

# XXXIX OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

## Zawody II stopnia

Rozwiązania zadań dla grupy elektryczno-elektronicznej

### Rozwiązanie zadania 1

Tabela stanów

$X_1$	$X_2$	$Y_{1n}$	$Y_{2n}$	$Y_{1n+1}$	$Y_{2n+1}$
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1
0	0	–	–	–	–
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1
0	1	–	–	–	–
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	–	–	–	–
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1
1	0	–	–	–	–

---

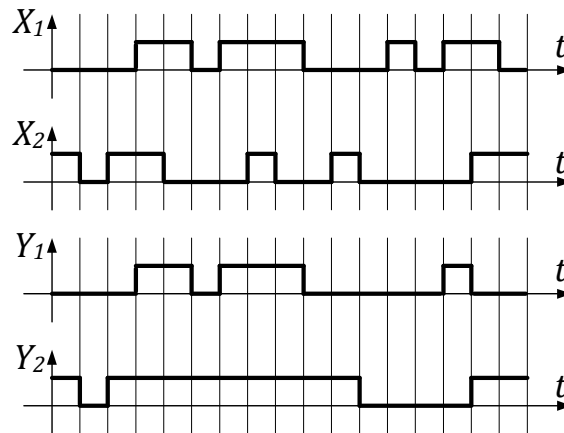
Patronem honorowym OWT jest Minister Gospodarki.

Partnerami medialnymi OWT są:

- Przegląd Techniczny,
- Przegląd Mechaniczny.

Sponsorami XXXIX OWT są:

- Instytut Mechnizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego,
- Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych.



Rys.1. Przebiegi czasowe sygnałów

Stan, kiedy  $Y_1 = 1$  i  $Y_2 = 0$  nigdy tutaj nie wystąpi. Przedstawiony na rysunku układ to układ sekwencyjny.

## Rozwiązanie zadania 2

a. Wskazanie woltomierza:

$$\begin{aligned}
 U &= \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_9^2} = \\
 &= \sqrt{50^2 + 200^2 + 100^2 + 60^2 + 40^2} = \sqrt{57700} = 240 \text{ V.}
 \end{aligned}$$

Reaktancje kondensatora  $C$  i impedancje szeregowego połączenia  $RC$  dla poszczególnych harmoniczych są następujące:

$$X_0 \rightarrow \infty, \text{ składowa stała prądu nie płynie ponieważ w obwodzie jest kondensator}$$

$$Z_0 \rightarrow \infty,$$

$$X_1 = \frac{1}{\omega_1 C} = \frac{1}{1000 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6}} = 300 \Omega,$$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X_1^2} = \sqrt{100^2 + 300^2} = 316,2 \Omega,$$

$$X_3 = \frac{1}{3\omega_1 C} = \frac{X_1}{3} = 100 \Omega,$$

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + X_3^2} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141,4 \Omega,$$

$$X_5 = \frac{1}{5\omega_1 C} = \frac{X_1}{5} = 60 \Omega,$$

$$Z_5 = \sqrt{R^2 + X_5^2} = \sqrt{100^2 + 60^2} = 116,6 \Omega,$$

$$X_9 = \frac{1}{9\omega_1 C} = \frac{X_1}{9} = 33,3 \Omega,$$

$$Z_9 = \sqrt{R^2 + X_9^2} = \sqrt{100^2 + 33,3^2} = 105,4 \Omega.$$

Skuteczne wartości prądów poszczególnych harmonicznych można zatem obliczyć ze wzorów:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z_0} = 0,$$

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1} = \frac{200}{316,2} = 0,63 \text{ A},$$

$$I_3 = \frac{U_3}{Z_3} = \frac{100}{141,4} = 0,71 \text{ A},$$

$$I_5 = \frac{U_5}{Z_5} = \frac{60}{116,6} = 0,51 \text{ A},$$

$$I_9 = \frac{U_9}{Z_9} = \frac{40}{105,4} = 0,38 \text{ A}.$$

Wskazanie amperomierza:

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_9^2} = \\ &= \sqrt{0^2 + 0,63^2 + 0,71^2 + 0,51^2 + 0,38^2} = 1,14 \text{ A}. \end{aligned}$$

**b.** Moc pozorna obwodu:

$$S = U \cdot I = 240 \cdot 1,14 = 273,6 \text{ VA}.$$

Moc czynna:

$$P = I^2 \cdot R = (1,14)^2 \cdot 100 = 130 \text{ W}.$$

c. Energia cieplna oddana przez odbiornik w ciągu jednej godziny:

$$W_Q = P \cdot t = 130 \cdot 60 \cdot 60 = 468000 \text{ Ws} = 468 \text{ kJ.}$$

d. Zawartości poszczególnych harmoniczych:  
dla napięcia

$$u_0 = \frac{50}{240} = 0,208 \quad 20,8\% ,$$

$$u_1 = \frac{200}{240} = 0,833 \quad 83,3\% ,$$

$$u_3 = \frac{100}{240} = 0,417 \quad 41,7\% ,$$

$$u_5 = \frac{60}{240} = 0,250 \quad 25,0\% ,$$

$$u_9 = \frac{40}{240} = 0,167 \quad 16,7\% ,$$

dla prądu

$$i_0 = \frac{0}{1,14} = 0 \quad 0\% ,$$

$$i_1 = \frac{0,63}{1,14} = 0,553 \quad 55,3\% ,$$

$$i_3 = \frac{0,71}{1,14} = 0,623 \quad 62,3\% ,$$

$$i_5 = \frac{0,51}{1,14} = 0,447 \quad 44,7\% ,$$

$$i_9 = \frac{0,38}{1,14} = 0,333 \quad 33,3\% .$$

### Rozwiązanie zadania 3

a. Uproszczony bilans mocy w silniku indukcyjnym pierścieniowym jest następujący:

$$P_1 = P_2 + P_{e1} + P_{e2} + P_{Fe} + P_m, \quad (1)$$

gdzie:

$P_1$  – moc pobierana przez silnik z sieci zasilającej,

$P_2$  – moc mechaniczna na wale maszyny,

$P_{e1}$  – moc strat w uzwojeniu stojana,

$P_{e2}$  – moc strat w uzwojeniu wirnika,

$P_{Fe}$  – moc strat w rdzeniu magnetycznym,

$P_m$  – moc strat mechanicznych.

W warunkach znamionowych:

$$P_2 = P_N = 3000 \text{ W}, \quad (2)$$

$$P_{e1} = 3 \cdot I_{1N}^2 \cdot R_1 = 3 \cdot 7,1^2 \cdot 1,11 = 168 \text{ W}, \quad (3)$$

$$P_{e2} = 3 \cdot I_{2N}^2 \cdot R_2 = 3 \cdot 14^2 \cdot 0,25 = 147 \text{ W}. \quad (4)$$

Straty mechaniczne i w rdzeniu magnetycznym w warunkach znamionowych można obliczyć korzystając z wykresu funkcji  $P_{Fe} + P_m = f(U^2)$  sporządzonego na podstawie danych pomiarowych podanych w tabeli 1.

Moc strat w wirniku przy biegu jałowym jest praktycznie równa zero, a zatem można napisać:

$$P_0 = P_{10} = P_{e10} + P_{Fe} + P_m, \quad (5)$$

gdzie

$$P_{e10} = 3 \cdot I_{10}^2 \cdot R_1, \quad (6)$$

po przekształceniu

$$P_{10} - P_{e10} = P_{Fe} + P_m = f(U^2). \quad (7)$$

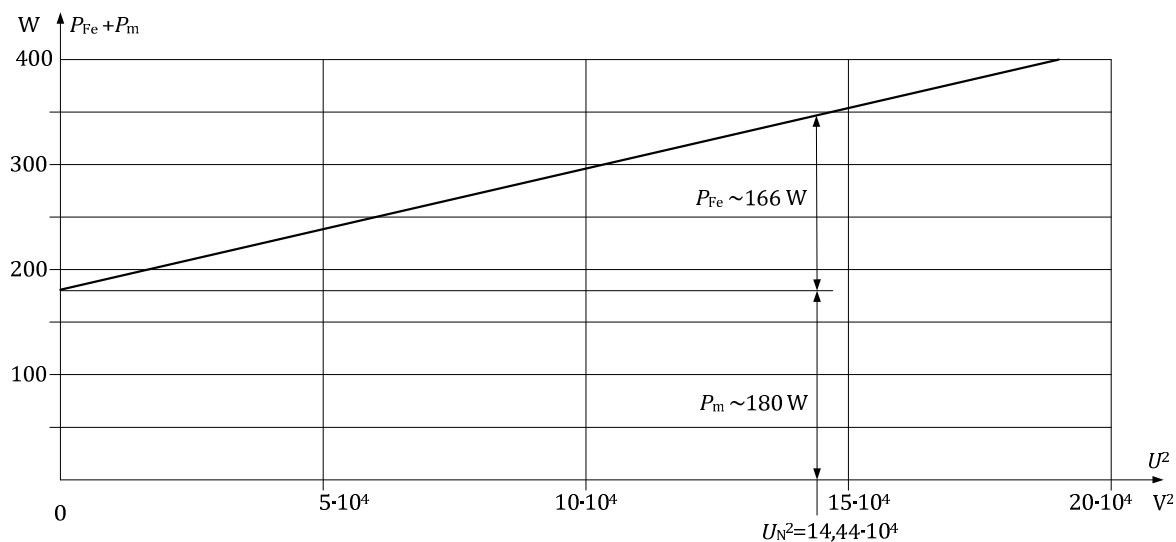
Uwzględniając dane pomiarowe można obliczyć współrzędne funkcji  $P_{Fe} + P_m = f(U^2)$  (tabela 2).

$U$	V	400	380	320	260	190	150
$U^2$	V <sup>2</sup>	$16 \cdot 10^4$	$14,44 \cdot 10^4$	$10,24 \cdot 10^4$	$6,76 \cdot 10^4$	$3,61 \cdot 10^4$	$2,25 \cdot 10^4$
$I_{10}$	A	5,2	4,0	3,2	2,5	1,9	1,6
$P_{10}$	W	470	400	333	283	237	219
$P_{e10}$	W	90,04	53,28	34,10	20,81	12,02	8,52
$P_{Fe} + P_m$	W	379,96	346,72	298,90	262,19	224,98	210,48

Tabela 2. Wyniki obliczeń

Na rysunku 1 przedstawiono wykres funkcji  $P_{Fe} + P_m = f(U^2)$  z którego można odczytać moc strat mechanicznych i strat w rdzeniu przy napięciu znamionowym 380 V:

$$P_m = 180 \text{ W}, \quad P_{Fe} = 166 \text{ W}.$$



Rys.1. Wykres funkcji  $P_{Fe} + P_m = f(U^2)$

Całkowita moc strat przy znamionowym obciążeniu i prędkości znamionowej silnika są równe:

$$P_S = P_{e1} + P_{e2} + P_{Fe} + P_m = 168 + 147 + 166 + 180 = 661 \text{ W}. \quad (8)$$

Sprawność silnika jest równa:

$$\eta = \frac{P_N}{P_N + P_S} \cdot 100\% = \frac{3000}{3000 + 661} \cdot 100\% = 82\% \quad (9)$$

b. Procentowy udział poszczególnych strat w maszynie jest równy:

$$\text{– straty elektryczne } \frac{P_{e1} + P_{e2}}{P_S} \cdot 100\% = \frac{168 + 147}{661} \cdot 100\% = 47,7\%,$$

$$\text{– straty w rdzeniu } \frac{P_{Fe}}{P_S} \cdot 100\% = \frac{166}{661} \cdot 100\% = 25,1\%,$$

$$\text{– straty mechaniczne } \frac{P_m}{P_S} \cdot 100\% = \frac{180}{661} \cdot 100\% = 27,2\%.$$

c. Współczynnik mocy  $\cos \varphi$  maszyny można obliczyć z zależności:

$$\cos \varphi = \frac{P_N + P_S}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{1N}} = \frac{3000 + 661}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 7,1} = \frac{3661}{4673} = 0,78 \quad (10)$$

d. Poślizg znamionowy  $s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} \cdot 100\% = \frac{1500 - 1410}{1500} \cdot 100\% = 6\%$ ,

gdzie  $n_1 = 1500$  obr/min prędkość synchroniczna silnika.

## Rozwiązanie zadania z optymalizacji

Zależność:

$$B = 0,003 \cdot v^2 - 0,44 \cdot v + 23 \quad [\text{litrów}/100 \text{ km}],$$

przekształcamy poprzez pomnożenie prawej strony przez czynnik  $\frac{S}{100} \cdot c$  otrzymując wyrażenie opisujące koszt paliwa na drodze  $S$  w funkcji prędkości:

$$K_p = \frac{S}{100} \cdot c \cdot \left( 0,003 \cdot v^2 - 0,44 \cdot v + 23 \right),$$

co przy zadanej odległości  $S = 400$  km daje:

$$K_p = 0,072 \cdot v^2 - 10,56 \cdot v + 552 \quad [\text{zł}].$$

Koszt pracy kierowcy uzależniamy do prędkości samochodu na drodze  $S$ :

$$K_k = st \cdot \tau = st \cdot \frac{S}{v} \quad [\text{zł}].$$

$$K_k = \frac{4000}{v} \quad [\text{zł}].$$

Stąd całkowity koszt przejazdu wynosi:

$$K_c = 0,072 \cdot v^2 - 10,56 \cdot v + 552 + \frac{4000}{v} \quad [\text{zł}].$$

Znalezienie minimum powyższej funkcji możliwe jest tylko na drodze numerycznej. Pomocnym tu jest obliczenie prędkości odpowiadającej minimalnemu kosztowi paliwa. Ponieważ  $K_p$  opisane jest trójmianem kwadratowym, a dla funkcji  $y = ax^2 + bx + c$  wartość  $x_{wierzchoka} = -b/2a$ , to:

$$v_{wierzchoka} = \frac{10,56}{(2 \cdot 0,072)} = 73,3 \quad [\text{km/h}].$$

Ponieważ  $K_k$  maleje ze wzrostem prędkości minimum funkcji  $K_c$  znajduje się na prawo od obliczonej wielkości.

Obliczamy wartości  $K_c$  dla paru wartości prędkości

$v =$	75	77,5	80	km/h
$K_c =$	218,3	217,7	218,0	zł

Przy zadanej dokładności poszukiwana prędkość wynosi 77,5 km/h.



## Rozwiązanie zadania z zastosowania informatyki

Przykład programu w języku Fortran:

```
Program informatyka
Real,Dimension(100):: x,y
Real a,m,Mian,Sx,Sxx,Sxy,Sy
Integer N,k,i,b

Write(*,*)'Wprowadzic "1" jezeli dane wczytywane sa z pliku'
Read(*,*) b
If (b.eq.1) then
    Open (1,file='c:\dane.dat')
    Read(1,*) N
    Do k=1,N
        Read(1,*) x(k),y(k)
    End do
    Close(1)
Else
    Read(*,*) N
    Do k=1,N
        Read(*,*) x(k),y(k)
    End do
End if
Do k=1,N
    Sx=Sx+x(k)
    Sy=Sy+y(k)
    Sxy=Sxy+x(k)*y(k)
    Sxx=Sxx+x(k)*x(k)
End do
Mian=N*Sxx-Sx*Sx
m=(N*Sxy-Sx*Sy)/Mian
a=(Sxx*Sy-Sx*Sxy)/Mian
Open (1,file='c:\wyniki.dat')
Write(1,100) m,a
100 Format('m=',F7.3,'    a=',F7.3)
End
```