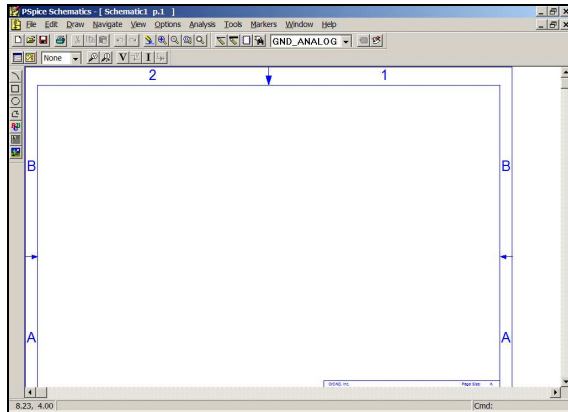


LABORATORIUM NR 4

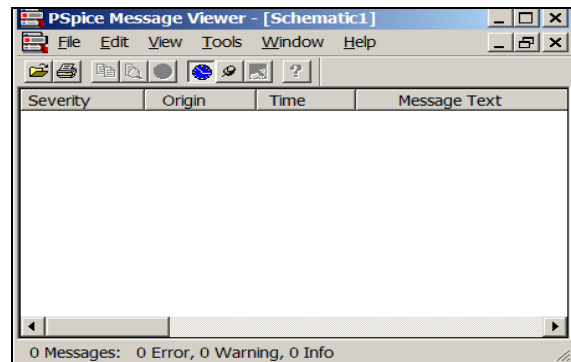
Sygnały napięcia i prądu okresowego niesinusoidalnego

I. Czynności wstępne:

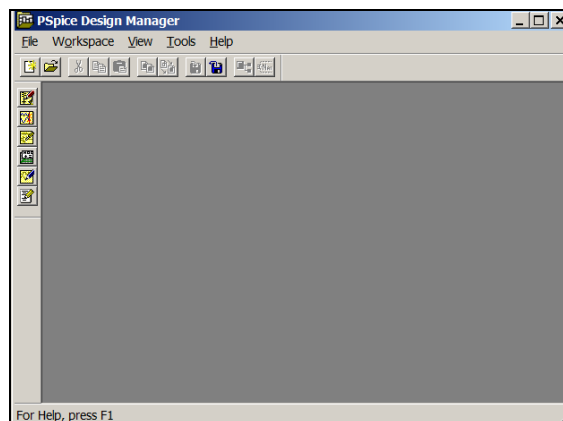
- Uruchomienie programu PSpice v. 9.1 - z menu **Start** wybierz **Programy**, a następnie **PSpice Student**, a w kolejnym kroku **Schematics** – na ekranie pojawią się trzy okna, przedstawione na rys. 4.1, 4.2 oraz 4.3.



Rys. 4.1. Okno „PSpice Schematics”



Rys. 4.2. Okno „PSpice Message Viewer”



Rys. 4.3. Okno „PSpice Design Manager”

- Na dysku *U* utwórz katalog o nazwie *OBWODY_i_SYGNALY_1*
- Dokonaj operacji skopiowania katalogu *LAB_4*, będącego podkatalogiem katalogu *ITD*, znajdującego się na dysku *P* do katalogu *OBWODY_i_SYGNALY_1*, znajdującego się na dysku *U*.

II. Polecenia:

a). Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów

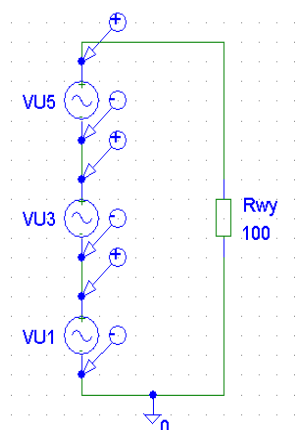
W obwodzie przedstawionym na rys. 4.4 wyznaczyć przebieg napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$. Dane źródeł podano w tab. 4.1. Pozostałe dane: $R_{wy}=100\ \Omega$.

Realizacja zadania w programie PSpice:

- Otwórz plik o nazwie **lab_4_1a.sch**, znajdujący się w katalogu *LAB_4* na dysku *U* (katalog *LAB_4* jest podkatalogiem katalogu o nazwie *OBWODY_I_SYGNALY_I*). W tym celu:

W oknie **PSpice Schematics** (rys. 4.1) z menu **File** wybierz **Open** - pojawi się okienko dialogowe "Otwórz".

- ♦ W polu "Szukaj w" odszukaj odpowiedni katalog - na dysku *U*, katalog *OBWODY_I_SYGNALY_I*, następnie podkatalog *LAB_4* (kliknij dwukrotnie jego nazwę).
- ♦ W polu „Nazwa pliku” wpisz lub kliknij nazwę **lab_4_1a.sch**
- ♦ Naciśnij przycisk „Otwórz” – pojawi się schemat przedst. na rys. 4.4.



Rys. 4.4. Schemat obwodu do zadania **lab_4_1a.sch**

Tabela 4.1. Parametry źródeł z zadania **lab_4_1a.sch**

	VU1	VU3	VU5
VOFF	0	0	0
VAMPL	25.46479089	8.488263632	5.092958179
FREQ	1k	3k	5k
TD	0	0	0
DF	0	0	0
PHASE	0	0	0

2). Sprawdzenie, czy parametry źródeł wchodzących w skład schematu obwodu w pliku **lab_4_1a.sch** są zgodne z parametrami źródeł zawartymi w tabeli 4.1

- Kliknij dwukrotnie każdy element i dokonaj sprawdzenia (i ewentualnych poprawek) parametrów źródeł. Parametry źródeł zestawiono w tabeli 4.1.

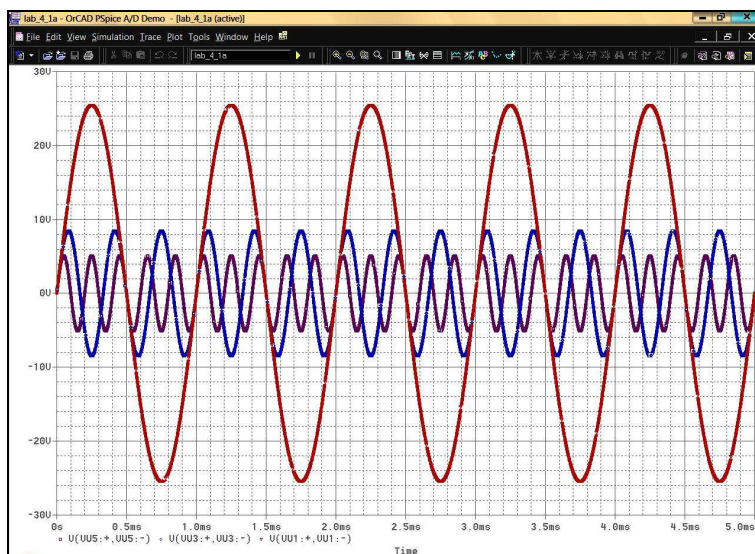
3). Przeprowadzenie symulacji obwodu

W celu przeprowadzenia analizy z menu **Analysis** należy wybrać **Simulate** (lub nacisnąć klawisz F11) – pojawi się okno przedstawione na rys. 4.5.

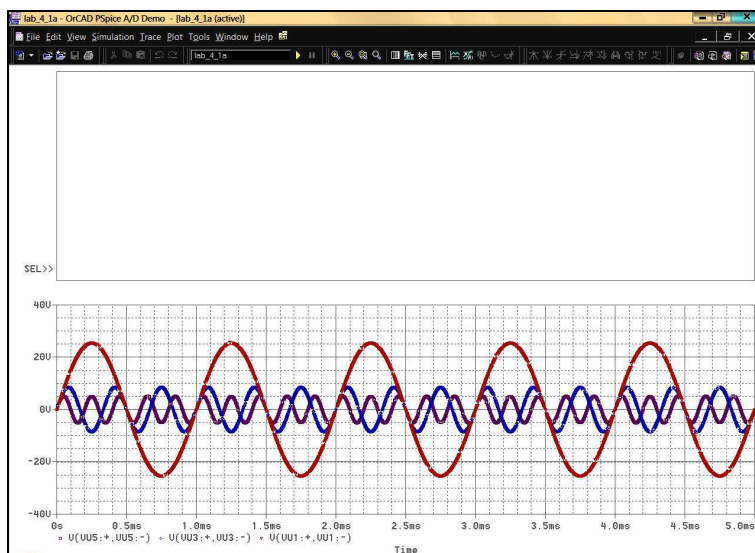
4). Wyznaczenie przebiegów czasowych poszczególnych napięć: $u_{VU1}(t)$, $u_{VU3}(t)$, $u_{VU5}(t)$ oraz napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$

- Po pojawieniu się okna „PSpice Probe” (rys. 4.5), z menu **Plot** wybierz **Add Plot to Window** – pojawi się okno przedstawione na rys. 4.6.
- W oknie przedstawionym na rys. 4.6 z menu **Trace** wybierz **Add Trace** – pojawi się okno przedstawione na rys. 4.7.
- W oknie „Add Traces” (rys. 4.7) w polu **Trace Expression** wpisz: $V(Rwy:2,Rwy:1)$, a następnie kliknij przycisk **OK** – na ekranie pojawi się przebieg napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$ przedstawiony na rys. 4.8.

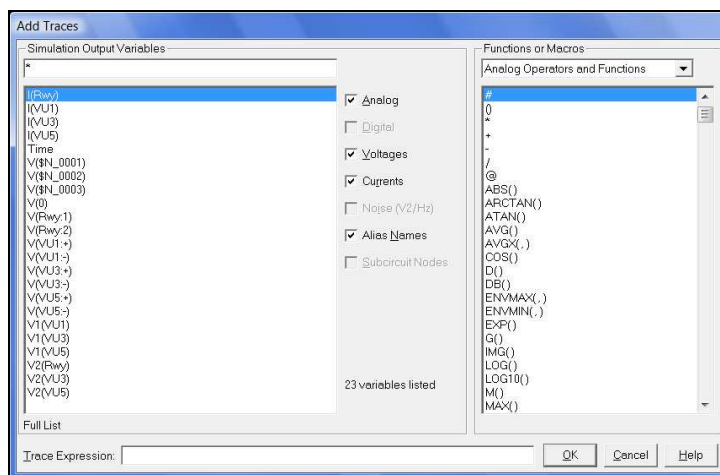
Uwaga: W przypadku gdyby zamiast trzech pierwszych harmonicznych (trzech źródeł w obwodzie), zastosować ich większą liczbę, czyli w przypadku układu złożonego z wielu źródeł o parametrach poszczególnych (kolejnych) harmonicznych, po przeprowadzeniu analizy otrzymalibyśmy przebieg przedstawiony na rys. 2.10a.



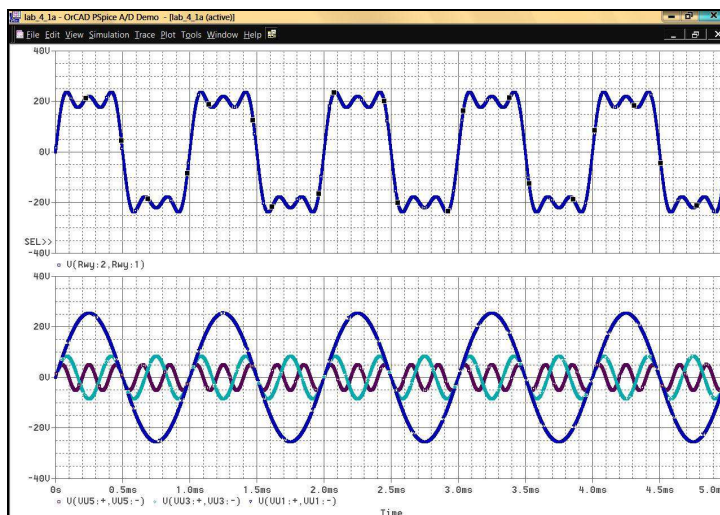
Rys. 4.5. Okno „PSpice Probe”



Rys. 4.6. Dodatkowe okno powstałe w wyniku wyboru „Add Plot to Window” z menu „Plot”

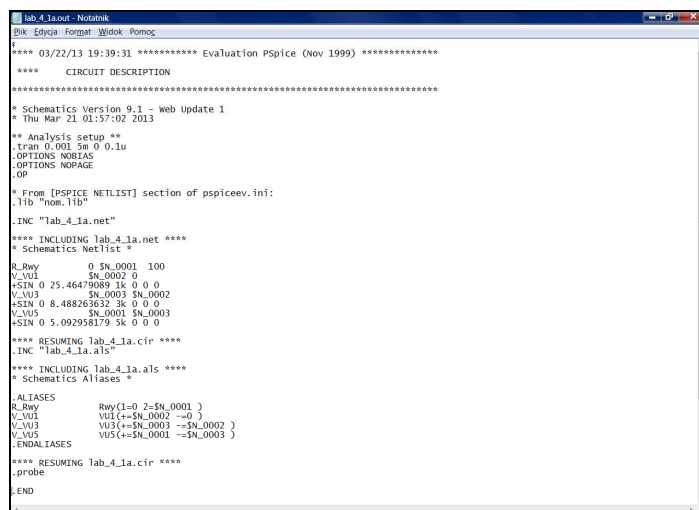


Rys. 4.7. Okno „Add Traces”



Rys. 4.8. Okno „PSpice Probe” zawierające dołączony przebieg napięcia na rezystorze (górny rysunek)

- 5). **Wydrukuj** otrzymane przebiegi (rys. 4.8) – z menu **File** wybieramy **Print**, a następnie **OK**
- 6). **Wydrukuj** zawartość pliku **lab_4_1a.out** (plik znajduje się w katalogu, w którym znajduje się plik **lab_4_1a.sch**) – w oknie **PSpice Schematics** (rys. 4.1) z menu **Analysis** wybierz **Examine Output**. Po pojawieniu się zawartości pliku wynikowego (rys. 4.9) w edytorze, z menu **File** wybierz **Print**, a następnie po wybraniu drukarki kliknij przycisk **OK**



```

lab_4_1a.out - Notatnik
Dok Edycja Format Widok Pomoc
**** 03/22/13 19:39:31 ***** Evaluation PSpice (Nov 1999) *****
**** CIRCUIT DESCRIPTION ****
*****
* Schematics Version 9.1 - web update 1
* Thu Mar 21 01:57:02 2013
** Analysis setup **
.tran 0.001 3m 0 0.1u
.OPTIONS NOBIAS
.OPTIONS NOPAGE
.OP
* From [PSpice NETLIST] section of pspicev.ini:
.lib "nom.lib"
.INC "lab_4_1a.net"
**** INCLUDING lab_4_1a.net ****
* Schematics Netlist *
R_Rwy 0 5N_0001 100
V_VU1 5N_0002 0
+VIN 0 25.46479089 1k 0 0 0
+VU3 5N_0003 5N_0002
+VIN 0 8.488263632 3k 0 0 0
+VU5 5N_0001 5N_0003
+VIN 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(L=0 Z=5N_0001 )
V_VU1 VU1(+=5N_0002 -=0 )
V_VU3 VU3(+=5N_0003 -=5N_0002 )
V_VU5 VU5(+=5N_0001 -=5N_0003 )
.ENDALIASES
**** RESUMING lab_4_1a.cir ****
.probe
.END

```

Rys. 4.9. Zawartość pliku wynikowego lab_4_1a.out

W sprawozdaniu:

- Wyprowadzić współczynniki szeregu Fouriera dla przebiegu przedstawionego na rys. 4.10a.
- Wyznaczyć amplitudę A oraz okres T przebiegu napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$
- Wyznaczyć w postaci zespolonej wartość napięcia na rezystorze \underline{U}_{Rwy} , a następnie zapisać przebieg napięcia w postaci czasowej $u_{Rwy}(t)$

b). Wyznaczanie przebiegów okresowych niesinusoidalnych i ich parametrów - graficzne przedstawienie funkcji opisującej przebieg Fouriera

W obwodzie przedstawionym na rys. 4.4 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 $A = 20$ oraz częstotliwość pierwszej harmonicznej $f = 1$ kHz.

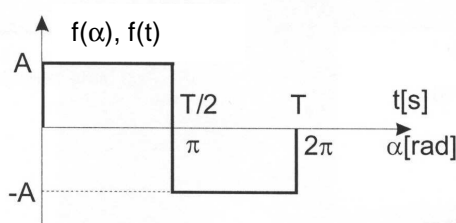
Realizacja zadania w programie PSpice:

- 1). Otwórz plik o nazwie **lab_4_2a.sch**, znajdujący się w katalogu **LAB_4** na dysku **U** (katalog **LAB_4** jest podkatalogiem katalogu o nazwie **OBWODY_I_SYGNALY_1**). [Schemat obwodu w pliku **lab_4_2a.sch** ma taką samą postać jak schemat obwodu w pliku **lab_4_1a.sch** (rys. 4.4)].

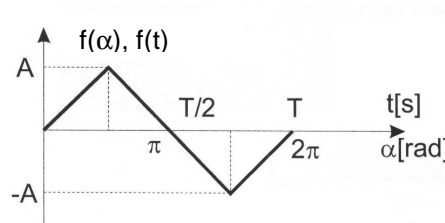
W tym celu, w oknie **PSpice Schematics** (rys. 4.1) z menu **File** wybierz **Open** - pojawi się okienko dialogowe "Otwórz".

- ♦ W polu "Szukaj w" odszukaj odpowiedni katalog - na dysku *U*, katalog *OBWODY_I_SYGNALY_I*, następnie podkatalog *LAB_4* (kliknij dwukrotnie jego nazwę).
- ♦ W polu „Nazwa pliku” wpisz lub kliknij nazwę **lab_4_2a.sch**
- ♦ Naciśnij przycisk „Otwórz” – pojawi się schemat przedst. na rys. 4.4.

a)



b)



$$f(t) = \frac{4A}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots \right)$$

$$f(\alpha) = \frac{4A}{\pi} \left(\sin \alpha + \frac{1}{3} \sin 3\alpha + \frac{1}{5} \sin 5\alpha + \frac{1}{7} \sin 7\alpha + \dots \right)$$

$$f(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left(\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t - \frac{1}{49} \sin 7\omega t + \dots \right)$$

$$f(\alpha) = \frac{8A}{\pi^2} \left(\sin \alpha - \frac{1}{9} \sin 3\alpha + \frac{1}{25} \sin 5\alpha - \frac{1}{49} \sin 7\alpha + \dots \right)$$

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

2). Dobierz tak 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 $A = 20$ oraz częstotliwość pierwszej harmonicznej $f = 1$ kHz. W tym celu:

a) Funkcję opisującą przebieg przedstawiony na rys. 4.10b można przedstawić w następującej postaci:

$$f(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left(\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t - \frac{1}{49} \sin 7\omega t + \dots \right) = \frac{8A}{\pi^2} \sin \omega t - \frac{8A}{9\pi^2} \sin 3\omega t + \frac{8A}{25\pi^2} \sin 5\omega t - \frac{8A}{49\pi^2} \sin 7\omega t + \dots$$

b) Ze względu na fakt, iż w obwodzie zapisanym w pliku o nazwie **lab_4_2a.sch**, występują trzy źródła, których parametry należy dobrać, do dalszych rozważań weźmiemy 3 pierwsze składniki funkcji $f(t)$, przy czym każdy z tych składników będzie zarazem kolejnym źródłem w obwodzie. Tak więc:

$$u_1(t) = \frac{8A}{\pi^2} \sin(\omega t) \text{ V} \quad u_3(t) = -\frac{8A}{9\pi^2} \sin(3\omega t) \text{ V} \quad u_5(t) = \frac{8A}{25\pi^2} \sin(5\omega t) \text{ V}$$

c) Po podstawieniu $A = 20$ oraz po przyjęciu częstotliwości pierwszej harmonicznej $f = 1$ kHz otrzymamy parametry źródeł VU1, VU3, VU5 zamieszczone w tabeli 4.2

- d) Kliknij dwukrotnie każdy element i dokonaj sprawdzenia (i ewentualnych poprawek) parametrów źródeł. Parametry źródeł zestawiono w tabeli 4.2. Pozostałe dane: $R_{wy} = 100 \Omega$

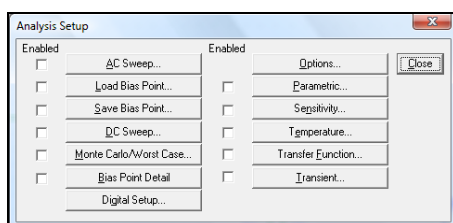
Tabela 4.2. Parametry źródeł z zadania lab_4_2a.sch

	VU1	VU3	VU5
VOFF	0	0	0
VAMPL	16.211389383	-1.801265487	0.648455575
FREQ	1k	3k	5k
TD	0	0	0
DF	0	0	0
PHASE	0	0	0

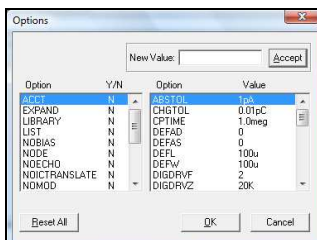
Uwaga: W przypadku gdyby zamiast trzech pierwszych harmoniczych (trzech źródeł w obwodzie), zastosować ich większą liczbę, czyli w przypadku przygotowania układu złożonego z wielu źródeł o parametrach poszczególnych (kolejnych) harmoniczych, po przeprowadzeniu analizy otrzymalibyśmy przebieg przedstawiony na rys. 4.10b. W bieżącym przykładzie uzyskamy jedynie przebieg przybliżony.

3). Ustawienie parametrów analizy

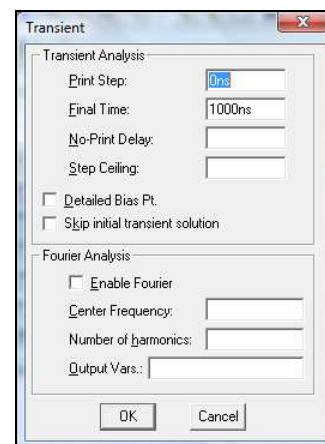
- Z menu **Analysis** wybierz **Setup** – pojawi się okno „Analysis Setup” przedst. na rys. 4.11
- W oknie „Analysis Setup”, kliknij przycisk **Options** – pojawi się okno „Options”, przedstawione na rys. 4.12.



Rys 4.11. Okno „Analysis Setup”



Rys. 4.12. Okno „Options”



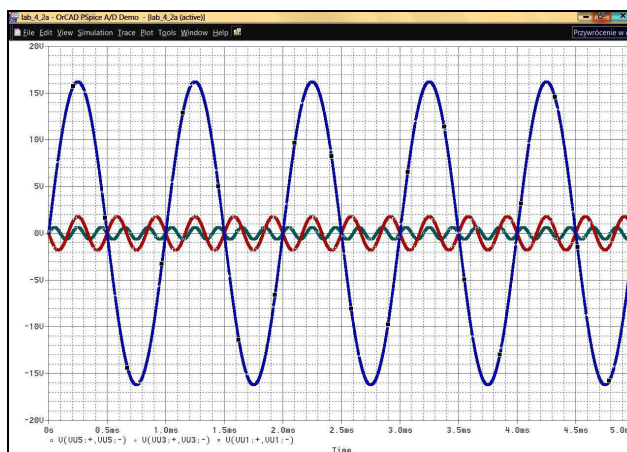
Rys. 4.13. Okno „Transient”

- W oknie „Options” (rys. 4.12), w lewej części, ustal „Y”, przy opcjach *NOBIAS* oraz *NOPAGE*
- Kliknij przycisk **OK**, w celu zaakceptowania zmian.
- W oknie „Analysis Setup” (rys. 4.11) zaznacz kliknięciem myszki pusty kwadrat przy przycisku **Transient**, tak aby pojawił się w tym kwadracie znak „√”. Jeśli są zaznaczone (wybrane) inne analizy – odznacz je, tak aby wybrane była tylko ta jedna (*Transient*)

- Kliknij przycisk **Transient** – pojawi się okno „Transient” jak na rys. 4.13.
- W oknie „Transient”:
 - ❑ W polu **Print Step**: wpisz: **0.001**
 - ❑ W polu **Final Time**: wpisz: **5m**
 - ❑ W polu **No-Print Delay**: wpisz: **0**
 - ❑ W polu **Step Ceiling**: wpisz: **0.1u**
 - ❑ Kwadrat przy opcji **Enable Fourier** pozostaw pusty
 - ❑ Kliknij przycisk **OK**, w celu zamknięcia okna „Transient”
 - ❑ W oknie „Analysis Setup”, kliknij przycisk **Close**, w celu zaakceptowania parametrów i rodzaju analizy.

4). Przeprowadzenie symulacji obwodu

W celu przeprowadzenia analizy z menu **Analysis** należy wybrać **Simulate** (lub nacisnąć klawisz F11) – wyniki symulacji przedstawiono na rys. 4.14.

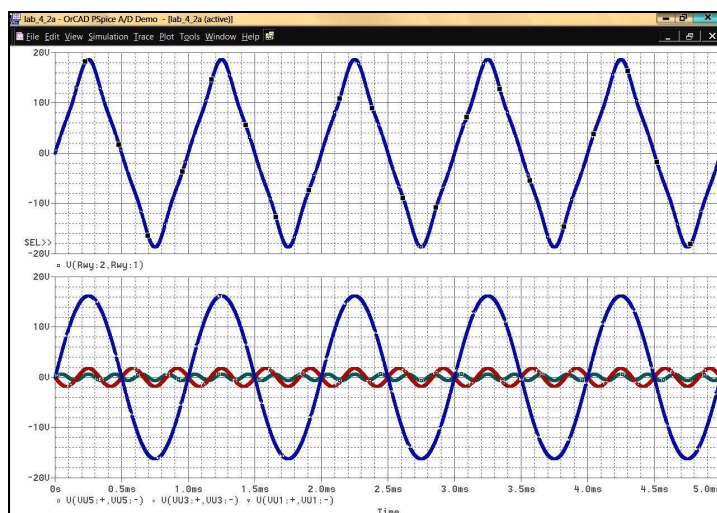


Rys. 4.14. Wyniki analizy w oknie „PSpice Probe”

5). Wyznaczenie przebiegów czasowych poszczególnych napięć: $u_{VU1}(t)$, $u_{VU3}(t)$, $u_{VU5}(t)$ oraz napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$.

- Po pojawieniu się okna „PSpice Probe” (rys. 4.14), z menu **Plot** wybierz **Add Plot to Window** – pojawi się okno, jak w przykładzie na rys. 4.6.
- W oknie jak w przykładzie na rys. 4.6 z menu **Trace** wybierz **Add Trace** – pojawi się okno, którego przykład przedstawiono na rys. 4.7.
- W oknie „Add Traces” (jak w przykładzie na rys. 4.7) w polu **Trace Expression** wpisz: $V(Rwy:2,Rwy:1)$, a następnie kliknij przycisk **OK** – na ekranie (rys. 4.15) pojawi się przebieg napięcia na rezystorze $u_{Rwy}(t)$.

- **Wydrukuj** otrzymane przebiegi – z menu **File** wybierz **Print**, a następnie po wybraniu drukarki kliknij przycisk **OK**



Rys. 4.15. Wyniki analizy w oknie „PSpice Probe”

- 6). **Wydrukuj** zawartość pliku **lab_4_2a.out** (plik znajduje się w katalogu, w którym znajduje się plik **lab_4_2a.sch**) – w oknie „PSpice Schematics” (rys. 4.1) z menu **Analysis** wybierz **Examine Output**. Po pojawieniu się zawartości pliku wynikowego w edytorze („PSpice Text Editor”), w oknie edytora, z menu **File** wybierz **Print**, a następnie po wybraniu drukarki kliknij przycisk **OK**.

W sprawozdaniu:

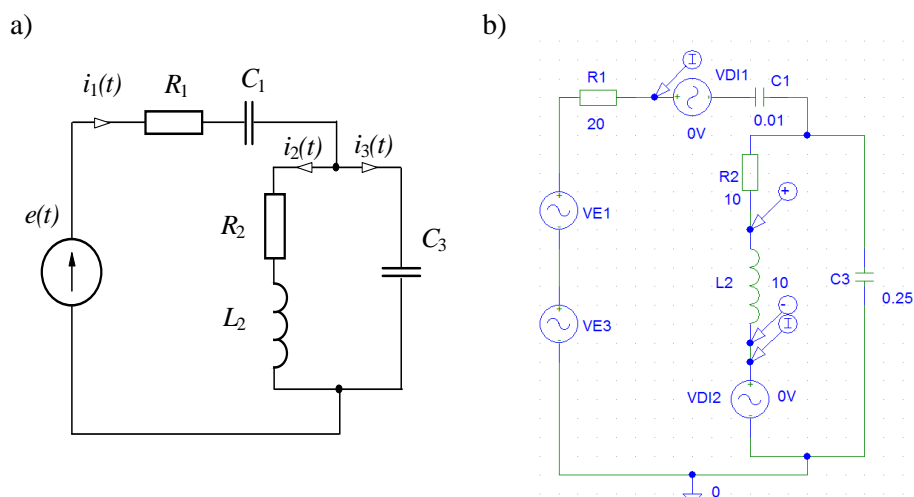
- Wyprowadzić współczynniki szeregu Fouriera dla przebiegu przedstawionego na rys. 4.10b.

c). Analiza obwodu

Dane obwodu przedstawionego na rys. 4.16a są następujące:

$$e(t) = \left[75 \sin(\omega t + 30^\circ) + 14.142 \sin(3\omega t) \right] \text{V}, \quad \omega = 1 \text{ rd/s}, \quad R_1 = 20 \, \Omega, \quad R_2 = 10 \, \Omega, \quad \frac{1}{\omega C_1}^{(1)} = 100 \, \Omega,$$

$$\frac{1}{\omega C_3}^{(1)} = 4 \, \Omega, \quad \omega L_2^{(1)} = 10 \, \Omega. \quad \text{Obliczyć: a). } I_1, I_2, U_{L2} \text{ (wartości skuteczne); b). } i_1(t), i_2(t), u_{L2}(t); \text{ c). } P, Q.$$

Rys. 4.16. Schemat obwodu **lab_4_3.sch** (a) i jego realizacja w PSpice (b)Realizacja zadania w programie PSpice:

1). Otwórz plik o nazwie **lab_4_3.sch**, znajdujący się w katalogu **LAB_4** na dysku **U** (który jest podkatalogiem katalogu o nazwie **OBWODY_I_SYGNALY_I**).

W tym celu, w oknie **PSpice Schematics** (rys. 4.1) z menu **File** wybierz **Open** - pojawi się okienko dialogowe "Otwórz".

- ♦ W polu "Szukaj w" odszukaj odpowiedni katalog - na dysku **U**, katalog **OBWODY_I_SYGNALY_I**, następnie podkatalog **LAB_4** (kliknij dwukrotnie jego nazwę).
- ♦ W polu „Nazwa pliku” wpisz lub kliknij nazwę **lab_4_3.sch**
- ♦ Naciśnij przycisk „Otwórz” - pojawi się schemat przedstawiony na rys. 4.16b. Źródła **VDI1** oraz **VDI2** o wartości **0V** włączono jedynie do „odczytania” wartości prądu płynącego w gałęziach, w których znajdują się te źródła.

Źródło $e(t) = [75 \sin(\omega t + 30^\circ) + 14.142 \sin(3\omega t)] \text{ V}$ można przedstawić jako szeregowe połączenie dwóch źródeł: **VE1** (źródła napięcia przemiennego o pulsacji podstawowej) oraz **VE3** (źródła napięcia przemiennego o pulsacji trzykrotnie większej od pulsacji podstawowej). Dane źródeł przedstawiono w tabeli 4.3.

2). Sprawdzenie, czy parametry źródeł wchodzących w skład schematu obwodu w pliku **lab_4_3.sch** są zgodne z parametrami źródeł zawartymi w tabeli 4.3

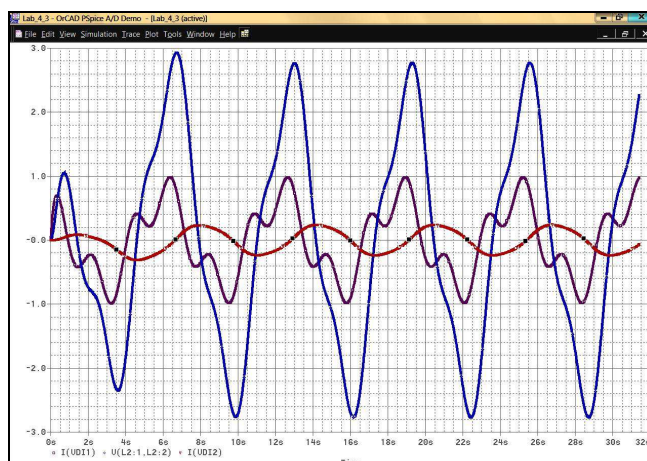
Tabela 4.3. Parametry źródeł z zadania **lab_4_3.sch**

	VE1	VE3
VOFF	0	0
VAMPL	75	14.142
FREQ	0.159155	0.477465
TD	0	0
DF	0	0
PHASE	30	0

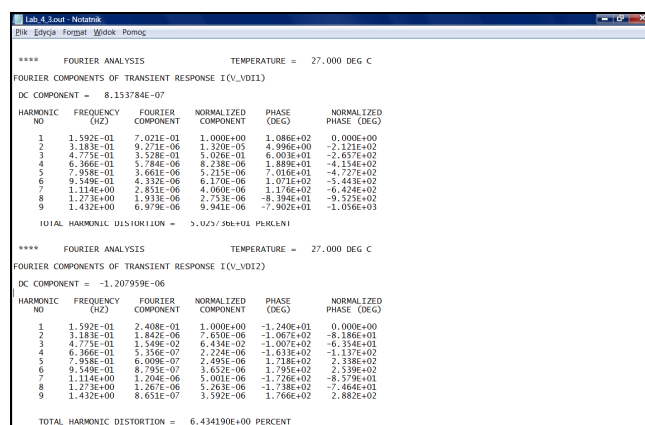
- Kliknij dwukrotnie każdy element i dokonaj sprawdzenia (i ewentualnych poprawek) parametrów źródeł. Parametry źródeł zestawiono w tabeli 4.3, a pozostałe parametry analizowanego obwodu zawarto w danych zadania.
- 3). Przeprowadzenie analizy obwodu
- Z menu **Analysis** wybierz **Simulate** (lub naciśnij klawisz F11) – pojawi się okno jak na rys. 4.17.
 - **Wydrukuj przebiegi uzyskane** w oknie „PSPice Probe” (rys. 4.17)
- 4). **Wydrukuj** zawartość pliku **lab_4_3.out** (plik znajduje się w katalogu, w którym znajduje się plik **lab_4_3.sch**) – w oknie **PSPice Schematics** (rys. 4.1) z menu **Analysis** wybierz **Examine Output**. Po pojawieniu się zawartości pliku wynikowego w edytorze (rys. 4.18), z menu **File** wybierz **Print**, a następnie po wybraniu drukarki kliknij przycisk **OK**

W sprawozdaniu:

- Wyznaczyć wartości skuteczne: napięcia na cewce U_{L2} oraz prądów I_1 oraz I_2 płynących w obwodzie
- Zapisać przebiegi czasowe: napięcia na cewce $u_{L3}(t)$ oraz prądów $i_1(t)$ i $i_2(t)$
- Zestawić otrzymane wyniki (plik **lab_4_3.out** zawiera rozkład napięcia na cewce $u_{L3}(t)$ oraz prądów $i_1(t)$ oraz $i_2(t)$ - na 9 harmonicznych).
- Wyznaczyć współczynnik **THD** (ang. *Total Harmonic Distortion*) przebiegu napięcia na cewce $u_{L3}(t)$ oraz przebiegów prądów $i_1(t)$, $i_2(t)$, płynących w obwodzie – porównaj obliczone współczynniki **THD** z otrzymanymi z pliku **lab_4_3.out**
- Obliczyć moc czynną P oraz moc bierną Q



Rys. 4.17. Wyniki analizy w oknie „PSPice Probe”



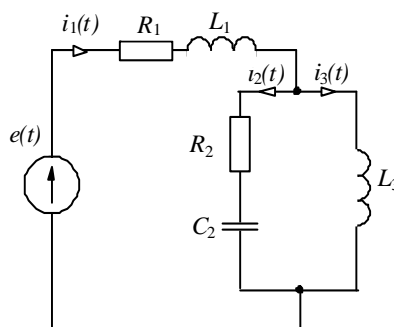
Rys. 4.18. Fragment pliku wynikowego („Lab_4_3.out”)

d). Analiza obwodu

Dane obwodu przedstawionego na rys. 4.19 są następujące: $R_1 = 5 \, \Omega$, $R_2 = 20 \, \Omega$, $\omega L_1^{(1)} = 5 \, \Omega$,

$$\omega L_3^{(1)} = 10 \, \Omega, \quad \frac{1}{\omega C_2^{(1)}} = 20 \, \Omega, \quad \omega = 1 \, \text{rd/s}, \quad e(t) = [20 + 40 \sin(\omega t - 60^\circ) + 15 \sin(2\omega t)] \, \text{V}.$$

Obliczyć: a). I_1 , U_{L_3} (wartości skuteczne); b). $i_1(t)$, $u_{L_3}(t)$; c). S .



Rys. 4.19. Schemat obwodu - lab_4_4.sch

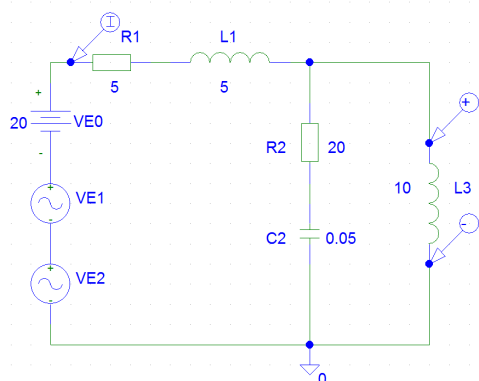
Realizacja zadania w programie PSpice:

- 1). Przygotuj plik o nazwie **lab_4_4.sch**, zachowaj go w katalogu **LAB_4** na dysku **U** (który jest podkatalogiem katalogu **OBWODY_I_SYGNALY_I**), a następnie narysuj obwód przedst. na rys. 4.20. W tym celu:
 - W oknie „PSpice Schematics” (rys. 4.1) z menu **File** wybierz **New**

- W oknie „PSpice Schematics” (rys. 4.1) z menu **File** wybierz **Save As...**
 - W polu „Zapisz w” odszukaj odpowiedni katalog - na dysku *U*, katalog *OBWODY_I_SYGNALY_I*, następnie podkatalog *LAB_4* (kliknij dwukrotnie jego nazwę).
 - W polu „Nazwa pliku” wpisz nazwę **lab_4_4.sch**
 - Naciśnij przycisk **Zapisz**

Tabela 4.4. Parametry źródeł z zadania lab_4_4.sch

	VE1	VE2
VOFF	0	0
VAMPL	40	15
FREQ	0.159155	0.31831
TD	0	0
DF	0	0
PHASE	-60	0



Rys. 4.20. Schemat obwodu w zadaniu lab_4_4.sch

2). Rysowanie obwodu przedstawionego na rys. 4.20.

Źródło $e(t) = [20 + 40 \sin(\omega t - 60^\circ) + 15 \sin(2\omega t)] \text{ V}$ można przedstawić jako szeregowe połączenie 3 źródeł: VE0 (źródła napięcia stałego), VE1 (źródła napięcia przemiennego o pulsacji podstawowej) oraz VE2 (źródła napięcia przemiennego o pulsacji podwojonej w stosunku do pulsacji podstawowej).

2.1. Wstawienie symbolu źródła napięciowego VE0 do tworzonego schematu

- Z menu **Draw** wybierz **Get New Part...**
- Po pojawieniu się okna „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** - pojawi się okno „Library Browser” (rys. 4.22).
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „SOURCE.slb”, a następnie w części „Part” wybierz „VDC”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy* przycisk myszki, w celu usytuowania źródła na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy* klawisz myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.

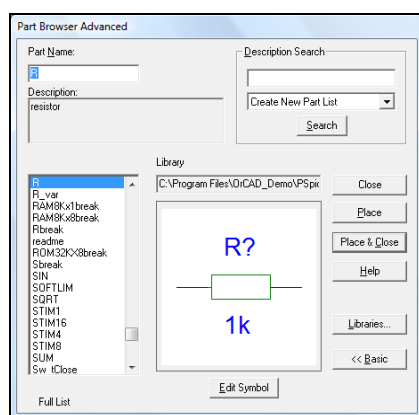
2.2. Wstawienie symbolu źródła napięciowego VE1 do tworzonego schematu

- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** - pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22.

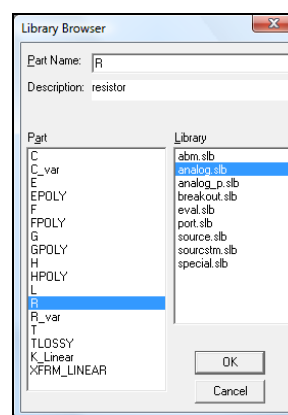
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**SOURCE.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**VSIN**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce (szeregowo w stosunku do źródła VE0) kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania źródła na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć wstawianie elementu do schematu.

2.3. Wstawienie symbolu źródła napięciowego VE2 do tworzonego schematu

- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** – pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22.
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**SOURCE.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**VSIN**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce (szeregowo w stosunku do źródła VE1) kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania źródła na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.



Rys. 2.21. Okno „Part Browser Advanced”



Rys. 2.22. Okno „Library Browser”

2.4. Wstawienie symbolu rezystora R1 do tworzonego schematu

- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** - pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22.
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**ANALOG.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**R**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.

- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania rezystora na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.
- W celu odsunięcia symbolu rezystora od źródła VE0, tak aby symbole (oznaczenia) elementów nie nachodziły na siebie – należy kliknąć (i przytrzymać) *lewy klawisz* myszki na prostokącie symbolizującym rezystor, a następnie przesunąć rezystor w prawo. *W analogiczny sposób można przesuwać (przemieszczać) wszystkie elementy, jak również i przewody na schemacie.*

2.5. Wstawienie symbolu cewki L1 do tworzonego schematu

- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** – pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22.
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „ANALOG.slb”, a następnie w części „Part” wybierz „L”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania cewki na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.
- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Close** w celu zamknięcia okna „Part Browser Advanced”.

2.6. Wstawienie linii (przewodu) do tworzonego schematu

- Z menu **Draw** wybierz **Wire** - na ekranie, jako kursor, pojawi się symbol ołówka; kliknięciem myszki rozpoczynamy rysowanie linii. Drugie kliknięcie myszki kończy proces rysowania linii (przewodu).
- Połącz ze sobą elementy zgodnie z rysunkiem 4.20, a następnie kliknij *prawy klawisz* myszki w celu zakończenia wstawiania linii (przewodu).

2.7. Wstawienie symbolu rezystora R2 do tworzonego schematu

- Z menu **Draw** wybierz **Get New Part...**
- Po pojawieniu się okna „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** - pojawi się okno „Library Browser” (rys. 4.22).
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „ANALOG.slb”, a następnie w części „Part” wybierz „R”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania rezystora na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.

- Kliknij przycisk **Close**, aby zamknąć okno „Part Browser Advanced”.
- W celu zmiany orientacji rezystora z poziomej na pionową, klikamy symbol rezystora $R2$ (prostokąt), a następnie z menu **Edit** wybieramy **Rotate** - nastąpi zmiana orientacji rezystora na schemacie. Kliknięcie (i przytrzymanie) *lewego klawisza* myszki, a następnie przesunięcie myszki umożliwi przeszczenie rezystora w miejsce przeznaczenia, zgodnie ze schematem na rys. 4.20.

2.8. Wstawienie symbolu kondensatora $C2$ do tworzonego schematu

- Z menu **Draw** wybierz **Get New Part...**
- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** – pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**ANALOG.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**C**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania kondensatora na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementu do schematu.
- Kliknij przycisk **Close**, aby zamknąć okno „Part Browser Advanced”.
- W celu zmiany orientacji kondensatora z poziomej na pionową, klikamy symbol kondensatora $C2$, a następnie z menu **Edit** wybieramy **Rotate** - nastąpi zmiana orientacji kondensatora na schemacie. Kliknięcie (i przytrzymanie) *lewego klawisza* myszki, a następnie przesunięcie myszki umożliwi przeszczenie kondensatora w miejsce przeznaczenia, zgodnie ze schematem na rys. 4.20.

2.9. Wstawienie linii (przewodu) łączącej kondensatora $C2$ ze źródłem $VE2$.

- Z menu **Draw** wybierz **Wire** – na ekranie, jako kursor, pojawi się symbol ołówka; kliknięciem myszki rozpoczynamy rysowanie linii. Drugie kliknięcie myszki kończy proces rysowania linii (przewodu).
- Kliknij wolną końcówkę kondensatora $C2$, a następnie przesunij myszkę do wolnego końca źródła $VE2$. W podobny sposób połącz ze sobą pozostałe końcówki elementów jak na rys. 4.20.
- Kliknij *prawy klawisz* myszki w celu zakończenia wstawiania linii (przewodu).

2.10. Wstawienie symbolu cewki $L3$ do tworzonego schematu

- Z menu **Draw** wybierz **Get New Part...**
- W oknie „Part Browser Advanced” (rys. 4.21) kliknij przycisk **Libraries...** – pojawi się okno „Library Browser”, przedst. na rys. 4.22.
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**ANALOG.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**L**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.

- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania cewki na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania elementów do schematu.
 - Kliknij przycisk **Close**, aby zamknąć okno „Part Browser Advanced”.
 - W celu zmiany orientacji cewki z poziomej na pionową, klikamy symbol cewki *L3*, a następnie z menu **Edit** wybieramy **Rotate** - nastąpi zmiana orientacji cewki na schemacie. Kliknięcie (i przytrzymanie) *lewego klawisza* myszki, a następnie przesunięcie myszki umożliwia przemieszczenie cewki w miejsce przeznaczenia, zgodnie z rys. 4.20.
 - z menu **Edit** wybieramy **Flip** - nastąpi zmiana orientacji cewki (odbicie w poziomie) jak na rysunku 4.20 (*przeanalizuj działanie opcji Flip*).
- 2.11. Wstawienie linii (przewodu) łączącej cewkę *L3* z pozostałymi elementami (patrz: schemat na rys. 4.20)
- Z menu **Draw** wybierz **Wire** – na ekranie, jako kursor, pojawi się symbol ołówka; kliknięciem myszki rozpoczynamy rysowanie linii. Drugie kliknięcie myszki kończy proces rysowania linii (przewodu).
 - Połącz ze sobą końcówki elementów zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 4.20, a następnie kliknij *prawy klawisz* myszki w celu zakończenia trybu wstawiania linii (przewodu).
- 3). Umieszczenie rysowanego schematu na środku okna „PSpice Schematics”
- Z menu **View** wybierz **Fit**
- 4). Korekta danych - klikamy symbol każdego elementu i wstawiamy odpowiednie dane.
- 4.1. Zmiana danych źródła VEO
- Kliknij dwukrotnie symbol źródła *V1*
 - W oknie „V1 PartName: VDC” kliknij „DC=OV”
 - W polu „Value” wpisz: **20**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
 - W oknie „V1 PartName: VDC” kliknij „PKGREF=V1”
 - W polu „Value” wpisz: **VE0**, a następnie kliknij przycisk **OK**
 - Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**
- 4.2. Zmiana danych źródła VE1
- Kliknij dwukrotnie symbol źródła *V2*
 - W oknie „V2 PartName: VSIN” kliknij „VOFF=”
 - W polu „Value” wpisz: **0**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
 - W oknie „V2 PartName: VSIN” kliknij „VAMPL=”
 - W polu „Value” wpisz: **40**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
 - W oknie „V2 PartName: VSIN” kliknij „FREQ=”
 - W polu „Value” wpisz: **0.159155**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**

- W oknie „V2 PartName: VSIN” kliknij „PHASE=”
- W polu „Value” wpisz: **-60**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
- W oknie „V2 PartName: VSIN” kliknij „PKGREF=V2”
- W polu „Value” wpisz: **VE1**, a następnie kliknij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**

4.3. Zmiana danych źródła VE2

- Kliknij dwukrotnie symbol źródła V3
- W oknie „V3 PartName: VSIN” kliknij „VOFF=”
- W polu „Value” wpisz: **0**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
- W oknie „V3 PartName: VSIN” kliknij „VAMPL=”
- W polu „Value” wpisz: **15**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
- W oknie „V3 PartName: VSIN” kliknij „FREQ=”
- W polu „Value” wpisz: **0.31831**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
- W oknie „V3 PartName: VSIN” kliknij „PHASE=”
- W polu „Value” wpisz: **0**, a następnie naciśnij przycisk **ENTER**
- W oknie „V3 PartName: VSIN” kliknij „PKGREF=V3”
- W polu „Value” wpisz: **VE2**, a następnie kliknij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**

4.4. Zmiana danych rezystora R1

- Kliknij dwukrotnie symbol rezystora R1
- W oknie „R1 PartName: R” kliknij „VALUE=”
- W polu „Value” wpisz: **5**, a następnie naciśnij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**

4.5. Zmiana danych cewki L1

- Kliknij dwukrotnie symbol cewki L1
- W oknie „L1 PartName: L” kliknij „VALUE=”
- W polu „Value” wpisz: **5**, a następnie naciśnij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**

4.6. Zmiana danych rezystora R2

- Kliknij dwukrotnie symbol rezystora R2
- W oknie „R2 PartName: R” kliknij „VALUE=”
- W polu „Value” wpisz: **20**, a następnie naciśnij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać: **Tak**

4.7. Zmiana danych kondensatora C2

- Kliknij dwukrotnie symbol kondensatora C2
- W oknie „C2 PartName: C” kliknij „VALUE=”

- W polu „Value” wpisz: **0.05**, a następnie naciśnij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać **Tak**

4.8. Zmiana danych cewki L3

- Kliknij dwukrotnie symbol cewki *L3*
- W oknie „L3 PartName: L” kliknij „VALUE=”
- W polu „Value” wpisz: **10**, a następnie naciśnij przycisk **OK**
- Po pojawieniu się pytania: „Save changes to current attribute?” wybrać **Tak**

5). Wstawienie węzła odniesienia (o potencjale 0V):

- Z menu **Draw** wybierz **Get New Part**,
- W oknie „Part Browser Advanced” wybierz **Libraries...**
- W oknie „Library Browser”, w części „Library” wybierz „**PORT.slb**”, a następnie w części „Part” wybierz „**GND_ANALOG**”.
- Kliknij przycisk **OK**, aby zatwierdzić wybór, a także aby zamknąć okno „Library Browser”.
- W oknie „Part Browser Advanced” kliknij przycisk **Place**, a następnie po przemieszczeniu (ruchem myszki) symbolu w odpowiednie miejsce kliknij *lewy przycisk* myszki, w celu usytuowania węzła odniesienia na schemacie (rys. 4.20). Następnie kliknij *prawy klawisz* myszki, aby zakończyć proces wstawiania wybranego elementu do schematu.
- Kliknij **Close**, w celu zamknięcia okna „Part Browser Advanced”
- Przesuń węzeł odniesienia (węzeł 0) w miejsce przedstawione na rys 4.20

6). Ustawienie *markerów*, umożliwiających bezpośrednie uzyskanie w oknie „PSpice Probe” (po przeprowadzonej analizie) przebiegu prądu we wskazanej gałęzi obwodu lub zaznaczonego napięcia na elemencie.

- Z menu **Markers** wybierz **Mark Current into Pin**, a następnie kliknij pierwszą (z lewej) końcówkę rezystora *R1*, jak to przedst. na rys. 4.20
- Kliknij prawy klawisz myszki, aby zakończyć wstawianie *markera* prądu.
- Z menu **Markers** wybierz **Mark Voltage Differential**, a następnie kliknij końcówki cewki *L3* - pierwsze kliknięcie przypisuje końcówce elementu *marker* ze znakiem „+”, drugie kliknięcie przypisuje końcówce elementu *marker* ze znakiem „-”.
- Kliknij prawy klawisz myszki by zakończyć wstawianie *markera* napięcia

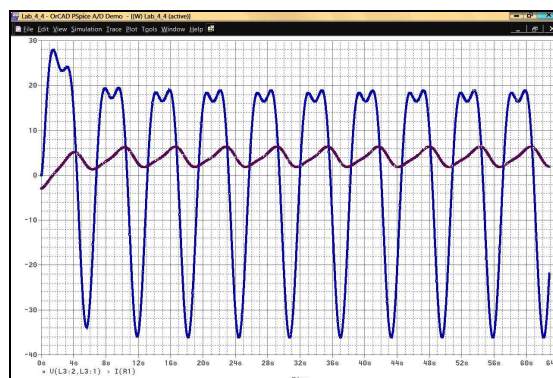
7). Ustawienie parametrów analizy

- Z menu **Analysis** wybierz **Setup** – pojawi się okno „Analysis Setup” przedst. na rys. 4.11
- W oknie „Analysis Setup”, kliknij przycisk **Options** – pojawi się okno „Options”, (rys. 4.12).
- W oknie „Options”, w lewej części, ustal „Y”, przy opcjach *NOBIAS* oraz *NOPAGE*
- Kliknij przycisk **OK**, w celu zaakceptowania zmian.
- W oknie „Analysis Setup” zaznacz kliknięciem myszki pusty kwadrat przy przycisku **Transient**, tak aby pojawił się w tym kwadracie znak „√”. Jeśli są zaznaczone (wybrane) inne analizy – odznacz je, tak aby wybrane była tylko ta jedna (*Transient*)

- Kliknij przycisk **Transient** – pojawi się okno „Transient”, przedstawione na rys. 4.13.
- W oknie „Transient”:
 - ☐ W polu **Print Step**: wpisz: **0.1**
 - ☐ W polu **Final Time**: wpisz: **62.831853**
 - ☐ W polu **No-Print Delay**: wpisz: **0**
 - ☐ W polu **Step Ceiling**: wpisz: **0.01**
 - ☐ Zaznacz pusty kwadrat przy opcji **Enable Fourier**, tak aby pojawił się w tym kwadracie znak „√”
 - ☐ W polu **Center Frequency** wpisz: **0.159155**
 - ☐ W polu **Number of harmonics** wpisz: **9**
 - ☐ W polu **Output Vars**: wpisz: **V(L3:1,L3:2), I(VE1)**
 - ☐ Kliknij przycisk **OK**, w celu zamknięcia okna „Transient”
 - ☐ W oknie „Analysis Setup”, kliknij przycisk **Close**, w celu zaakceptowania parametrów i rodzaju analizy.

8). Przeprowadzenie analizy obwodu

- Z menu **Analysis** wybierz **Simulate** (lub naciśnij klawisz F11)
- **Wydrukuj uzyskane przebiegi** w oknie „PSpice Probe” (rys. 4.23)
- **Wydrukuj zawartość pliku lab_4_4.out** (plik znajduje się w katalogu, w którym znajduje się plik **lab_4_4.sch**) – w oknie **PSpice Schematics** (rys. 4.1) z menu **Analysis** wybierz **Examine Output**. Po pojawieniu się zawartości pliku wynikowego w edytorze („PSpice Text Editor”), w oknie edytora, z menu **File** wybierz **Print**, a następnie po wybraniu drukarki kliknij przycisk **OK**



Rys. 4.23. Wyniki analizy w oknie „PSpice Probe”

W sprawozdaniu:

- Wyznaczyć wartości skuteczne: napięcia na cewce U_{L3} oraz prądu płynącego w obwodzie I_1
- Zapisać przebiegi czasowe: napięcia na cewce $u_{L3}(t)$ oraz prądu $i_1(t)$
- Zestawić otrzymane wyniki (plik **lab_4_4.out** zawiera rozkład napięcia na cewce $u_{L3}(t)$ oraz prądu $i_1(t)$ płynącego w obwodzie na 9 harmonicznym).
- Obliczyć moc pozorną S