



WYDZIAŁ  
ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

## Katedra Elektrotechniki i Podstaw Informatyki

### LABORATORIUM OBWODÓW I SYGNAŁÓW SPRAWOZDANIE

Ćw. nr	Temat		
4	Sygnały napięcia i prądu okresowego niesinusoidalnego		
Opracowali		Rok / gr. lab.	Data wyk. ćw.
1.		1ET-DI / L02	10.12.2018r.
2.			

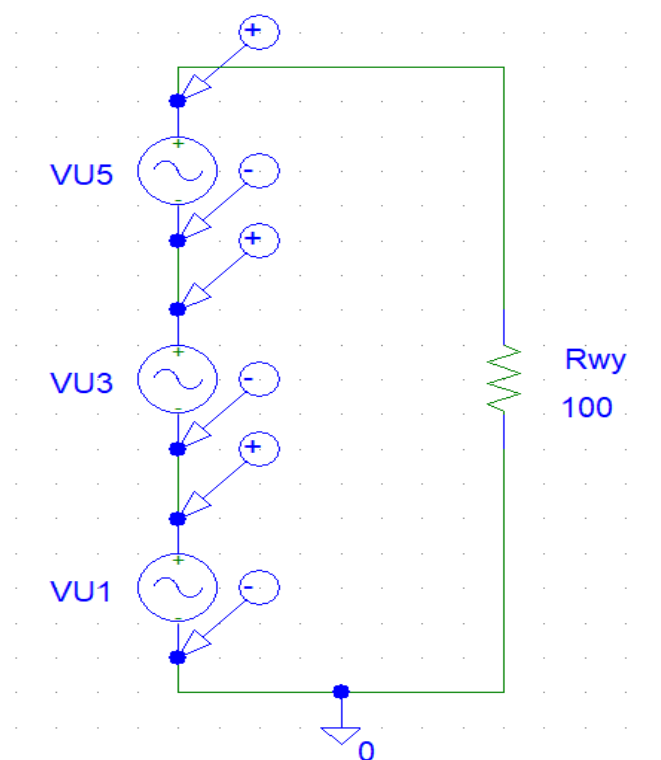
# Spis treści

<b>1. Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów .....</b>	<b>3</b>
I. Analiza komputerowa.....	3
II. Obliczenia komputerowe .....	4
<b>2. Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów graficzne przedstawienie funkcji opisującej przebieg Fouriera. ....</b>	<b>8</b>
I. Analiza komputerowa.....	8
II. Obliczenia komputerowe .....	9
<b>3. Analiza obwodu .....</b>	<b>12</b>
I. Analiza komputerowa.....	12
II. Obliczenia komputerowe .....	13
III. Obliczenia analityczne .....	18
<b>4. Analiza obwodu .....</b>	<b>21</b>
I. Analiza komputerowa.....	21
II. Obliczenia komputerowe .....	22
III. Obliczenia analityczne .....	28
<b>5. Zestawienie wyników .....</b>	<b>30</b>
<b>6. Wnioski.....</b>	<b>30</b>

## 1. Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów

Polecenie: W obwodzie przedstawionym na rys. 4.4 wyznaczyć przebieg napięcia na rezystorze  $u_{R_{wy}}(t)$ . Dane źródeł podano w tab. 4.1. Pozostałe dane:  $R_{wy}=100\ \Omega$ .

### I. Analiza komputerowa



## II. Obliczenia komputerowe

\*\*\*\* 11/26/18 11:22:31 \*\*\*\*\* Evaluation PSpice (Nov 1999) \*\*\*\*\*

\* C:\Users\laboratorium\Desktop\LAB4\Lab\_4\_1a.sch

\*\*\*\* CIRCUIT DESCRIPTION

\*\*\*\*\*

\* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

\* Mon Nov 26 11:22:26 2018

\*\* Analysis setup \*\*

.tran 0.001 5m 0 0.1u

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

\* From [PSPICE NETLIST] section of pspiceev.ini:

.lib "nom.lib"

.INC "Lab\_4\_1a.net"

\*\*\*\* INCLUDING Lab\_4\_1a.net \*\*\*\*

\* Schematics Netlist \*

R\_Rwy 0 \$N\_0001 100

V\_VU1 \$N\_0002 0

+SIN 0 25.46479089 1k 0 0 0

V\_VU3 \$N\_0003 \$N\_0002

+SIN 0 8.488263632 3k 0 0 0

V\_VU5 \$N\_0001 \$N\_0003

+SIN 0 5.092958179 5k 0 0 0

\*\*\*\* RESUMING Lab\_4\_1a.cir \*\*\*\*

.INC "Lab\_4\_1a.als"

\*\*\*\* INCLUDING Lab\_4\_1a.als \*\*\*\*

\* Schematics Aliases \*

.ALIASES

```
R_Rwy      Rwy(1=0 2=$N_0001 )
V_VU1      VU1(+= $N_0002 -=0 )
V_VU3      VU3(+= $N_0003 -= $N_0002 )
V_VU5      VU5(+= $N_0001 -= $N_0003 )
.ENDALIASES
```

```
**** RESUMING Lab_4_1a.cir ****
```

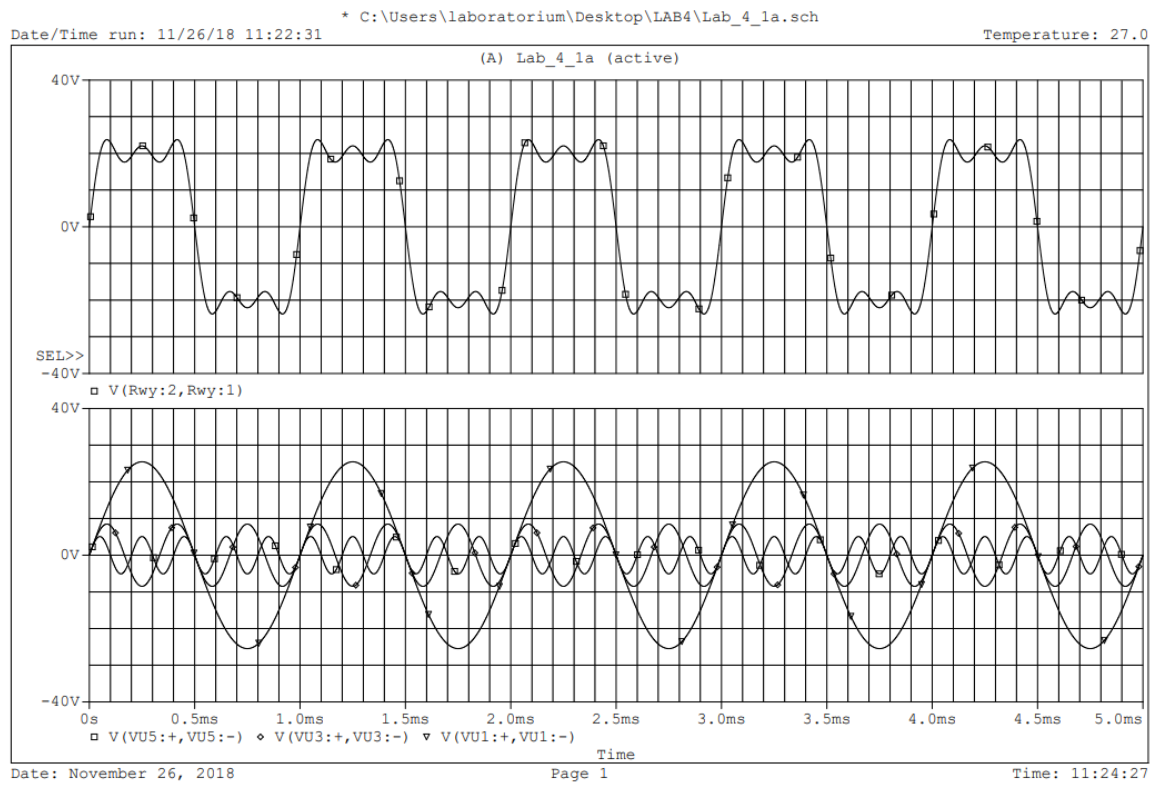
```
.probe
```

```
.END
```

```
**** OPERATING POINT INFORMATION  TEMPERATURE =  27.000 DEG C
```

```
JOB CONCLUDED
```

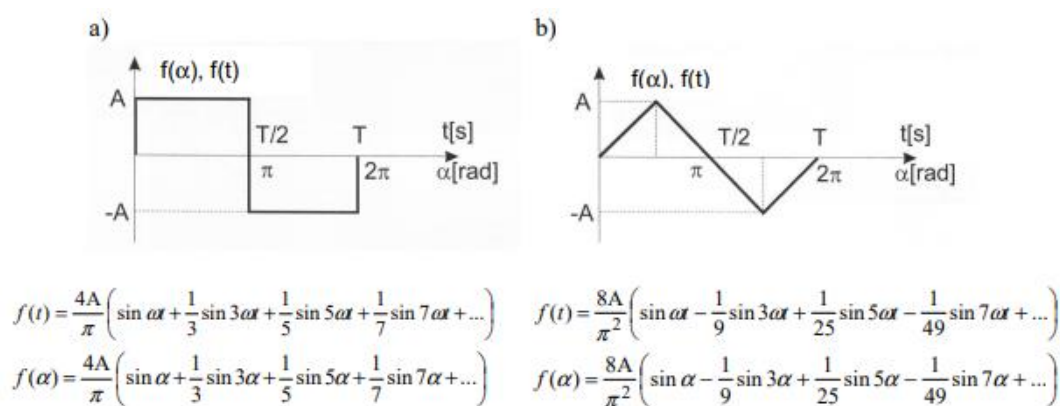
```
TOTAL JOB TIME      1.89
```



## 2. Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów graficzne przedstawienie funkcji opisującej przebieg Fouriera.

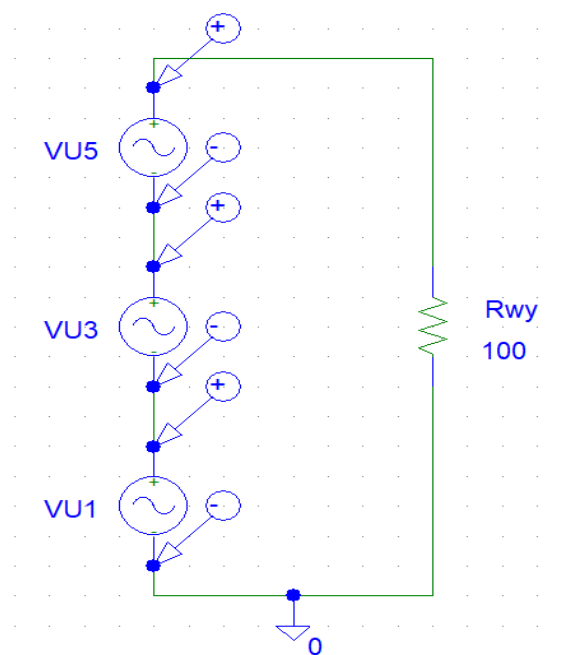
Polecenie:

W obwodzie przedstawionym należy tak dobrać parametry źródeł VU1, VU3 oraz VU5, aby uzyskać przebieg napięcia na rezystorze  $U_{Rwy}(t)$ , zbliżony do przebiegu przedstawionego na rys. 4.10b. Przyjąć amplitudę  $A = 21$  oraz częstotliwość pierwszej harmonicznej  $\text{kHz } f = 1$ .



Rys. 4.10. Sygnały okresowe niesinusoidalne i odpowiadające im szeregi Fouriera

### I. Analiza komputerowa





## II. Obliczenia komputerowe

\*\*\*\* 11/26/18 11:47:49 \*\*\*\*\* Evaluation PSpice (Nov 1999)

\*\*\*\*\*

\* C:\Users\laboratorium\Desktop\LAB4\Lab\_4\_2a.sch

\*\*\*\* CIRCUIT DESCRIPTION

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

\* Mon Nov 26 11:47:45 2018

\*\* Analysis setup \*\*

.tran 0.001 5m 0 0.1u

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

\* From [PSPICE NETLIST] section of pspicev.ini:

.lib "nom.lib"

.INC "Lab\_4\_2a.net"

\*\*\*\* INCLUDING Lab\_4\_2a.net \*\*\*\*

\* Schematics Netlist \*

```

R_Rwy      0 $N_0001 100
V_VU1      $N_0002 0
+SIN 0 17.868 1k 0 0 0
V_VU3      $N_0003 $N_0002
+SIN 0 -1.983 3k 0 0 0
V_VU5      $N_0001 $N_0003
+SIN 0 0.714 5k 0 0 0

```

```

**** RESUMING Lab_4_2a.cir ****
.INC "Lab_4_2a.als"

```

```

**** INCLUDING Lab_4_2a.als ****
* Schematics Aliases *

```

```

.ALIASES
R_Rwy      Rwy(1=0 2=$N_0001 )
V_VU1      VU1(+= $N_0002 -=0 )
V_VU3      VU3(+= $N_0003 -= $N_0002 )
V_VU5      VU5(+= $N_0001 -= $N_0003 )
.ENDALIASES

```

```

**** RESUMING Lab_4_2a.cir ****
.probe

```

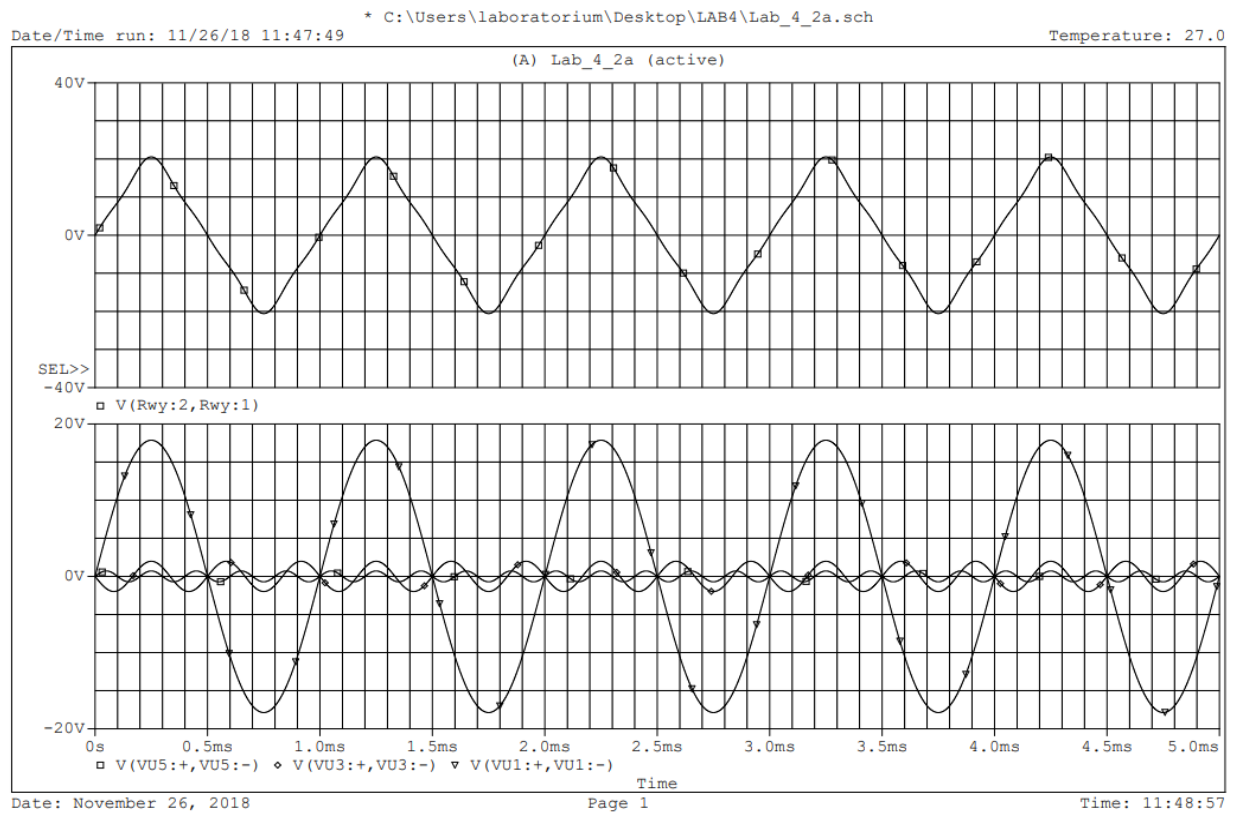
```

.END

```

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME 1.94

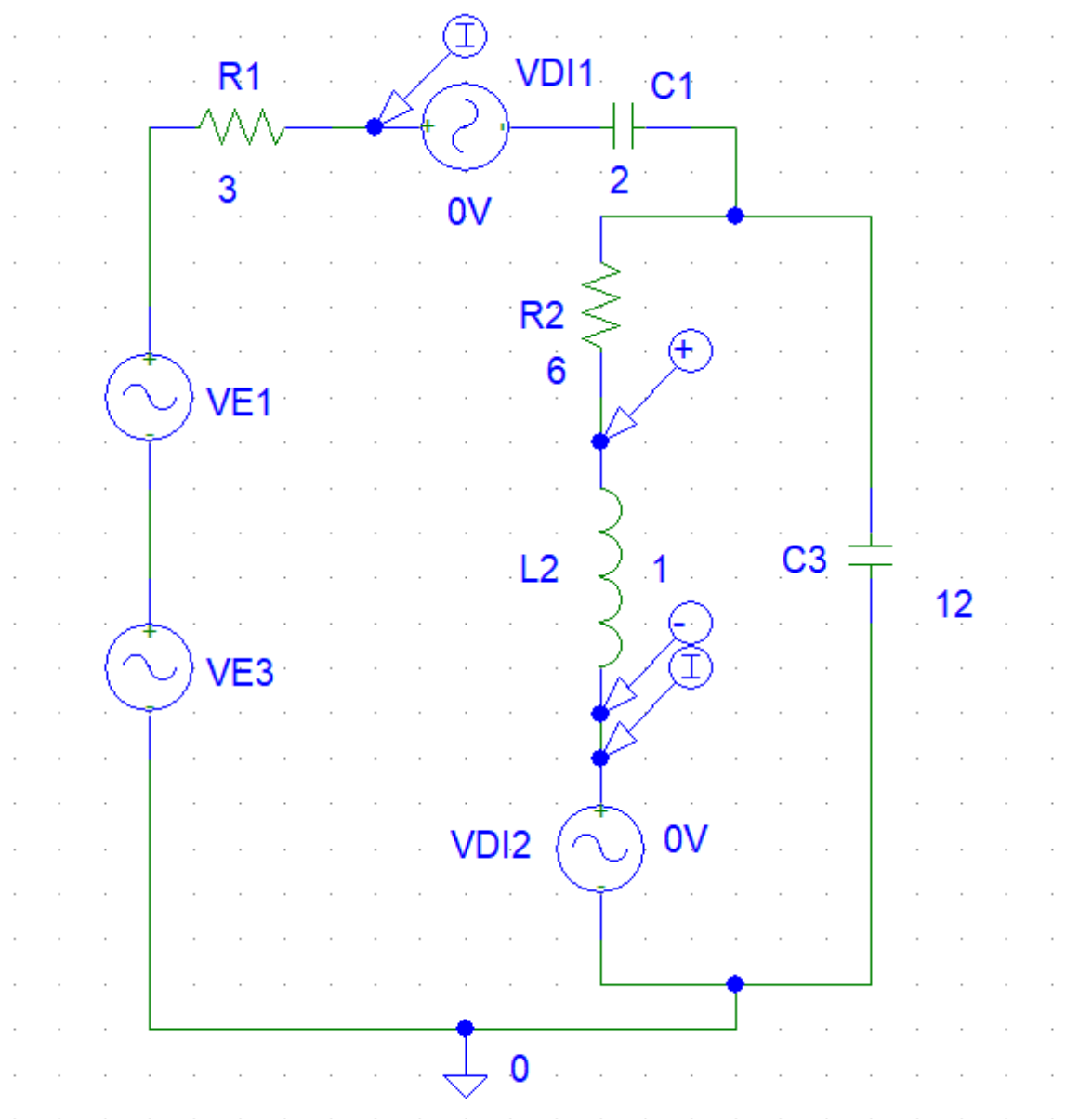


### 3. Analiza obwodu

Polecenie:

Dane obwodu przedstawionego na rys. 4.16a są następujące:  
 $e(t) = [75 \sin(\omega t + 30^\circ) + 14.142 \sin(3\omega t)] \text{ V}$ ,  $\omega = 1 \text{ rd/s}$ ,  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 10 \Omega$ ,  $\frac{1}{\omega C_1} = 100 \Omega$ ,  
 $\frac{1}{\omega C_3} = 4 \Omega$ ,  $\omega L_2 = 10 \Omega$ . Obliczyć: a).  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $U_{L2}$  (wartości skuteczne); b).  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  
 $u_{L2}(t)$ ; c).  $P$ ,  $Q$ .

#### I. Analiza komputerowa



## II. Obliczenia komputerowe

\*\*\*\* 11/26/18 11:52:29 \*\*\*\*\* Evaluation PSpice (Nov 1999) \*\*\*\*\*

\* C:\Users\laboratorium\Desktop\LAB4\Lab\_4\_3.sch

\*\*\*\* CIRCUIT DESCRIPTION

\*\*\*\*\*

\*\*

\* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

\* Mon Nov 26 11:52:29 2018

\*\* Analysis setup \*\*

.tran 0.1 31.415927 0 0.01

.four 0.159155 9 I(V\_VDI1) I(V\_VDI2) V([\$N\_0006])

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

\* From [PSPICE NETLIST] section of pspiceev.ini:

.lib "nom.lib"

.INC "Lab\_4\_3.net"

\*\*\*\* INCLUDING Lab\_4\_3.net \*\*\*\*

\* Schematics Netlist \*

V\_VDI2 \$N\_0001 0 DC 0V AC 0V

V\_VDI1 \$N\_0002 \$N\_0003 DC 0V AC 0V

R\_R1 \$N\_0004 \$N\_0002 3

C\_C1 \$N\_0003 \$N\_0005 2

C\_C3 0 \$N\_0005 12

L\_L2 \$N\_0006 \$N\_0001 1

```

R_R2      $N_0006 $N_0005 6
V_VE1     $N_0004 $N_0007
+SIN 0 75 0.159155 0 0 30
V_VE3     $N_0007 0
+SIN 0 14.142 0.477465 0 0 0

```

```

**** RESUMING Lab_4_3.cir ****
.INC "Lab_4_3.als"

```

```

**** INCLUDING Lab_4_3.als ****
* Schematics Aliases *

```

```

.ALIASES
V_VDI2     VDI2(+= $N_0001 -=0 )
V_VDI1     VDI1(+= $N_0002 -= $N_0003 )
R_R1       R1(1= $N_0004 2= $N_0002 )
C_C1       C1(1= $N_0003 2= $N_0005 )
C_C3       C3(1=0 2= $N_0005 )
L_L2       L2(1= $N_0006 2= $N_0001 )
R_R2       R2(1= $N_0006 2= $N_0005 )
V_VE1      VE1(+= $N_0004 -= $N_0007 )
V_VE3      VE3(+= $N_0007 -=0 )
.ENDALIASES

```

```

**** RESUMING Lab_4_3.cir ****
.probe

```

```

.END

```

```

**** OPERATING POINT INFORMATION    TEMPERATURE = 27.000 DEG C

```

```

**** FOURIER ANALYSIS                TEMPERATURE = 27.000 DEG C

```

## FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(V\_VDI1)

DC COMPONENT = -1.721324E-01

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	1.592E-01	2.451E+01	1.000E+00	4.104E+01	0.000E+00
2	3.183E-01	1.439E-02	5.873E-04	-1.715E+02	-2.536E+02
3	4.775E-01	4.694E+00	1.915E-01	3.700E+00	-1.194E+02
4	6.366E-01	7.173E-03	2.927E-04	-1.703E+02	-3.345E+02
5	7.958E-01	5.787E-03	2.362E-04	-1.696E+02	-3.748E+02
6	9.549E-01	4.869E-03	1.987E-04	-1.676E+02	-4.139E+02
7	1.114E+00	4.123E-03	1.682E-04	-1.658E+02	-4.530E+02
8	1.273E+00	3.605E-03	1.471E-04	-1.654E+02	-4.936E+02
9	1.432E+00	3.290E-03	1.343E-04	-1.635E+02	-5.328E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 1.915447E+01 PERCENT

\*\*\*\* FOURIER ANALYSIS                      TEMPERATURE = 27.000 DEG C

## FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(V\_VDI2)

DC COMPONENT = -6.855779E-01

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	1.592E-01	3.296E-01	1.000E+00	-5.981E+01	0.000E+00
2	3.183E-01	7.126E-03	2.162E-02	-1.769E+02	-5.724E+01
3	4.775E-01	2.212E-02	6.713E-02	-1.236E+02	5.581E+01
4	6.366E-01	3.567E-03	1.082E-02	-1.731E+02	6.617E+01
5	7.958E-01	2.857E-03	8.669E-03	-1.713E+02	1.278E+02
6	9.549E-01	2.386E-03	7.240E-03	-1.694E+02	1.894E+02
7	1.114E+00	2.048E-03	6.213E-03	-1.676E+02	2.510E+02

8	1.273E+00	1.799E-03	5.458E-03	-1.659E+02	3.126E+02
9	1.432E+00	1.601E-03	4.857E-03	-1.640E+02	3.743E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 7.287124E+00 PERCENT

\*\*\*\* FOURIER ANALYSIS                      TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE V(\$N\_0006)

DC COMPONENT = 7.113448E-03

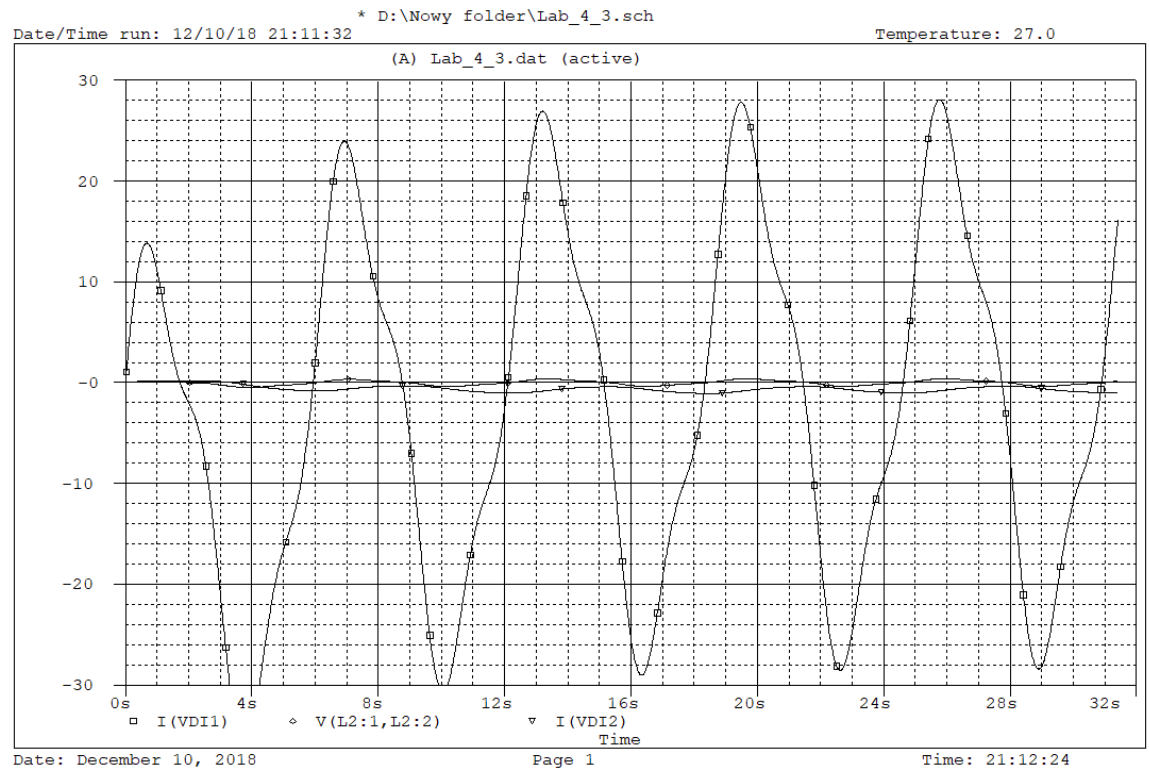
HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	1.592E-01	3.366E-01	1.000E+00	3.232E+01	0.000E+00
2	3.183E-01	1.076E-04	3.196E-04	-1.664E+02	-2.311E+02
3	4.775E-01	5.848E-02	1.737E-01	-2.268E+01	-1.197E+02
4	6.366E-01	5.342E-05	1.587E-04	-1.669E+02	-2.962E+02
5	7.958E-01	4.317E-05	1.283E-04	-1.684E+02	-3.300E+02
6	9.549E-01	3.722E-05	1.106E-04	-1.652E+02	-3.591E+02
7	1.114E+00	3.019E-05	8.969E-05	-1.637E+02	-3.899E+02
8	1.273E+00	2.737E-05	8.131E-05	-1.652E+02	-4.238E+02
9	1.432E+00	2.489E-05	7.395E-05	-1.609E+02	-4.518E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 1.737386E+01 PERCENT

JOB CONCLUDED

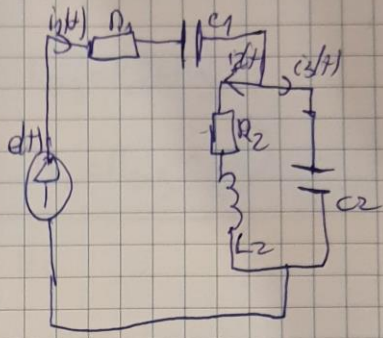
TOTAL JOB TIME                      .33





## III. Obliczenia analityczne

Dane:  
 $e(t) = [25 \sin(\omega t + 30^\circ) + 14,142 \sin(3\omega t)] \text{ V}$   
 $\omega = 1 \text{ rad/s}$   
 $R_1 = 20 \Omega \quad R_2 = 10 \Omega$   
 $X_{L1}^{(1)} = 100 \Omega \quad X_{C3}^{(1)} = 4 \Omega$   
 $X_{L2} = 10 \Omega$



1)  $\vec{I}$  harmoniczny  
 $\underline{E} = \frac{25}{\sqrt{2}} e^{j30^\circ} = 53,03 e^{j30^\circ} \text{ V}$   
 $\underline{Z}_1^{(1)} = R_1 - jX_{C1} = (20 - j100) \Omega$   
 $\underline{Z}_2^{(1)} = -jX_{L2} = -j10 = 4 e^{j90^\circ} \Omega$   
 $\underline{Z}^{(1)} = \underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = (20 - j100) + \frac{1,4142 e^{j45^\circ} \cdot 4 e^{j90^\circ}}{40 + j10 - j4} =$   
 $= (20 - j100) + \frac{56,568 e^{j135^\circ}}{40 + j10 - j4} = (20 - j100) + 4,85 e^{j75,96^\circ} =$   
 $= (20 - j100) + (1,133 - j4,205) = (21,133 - j104,205) = 106,895 e^{-j78,3^\circ} \Omega$   
 $\underline{I}^{(1)} = \frac{\underline{E}^{(1)}}{\underline{Z}^{(1)}} = 0,496 e^{j108,25^\circ} \text{ A}$   
 $\underline{U}_{223}^{(1)} = \underline{Z}_{223} \cdot \underline{I}^{(1)} = 4,85 e^{-j75,96^\circ} \cdot 0,496 e^{j108,25^\circ} = 2,406 e^{j32,29^\circ} \text{ V}$   
 $\underline{I}_2^{(1)} = \frac{\underline{U}_{223}^{(1)}}{\underline{Z}_2} = \frac{2,406 e^{j32,29^\circ}}{14,142 e^{j45^\circ}} = 0,17 e^{-j12,21^\circ} \text{ A}$

$$U_{L2}^{(1)} = jX_{L2}^{(1)} \cdot \underline{I}_2^{(1)} = j10 \cdot 0,17 e^{-j12,24} = 10 e^{j90} \cdot 0,17 e^{-j12,24} = 1,7 e^{j77,76} \text{ V}$$

$$\underline{S}^{(1)} = \underline{U}^{(1)} \cdot \underline{I}_1^{(1)} = 53,03 e^{j30} \cdot 0,496 e^{-j108,25} = 26,303 e^{-j78,25} =$$

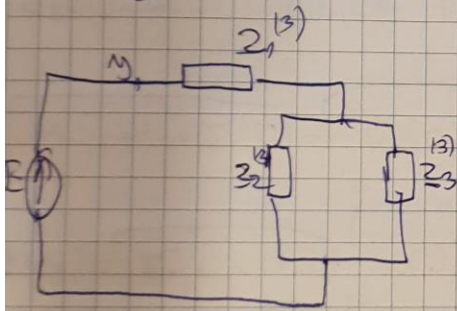
$$(5,356 - j25,22) \text{ VA}$$

$$P^{(1)} = 5,356 \text{ W} \quad Q^{(1)} = -25,22 \text{ VAR}$$

2)  $\underline{I}^{(1)}$  harmonica

$$\underline{E}^{(1)} = 10 \text{ V} \quad X_{L1}^{(1)} = \frac{1}{3} \cdot 100 = 33,333 \Omega \quad X_{C3}^{(1)} = \frac{1}{3} \cdot 4 = 1,333$$

$$X_{L2}^{(1)} = 3 \cdot 100 = 30 \Omega$$



$$\underline{Z}_1^{(1)} = R_1 + jX_{L1} = (20 - j33,333) = 38,873 e^{-j59,036} \Omega$$

$$\underline{Z}_2^{(1)} = R_2 + jX_{L2} = (10 + j30) = 31,623 e^{j71,565} \Omega$$

$$\underline{Z}_3^{(1)} = -jX_{C3} = -j1,333 = 1,333 e^{-j90} \Omega$$

$$\underline{Z}^{(1)} = \underline{Z}_1^{(1)} + \frac{\underline{Z}_2^{(1)} \cdot \underline{Z}_3^{(1)}}{\underline{Z}_2^{(1)} + \underline{Z}_3^{(1)}} = (20 - j33,333) + \frac{31,623 e^{j71,565} \cdot 1,333 e^{-j90}}{10 + j30 - j1,333}$$

$$= (20 - j33,333) + \frac{42,153 e^{-j18,435}}{30,667 e^{j90}} = (20 - j33,333) + 1,371 e^{-j108,435} =$$

$$= (20 - j33,333) + (0,019 + j1,382) = 20,019 - j31,951 = 32,2 e^{-j57,906}$$

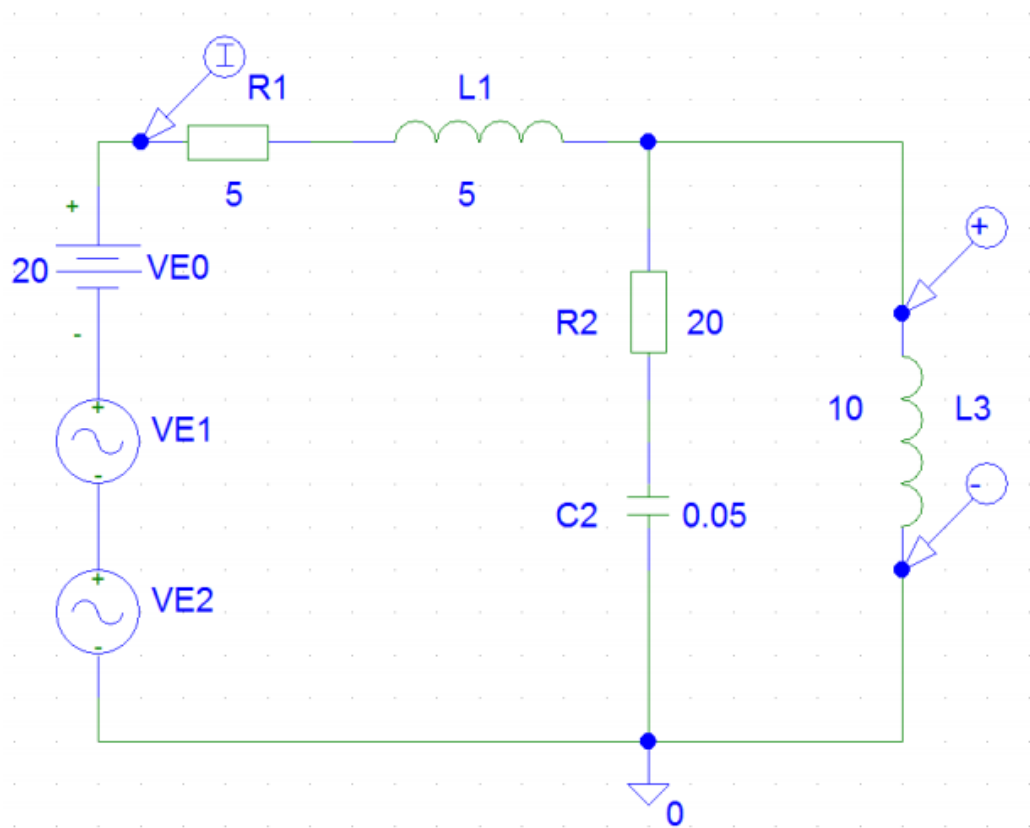


$$\begin{aligned}
 \underline{I}_1^{(3)} &= \frac{\underline{E}^{(3)}}{\underline{Z}^{(3)}} = \frac{10}{37,7 \angle -52,926^\circ} = 0,265 \angle 52,926^\circ \text{ A} \\
 \underline{U}_{223}^{(3)} &= \underline{Z}_{223}^{(3)} \cdot \underline{I}_1^{(3)} = 1,388 \angle -39,245^\circ \cdot 0,265 \angle 52,926^\circ = 0,367 \angle 13,681^\circ \text{ V} \\
 \underline{I}_2^{(3)} &= \frac{\underline{U}_{223}^{(3)}}{\underline{Z}_2^{(3)}} = \frac{0,367 \angle 13,681^\circ}{3,1623 \angle 15,65^\circ} = 0,112 \angle -102,964^\circ \text{ A} \\
 \underline{U}_{L2}^{(3)} &= j \omega L_2 \cdot \underline{I}_2^{(3)} = j 30 \cdot 0,112 \angle -102,964^\circ = 3,36 \angle 90^\circ \cdot 0,112 \angle -102,964^\circ = 0,36 \angle -12,964^\circ \text{ V} \\
 \underline{S}^{(3)} &= \underline{E}^{(3)} \cdot \underline{I}_1^{(3)*} = 10 \cdot 0,265 \angle -52,926^\circ = 2,65 \angle -52,926^\circ = 1,462 - j 2,246 \text{ VA} \\
 p^{(3)} &= 1,409 \text{ W} \quad q^{(3)} = -2,246 \text{ VAR} \\
 3) \text{ Obliczenie skuteczne} \\
 I_0 &= \sqrt{|\underline{I}_1^{(1)}|^2 + |\underline{I}_1^{(3)}|^2} = \sqrt{(0,496)^2 + (0,265)^2} = \sqrt{0,246 + 0,070} = \sqrt{0,316} = 0,562 \text{ A} \\
 I_2 &= \sqrt{|\underline{I}_2^{(1)}|^2 + |\underline{I}_2^{(3)}|^2} = \sqrt{(0,17)^2 + (0,112)^2} = \sqrt{0,029 + 0,0125} = \sqrt{0,0415} = 0,204 \text{ A} \\
 U_2 &= \sqrt{|\underline{U}_{L2}^{(1)}|^2 + |\underline{U}_{L2}^{(3)}|^2} = \sqrt{(1,2)^2 + (0,36)^2} = \sqrt{2,89 + 0,1296} = \sqrt{3,0196} = 1,738 \text{ V} \\
 u_{L2}(t) &= [1,216 \sin(\omega t + 27,29^\circ) + 0,36 \sqrt{2} \sin(3\omega t + 12,964^\circ)] \text{ V} \\
 i_1(t) &= [0,496 \sqrt{2} \sin(\omega t + 108,28^\circ) + 0,265 \sqrt{2} \sin(3\omega t - 52,926^\circ)] \text{ A} \\
 i_2(t) &= [0,17 \sqrt{2} \sin(\omega t - 12,171^\circ) + 0,112 \sqrt{2} \sin(3\omega t - 102,964^\circ)] \text{ A} \\
 P &= P^{(1)} + P^{(3)} = 5,356 + 1,462 = 6,818 \text{ W} \\
 Q &= Q^{(1)} + Q^{(3)} = -25,952 - 2,246 = -28,198 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

## 4. Analiza obwodu

Dane obwodu przedstawionego na rys. 4.19 są następujące:  $R_1 = 5 \, \Omega$ ,  $R_2 = 20 \, \Omega$ ,  $\omega L_1^{(1)} = 5 \, \Omega$ ,  $\omega L_3^{(1)} = 10 \, \Omega$ ,  $\frac{1}{\omega C_2} = 20 \, \Omega$ ,  $\omega = 1 \, \text{rd/s}$ ,  $e(t) = [20 + 40 \sin(\omega t - 60^\circ) + 15 \sin(2\omega t)] \, \text{V}$ .  
Obliczyć: a).  $I_1$ ,  $U_{L3}$  (wartości skuteczne); b).  $i_1(t)$ ,  $u_{L3}(t)$ ; c).  $S$ .

### I. Analiza komputerowa



## II. Obliczenia komputerowe

\*\*\*\* 12/10/18 21:36:42 \*\*\*\*\* Evaluation PSpice (Nov 1999) \*\*\*\*\*

\* C:\Users\Uytownik\Desktop\OBWODY\_I\_SYGNALY\LAB4\Schematic2.sch

\*\*\*\* CIRCUIT DESCRIPTION

\*\*\*\*\*

\* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

\* Mon Dec 10 21:36:39 2018

\*\* Analysis setup \*\*

.tran 0.1 62.831853 0 0.01

.four 0.159155 9 V([\$N\_0002],[0]) I(V\_VE1)

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

\* From [PSPICE NETLIST] section of pspiceev.ini:

.lib "nom.lib"

.INC "Schematic2.net"

\*\*\*\* INCLUDING Schematic2.net \*\*\*\*

\* Schematics Netlist \*

L\_L1     \$N\_0001 \$N\_0002 5

R\_R2     \$N\_0003 \$N\_0002 20

C\_C2     0 \$N\_0003 0.05

V\_VE1     \$N\_0004 \$N\_0005

+SIN 0 40 0.159155 0 0 -60

V\_VE2     \$N\_0005 0

+SIN 0 15 0.31831 0 0 0

R\_R1     \$N\_0006 \$N\_0001 5

L\_L3     \$N\_0002 0 10

V\_VE0     \$N\_0006 \$N\_0004 20

\*\*\*\* RESUMING Schematic2.cir \*\*\*\*

.INC "Schematic2.als"

\*\*\*\* INCLUDING Schematic2.als \*\*\*\*

\* Schematics Aliases \*

.ALIASES

L\_L1      L1(1=\$N\_0001 2=\$N\_0002 )

R\_R2      R2(1=\$N\_0003 2=\$N\_0002 )

C\_C2      C2(1=0 2=\$N\_0003 )

V\_VE1      VE1(+=\$N\_0004 -=\$N\_0005 )

V\_VE2      VE2(+=\$N\_0005 -=0 )

R\_R1      R1(1=\$N\_0006 2=\$N\_0001 )

L\_L3      L3(1=\$N\_0002 2=0 )

V\_VE0      VE0(+=\$N\_0006 -=\$N\_0004 )

.ENDALIASES

\*\*\*\* RESUMING Schematic2.cir \*\*\*\*

.probe

.END

\*\*\*\*    OPERATING POINT INFORMATION    TEMPERATURE = 27.000 DEG C



\*\*\*\* FOURIER ANALYSIS                      TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE V(\$N\_0002,0)

DC COMPONENT = 1.225919E-04

	HARMONIC	FREQUENCY	FOURIER	NORMALIZED	PHASE	NORMALIZED
NO	(HZ)	COMPONENT	COMPONENT	(DEG)	PHASE (DEG)	
1	1.592E-01	2.630E+01	1.000E+00	-5.054E+01	0.000E+00	
2	3.183E-01	9.864E+00	3.750E-01	-9.466E+00	9.161E+01	
3	4.775E-01	3.484E-04	1.325E-05	-2.335E+01	1.283E+02	
4	6.366E-01	2.335E-04	8.877E-06	1.562E+02	3.584E+02	
5	7.958E-01	3.307E-04	1.257E-05	-1.119E+02	1.408E+02	
6	9.549E-01	1.563E-04	5.943E-06	-2.694E+01	2.763E+02	
7	1.114E+00	2.740E-04	1.042E-05	-1.678E+02	1.860E+02	
8	1.273E+00	5.768E-04	2.193E-05	-1.005E+02	3.038E+02	
9	1.432E+00	4.310E-04	1.639E-05	-9.285E+00	4.456E+02	

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 3.749945E+01 PERCENT

\*\*\*\* FOURIER ANALYSIS                      TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(V\_VE1)

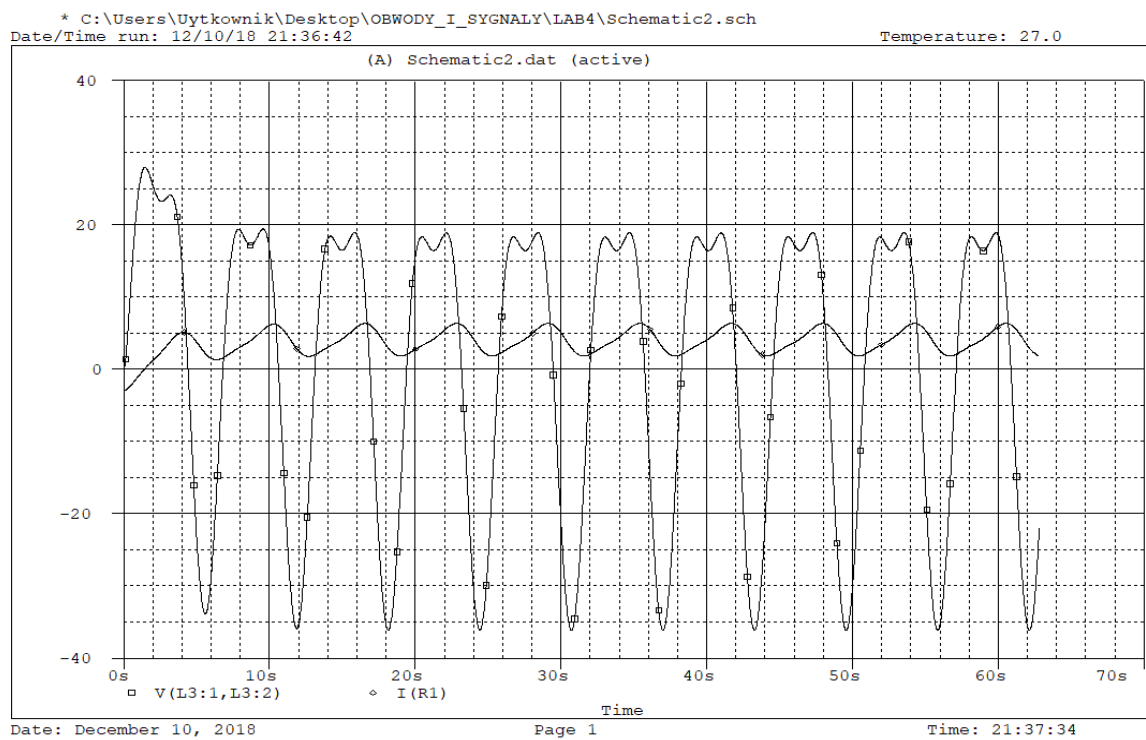
DC COMPONENT = -4.000026E+00

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	1.592E-01	2.079E+00	1.000E+00	5.790E+01	0.000E+00
2	3.183E-01	4.932E-01	2.372E-01	1.337E+02	1.787E+01
3	4.775E-01	1.648E-05	7.927E-06	1.284E+02	-4.526E+01
4	6.366E-01	3.973E-06	1.911E-06	-1.019E+02	-3.335E+02
5	7.958E-01	5.912E-06	2.843E-06	8.489E+01	-2.046E+02
6	9.549E-01	5.810E-06	2.794E-06	1.642E+02	-1.831E+02
7	1.114E+00	5.193E-06	2.497E-06	6.643E+01	-3.388E+02
8	1.273E+00	1.929E-05	9.275E-06	1.276E+02	-3.355E+02
9	1.432E+00	2.552E-05	1.227E-05	-1.410E+02	-6.621E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 2.371657E+01 PERCENT

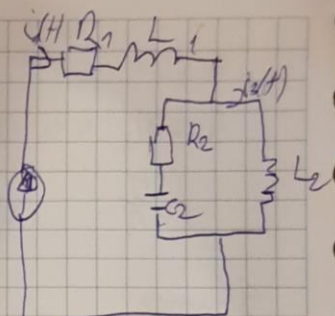
JOB CONCLUDED

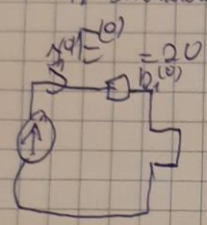
TOTAL JOB TIME .56



## III. Obliczenia analityczne

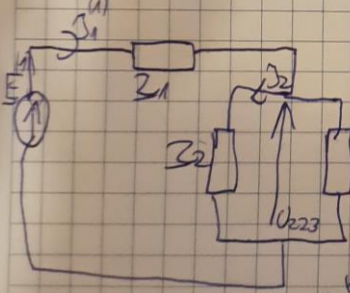
Dane:  
 $R_1 = 5 \Omega$      $X_{L1} = 5 \Omega$   
 $R_2 = 20 \Omega$      $X_{C2} = 20 \Omega$   
 $X_{C2} = 20 \Omega$      $X_{L3} = 10 \Omega$   
 $\omega = 1 \text{ rad/s}$   
 $e(t) = [20 + 40 \sin(\omega t - 60^\circ) + 15 \sin(2\omega t)] \text{ V}$



1) Składowa stała  


$$I_1 = \frac{E^{(0)}}{R_1^{(0)}} = \frac{20}{5} = 4 \text{ A} \quad U_{C2}^{(0)} = 0 \text{ V}$$

2) I harmoniczna  

$$E^{(1)} = \frac{40}{\sqrt{2}} e^{j60^\circ} = 28,284 e^{j60^\circ} \text{ V}$$


$$Z_1^{(1)} = R + jX_{L1} = 5 + j5 \Omega$$

$$Z_2^{(1)} = R_2 - jX_{C2} = 20 - j20 = 28,284 e^{-j45^\circ} \Omega$$

$$Z_3^{(1)} = jX_{L3} = j10 = 10 e^{j90^\circ} \Omega$$

$$Z^{(1)} = Z_1^{(1)} + \frac{Z_2^{(1)} \cdot Z_3^{(1)}}{Z_2^{(1)} + Z_3^{(1)}} = 5 + j5 = \frac{28,284 e^{-j45^\circ} \cdot 10 e^{j90^\circ}}{20 - j10} = 12,1649 e^{j62,103^\circ} \Omega$$

$$I^{(1)} = \frac{E^{(1)}}{Z^{(1)}} = \frac{28,284 e^{j60^\circ}}{12,1649 e^{j62,103^\circ}} = 1,47 e^{-j2,103^\circ} \text{ A}$$

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_{223}^{(1)} &= \underline{I}_1^{(1)} \cdot \underline{Z}_{23}^{(1)} = 1,42 e^{-j122,103} \cdot 12,649 e^{j91,365} = 18,594 e^{-j30,738} \\
 \underline{U}_{L3}^{(1)} &= \underline{U}_{223}^{(1)} = 18,594 e^{-j30,738} \text{ V} \\
 \underline{S}^{(1)} &= \underline{E}^{(1)} \cdot \underline{I}_1^{(1)*} = 28,284 e^{-j80} \cdot 1,42 e^{j122,103} = 41,577 e^{j42,103} = \\
 &= (19,453 + j36,245) \text{ VA} \\
 3) \text{ II) Kurzschluss} \quad \underline{E}^{(2)} &= \frac{15}{\sqrt{2}} = 10,6 \text{ V} \quad \underline{X}_{L1} = 2 \cdot 5 = 10 \Omega \\
 \underline{X}_{L2} &= \frac{20}{2} = 10 \Omega \quad \underline{X}_{L3} = 2 \cdot 10 = 20 \Omega \\
 \underline{Z}_1^{(2)} &= R_1 + j \underline{X}_{L1} = 5 + j10 \\
 \underline{Z}_2^{(2)} &= R_2 - j \underline{X}_{L2} = 20 - j20 = 22,36 e^{-j45} \Omega \\
 \underline{Z}_3^{(2)} &= j \underline{X}_{L3} = j20 = 20 e^{j90} \Omega \\
 \underline{Z}^{(2)} &= \underline{Z}_1^{(2)} + \frac{\underline{Z}_2^{(2)} \cdot \underline{Z}_3^{(2)}}{\underline{Z}_2^{(2)} + \underline{Z}_3^{(2)}} = 30,414 e^{j46,332} \Omega \\
 \underline{I}_1^{(2)} &= \frac{\underline{E}^{(2)}}{\underline{Z}^{(2)}} = \frac{10,6}{30,414 e^{j46,332}} = 0,349 e^{-j46,332} \text{ A} \\
 \underline{U}_{223}^{(2)} &= \underline{Z}_{23}^{(2)} \cdot \underline{I}_1^{(2)} = 20 e^{j90} \cdot 0,349 e^{-j46,332} = 6,98 e^{j43,668} \text{ V} \\
 \underline{U}_{L3}^{(2)} &= \underline{U}_{223}^{(2)} = 6,98 e^{j43,668} \\
 \underline{S}^{(2)} &= \underline{E}^{(2)} \cdot \underline{I}_1^{(2)*} = 10,6 \cdot 0,349 e^{j46,332} = 3,699 e^{j46,332} = (2,594 + j2,606) \text{ VA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_1(t) &= [4 + 1,42\sqrt{2} \sin(\omega t - 122,103^\circ) + 0,349\sqrt{2} \sin(2\omega t - 46,332^\circ)] \text{ A} \\
 u_{L3}(t) &= [18,594\sqrt{2} \sin(\omega t - 30,738^\circ) + 6,98\sqrt{2} \sin(2\omega t - 43,668^\circ)] \text{ V} \\
 I_1 &= \sqrt{I_0^2 + I_1^{(1)2} + I_1^{(2)2}} = \sqrt{4^2 + (1,42)^2 + (0,349)^2} = \\
 &= \sqrt{16 + 2,016 + 0,122} = 4,236 \text{ A} \\
 U_{L3} &= \sqrt{U_{L3}^{(1)2} + U_{L3}^{(2)2}} = \sqrt{(18,594)^2 + (6,98)^2} = 19,861 \text{ V} \\
 E &= \sqrt{E_0^2 + E_1^{(1)2} + E_1^{(2)2}} = \sqrt{20^2 + (28,284)^2 + (10,6)^2} = 36,226 \text{ V} \\
 S &= E \cdot I_1 = 36,226 \cdot 4,236 = 154,302 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

## 5. Zestawienie wyników

<i>Wielkość</i>	Wynik obliczeń	Wynik analizy komputerowej
$S$	154,902VA	-
$\underline{U}_{L3}^{(1)}$	$18,504e^{j50,54}V$	$18,507e^{j50,54}V$
$\underline{U}_{L3}^{(2)}$	$6,98e^{-j9,96}V$	$6,972e^{-j9,96}V$
$\underline{U}_{L3}$	19,861V	--
$\underline{I}^{(1)}$	$1,47e^{-j122,109}A$	$1,14e^{-j122,109}A$
$\underline{I}^{(2)}$	$0,349e^{-j46,33}A$	$0,349e^{j133,33}A$
$\underline{Z}$	$12,649e^{j62,103}$	-

## 6. Wnioski

Po przeprowadzeniu obliczeń ręcznych oraz komputerowych możemy zauważyć że wyniki nie różnią się od siebie. Dzięki analizie komputerowej mamy znacznie szybsze otrzymanie wyników niż w przypadku obliczeń ręcznych, kiedy obwody są bardziej złożone.

Następna niesamowitą zaletą symulatora jest ta opcja , że wystarczy zmienić dane w programie a on w bardzo krótkim czasie przeprowadzi nam nowe obliczenia. Ręczne przeprowadzanie obliczeń na innych danych zajmuje nieporównywalnie dużo więcej czasu.