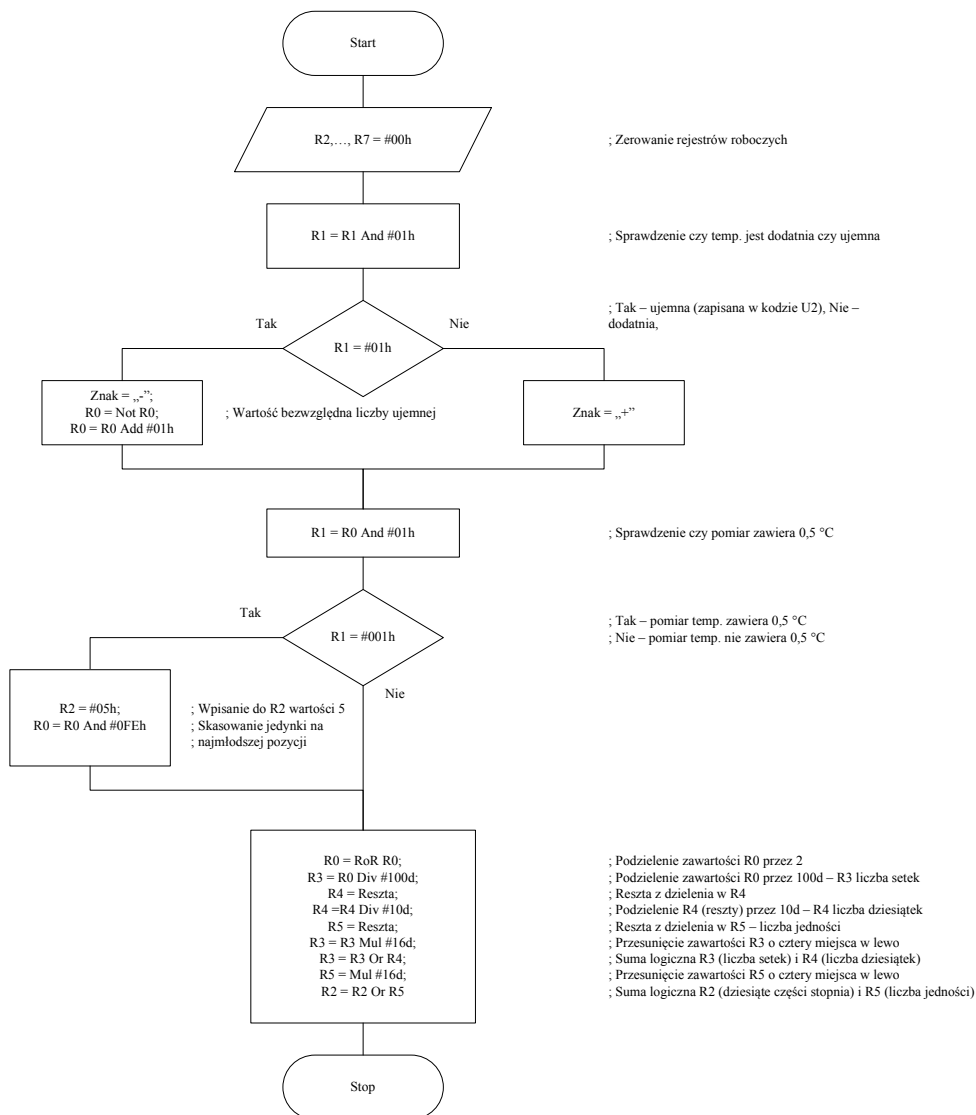


# XLII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

## Zawody III stopnia

### Rozwiązania zadań dla grupy elektryczno-elektronicznej

#### Rozwiązanie zadania 1



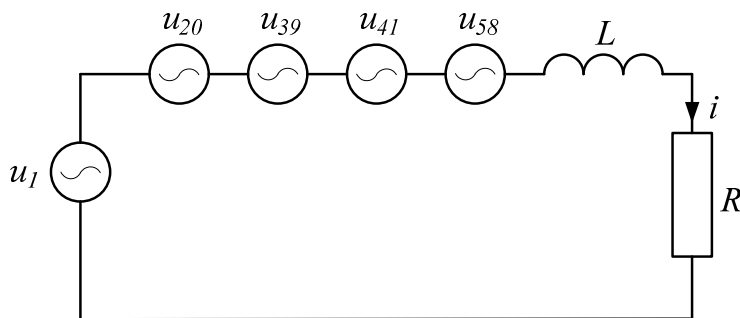
Patronem honorowym OWT jest Minister Gospodarki.  
Organizatorem OWT jest Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.  
Olimpiada jest finansowana ze środków MEN.

temp.: +115,5°C	temp.: -45,5°C
wynik przetwarzania: 011100111b	wynik przetwarzania: 110100101b
R0 = 11100111b, R1 = 00000000b	R0 = 10100101b, R1 = 00000001b
R1 = R1 And 00000001b = 00000000b	R1 = R1 And 00000001b = 00000001b
Znak = „+”	Znak = „-”
	R0 = Not R0 = 01011010b
	R0 = R0 Add 00000001b = 01011011b
R1 = R0 And 00000001b = 00000001b (R1 = 01 hex)	R1 = R0 And 00000001b = 00000001b (R1 = 01 hex)
R2 = 00000101b (R2 = 05 hex)	R2 = 00000101b (R2 = 05 hex)
R0 = R0 And 11111110b = 11100110b (R0 = E6 hex)	R0 = R0 And 11111110b = 01011010b (R0 = 5A hex)
R0 = RoR R0 = 01110011b (R0 = 73 hex)	R0 = RoR R0 = 00101101b (R0 = 2D hex)
R3 = R0 Div 100d = 00000001b (R3 = 01 hex)	R3 = R0 Div 100d = 00000000b (R3 = 00 hex)
R4 = Reszta = 00001111b (R4 = 0F hex)	R4 = Reszta = 00101101b (R4 = 2D hex)
R4 = R4 Div 10d = 00000001b (R4 = 01 hex)	R4 = R4 Div 10d = 00000100b (R4 = 04 hex)
R5 = Reszta = 00000101b (R5 = 05 hex)	R5 = Reszta = 00000101b (R5 = 05 hex)
R3 = R3 Mul 16d = 00010000b (R3 = 10 hex)	R3 = R3 Mul 16d = 00000000b (R3 = 00 hex)
R3 = R3 Or R4 = 00010001b (R3 = 11 hex)	R3 = R3 Or R4 = 00000100b (R3 = 04 hex)
R5 = R5 Mul 16d = 01010000b (R5 = 50 hex)	R5 = R5 Mul 16d = 01010000b (R5 = 50 hex)
R2 = R2 Or R5 = 01010101b (R2 = 55 hex)	R2 = R2 Or R5 = 01010101b (R2 = 55 hex)
R3 = 11h; R2 = 55h	R3 = 04h; R2 = 55h

Uwaga: RoR = Div 2d, RoL = Mul 2d

## Rozwiązanie zadania 2

Od strony zacisków wyjściowych falownik stanowi źródło napięcia odkształconego  $u$  i można go zastąpić jak na rysunku (rys.1) szeregowo połączonymi sinusoidalnymi źródłami napięcia reprezentującymi poszczególne harmoniczne  $u_1, u_{20}, u_{39}, u_{41}$  oraz  $u_{58}$ .



Rys.1. Schemat zastępczy falownika napięcia

Prąd wyjściowy falownika  $I$  jest sumą wartości chwilowych prądów wymuszanych przez sinusoidalne źródła napięcia. Dla każdej harmonicznej napięcia (rzędu  $n$ ) można zatem narysować schemat zastępczy (rys.2) dla wielkości chwilowych napięć i prądów (rys.2a) lub dla wielkości

wektorowych napięć i prądów (rys.2b), gdzie  $\bar{U}_n, \bar{I}_n$  są wektorami harmonicznymi odpowiednio napięcia i prądu wyjściowego falownika. Długości tych wektorów  $U_n, I_n$  opisują wartości skuteczne prądu i napięcia.  $X_L = \omega L$  jest reaktancją indukcyjną dławika  $L$  dla harmonicznej o pulsacji  $\omega$  (harmonicznej podstawowej).

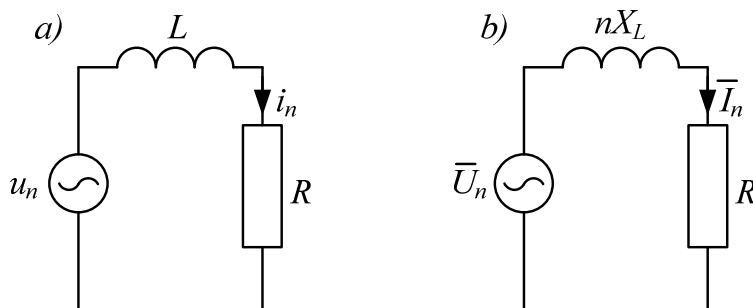
Częstotliwość harmonicznej podstawowej ( $n = 1$ ) można obliczyć wyznaczając z rysunku (rys.2) okres przebiegu napięcia modulującego  $u_r$ .

$$T = 10 \text{ dz} \cdot 2 \text{ ms/dz} = 20 \text{ ms} ,$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}.$$

Pulsacja pierwszej harmonicznej jest równa:

$$\omega = 2 \pi f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314 \text{ s}^{-1} .$$



Rys.2. Schemat zastępczy falownika dla harmonicznej rzędu  $n$ ,  
 a) dla wartości chwilowych,  
 b) dla wielkości wektorowych napięć i prądów

Impedancję dwójnika  $RL$  można wyznaczyć dla każdej harmonicznej ze wzoru

$$Z_n = \sqrt{R^2 + (n \omega L)^2} .$$

Po obliczeniu:  $Z_1 = 1 \Omega, Z_{20} = 3,3 \Omega, Z_{39} = 6,2 \Omega, Z_{41} = 6,5 \Omega, Z_{58} = 9,2 \Omega$ .

Wartość skuteczna prądu harmonicznej rzędu  $n$  jest zatem równa

$$I_n = \frac{U_n}{Z_n} .$$

Po obliczeniu:  $I_1 = 60,45 \text{ A}, I_{20} = 33 \text{ A}, I_{39} = 6,44 \text{ A}, I_{41} = 5,92 \text{ A}, I_{58} = 2,3 \text{ A}$ .

Wartość skuteczna prądu wyjściowego falownika jest zatem równa

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_{20}^2 + I_{39}^2 + I_{41}^2 + I_{58}^2}.$$

Po obliczeniu:  $I = 69,46 \text{ A}$ .

Moc rezystora  $R$  jest równa

$$P = R I^2.$$

Po obliczeniu:  $P = 4825 \text{ W}$ .

Odpowiedź: Wartość skuteczna prądu wyjściowego falownika  $I = 69,46 \text{ A}$ , moc czynna odbiornika  $P = 4825 \text{ W}$ .

### Rozwiązanie zadania 3

Watomierz mierzy moc czynną odbiornika  $P = 32 \text{ W}$ , a ponieważ moc czynną oblicza się ze wzoru:

$$P = I^2 R, \quad (1)$$

to rezystancja odbiornika jest równa:

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{32}{2^2} = 8 \Omega. \quad (2)$$

Moc pozorna odbiornika jest równa:

$$S = U I = 20 \cdot 2 = 40 \text{ VA}. \quad (3)$$

Współczynnik mocy:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{32}{40} = 0,8. \quad (4)$$

Impedancja odbiornika:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{20}{2} = 10 \Omega. \quad (5)$$

Reaktancja odbiornika

$$X = Z \sin \varphi = Z \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = 10 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 10 \cdot 0,6 = 6 \Omega. \quad (6)$$

Dalsza identyfikacja odbiornika jest możliwa, jeżeli generator napięcia sinusoidalnego zastąpi źródło napięcia stałego.

Jeżeli odbiornik składa się z połączonych szeregowo elementów  $RL$ , to przy stałym napięciu zasilającym przyrządy pomiarowe wskażą:  
amperomierz:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ A}, \quad (7)$$

watomierz:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = U I = 2,5^2 \cdot 8 = \frac{20^2}{8} = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ W}. \quad (8)$$

Ponieważ reaktancja dławika  $L$  odbiornika jest przy częstotliwości  $f = 100 \text{ Hz}$  równa  $X_L = X$ , to indukcyjność tego dławika można obliczyć z zależności:

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f} = \frac{6}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cong 0,00955 \text{ H} = 9,55 \text{ mH}. \quad (9)$$

Jeżeli odbiornik składa się z połączonych szeregowo elementów  $RC$  to przy stałym napięciu zasilającym przyrządy pomiarowe wskażą wartości 0.

Reaktancja kondensatora  $C$  w odbiorniku, podobnie jak dla dławika, dla  $f = 100 \text{ Hz}$  jest w tym wypadku także równa  $X_C = X$ , a zatem pojemność kondensatora jest równa:

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 6} \cong 0,0002654 \text{ F} = 265,4 \mu\text{F}. \quad (10)$$

Odpowiedź: Rezystancja odbiornika  $R = 8 \Omega$ . Jeżeli odbiornik ma charakter  $RL$  to indukcyjność dławika ma wartość  $L = 9,55 \text{ mH}$ , współczynnik mocy odbiornika  $\cos \varphi_L = 0,8$ . Jeżeli odbiornik ma charakter  $RC$  to pojemność kondensatora ma wartość  $C = 265,4 \mu\text{F}$ , a współczynnik mocy odbiornika jest równy  $\cos \varphi_C = -0,8$ .

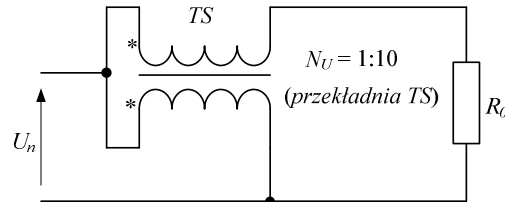
## Rozwiązanie problemu technicznego

Sieć elektroenergetyczna jest źródłem napięcia przemiennego. Jeżeli szeregowo z tym źródłem włączy się przeciwnie skierowane źródło napięcia pomocniczego o odpowiedniej wartości to napięcie zasilające odbiornik będzie niższe. Stosując tę zasadę można podać kilka koncepcji pasywnych i aktywnych układów obniżających napięcie przemiennie, w tym także układów wykorzystujących przekształtniki energoelektroniczne.

Jeden z najprostszych sposobów redukcji napięcia w instalacji oświetleniowej polega na zastosowaniu transformatora. Istotne jest jednak jak podłączono ten element do istniejącej instalacji. W rozważanym wypadku w warunkach znamionowych moc obwodu oświetleniowego jest równa:

$$P_n = U_n I_n = 230 \cdot 50 = 11500 \text{ W} = 11,5 \text{ kW}.$$

Zatem zastosowanie transformatora obniżającego napięcie do wartości  $0,9 \cdot 230 = 207 \text{ V}$  o mocy  $11,5 \text{ kW}$  nie jest dobrym rozwiązaniem, przede wszystkim ze względu na cenę i gabaryty tego urządzenia. Lepsze i efektywniejsze zastosowanie transformatora przedstawiono na rysunku (rys.1).



Rys.1. Transformatorowy układ redukcji napięcia zasilania instalacji oświetleniowej.

Pomijając straty w transformatorze moc tego urządzenia dla zadanych warunków zadania będzie równa:

$$P_S = 0,1 \cdot U_n \cdot 0,9 \cdot I_1 = 0,1 \cdot 230 \cdot 0,9 \cdot 50 = 1035 \text{ W},$$

ponieważ prąd  $I_1$  przy obniżonym o 10% napięciu zasilającym zmniejszy się także o 10%.

Taki transformator można zainstalować praktycznie w każdej istniejącej skrzynce rozdzielczej.

Roczny koszt energii elektrycznej pobieranej przez przykładową instalację oświetleniową w warunkach zasilania napięciem znamionowym przy założeniu, że rok ma 365 dni jest równy:

$$K_n = U_n I_n \cdot 12 \cdot 0,28 = 230 \text{ V} \cdot 50 \text{ A} \cdot 365 \cdot 12 \text{ h} \cdot \frac{0,28 \text{ zł}}{1000 \text{ Wh}} \approx 14104 \text{ zł}.$$

Przy obniżonym o 10% napięciu zasilania koszt energii elektrycznej zmniejszy się i będzie wynosił:

$$\begin{aligned} K_r &= 0,9 \cdot U_n \cdot 0,9 \cdot I_n \cdot 12 \cdot 0,28 = \\ &= 0,9 \cdot 230 \text{ V} \cdot 0,9 \cdot 50 \text{ A} \cdot 365 \cdot 12 \text{ h} \cdot \frac{0,28 \text{ zł}}{1000 \text{ Wh}} \approx 11424 \text{ zł}. \end{aligned}$$

Oszczędności:

$$\Delta K = K_n - K_r = 14104 - 11424 = 2680 \text{ zł},$$

$$\Delta K_{\%} = \frac{\Delta K}{K_n} \cdot 100 = \frac{2680}{14104} \cdot 100 = 19 \text{ \%}.$$