



WYDZIAŁ
ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Katedra Elektrotechniki i Podstaw Informatyki

LABORATORIUM OBWODÓW I SYGNAŁÓW SPRAWOZDANIE

Ćw. nr	Temat		
3	Obwody prądu sinusoidalnie zmiennego		
Opracowali		Rok / gr. lab.	Data wyk. ćw.
1.		1ET-DI / L2	29.11.2018 r.
2.			

a) Analiza szeregowego obwodu RLC

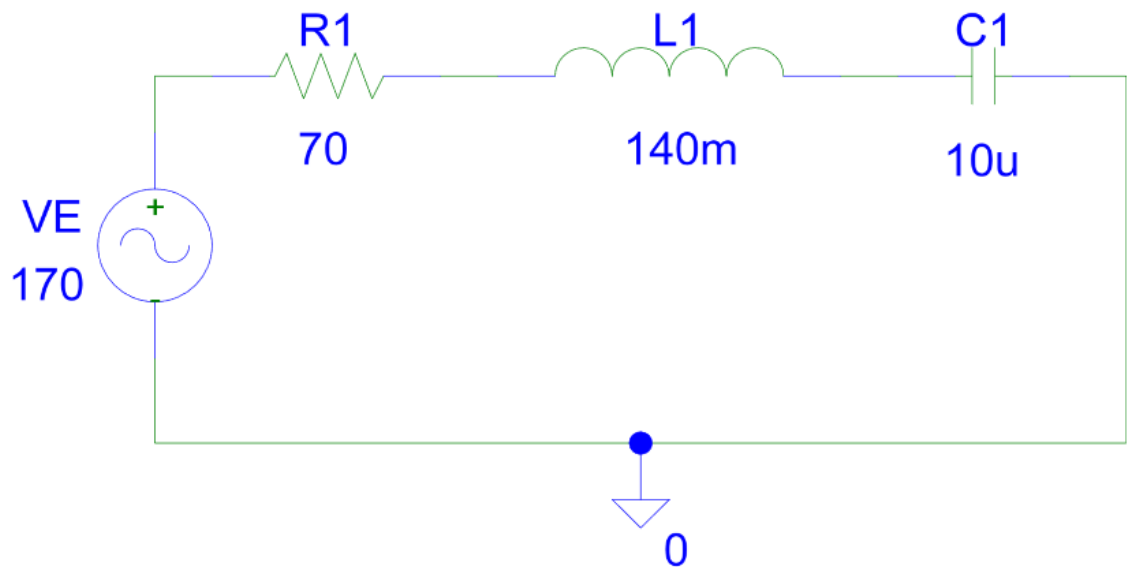
W obwodzie policzyć wartość prądu I płynącego w obwodzie, wartości napięć na elementach U_R , U_L , U_C oraz moc czynną P i bierną Q .

Dane:

- $e(t) = 110\sqrt{2}\sin(1000t)\text{V}$
- $R = 10\Omega$
- $L = 20\text{mH}$
- $C = 10\mu\text{F}$
- $U = 110\text{V}$

Szukane:

U_R, U_L, U_C, I, P, Q



Rozwiązanie analityczne zadania

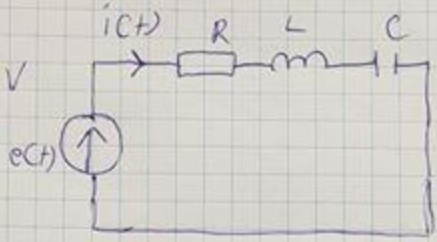
Dane:

$$e(t) = 110\sqrt{2} \sin(1000t) \text{ V}$$

$$R = 10 \Omega$$

$$L = 20 \text{ mH}$$

$$C = 10 \mu\text{F}$$

$$U = 110 \text{ V}$$


$$X_L = \omega L = 1000 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 20 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000 \cdot 10^{-6}} = 100 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{10^2 + (20 - 100)^2} = \sqrt{100 + 6400} = 24,20 \Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{110}{24,20} = 4,545 \text{ A}$$

$$U_R = I \cdot R = 4,545 \cdot 10 = 45,45 \text{ V}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 4,545 \cdot 20 = 90,90 \text{ V}$$

$$U_C = I \cdot X_C = 4,545 \cdot 100 = 454,5 \text{ V}$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{20 - 100}{10} = -82,87^\circ$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

$$\varphi_i = 82,87^\circ, \quad \varphi_{uR} = \varphi_i = 82,87^\circ$$

$$\varphi_{uL} = 82,87^\circ + 90^\circ = 172,87^\circ, \quad \varphi_{uC} = 82,87^\circ - 90^\circ = -7,13^\circ$$

$$P = U_R \cdot I = 45,45 \cdot 4,545 = 206,6 \text{ W}$$

$$Q = (X_L - X_C) \cdot I^2 = (20 - 100) \cdot 20,66 = -1859,6 \text{ var}$$

$$i(t) = 4,043 \text{ A} \sin(1000t + 82,84^\circ)$$

$$u_R(t) = 40,43 \text{ V} \sin(1000t + 82,84^\circ)$$

$$u_L(t) = 80,86 \text{ V} \sin(1000t + 172,84^\circ)$$

$$u_C(t) = 100 \text{ V} \sin(1000t - 11,13^\circ)$$

*** 11/30/18 21:49:57 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999)

* C:\Users\aescaesse\Desktop\lab 3\lab3\lab_3_1.sch

**** CIRCUIT DESCRIPTION

* Schematics Version 9.1 - Web Update 1
* Fri Nov 30 21:46:07 2018

** Analysis setup **

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

.AC LIN 1 159.1549431 159.1549431

.PRINT AC VM(R_R1) VP(R_R1) VR(R_R1) VI(R_R1)

+ VM(L_L1) VP(L_L1) VR(L_L1) VI(L_L1)

+ VM(C_C1) VP(C_C1) VR(C_C1) VI(C_C1)

+ IM(R_R1) IP(R_R1) IR(R_R1) II(R_R1)

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

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\breakout.lib"

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\eval.lib"

.INC "lab_3_1.net"

**** INCLUDING lab_3_1.net ****

* Schematics Netlist *

R_R1 \$N_0002 \$N_0001 10
L_L1 \$N_0001 \$N_0003 20m
C_C1 \$N_0003 0 10u
V_V1 \$N_0002 0 AC 110 0

**** RESUMING lab_3_1.cir ****

.INC "lab_3_1.als"

**** INCLUDING lab_3_1.als ****

* Schematics Aliases *

.ALIASES

R_R1 R1(1=\$N_0002 2=\$N_0001)
L_L1 L1(1=\$N_0001 2=\$N_0003)
C_C1 C1(1=\$N_0003 2=0)
V_V1 V1(+= \$N_0002 -=0)
.ENDALIASES

**** RESUMING lab_3_1.cir ****

.probe

.END

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

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ VM(R_R1) VP(R_R1) VR(R_R1) VI(R_R1) VM(L_L1)

1.592E+02 1.364E+01 8.288E+01 1.692E+00 1.354E+01 2.729E+01

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ VP(L_L1) VR(L_L1) VI(L_L1) VM(C_C1) VP(C_C1)

1.592E+02 1.729E+02 -2.708E+01 3.385E+00 1.364E+02 -
7.125E+00

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ VR(C_C1) VI(C_C1) IM(R_R1) IP(R_R1) IR(R_R1)

1.592E+02 1.354E+02 -1.692E+01 1.364E+00 8.288E+01 1.692E-01

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ II(R_R1)

1.592E+02 1.354E+00

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .02

b) Analiza szeregowego obwodu RC:

Dane:

W obwodzie wyznaczyć przebiegi napięcia zasilającego $u_1(t)$ oraz napięcia $U_c(t)$ oraz $U_R(t)$.

$$R_1 = 1\text{k}\Omega$$

$$C_1 = 170\text{nF}$$

$$U_m = 70\text{V}$$

$$f = 1\text{kHz}$$

$$\psi_m = 0$$

Dane:

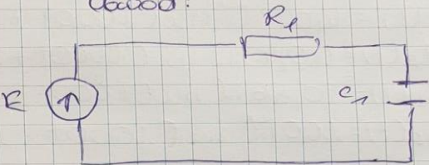
$$f = 1\text{kHz} = 1000\text{Hz}$$

$$R_1 = 1\text{k}\Omega$$

$$C_1 = 170\text{nF}$$

$$U_m = 70\text{V}$$

Obwód:



$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 170 \cdot 10^{-9}} = 1447,586\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{(1000^2) + (1447,586)^2} = 1758,413\ \Omega$$

$$I = \frac{U_m}{Z} = \frac{70}{1758,413} = 0,028\text{ A}$$

$$U_R = 1000 \cdot 0,028 = 28\text{ V}$$

$$U_C = 1447,586 \cdot 0,028 = 40,532\text{ V}$$

$$Z_1 = 1000\ \Omega$$

$$Z_2 = -j 1447,586\ \Omega$$

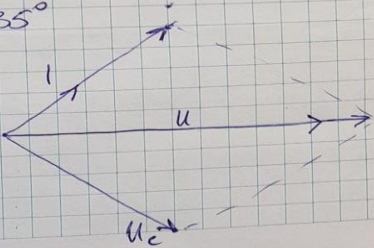
$$Z = 1000 + j(-1447,586)$$

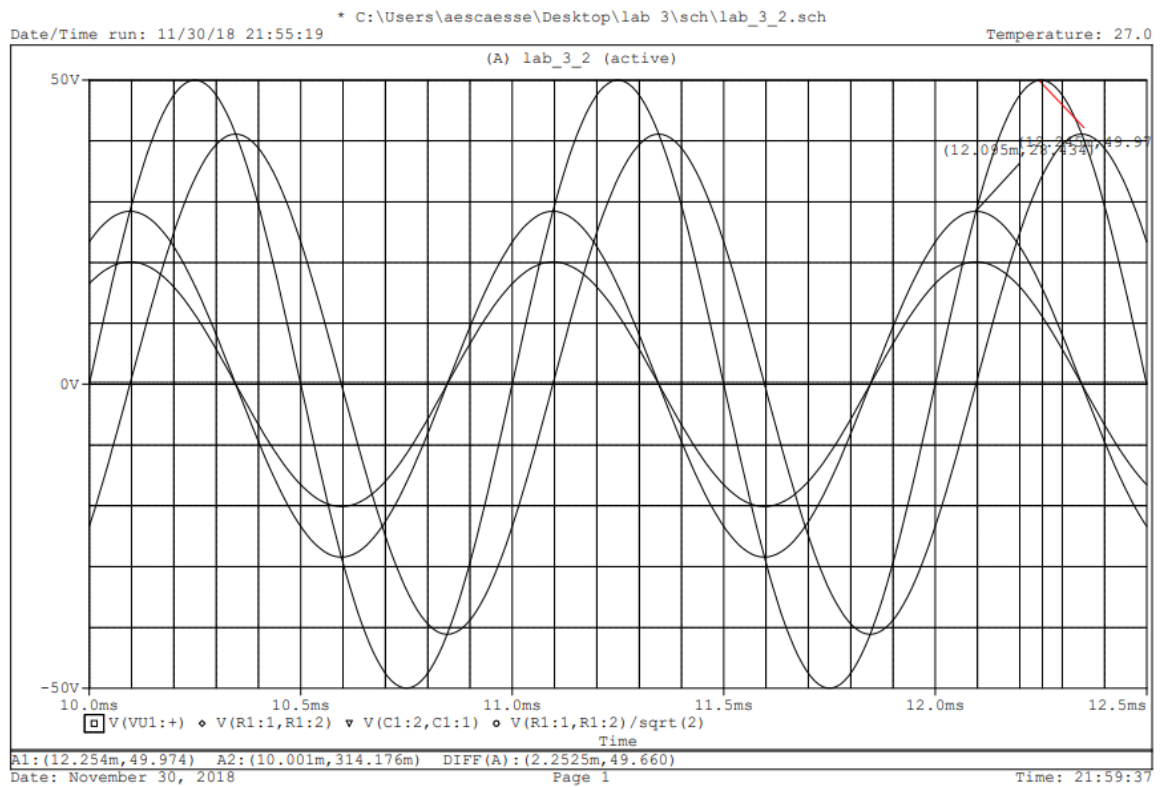
$$\varphi = \arctg \frac{1447,586}{1000} = 55,35^\circ$$

$$Z = 1758,413 e^{j 55,35^\circ}$$

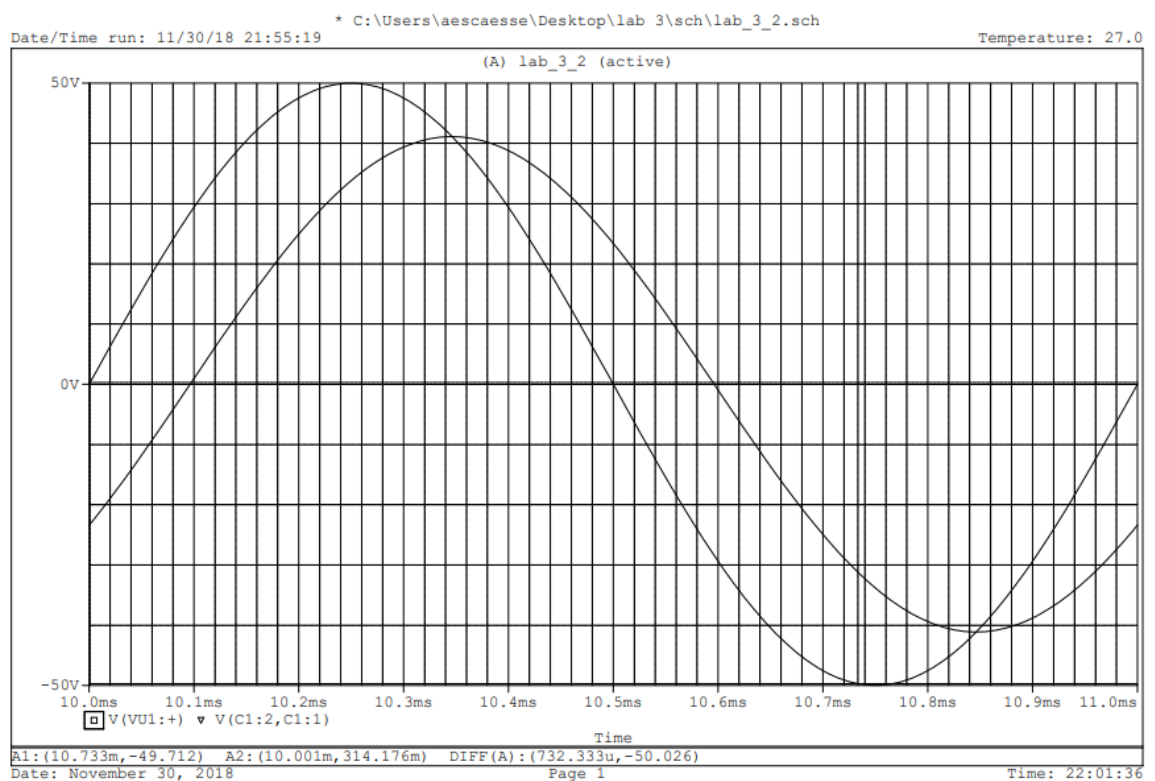
$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi$$

$$\varphi_i = 0 - 55,35^\circ = -55,35^\circ$$

$$\varphi_{u_i} = \varphi_i - 90^\circ = -145,35^\circ$$




Symulacja obwodu



Przesunięcie fazowe pomiędzy napięciem na kondensatorze a napięciem zasilającym

Obliczenia komputerowe:

**** 11/30/18 21:55:19 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999)

* C:\Users\aescaesse\Desktop\lab 3\sch\lab_3_2.sch

**** CIRCUIT DESCRIPTION

* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

* Fri Nov 30 21:55:13 2018

** Analysis setup **

.tran 10u 12.5m 10m 10u

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

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

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\breakout.lib"

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\eval.lib"

```
.INC "lab_3_2.net"
```

```
**** INCLUDING lab_3_2.net ****
```

```
* Schematics Netlist *
```

```
V_VU1      $N_0001 0
```

```
+SIN 0 50 1k 0 0 0
```

```
C_C1       0 $N_0002 110n
```

```
R_R1       $N_0001 $N_0002 1k
```

```
**** RESUMING lab_3_2.cir ****
```

```
.INC "lab_3_2.als"
```

```
**** INCLUDING lab_3_2.als ****
```

```
* Schematics Aliases *
```

```
.ALIASES
```

```
V_VU1      VU1(+= $N_0001 -=0 )
```

```
C_C1       C1(1=0 2=$N_0002 )
```

```
R_R1       R1(1=$N_0001 2=$N_0002 )
```

```
.ENDALIASES
```

```
**** RESUMING lab_3_2.cir ****
```

```
.probe
```

```
.END
```

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

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .03

c) Wyznaczanie wartości napięć i prądów w obwodzie:

Dane:

Obliczyć wartości chwilowe prądów płynących w gałęziach oraz napięć na poszczególnych elementach

$$e(t) = 311 \sin(1000t - 90^\circ)$$

$$R = 5 \Omega$$

$$L = 19,1 \text{ mH}$$

$$C = 318 \mu\text{F}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

Dane:

$$e(t) = 311 \sin(1000t - 90^\circ)$$

$$R = 5 \Omega$$

$$L = 19,1 \text{ mH}$$

$$C = 318 \mu\text{F}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$X_L = \omega L = 1000 \cdot 19,1 \cdot 10^{-3} = 19,1 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000 \cdot 318 \cdot 10^{-6}} = 31,446 \Omega$$

$$Z_R = R = 5 \Omega$$

$$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{1000 \cdot 318 \cdot 10^{-6}} = 31,446 e^{-j90^\circ}$$

$$Z_{CR} = \frac{R \cdot Z_C}{R + Z_C} = \frac{5 \cdot 31,446 e^{-j90^\circ}}{5 + 31,446 e^{-j90^\circ}} = 4,888 e^{-j8,034^\circ} \Omega$$

$$Z_{CLR} = Z_C + Z_{CR} = Z_L = 6,848 e^{-j8,034^\circ}$$

$$U = 311 \sqrt{2} e^{-j90^\circ}$$

$$I = \frac{U}{Z_{CLR}} = 45,444 e^{-j80,866^\circ}$$

$$U_{CR} = 45,444 e^{-j80,866^\circ} \cdot 4,888 e^{-j8,034^\circ} = 224,254 e^{-j88,9^\circ}$$

$$I_C = \frac{U_{CR}}{Z_C} = 7,131 \text{ A}$$

$$I_R = \frac{U_{CR}}{Z_R} = 44,850 e^{-j90^\circ} \text{ A}$$

$$U_L = I \cdot Z_L = 86,740 e^{-j80,866^\circ}$$

$$i(t) = 45,414 \sqrt{2} \sin(100t - 80,966^\circ)$$

$$i(t) = 4,131 \sqrt{2} \sin(100t + 0^\circ)$$

$$i_R(t) = 44,850 \sqrt{2} \sin(100t - 80^\circ)$$

$$u_L(t) = 86,740 \sqrt{2} \sin(100t - 80,966^\circ)$$

$$u_{CR}(t) = 224,254 \sqrt{2} \sin(100t - 80^\circ)$$

$$S = U \cdot I^* = 311 \sqrt{2} e^{-j80^\circ} \cdot 45,414 e^{-j80,96^\circ} = 19974,005 e^{-j160,96^\circ}$$

$$P = 19974,005 \cos 45^\circ = 14123,754 \text{ W}$$

$$Q = 19974,005 \sin 45^\circ = 14123,754 \text{ VAR}$$

$$S = (14123,754 + j14123,754) \text{ VA}$$

$$Q_C = -I_C \cdot U_C = -4,131 \cdot 1428,083 e^{j94^\circ} = -10183,685 e^{j94^\circ} \text{ VAR}$$

$$Q_L = I_L \cdot U_L = 3939,210 e^{-j161,82^\circ} \text{ VAR}$$

$$Q_C + Q_L = 6244,485 e^{-j67,92^\circ}$$

**** 11/30/18 22:45:33 **** Evaluation PSpice (Nov 1999) ****

* C:\Users\aescaesse\Desktop\lab 3\sch\lab_3_3.sch

**** CIRCUIT DESCRIPTION

* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

* Fri Nov 30 22:40:05 2018

** Analysis setup **

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

.AC LIN 1 50 50

.PRINT AC VM(R_R1) VP(R_R1) VR(R_R1) VI(R_R1)

+VM(L_L1) VP(L_L1) VR(L_L1) VI(L_L1)

+VM(C_C1) VP(C_C1) VR(C_C1) VI(C_C1)

+IM(R_R1) IP(R_R1) IR(R_R1) II(R_R1)

+IM(L_L1) IP(L_L1) IR(L_L1) II(L_L1)


```
+IM(C_C1) IP(C_C1) IR(C_C1) I(C_C1)
```

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

```
.lib "C:\Program
```

```
Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\breakout.lib"
```

```
.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\eval.lib"
```

```
.INC "lab_3_3.net"
```

```
**** INCLUDING lab_3_3.net ****
```

```
* Schematics Netlist *
```

```
V_VAC      $N_0001 0 AC 311 -90
```

```
L_L1      $N_0001 $N_0002 19.1m
```

```
C_C1      $N_0002 0 318u
```

```
R_R1      $N_0002 0 5
```

```
**** RESUMING lab_3_3.cir ****
```

```
.INC "lab_3_3.als"
```

```
**** INCLUDING lab_3_3.als ****
```

```
* Schematics Aliases *
```

```
.ALIASES
```

```
V_VAC      VAC(+= $N_0001 -=0 )
```

```
L_L1      L1(1= $N_0001 2= $N_0002 )
```

```
C_C1      C1(1= $N_0002 2=0 )
```

```
R_R1      R1(1=$N_0002 2=0 )  
.ENDALIASES
```

```
**** RESUMING lab_3_3.cir ****  
.probe
```

```
.END
```

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

```
****   AC ANALYSIS               TEMPERATURE = 27.000 DEG  
C
```

```
FREQ      VM(R_R1)  VP(R_R1)  VR(R_R1)  VI(R_R1)  
VM(L_L1)
```

```
5.000E+01  2.458E+02 -1.615E+02 -2.332E+02 -7.782E+01  
3.298E+02
```

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG
C

FREQ VP(L_L1) VR(L_L1) VI(L_L1) VM(C_C1)
VP(C_C1)

5.000E+01 -4.500E+01 2.332E+02 -2.332E+02 2.458E+02 -
1.615E+02

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG
C

FREQ VR(C_C1) VI(C_C1) IM(R_R1) IP(R_R1) IR(R_R1)

5.000E+01 -2.332E+02 -7.782E+01 4.916E+01 -1.615E+02 -
4.663E+01

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG
C

FREQ II(R_R1) IM(L_L1) IP(L_L1) IR(L_L1) II(L_L1)

5.000E+01 -1.556E+01 5.496E+01 -1.350E+02 -3.886E+01 -
3.886E+01

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG
C

FREQ IM(C_C1) IP(C_C1) IR(C_C1) II(C_C1)

5.000E+01 2.456E+01 -7.154E+01 7.775E+00 -2.329E+01

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .02

d) Wyznaczanie wartości prądów i napięć w obwodzie:

Dane:

Obliczyć wartość prądów I_1, I_2 , a także wartość napięcia U_{R3} na rezystorze R_3 .

$$R_1 = 7$$

$$X_{C1} = 4$$

$$X_{L2} = X_{C2} = 1$$

$$U = 10V$$

$$e(t) = 10\sqrt{2}\sin(\omega t + 15^\circ)$$

Dane:

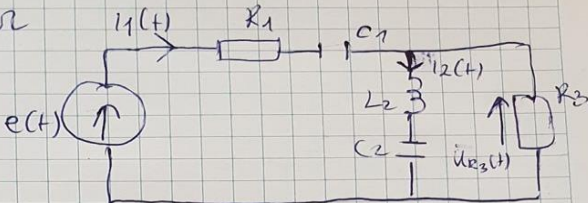
$$e(t) = 10\sqrt{2}\sin(\omega t + 15^\circ)$$

$$R_1 = 7\Omega, R_3 = 2\Omega$$

$$X_{L2} = X_{C2} = 1\Omega$$

$$X_{C1} = 4\Omega$$

$$U = 10V$$

$$\varphi = 15^\circ$$


$\underline{Z} = R + j(X_L - X_C)$
 $\underline{Z}_1 = R_1 + j(-X_{C1}) = 7 - j4$
 $\underline{Z}_2 = j(X_{L2} - X_{C2}) = j(1 - 1) = 0$ - rezonans
 $\underline{Z}_3 = R_3 = 2\Omega$
 $\underline{Z}_{23} = 0$
 $\underline{Z}_{123} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{23} = 7 - j4 = 8,123 \angle -29,86^\circ$
 $I = \frac{U}{Z_{123}} = \frac{10}{8,123} = 1,231 A$
 $I = \frac{10 \angle 15^\circ}{8,123 \angle -29,86^\circ} = 1,231 \angle 44,86^\circ$
 $U_{R3} = 1,231 \cdot 2 = 2,462 \angle 44,86^\circ$
 $u_{R3}(t) = 2,462\sqrt{2}\sin(\omega t + 44,86^\circ)$
 $i_1(t) = i_2(t)$
 $i_1(t) = 1,231\sqrt{2}\sin(\omega t + 44,86^\circ)$
 $\frac{1}{211} = 0,00474 \text{ Hz}$

**** 11/30/18 22:57:39 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999)

* C:\Users\aescaesse\Desktop\lab 3\sch\lab_3_4.sch

**** CIRCUIT DESCRIPTION

* Schematics Version 9.1 - Web Update 1

* Fri Nov 30 22:57:36 2018

** Analysis setup **

.OPTIONS NOBIAS

.OPTIONS NOPAGE

.OP

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

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\breakout.lib"

.lib "C:\Program Files\OrCAD\Capture\Library\Pspice\eval.lib"

.INC "lab_3_4.net"

**** INCLUDING lab_3_4.net ****

* Schematics Netlist *

```
R_R1      $N_0002 $N_0001 4
V_VE      $N_0002 0 DC 0V AC 10 15
C_C1      0 $N_0003 0.25
L_L1      $N_0003 $N_0004 2
C_C2      $N_0001 $N_0004 0.5
R_R3      0 $N_0004 0.5
```

```
**** RESUMING lab_3_4.cir ****
.INC "lab_3_4.als"
```

```
**** INCLUDING lab_3_4.als ****
* Schematics Aliases *
```

```
.ALIASES
R_R1      R1(1=$N_0002 2=$N_0001)
V_VE      VE(+= $N_0002 -=0)
C_C1      C1(1=0 2=$N_0003)
L_L1      L1(1=$N_0003 2=$N_0004)
C_C2      C2(1=$N_0001 2=$N_0004)
R_R3      R3(1=0 2=$N_0004)
.ENDALIASES
```

```
**** RESUMING lab_3_4.cir ****
.probe
```

```
.END
```

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

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .02

Wyniki obliczeń ręcznych pokrywają się w każdym z 4 przykładów z wynikami symulacji komputerowej, co wskazuje że ćwiczenie zostało przeprowadzone poprawnie.

Jednym z zadań postawionych w przykładzie 2 było przedstawienie wykresu wskazowego (wektorowe przedstawienie sygnału sinusoidalnego). Analiza przy pomocy wskazów jest możliwa dla obwodów, w których obecna jest tylko jedna wartość częstotliwości i w których wszystkie sygnały mogą zostać uznane za sinusoidalnie zmienne. Długość wskazów odpowiada wartości skutecznej przebiegu sinusoidalnie zmiennego, a jego położenie kątowe reprezentuje przesunięcie fazowe. Złożenie wskazów danego obwodu na jednej płaszczyźnie pozwala na wyznaczenie modułu wartości skutecznej (amplitudy) - napięcia, lub prądu - i fazy dowolnej części układu (przy znajomości innych parametrów).

W przykładzie 3 przeprowadziłem bilans mocy i jak się okazało został on spełniony.

W schemacie 4 występuje rezonans szeregowy, który znacznie upraszcza układ