \approx 1800 \mu\text{F}$$

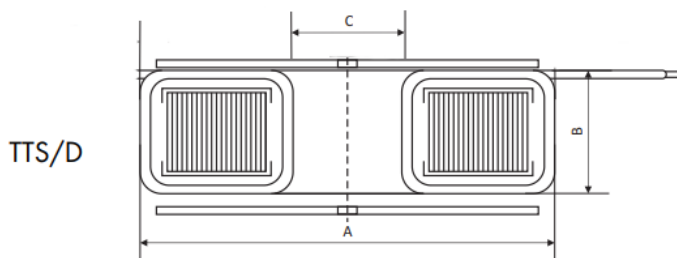
gdzie: $\Delta Q = 2I_0 f$, $f = 50 \text{ Hz}$, $\Delta U = U_{pp}$.

XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Autor: Marcin Wesołowski
 Koreferent: Stanisław Wincenciak

Zadanie 3

Transformator toroidalny TTS 1000/D scharakteryzowany jest parametrami podanymi na poniższym rysunku oraz w tabeli.



Tab. 1. Parametry transformatora

Masa, kg	A, mm	B, mm	C, mm	U pierwotne, V	U wtórne, V
7,4	155	82	85	230	24
Moc, VA	I wtórne, A	Liczba zwojów (uzw. wtórne), -	Przenikalność magnetyczna względna rdzenia, -	ε (*)	δ (*)
1000	40	100	210	3	1,1
(*) parametry wykorzystywane do obliczeń strat histerezowych oraz wirowych w rdzeniu					

Zakładając, że transformator pracuje przy znamionowym obciążeniu, należy wyznaczyć straty w uzwojeniach (pierwotnym i wtórnym) oraz w rdzeniu.

Przy obliczaniu strat w uzwojeniach, należy założyć, że uzwojenia wykonane zostały z drutu miedzianego o promieniu: 2mm – uzwojenie wtórne, 1mm – uzwojenie pierwotne i rezystywności $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ - obliczając rezystancję uzwojeń należy stosować wzory takie jak przy przepływie prądu stałego.

W celu wyznaczenia strat w rdzeniu należy przyjąć stałą wartość indukcji magnetycznej w całym rdzeniu, wyznaczoną w punkcie centralnym przekroju rdzenia i pochodzącą od prądu w uzwojeniu wtórnym. W celu ułatwienia obliczeń należy przyjąć stałą wartość przenikalności magnetycznej rdzenia – przenikalność magnetyczna względna podana w tabeli. Masa rdzenia transformatora 5,4kg.

Komentarz: Moc strat w rdzeniu (na kilogram masy) należy obliczyć wyznaczając wcześniej przybliżoną wartość indukcji magnetycznej – traktując jako stałą wartość w całym rdzeniu, zgodnie z podanymi poniżej wzorami:

- straty na histerezę

$$p_h = \varepsilon \left(\frac{f}{100} \right) B_m^2$$

- straty na prądy wirowe

$$p_w = \delta \left(\frac{f}{100} \right)^2 B_m^2$$

XLVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY II STOPNIA
ZADANIA ORAZ ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Rozwiązanie zadania nr 3:

Rezystancję uzwojenia wtórnego wyznaczamy ze wzoru

$$R_2 = \rho \frac{l}{S} = 1,72 \cdot 10^{-8} \frac{z_2(2B + A - C)}{\pi r^2} = 1,72 \cdot 10^{-8} \frac{100 \cdot (164 + 70) \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 4 \cdot 10^{-6}} \approx 0,032 \Omega$$

Moc strat wyznaczamy stosując wzór Joule'a – Lentza

$$P_2 = R_2 I_2^2 = 0,032 \cdot 40^2 = 51,2 \text{ W}$$

Z danych zamieszczonych w tabeli wynika, że przekładnia transformatora wynosi w przybliżeniu: $n = 9,6$ (230/24). Zatem straty mocy w uzwojeniu pierwotnym wyznaczamy jako iloraz strat mocy w uzwojeniu wtórnym podzielone przez przekładnię (przy założeniu jednakowego przekroju przewodów obydwu uzwojeń) - $I_1 = \frac{1}{n} I_2$, $R_1 = n \frac{S_2}{S_1} R_2$, $P_1 = \frac{1}{n} \frac{S_2}{S_1} P_2$

$$P_1 = \frac{51,2}{9,6} \approx 5,33 \text{ W}$$

Łącznie moc strat w uzwojeniu

$$P_{Cu} = P_1 + P_2 = 56,53 \text{ W}$$

Zgodnie z przyjętymi w zadaniu założeniami indukcję magnetyczną w rdzeniu toroidalnym wyznaczamy korzystając z prawa Ampera:

$$B = \mu \frac{zI}{2\pi r}$$

gdzie: zI – liczba zwojów przemnożona przez prąd płynący w uzwojeniu (przepływ), μ – przenikalność magnetyczna materiału, z którego wykonany jest rdzeń (uśredniona wartość w całej objętości rdzenia)

$$B = \mu \frac{z_2 I_2}{2\pi \left[\frac{C}{2} + \frac{A-C}{4} \right]} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 210 \frac{100 \cdot 40}{2\pi \left[\frac{85}{2} + \frac{(155-85)}{4} \right] 10^{-3}} = 2,8 \text{ T}$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymamy:

$$p_h = 3 \cdot \left(\frac{50}{100} \right) \cdot (\sqrt{2} \cdot 2,8)^2 = 23,5 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$$

- na prądy wirowe

$$p_w = 1,1 \cdot \left(\frac{50}{100} \right)^2 \cdot (\sqrt{2} \cdot 2,8)^2 = 4,2 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$$

Uwzględniając podaną w treści zadania masę rdzenia możemy wyznaczyć moc całkowitych strat w rdzeniu transformatora

$$P_r = (p_h + p_w) m_{Fe} = \left(23,5 \frac{\text{W}}{\text{kg}} + 4,2 \frac{\text{W}}{\text{kg}} \right) \cdot 5,4 \text{ kg} \approx 149,6 \text{ W}$$