

Nie zostało sprecyzowane co mamy w układzie policzyć, więc założyłem, że interesują mnie prądy w gałęziach 1, 2 i 3 (patrz załączony do sprawozdania odrębny schemat i obliczenia metodą prądów oczkowych).

Wiśniewski Olgierd  
kurs magisterski, sem. 1.

dn. 05.05.2015r.

Zadany schemat elektryczny do rozniżania metodą prądów oczkowych:

Po ueliminowaniu sprzężeń zadany schemat wygląda następująco (dodano prądy oczkowe i zaktualizowany rozkład prądów, ujęty oraz spiski napięć:

źródła mają dźwice harmoniczne:  $U = U_1 \sin \omega t + U_3 \sin 3\omega t + U_5 \sin 5\omega t$

$e_A = E_A$	$R_A = R_A =$	$C_A = C_A =$
$e_B = E_B$	$R_B = R_B =$	$C_B = C_B =$
$e_C = E_C$	$R_C = R_C =$	$C_C = C_C =$
$L_A + M = L_{AM} =$	$L_A = L_A =$	
$L_B + M = L_{BM} =$	$L_B = L_B =$	
$M =$	① - wzet nr 1	③ - wzet nr 3
$Z_N =$	② - wzet nr 2	

str. 1.

oczek  $\underline{I}$  (dla  $\underline{I}_I$ ):

$$-e_B + e_A = (R_A + Z_{CA} + Z_{LM} + Z_{LB} + Z_{CB} + Z_{RB}) \underline{I}_I - (Z_{LB} + Z_{CB} + R_B) \underline{I}_II$$

oczek  $\underline{II}$  (dla  $\underline{I}_II$ ):

$$e_D - e_C = (R_B + Z_{CB} + Z_{LB} + Z_M + Z_{CC} + Z_{LC} + R_C) \underline{I}_II - (Z_{LB} + Z_{CB} + R_B) \underline{I}_I - (Z_{RC} + Z_{LC} + Z_{CC}) \underline{I}_III$$

oczek  $\underline{III}$  (dla  $\underline{I}_III$ ):

$$e_C = (R_C + Z_{LC} + Z_{CC} + Z_N) \underline{I}_III - (R_C + Z_{LC} + Z_{CC}) \underline{I}_II$$

Równania po przekształceniu przybierają postać:

$$\begin{aligned} \underbrace{(R_A + Z_{CA} + Z_{LM} + Z_{LB} + Z_{CB} + Z_{RB})}_{Z_{11}} \underline{I}_I + \underbrace{(Z_{LB} + Z_{CB} + R_B)}_{Z_{12}} \underline{I}_II + \underbrace{0}_{Z_{13}} \underline{I}_III &= \underbrace{e_A - e_B}_{e_I} \\ \underbrace{(-Z_{LB} - Z_{CB} - R_B)}_{Z_{21}} \underline{I}_I + \underbrace{(R_B + Z_{CB} + Z_{LB} + Z_M + Z_{CC} + Z_{LC} + R_C)}_{Z_{22}} \underline{I}_II + \underbrace{(-Z_{RC} - Z_{LC} - Z_{CC})}_{Z_{23}} \underline{I}_III &= \underbrace{e_D - e_C}_{e_{II}} \\ \underbrace{0}_{Z_{31}} \underline{I}_I + \underbrace{(-R_C - Z_{LC} - Z_{CC})}_{Z_{32}} \underline{I}_II + \underbrace{(R_C + Z_{LC} + Z_{CC} + Z_N)}_{Z_{33}} \underline{I}_III &= \underbrace{e_C}_{e_{III}} \end{aligned}$$

z tego układamy macierz (do obliczeń w programie):

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{I}_I \\ \underline{I}_II \\ \underline{I}_III \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_I \\ e_{II} \\ e_{III} \end{bmatrix}$$

Dodatkowo:

$$\begin{aligned} \underline{I}_1 &= \underline{I}_I \\ \underline{I}_2 &= \underline{I}_II - \underline{I}_I \\ \underline{I}_3 &= \underline{I}_III - \underline{I}_II \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_4 &= \underline{I}_{III} \\ \underline{I}_5 &= \underline{I}_I + \underline{I}_2 = \underline{I}_II \end{aligned}$$

str. 2

Poniżej przedstawiam kod programu/skryptu w matlabie:

```
clc
close all
clear all

% Wiśniewski Olgierd
```

```

% Dane odbiorników

RA=10;
RB=11;
RC=12;
CA=0.1e-3;
CB=0.22e-3;
CC=0.33e-3;
M=2.0e-6;
LA=12.3e-6;
LB=12.5e-6;
LC=13.0e-6;
ZN=0.01; % Zakładam, że impedancja ZN jest rezystancja
w=314;

% -----Obliczenia dla 1 harmonicznej-----%

% Metoda prądów oczkowych

% Impedancje (reaktancje) elementów zależne od harmonicznej
ZLAM1=1i*w*(LA+M);
ZLBM1=1i*w*(LB+M);
ZLC1=1i*w*LC;
ZM1=-1i*w*M;
ZCA1=-1i/w*CA;
ZCB1=-1i/w*CB;
ZCC1=-1i/w*CC;
% Obliczenie składowych impedancji macierzy Z
Z111=RA+ZCA1+ZLAM1+ZLBM1+ZCB1+RB;
Z121=-ZLBM1-ZCB1-RB;
Z131=0;
Z211=-ZLBM1-ZCB1-RB;
Z221=RB+ZCB1+ZLBM1+ZM1+ZCC1+ZLC1+RC;
Z231=-RC-ZLC1-ZCC1;
Z311=0;
Z321=-RC-ZLC1-ZCC1;
Z331=RC+ZLC1+ZCC1+ZN;
% Obliczenie wartości skutecznej zespolonej napięcia zasilania
EA1=(230/sqrt(2));
EB1=(230/sqrt(2))*exp(-1i*2*pi/3);
EC1=(230/sqrt(2))*exp(1i*2*pi/3);
% Obliczenie składowych napięć macierzy E
E11=EA1-EB1;
E21=EB1-EC1;
E31=EC1;
% Macierz Z
Z1=[Z111 Z121 Z131
    Z211 Z221 Z231
    Z311 Z321 Z331];
% Macierz E
E1=[E11
    E21
    E31];
% Wyliczenia prądów oczkowych - macierz Io
Io1=Z1\E1;
% Wyliczenia prądów w gałęziach
I11=Io1(1);

```

```

I21=Io1(2)-Io1(1);
I31=Io1(3)-Io1(2);
I41=Io1(3);
I51=Io1(2);
% Wyliczenia napięć na elementach
URA1=I11*RA;
UCA1=I11*ZCA1;
ULAM1=I11*ZLAM1;
URB1=I21*RB;
UCB1=I21*ZCB1;
ULBM1=I21*ZLBM1;
UM1=I51*ZM1;
URC1=I31*RC;
ULC1=I31*ZLC1;
UCC1=I31*ZCC1;
UZN1=I41*ZN;
% Moce źródeł
SEA1=EA1*conj(I11);
SEB1=EB1*conj(I21);
SEC1=EC1*conj(I31);
% Moce odbiorników
SRA1=URA1*conj(I11);
SCA1=UCA1*conj(I11);
SLAM1=ULAM1*conj(I11);
SM1=UM1*conj(I51);
SRB1=URB1*conj(I21);
SCB1=UCB1*conj(I21);
SLBM1=ULBM1*conj(I21);
SRC1=URC1*conj(I31);
SLC1=ULC1*conj(I31);
SCC1=UCC1*conj(I31);
SZN1=UZN1*conj(I41);
% Bilans prądów w węzłach
bilw11=I11+I21+I31-I41;
bilw21=I51-I11-I21;
bilw31=I41-I31-I51;
% % Bilans napięć w oczkach
bilo11=EA1-EB1-URA1-UCA1-ULAM1+ULBM1+UCB1+URB1;
bilo21=-URB1-UCB1-ULBM1-UM1+UCC1+ULC1+URC1-EC1+EB1;
bilo31=-URC1-ULC1-UCC1-UZN1+EC1;
bilwso1=bilo11+bilo21+bilo31;
% Bilans mocy
bilmocyl=SRA1+SCA1+SLAM1+SM1+SRB1+SCB1+SLBM1+SRC1+SLC1+SCC1+SZN1-SEA1-SEB1-SEC1;
% Wprowadzenia na obszar roboczy wyników
disp(['Prąd I1 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(I11)]);
disp(['Prąd I2 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(I21)]);
disp(['Prąd I3 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(I31)]);
disp(['Prąd I4 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(I41)]);
disp(['Prąd I5 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(I51)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 1 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilw11)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 2 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilw21)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 3 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilw31)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 1 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilo11)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 2 dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilo21)]);

```

```

disp(['Bilans napięć w oczku nr 3 dla pierwszej
harmonicznej=',num2str(bilo31)]);
disp(['Bilans napięć dla wszystkich oczek dla pierwszej
harmonicznej=',num2str(bilwso1)]);
disp(['Bilans mocy dla pierwszej harmonicznej=',num2str(bilmocy1)]);

% -----Obliczenia dla 3 harmonicznej-----%

% Metoda prądów oczkowych

% Impedancje (reaktancje) elementów zależne od harmonicznej
ZLAM3=1i*(3*w)*(LA+M);
ZLBM3=1i*(3*w)*(LB+M);
ZLC3=1i*(3*w)*LC;
ZM3=-1i*(3*w)*M;
ZCA3=-1i/(3*w)*CA;
ZCB3=-1i/(3*w)*CB;
ZCC3=-1i/(3*w)*CC;
% Obliczenie składowych impedancji macierzy Z
Z113=RA+ZCA3+ZLAM3+ZLBM3+ZCB3+RB;
Z123=-ZLBM3-ZCB3-RB;
Z133=0;
Z213=-ZLBM3-ZCB3-RB;
Z223=RB+ZCB3+ZLBM3+ZM3+ZCC3+ZLC3+RC;
Z233=-RC-ZLC3-ZCC3;
Z313=0;
Z323=-RC-ZLC3-ZCC3;
Z333=RC+ZLC3+ZCC3+ZN;
% Obliczenie wartości skutecznej zespolonej napięcia zasilania
EA3=(73/sqrt(2));
EB3=(73/sqrt(2))*exp(-1i*2*pi/3);
EC3=(73/sqrt(2))*exp(1i*2*pi/3);
% Obliczenie składowych napięć macierzy E
E13=EA3-EB3;
E23=EB3-EC3;
E33=EC3;
% Macierz Z
Z3=[Z113 Z123 Z133
     Z213 Z223 Z233
     Z313 Z323 Z333];
% Macierz E
E3=[E13
     E23
     E33];
% Wyliczenia prądów oczkowych - macierz Io
Io3=Z3\E3;
% Wyliczenia prądów w gałęziach
I13=Io3(1);
I23=Io3(2)-Io3(1);
I33=Io3(3)-Io3(2);
I43=Io3(3);
I53=Io3(2);
% Wyliczenia napięć na elementach
URA3=I13*RA;
UCA3=I13*ZCA3;
ULAM3=I13*ZLAM3;
URB3=I23*RB;
UCB3=I23*ZCB3;

```

```

ULBM3=I23*ZLBM3;
UM3=I53*ZM3;
URC3=I33*RC;
ULC3=I33*ZLC3;
UCC3=I33*ZCC3;
UZN3=I43*ZN;
% Moce źródeł
SEA3=EA3*conj(I13);
SEB3=EB3*conj(I23);
SEC3=EC3*conj(I33);
% Moce odbiorników
SRA3=URA3*conj(I13);
SCA3=UCA3*conj(I13);
SLAM3=ULAM3*conj(I13);
SM3=UM3*conj(I53);
SRB3=URB3*conj(I23);
SCB3=UCB3*conj(I23);
SLBM3=ULBM3*conj(I23);
SRC3=URC3*conj(I33);
SLC3=ULC3*conj(I33);
SCC3=UCC3*conj(I33);
SZN3=UZN3*conj(I43);
% Bilans prądów w węzłach
bilw13=I13+I23+I33-I43;
bilw23=I53-I13-I23;
bilw33=I43-I33-I53;
% Bilans napięć w oczkach
bilo13=-EA3-EB3-URA3-UCA3-ULAM3+ULBM3+UCB3+URB3;
bilo23=-URB3-UCB3-ULBM3-UM3+UCC3+ULC3+URC3-EC3+EB3;
bilo33=-URC3-ULC3-UCC3-UZN3+EC3;
bilwso3=bilo13+bilo23+bilo33;
% Bilans mocy
bilmocy3=SRA3+SCA3+SLAM3+SM3+SRB3+SCB3+SLBM3+SRC3+SLC3+SCC3+SZN3-SEA3-SEB3-SEC3;
% Wyprowadzenia na obszar roboczy wyników
disp(['Prąd I1 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(I13)]);
disp(['Prąd I2 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(I23)]);
disp(['Prąd I3 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(I33)]);
disp(['Prąd I4 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(I43)]);
disp(['Prąd I5 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(I53)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 1 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilw13)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 2 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilw23)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 3 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilw33)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 1 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilo13)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 2 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilo23)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 3 dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilo33)]);
disp(['Bilans napięć dla wszystkich oczek dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilwso3)]);
disp(['Bilans mocy dla trzeciej harmonicznej=',num2str(bilmocy3)]);

% -----Obliczenia dla 7 harmonicznej-----%

```

```

% Metoda prądów oczkowych

% Impedancje (reaktancje) elementów zależne od harmonicznej
ZLAM7=1i*(7*w)*(LA+M);
ZLBM7=1i*(7*w)*(LB+M);
ZLC7=1i*(7*w)*LC;
ZM7=-1i*(7*w)*M;
ZCA7=-1i/(7*w)*CA;
ZCB7=-1i/(7*w)*CB;
ZCC7=-1i/(7*w)*CC;
% Obliczenie składowych impedancji macierzy Z
Z117=RA+ZCA7+ZLAM7+ZLBM7+ZCB7+RB;
Z127=-ZLBM7-ZCB7-RB;
Z137=0;
Z217=-ZLBM7-ZCB7-RB;
Z227=RB+ZCB7+ZLBM7+ZM7+ZCC7+ZLC7+RC;
Z237=-RC-ZLC7-ZCC7;
Z317=0;
Z327=-RC-ZLC7-ZCC7;
Z337=RC+ZLC7+ZCC7+ZN;
% Obliczenie wartości skutecznej zespolonej napięcia zasilania
EA7=(46/sqrt(2));
EB7=(46/sqrt(2))*exp(-1i*2*pi/3);
EC7=(46/sqrt(2))*exp(1i*2*pi/3);
% Obliczenie składowych napięć macierzy E
E17=EA7-EB7;
E27=EB7-EC7;
E37=EC7;
% Macierz Z
Z7=[Z117 Z127 Z137
     Z217 Z227 Z237
     Z317 Z327 Z337];
% Macierz E
E7=[E17
     E27
     E37];
% Wyliczenia prądów oczkowych - macierz Io
Io7=Z7\E7;
% Wyliczenia prądów w gałęziach
I17=Io7(1);
I27=Io7(2)-Io7(1);
I37=Io7(3)-Io7(2);
I47=Io7(3);
I57=Io7(2);
% Wyliczenia napięć na elementach
URA7=I17*RA;
UCA7=I17*ZCA7;
ULAM7=I17*ZLAM7;
URB7=I27*RB;
UCB7=I27*ZCB7;
ULBM7=I27*ZLBM7;
UM7=I57*ZM7;
URC7=I37*RC;
ULC7=I37*ZLC7;
UCC7=I37*ZCC7;
UZN7=I47*ZN;
% Moce źródeł
SEA7=EA7*conj(I17);
SEB7=EB7*conj(I27);
SEC7=EC7*conj(I37);

```



```

% Moce odbiorników
SRA7=URA7*conj(I17);
SCA7=UCA7*conj(I17);
SLAM7=ULAM7*conj(I17);
SM7=UM7*conj(I57);
SRB7=URB7*conj(I27);
SCB7=UCB7*conj(I27);
SLBM7=ULBM7*conj(I27);
SRC7=URC7*conj(I37);
SLC7=ULC7*conj(I37);
SCC7=UCC7*conj(I37);
SZN7=UZN7*conj(I47);
% Bilans prądów w węzłach
bilw17=I17+I27+I37-I47;
bilw27=I57-I17-I27;
bilw37=I47-I37-I57;
% Bilans napięć w oczkach
bilo17=-EA7-EB7-URA7-UCA7-ULAM7+ULBM7+UCB7+URB7;
bilo27=-URB7-UCB7-ULBM7-UM7+UCC7+ULC7+URC7-EC7+EB7;
bilo37=-URC7-ULC7-UCC7-UZN7+EC7;
bilwso7=bilo17+bilo27+bilo37;
% Bilans mocy
bilmocy7=SRA7+SCA7+SLAM7+SM7+SRB7+SCB7+SLBM7+SRC7+SLC7+SCC7+SZN7-SEA7-SEB7-SEC7;
% Wyprowadzenia na obszar roboczy wyników
disp(['Prąd I1 dla siódmej harmonicznej=',num2str(I17)]);
disp(['Prąd I2 dla siódmej harmonicznej=',num2str(I27)]);
disp(['Prąd I3 dla siódmej harmonicznej=',num2str(I37)]);
disp(['Prąd I4 dla siódmej harmonicznej=',num2str(I47)]);
disp(['Prąd I5 dla siódmej harmonicznej=',num2str(I57)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 1 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilw17)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 2 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilw27)]);
disp(['Bilans prądu w węźle nr 3 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilw37)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 1 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilo17)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 2 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilo27)]);
disp(['Bilans napięć w oczku nr 3 dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilo37)]);
disp(['Bilans napięć dla wszystkich oczek dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilwso7)]);
disp(['Bilans mocy dla siódmej harmonicznej=',num2str(bilmocy7)]);

% Wartość skuteczna zespolona prądów w gałęziach z wszystkich harmonicznych
I1h=I11+I13+I17;
I2h=I21+I23+I27;
I3h=I31+I33+I37;
I4h=I41+I43+I47;
I5h=I51+I53+I57;
% Wartość skuteczna prądów w gałęziach z wszystkich harmonicznych w A
I1hs=abs(I1h);
I2hs=abs(I2h);
I3hs=abs(I3h);
I4hs=abs(I4h);
I5hs=abs(I5h);
% Wyprowadzenia na obszar roboczy wyników
disp(['Prąd I1 dla wszystkich harmonicznych=',num2str(I1h)]);

```



```

disp(['Prąd I2 dla wszystkich harmoniczných=', num2str(I2h)]);
disp(['Prąd I3 dla wszystkich harmoniczných=', num2str(I3h)]);
disp(['Prąd I4 dla wszystkich harmoniczných=', num2str(I4h)]);
disp(['Prąd I5 dla wszystkich harmoniczných=', num2str(I5h)]);
disp(['Prąd I1 skuteczny dla wszystkich harmoniczných w A
=', num2str(I1hs)]);
disp(['Prąd I2 skuteczny dla wszystkich harmoniczných w A
=', num2str(I2hs)]);
disp(['Prąd I3 skuteczny dla wszystkich harmoniczných w A
=', num2str(I3hs)]);
disp(['Prąd I4 skuteczny dla wszystkich harmoniczných w A
=', num2str(I4hs)]);
disp(['Prąd I5 skuteczny dla wszystkich harmoniczných w A
=', num2str(I5hs)]);

% Wykresy

% Wykres wektorowe wartości skutecznych prądów z harmonicznymi
% Wykres wektorowy prądów w gałęziach A, B i C
figure (1)
subplot(1,2,1); compass([I1h,I2h,I3h]); title('Prądy gałęziowe I1, I2 i
I3');
subplot(1,2,2); compass([I4h,I5h]); title('Prądy gałęziowe I4 i I5');

% Wykresy wartości chwilowych prądów I1, I2 i I3
t=0:0.0001:0.05;
figure(2)
I1ch=sqrt(2)*abs(I11)*sin(w*t+angle(I11))+sqrt(2)*abs(I13)*sin(3*w*t+angle(
I13))+sqrt(2)*abs(I17)*sin(7*w*t+angle(I17));
I2ch=sqrt(2)*abs(I21)*sin(w*t+angle(I21))+sqrt(2)*abs(I23)*sin(3*w*t+angle(
I23))+sqrt(2)*abs(I27)*sin(7*w*t+angle(I27));
I3ch=sqrt(2)*abs(I31)*sin(w*t+angle(I31))+sqrt(2)*abs(I33)*sin(3*w*t+angle(
I33))+sqrt(2)*abs(I37)*sin(7*w*t+angle(I37));
subplot(1,1,1); plot(t,I1ch,'-r', t,I2ch,'-b', t,I3ch,'-k'); grid
xlabel('t'), ylabel('Prądy I1,I2 i I3')
legend('Prąd I1-czerwony','Prąd I2-niebieski','Prąd I3-czarny')

```

Program wylicza wszystkie prądy w obwodzie (niektóre płyną w odwrotną stronę do zakładanej na schemacie odręcznym), oraz bilanse. Dodatkowo przedstawia w postaci graficznej wartości skuteczne wszystkich prądów, oraz pokazuje na wykresie przebieg w czasie prądów I1, I2 i I3. Poniżej załączam wyliczenia pokazujące się w oknie komend w matlabie, oraz grafiki:

Wyliczenia:

```

Prąd I1 dla pierwszej harmoniczných=16.2622-0.00567995i
Prąd I2 dla pierwszej harmoniczných=-7.39895-12.7996i
Prąd I3 dla pierwszej harmoniczných=-6.77419+11.7403i
Prąd I4 dla pierwszej harmoniczných=2.089-1.065i
Prąd I5 dla pierwszej harmoniczných=8.86322-12.8053i
Bilans prądu w węźle nr 1 dla pierwszej harmoniczných=0+6.6613e-016i
Bilans prądu w węźle nr 2 dla pierwszej harmoniczných=0
Bilans prądu w węźle nr 3 dla pierwszej harmoniczných=0
Bilans napięć w oczku nr 1 dla pierwszej harmoniczných=7.1054e-014+2.8422e-014i

```

Bilans napięć w oczku nr 2 dla pierwszej harmonicznej= $-5.6843e-014+5.6843e-014i$   
 Bilans napięć w oczku nr 3 dla pierwszej harmonicznej= $-2.8422e-014$   
 Bilans napięć dla wszystkich oczek dla pierwszej harmonicznej= $-1.4211e-014+8.5265e-014i$   
 Bilans mocy dla pierwszej harmonicznej= $-9.0949e-013+1.7319e-014i$   
 Prąd I1 dla trzeciej harmonicznej= $5.162-0.0060853i$   
 Prąd I2 dla trzeciej harmonicznej= $-2.3513-4.0602i$   
 Prąd I3 dla trzeciej harmonicznej= $-2.1475+3.7277i$   
 Prąd I4 dla trzeciej harmonicznej= $0.66319-0.33856i$   
 Prąd I5 dla trzeciej harmonicznej= $2.8107-4.0663i$   
 Bilans prądu w węźle nr 1 dla trzeciej harmonicznej= $1.1102e-016-2.2204e-016i$   
 Bilans prądu w węźle nr 2 dla trzeciej harmonicznej= $0$   
 Bilans prądu w węźle nr 3 dla trzeciej harmonicznej= $0$   
 Bilans napięć w oczku nr 1 dla trzeciej harmonicznej= $-103.2376$   
 Bilans napięć w oczku nr 2 dla trzeciej harmonicznej= $-7.1054e-015-1.4211e-014i$   
 Bilans napięć w oczku nr 3 dla trzeciej harmonicznej= $3.5527e-015+1.4211e-014i$   
 Bilans napięć dla wszystkich oczek dla trzeciej harmonicznej= $-103.2376$   
 Bilans mocy dla trzeciej harmonicznej= $-1.4211e-013+6.5059e-014i$   
 Prąd I1 dla siódmej harmonicznej= $3.2534-0.0092345i$   
 Prąd I2 dla siódmej harmonicznej= $-1.4853-2.5556i$   
 Prąd I3 dla siódmej harmonicznej= $-1.35+2.3508i$   
 Prąd I4 dla siódmej harmonicznej= $0.41808-0.21404i$   
 Prąd I5 dla siódmej harmonicznej= $1.7681-2.5649i$   
 Bilans prądu w węźle nr 1 dla siódmej harmonicznej= $0-2.2204e-016i$   
 Bilans prądu w węźle nr 2 dla siódmej harmonicznej= $0$   
 Bilans prądu w węźle nr 3 dla siódmej harmonicznej= $0+4.4409e-016i$   
 Bilans napięć w oczku nr 1 dla siódmej harmonicznej= $-65.0538$   
 Bilans napięć w oczku nr 2 dla siódmej harmonicznej= $-7.1054e-015-7.1054e-015i$   
 Bilans napięć w oczku nr 3 dla siódmej harmonicznej= $0+3.5527e-015i$   
 Bilans napięć dla wszystkich oczek dla siódmej harmonicznej= $-65.0538-3.55271e-015i$   
 Bilans mocy dla siódmej harmonicznej= $-5.6843e-014+1.36e-014i$   
 Prąd I1 dla wszystkich harmonicznych= $24.6775-0.0209998i$   
 Prąd I2 dla wszystkich harmonicznych= $-11.2355-19.4155i$   
 Prąd I3 dla wszystkich harmonicznych= $-10.2718+17.8189i$   
 Prąd I4 dla wszystkich harmonicznych= $3.1703-1.6176i$   
 Prąd I5 dla wszystkich harmonicznych= $13.4421-19.4365i$   
 Prąd I1 skuteczny dla wszystkich harmonicznych w A = $24.6775$   
 Prąd I2 skuteczny dla wszystkich harmonicznych w A = $22.432$   
 Prąd I3 skuteczny dla wszystkich harmonicznych w A = $20.5675$   
 Prąd I4 skuteczny dla wszystkich harmonicznych w A = $3.5591$   
 Prąd I5 skuteczny dla wszystkich harmonicznych w A = $23.6319$

Wykresy:



