

XLIV OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

Zawody III stopnia

Rozwiązania zadań dla grupy elektryczno-elektronicznej

Rozwiązanie zadania 1

Napięcie wejściowe ogranicznika składa się ze składowej stałej $U_0 = 1\text{ V}$ oraz pierwszej i drugiej harmonicznej, o amplitudach $U_{1M} = U_{2M} = 1\text{ V}$. Sumując wartości chwilowe składowych przemiennych ze składową stałą można naszkicować przebieg $u_{WE} = f(\alpha)$ jak na rys.1a.

Zgodnie z zadaną charakterystyką przejściową ogranicznika w przedziale czasu odpowiadającym zmienności kąta ωt w zakresie $(-\alpha_1 \leq \omega t \leq \alpha_1)$, kiedy $u_{WE}(\alpha) \geq 2\text{ V}$, napięcie na wyjściu ogranicznika jest stałe i ma wartość $U_{WYM} = 2\text{ V}$. W pozostałych przedziałach czasu, gdy $-2\text{ V} \leq u_{WE}(\alpha) \leq 2\text{ V}$, napięcie na wyjściu ogranicznika jest zero. Zatem przebieg chwilowego napięcia $u_{WY} = f(\alpha)$ ma kształt prostokątny jak pokazano na rys.1b.

Różnica chwilowych napięć wejściowego $u_{WE}(\alpha)$ i wyjściowego $u_{WY}(\alpha)$ to napięcie $u_R(\alpha)$. Przebieg tego napięcia przedstawiono na rys.1c.

Wartość skuteczną U_{WE} napięcia wejściowego można obliczyć z zależności:

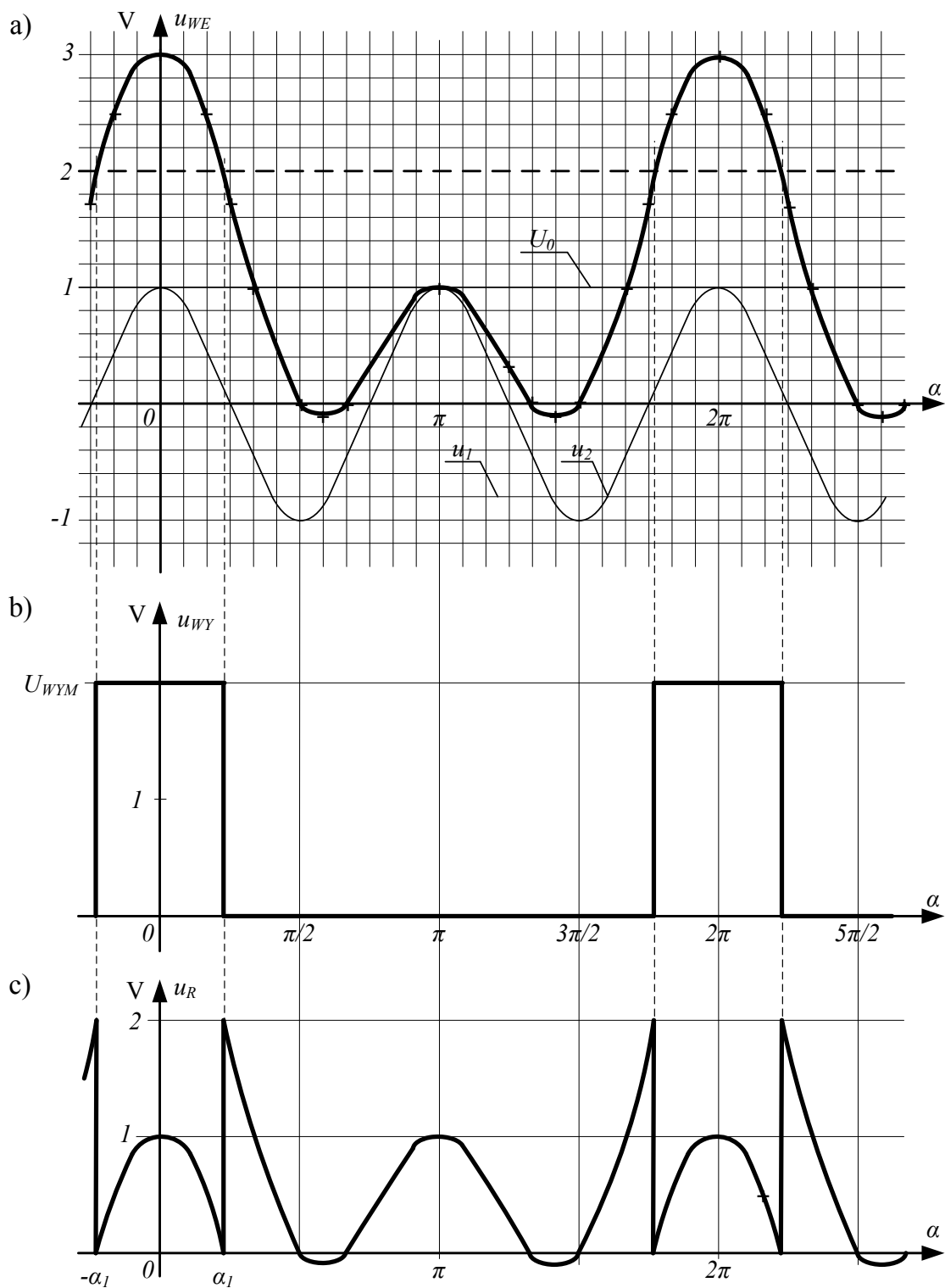
$$U_{WE} = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2}, \quad (1)$$

gdzie: U_1 oraz U_2 wartości skuteczne składowych przemiennych przebiegu napięcia wejściowego.

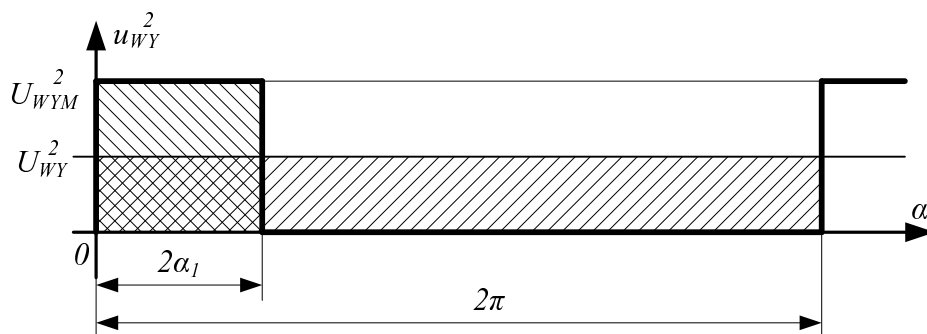
Po podstawieniu:

$$U_{WE} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{2} \approx 1,414\text{ V}.$$

Organizatorem OWT jest Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.
Olimpiada jest finansowana ze środków MEN.



Rys.1. Przebiegi chwilowe napięć w układzie ogranicznika: a) wejściowego $u_{WE} = f(\alpha)$,
 b) wyjściowego $u_{WY} = f(\alpha)$ oraz c) $u_R = f(\alpha)$.



Rys.2. Funkcja $u_{WY}^2 = f(\alpha)$

Wartość skuteczną U_{WY} napięcia wyjściowego można obliczyć na podstawie rys.2 korzystając z zależności:

$$U_{WY}^2 \cdot 2\pi = U_{WYM}^2 \cdot 2\alpha_1. \quad (2)$$

Po przekształceniu

$$U_{WY} = U_{WYM} \sqrt{\frac{\alpha_1}{\pi}}.$$

Kąt α_1 wyznacza się z równania:

$$1 + \cos \alpha + \cos 2\alpha = 2. \quad (3)$$

Po podstawieniu:

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1, \quad (4)$$

$$1 + \cos \alpha + 2 \cos^2 \alpha - 1 = 2, \quad (5)$$

$$\cos \alpha = x, \quad (6)$$

$$2x^2 + x - 2 = 0. \quad (7)$$

Rozwiązaniem równania (7) są liczby:

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{17}}{4} \approx 0,780776406,$$

$$x_2 = \frac{-1 - \sqrt{17}}{4} < 0,$$

(ten pierwiastek nie spełnia warunków zadania).

$$x_1 = \cos \alpha_1, \quad \longrightarrow \quad \alpha_1 \approx 0,6749 \text{ rad} \quad (38,6683 \text{ deg}) \quad (8)$$

Zatem skuteczna wartość napięcia wyjściowego ogranicznika jest równa:

$$U_{WY} = 2 \sqrt{\frac{0,6749}{\pi}} \approx 0,927 \text{ V.}$$

Odpowiedź: Przebiegi napięć w układzie ogranicznika przedstawiono na rys.1. Wartości skuteczne napięć: wejściowego i wyjściowego są odpowiednio równe $U_{WE} = 1,414\text{V}$, $U_{WY} = 0,927\text{V}$.

Rozwiązanie zadania 2

Znając parametry zastępcze zespołu silnik – kompresor współczynnik mocy $\cos \varphi$ odbiornika można wyznaczyć ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + (\omega L_0)^2}} \approx 0,99_{\text{ind}}, \quad (1)$$

gdzie $\omega = 2 \pi f \approx 314 \text{ s}^{-1}$.

Moc czynna P_0 pobierana przez zespół silnik – kompresor ma wartość:

$$P_0 = 3 \frac{U_M}{\sqrt{2}} \frac{I_M}{\sqrt{2}} \cos \varphi = \frac{3}{2} U_M \frac{U_M \cos \varphi}{\sqrt{R_0^2 + (\omega L_0)^2}} \approx 18 \text{ kW.} \quad (2)$$

Energia pobrana przez zespół silnik – kompresor w czasie T_p jest równa:

$$E = P_0 T_p = 1800 \text{ J.} \quad (3)$$

Podczas jazdy tramwaju na odcinku beznapięciowym taką energię należy pobrać z kondensatora C_F , zatem:

$$E = \frac{C_F u_{FN}^2}{2} - \frac{C_F u_{FMIN}^2}{2}. \quad (4)$$

Po przekształceniu zależności (4) pojemność kondensatora C_F można obliczyć ze wzoru:

$$C_F = \frac{2 E}{u_{FN}^2 - u_{FMIN}^2} \approx 23,44 \text{ mF.} \quad (5)$$

Odpowiedź: Współczynnik mocy zespołu silnik – kompresor $\cos \varphi = 0,99_{\text{ind}}$. Moc czynna pobierana przez zespół $P_0 = 18 \text{ kW}$, minimalna wartość pojemności kondensatora w obwodzie pośredniczącym falownika $C_F = 23,44 \text{ mF}$. Układ LC na wyjściu przekształtnika DC/AC, dołączony równolegle do zespołu silnik-kompresor, to filtr harmonicznego prądu przekształtnika DC/AC, który zapewnia sinusoidalny kształt napięcia zasilającego zespół silnik-kompresor.

Rozwiązanie zadania 3

Tablice Karnaugh dla trzech wariantów zależności $A < B$, $A = B$, $A > B$ przedstawiono na rys.1.

		$A < B$							
		B $x_3 x_4 x_5$							
A $x_0 x_1 x_2$		000	001	011	010	110	111	101	100
	000		0	1	1	1	1	1	1
001		0	0	1	1	1	1	1	1
011		0	0	0	0	1	1	1	1
010		0	0	1	0	1	1	1	1
110		0	0	0	0	0	1	0	0
111		0	0	0	0	0	0	0	0
101		0	0	0	0	1	1	0	0
100		0	0	0	0	1	1	1	0

		$A = B$							
		B $x_3 x_4 x_5$							
A $x_0 x_1 x_2$		000	001	011	010	110	111	101	100
	000		1	0	0	0	0	0	0
001		0	1	0	0	0	0	0	0
011		0	0	1	0	0	0	0	0
010		0	0	0	1	0	0	0	0
110		0	0	0	0	1	0	0	0
111		0	0	0	0	0	1	0	0
101		0	0	0	0	0	0	1	0
100		0	0	0	0	0	0	0	1

		$A > B$							
		B $x_3 x_4 x_5$							
A $x_0 x_1 x_2$		000	001	011	010	110	111	101	100
	000		0	0	0	0	0	0	0
001		1	0	0	0	0	0	0	0
011		1	1	0	1	0	0	0	0
010		1	1	0	0	0	0	0	0
110		1	1	1	1	0	0	1	1
111		1	1	1	1	1	0	1	1
101		1	1	1	1	0	0	0	1
100		1	1	1	1	0	0	0	0

Rys.1. Tablice Karnaugh dla $A < B$, $A = B$, $A > B$

Po wykonaniu operacji sklejania funkcje y_0, y_1, y_2 mają postać:

a) kiedy $A < B$

$$\begin{aligned} y_0 &= \overline{x_0} x_3 + \overline{x_0} \overline{x_1} x_4 + \overline{x_1} x_3 x_4 + \\ &+ \overline{x_0} \overline{x_1} \overline{x_2} x_5 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 x_5 + \overline{x_0} \overline{x_2} x_4 x_5 + x_1 \overline{x_2} x_3 x_4 x_5 \end{aligned} \quad (1)$$

b) kiedy $A = B$

$$\begin{aligned} y_1 &= \overline{x_0} \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} \overline{x_5} + \\ &+ \overline{x_0} \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} x_5 + \\ &+ \overline{x_0} x_1 x_2 \overline{x_3} x_4 x_5 + \\ &+ \overline{x_0} x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 \overline{x_5} + \\ &+ x_0 x_1 \overline{x_2} x_3 x_4 \overline{x_5} + \\ &+ x_0 x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 + \\ &+ x_0 \overline{x_1} x_2 x_3 \overline{x_4} x_5 + \\ &+ x_0 \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} \overline{x_5} = \\ &= \left(\overline{x_0} \overline{x_3} + x_0 x_3 \right) \left(\overline{x_1} \overline{x_4} + x_1 x_4 \right) \left(\overline{x_2} \overline{x_5} + x_2 x_5 \right) \end{aligned} \quad (2)$$

c) kiedy $A > B$

$$\begin{aligned} y_2 &= x_0 \overline{x_3} + x_0 x_1 \overline{x_4} + x_1 \overline{x_3} \overline{x_4} + \\ &+ x_0 x_2 \overline{x_4} \overline{x_5} + x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} \overline{x_5} + x_1 x_2 \overline{x_3} \overline{x_5} + x_0 x_1 x_2 x_4 \overline{x_5} \end{aligned} \quad (3)$$

Odpowiedź:

