

Ćwiczenie: "Właściwości wybranych elementów układów elektronicznych"

Opracowane w ramach projektu: "Informatyka – mój sposób na poznanie i opisanie świata" realizowanego przez Warszawską Wyższą Szkołę Informatyki.

Zakres ćwiczenia:

- Analiza elementarnych obwodów zawierających idealne i rzeczywiste elementy R, L i C
- Szeregowe i równoległe łączenie elementów R, L i C - właściwości układów
- Wyznaczenie charakterystyki napięciowo-prądowej w kierunku przewodzenia
- Wyznaczenie charakterystyki napięciowo-prądowej w kierunku zaporowym
- Badanie własności stabilizujących diody Zenera - stabilizacja napięcia przy zmianie prądu i obciążenia,
- Prostownik diodowy jedno i dwu półokowy
- Charakterystyki statyczne tranzystora: wyjściowe, zwrotne, wejściowe, przejściowe.
- Wyznaczanie parametrów hybrydowych z charakterystyk statycznych
- Charakterystyki wyjściowe i przejściowe tranzystora unipolarnego.
- Projektowanie potencjometrycznego układu zasilania tranzystora unipolarnego MOSFET z kanałem wzbogaconym typu n.
- Pomiar charakterystyki wyjściowej i przejściowej tranzystora unipolarnego.
- Badanie termistora, fotodiody i fotorezystora



Autor: Marcin Godziemba-Maliszewski

Radom 2013

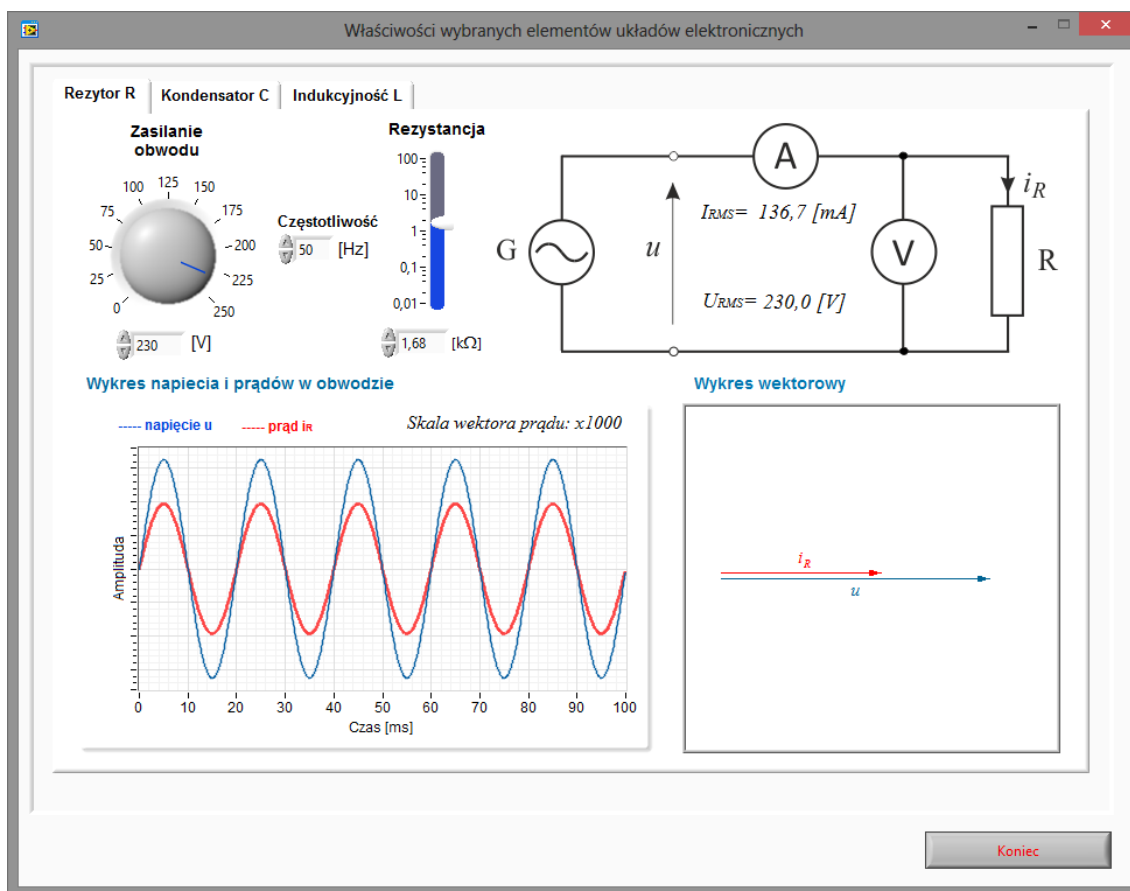
Scenariusz prowadzenia ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z parametrami, charakterystykami i właściwościami wybranych elementów układów elektronicznych.

1. Analiza elementarnych obwodów zawierających elementy R, L i C.

Celem modułu jest zapoznanie się z podstawowymi charakterystykami i właściwościami elementów pasywnych R, L i C używanych w układach elektronicznych.

Rezystor



Rys.1. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania rezystora.

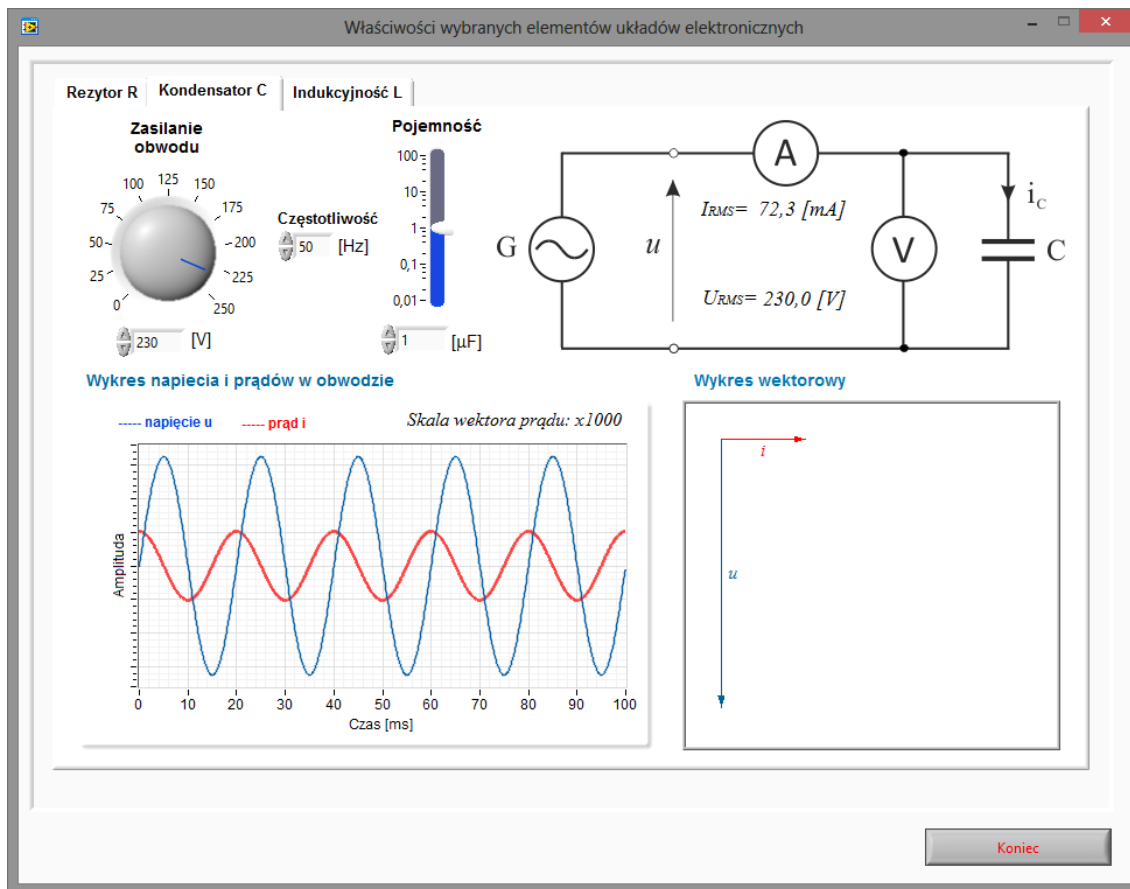
Zadanie 1.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 1 należy przeprowadzić symulację obwodu zawierającego rezystor – dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 1.

Tabela pomiarowa nr 1.

Lp.	Pomiary		Obliczenia		
	$I [A]$	$U [V]$	$R [\Omega]$	$P [W]$	$\cos \varphi$

Pojemność (kondensator)



Rys.2. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania kondensatora.

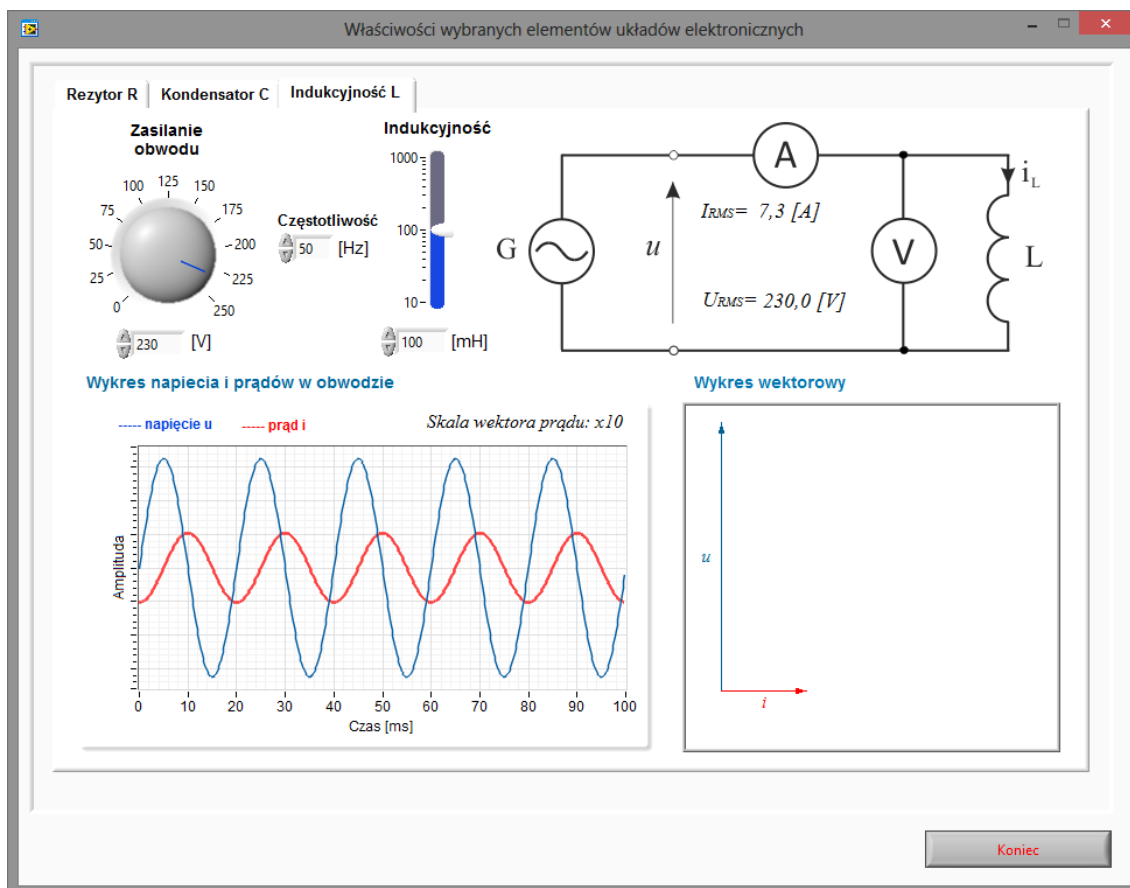
Zadanie 2.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 2 należy przeprowadzić symulację obwodu jednofazowego zawierającego kondensator dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 2.

Tabela pomiarowa nr 2.

Lp.	Pomiary		Obliczenia		
	$I [A]$	$U [V]$	$Z [\Omega]$	$P [W]$	$\cos \varphi$

Indukcyjność (cewka indukcyjna)



Rys.3. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania indukcyjności.

Zadanie 3.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 3 należy przeprowadzić symulację obwodu jednofazowego zawierającego indukcyjność dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 3.

Tabela pomiarowa nr 3.

Lp.	Pomiary		Obliczenia		
	$I [A]$	$U [V]$	$Z [\Omega]$	$P [W]$	$\cos \varphi$

Zadanie 4.

Na podstawie pomiarów i obliczeń dla poszczególnych przypadków odbiorników jednofazowych zasilanych napięciem jednofazowym sinusoidalnym należy wykonać wykresy wektorowe wszystkich prądów i napięć oraz dokonać bilansu mocy.

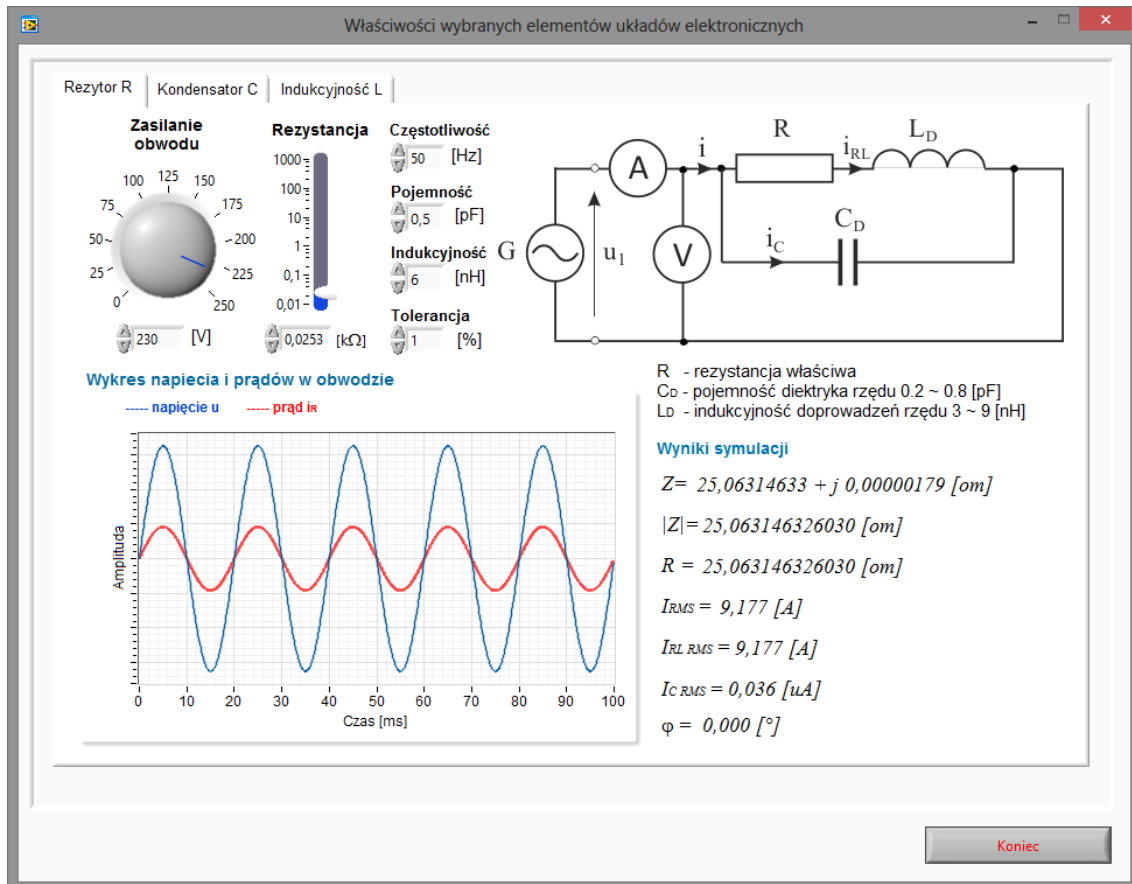


2. Rzeczywiste elementy R, L i C w układach elektronicznych.

Celem modułu jest zapoznanie się z rzeczywistymi elementami R, L i C oraz z ich schematami zastępczymi, właściwościami, wykresami wektorowymi i czasowymi.

Rezystor

Schemat zastępczy rezystora jest reprezentowany przez szeregowo-równoległe połączenie elementów RLC reprezentujących rezystancję właściwą R, pojemność C_D dielektryka zależną od technologii wykonania rezystora oraz indukcyjność doprowadzeń L_D .



Rys.4. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania rezystora.

Zadanie 5.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 4 należy zaobserwować wpływ poszczególnych elementów schematu zastępczego (L_D i C_D) na rezystancję rezystora oraz na kąt fazowy φ pomiędzy prądem a napięciem.

Zadanie 6.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 4 należy przeprowadzić symulację obwodu jednofazowego zawierającego rezystor dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 4.

Tabela pomiarowa nr 4.

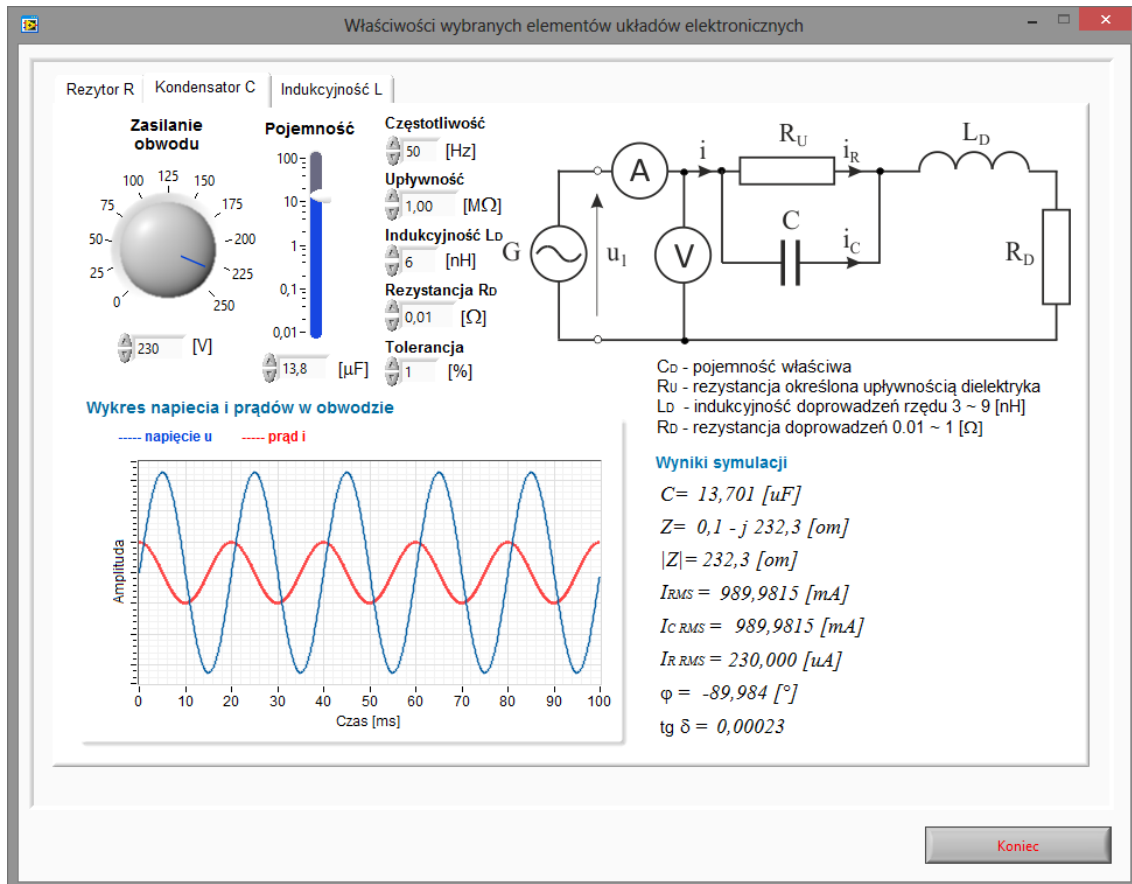
$L_p.$	Pomiary				Obliczenia				
	$I [A]$	$U [A]$	$I_{RL} [A]$	$I_C [A]$	$R [\Omega]$	$ Z [\Omega]$	$P [W]$	$Q [var]$	$\cos \varphi$

Zadanie 7.

Na podstawie pomiarów i obliczeń dla danych z zadania 6 należy wykonać wykresy wektorowe wszystkich prądów i napięć w układzie oraz dokonać bilansu mocy.

Pojemność (kondensator).

Schemat zastępczy kondensatora jest reprezentowany przez szeregowo-równoległe połączenie elementów RLC reprezentujących pojemność właściwą C , upływność kondensatora reprezentowaną poprzez rezystancję R_U oraz indukcyjność i rezystancję doprowadzeń L_D i R_D zależną od technologii wykonania kondensatora.



Rys.5. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania kondensatora.

Zadanie 8.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy zaobserwować wpływ poszczególnych elementów schematu zastępczego (R_U , L_D i R_D) na pojemność kondensatora oraz na kąt fazowy φ pomiędzy prądem a napięciem.

Zadanie 9.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy przeprowadzić symulację obwodu jednofazowego zawierającego kondensator rzeczywisty dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 5.

Tabela pomiarowa nr 5.

$L_p.$	Pomiary				Obliczenia				
	$I [A]$	$U [A]$	$I_R [A]$	$I_C [A]$	$ Z [\Omega]$	$P [W]$	$Q [var]$	$tg \delta$	$cos \varphi$



Zadanie 10.

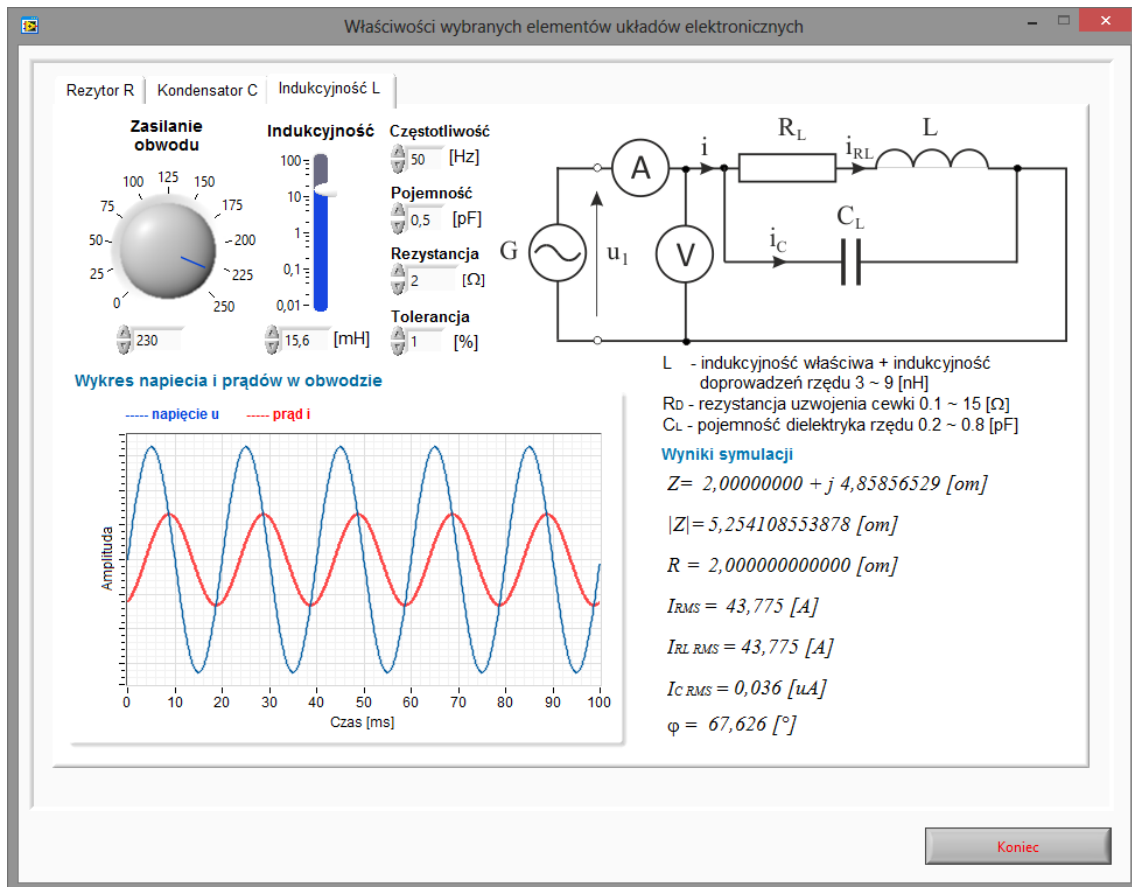
Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy zaobserwować wpływ poszczególnych elementów schematu zastępczego (R_U , L_D i R_D) na współczynnik stratności kondensatora.

Zadanie 11.

Na podstawie pomiarów i obliczeń dla danych z zadania 9 należy wykonać wykresy wektorowe wszystkich prądów i napięć w układzie oraz dokonać bilansu mocy.

Indukcyjność (cewka indukcyjna).

Schemat zastępczy cewki indukcyjnej jest reprezentowany przez szeregowo-równoległe połączenie elementów RLC reprezentujących indukcyjność właściwą L , rezystancję uzwojenia cewki R oraz pojemność dielektryka C .



Rys.6. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania indukcyjności.

Zadanie 12.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 6 należy zaobserwować wpływ poszczególnych elementów schematu zastępczego (R_L i C_L) na indukcyjność cewki oraz na kąt fazowy φ pomiędzy prądem a napięciem.

Zadanie 13.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 6 należy przeprowadzić symulację obwodu jednofazowego zawierającego rzeczywistą cewkę indukcyjną dla parametrów określonych przez prowadzącego ćwiczenie. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 6.



Tabela pomiarowa nr 6.

Lp.	Pomiary					Obliczenia			
	I [A]	U [V]	I _{RL} [A]	I _C [A]	R [Ω]	Z [Ω]	P [W]	Q [var]	cos φ

Zadanie 14.

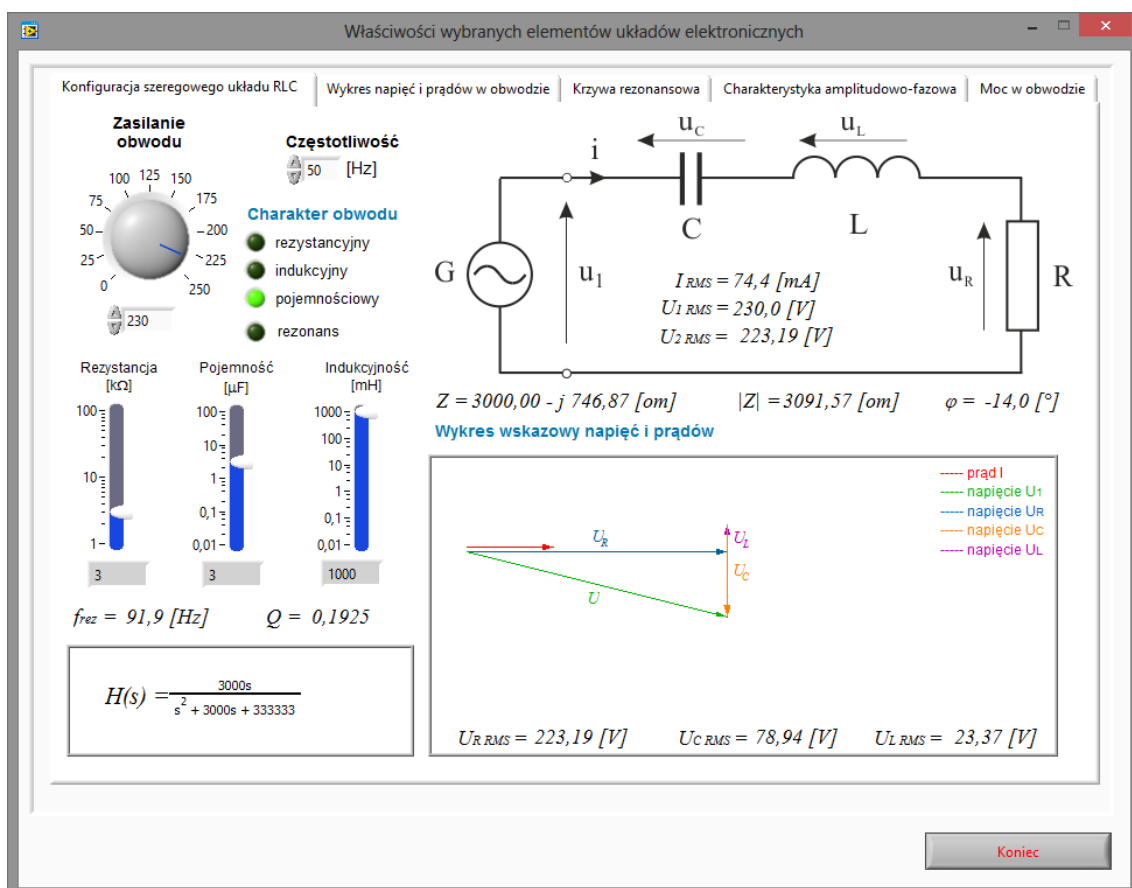
Na podstawie pomiarów i obliczeń dla danych z zadania 13 należy wykonać wykresy wektorowe wszystkich prądów i napięć w układzie oraz dokonać bilansu mocy.

3. Właściwości układów zawierających elementy R, L i C.

Celem modułu jest zapoznanie się z podstawowymi właściwościami układów zawierających elementy pasywne R, L i C oraz z ich charakterystykami czasowymi i wykresami wektorowymi

Szeregowy układ RLC.

Celem modułu jest zapoznanie się z szeregowym układem RLC oraz wykresami wektorowymi i czasowymi napięć i prądów w obwodzie. Symulator umożliwia obserwację poszczególnych właściwości układu RLC w zależności od nastawionych parametrów symulacji obwodu. Symulator sygnalizuje pojawienie się rezonansu napięć w obwodzie.



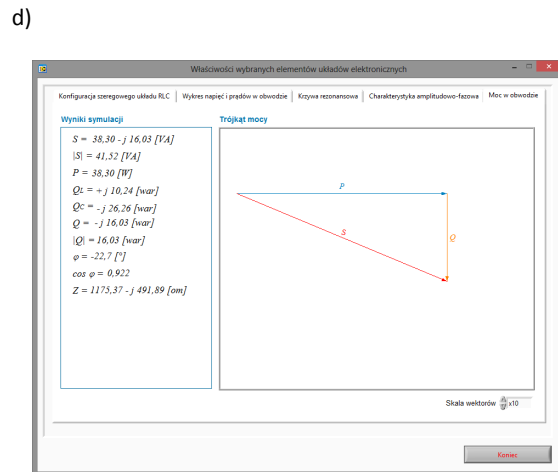
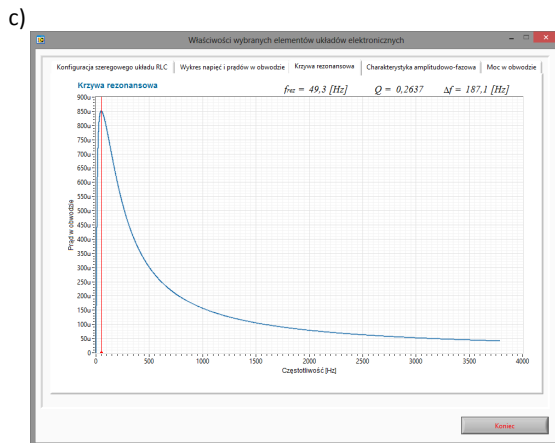
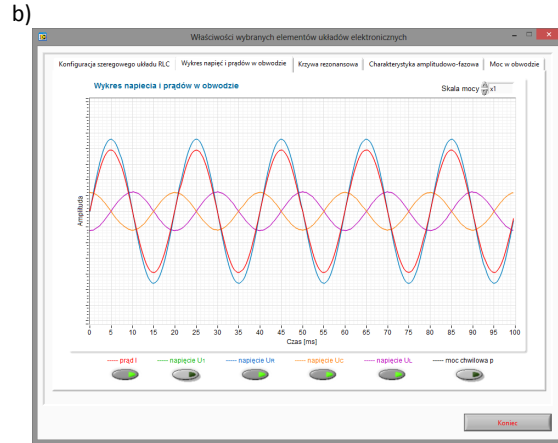
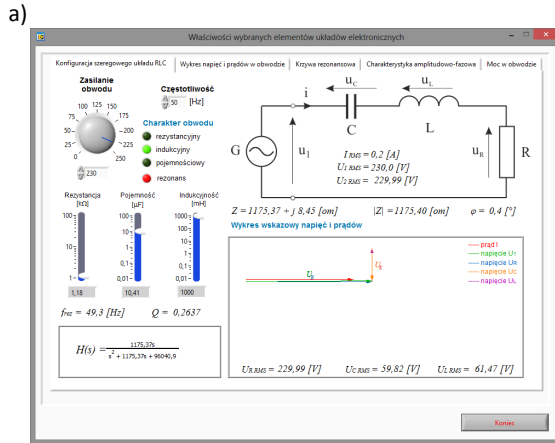
Rys. 7. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania szeregowego układu RLC.

Zadanie 15.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 7 zaobserwować wpływ poszczególnych parametrów obwodu na charakter obwodu oraz na wykres wskazowy prądów i napięć.

Zadanie 16.

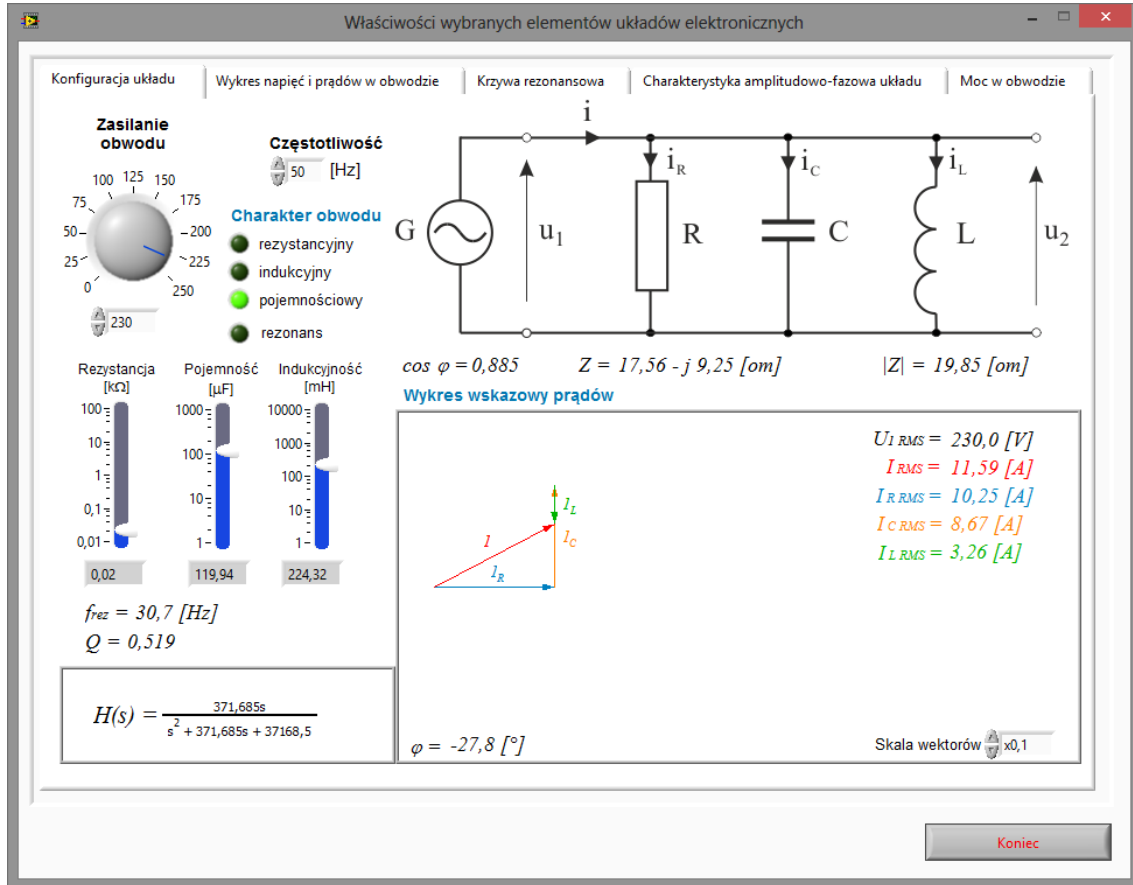
Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 7 należy ustawić parametry obwodu tak, aby wywołać zjawisko rezonansu napięć w obwodzie. Zaobserwować wykres wskazowy, wykres czasowy napięć i prądów, przepływ mocy oraz krzywą rezonansową w obwodzie.



Rys. 8. Przykładowe połączenia obwodu z elementami R, L i C.

Równoległy układ RLC.

Celem modułu jest zapoznanie się z równoległym układem RLC oraz wykresami wektorowymi i czasowymi napięć i prądów w obwodzie. Symulator umożliwia obserwację poszczególnych właściwości układu RLC w zależności od nastawionych parametrów symulacji obwodu. Symulator sygnalizuje pojawienie się rezonansu prądów w obwodzie.



Rys. 9. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania równoległego układu RLC.

Zadanie 17.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 9 zaobserwować wpływ poszczególnych parametrów obwodu na charakter obwodu oraz na wykres wskazowy jak i czasowy prądów i napięć.

Zadanie 18.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 9 należy ustawić parametry obwodu tak, aby wywołać zjawisko rezonansu prądów w obwodzie. Zaobserwować wykres wskazowy i wykres czasowy napięć i prądów w obwodzie.

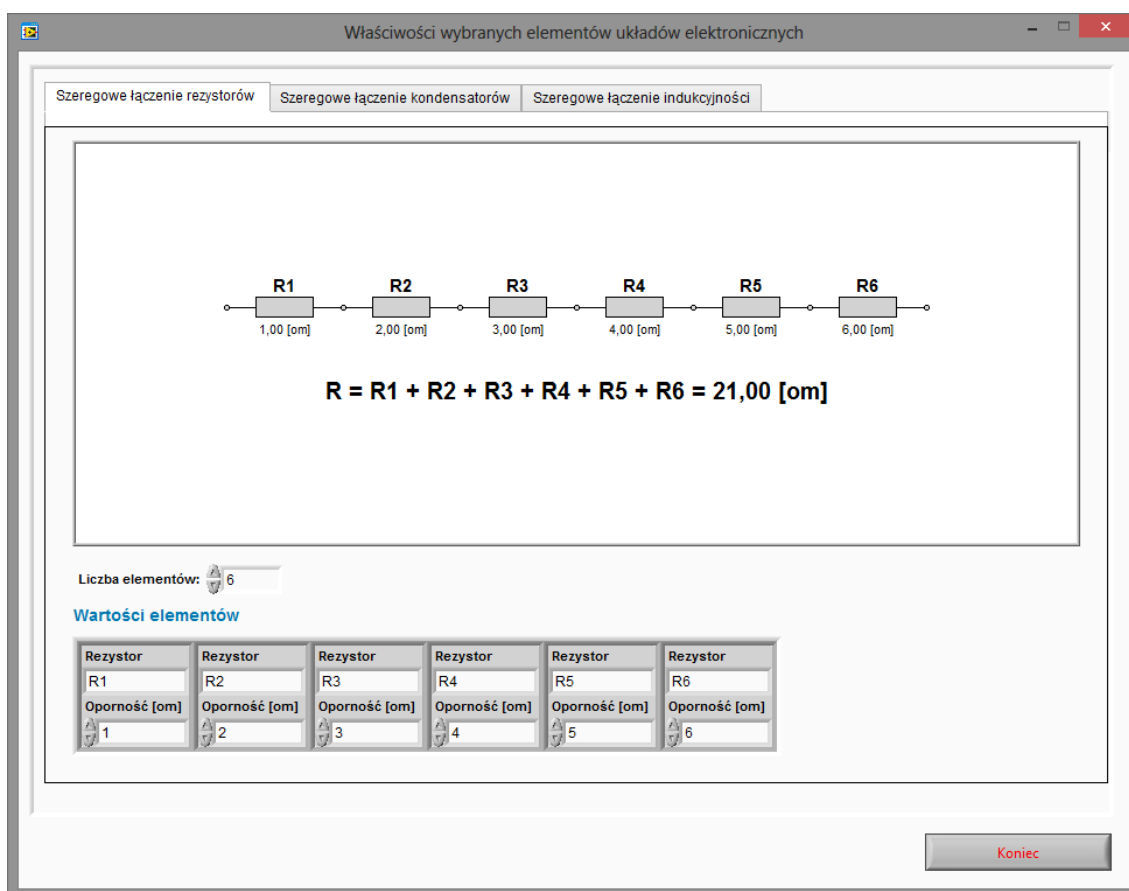


4. Szeregowe łączenie elementów R, L lub C.

Celem modułu jest zapoznanie się z sposobem obliczania rezystancji, pojemności i indukcyjności zastępczej dla szeregowo połączonych elementów R, L lub C.

Szeregowe łączenie rezystorów.

Przy połączeniu szeregowym rezystorów przez każdy rezystor płynie ten sam prąd wytwarzający spadek napięcia proporcjonalny do jego rezystancji.



Rys.10. Szeregowe łączenie rezystorów.

Zadanie 19.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 10 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości rezystancji na wartość rezystancji zastępczej elementu składającego się z n rezystorów połączonych szeregowo.

Zadanie 20.

Dla zadanych przez prowadzącego liczby elementów oraz ich wartości należy policzyć symbolicznie procentowe wartości napięć na poszczególnych elementach.



Szeregowe łączenie kondensatorów.

Przy połączeniu szeregowym kondensatorów przez każdy kondensator płynie ten sam prąd. Odwrotnie niż w przypadku rezystorów pojemność zastępcza określana jest poprzez sumę odwrotności pojemności składowych.

Szeregowe łączenie rezystorów Szeregowe łączenie kondensatorów Szeregowe łączenie indukcyjności

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} + \frac{1}{C_6} + \frac{1}{C_7}$$

$$C = 0,14 \text{ [uF]}$$

Liczba elementów:

Wartości elementów

Kondensator	Kondensator	Kondensator	Kondensator	Kondensator	Kondensator	Kondensator
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Pojemność	Pojemność	Pojemność	Pojemność	Pojemność	Pojemność	Pojemność
1	1	1	1	1	1	1

Koniec

Rys.11. Szeregowe łączenie kondensatorów.

Zadanie 21.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 11 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości pojemności na wartość pojemności zastępczej elementu składającego się z n kondensatorów połączonych szeregowo.

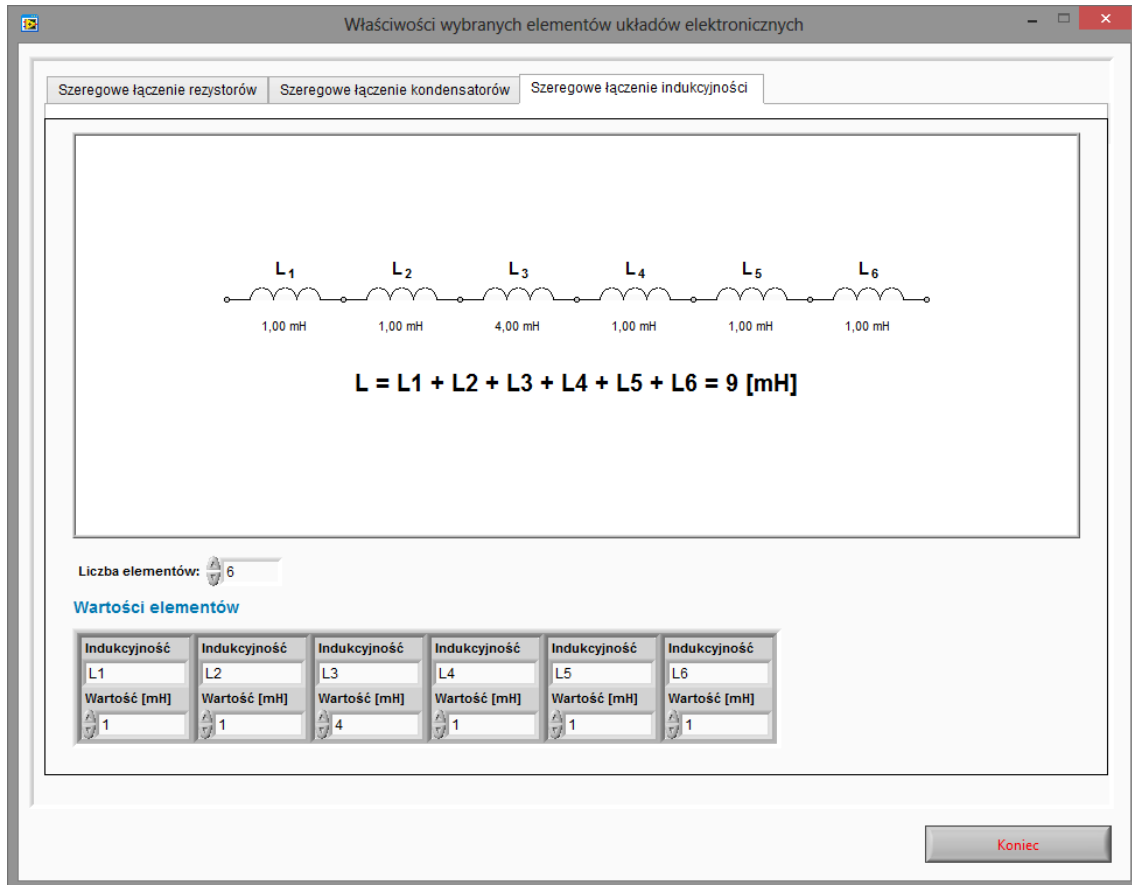
Zadanie 22.

Dla zadanych przez prowadzącego liczby elementów oraz ich wartości należy policzyć symbolicznie procentowe wartości napięć na poszczególnych elementach.



Szeregowe łączenie cewek indukcyjnych.

Przy połączeniu szeregowym cewek indukcyjnych przez każdy element płynie ten sam prąd, lecz na każdej cewce może być różne napięcie. W przypadku cewek tak, jak przy rezystorach indukcyjność zastępcza określana jest poprzez sumę indukcyjności składowych.



Rys.12. Szeregowe łączenie cewek indukcyjnych.

Zadanie 23.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 9 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości indukcyjności na wartość indukcyjności zastępczej elementu składającego się z n cewek indukcyjnych połączonych szeregowo.

Zadanie 24.

Dla zadanych przez prowadzącego ilości elementów oraz wartości indukcyjności należy policzyć symbolicznie procentowe wartości napięć na poszczególnych elementach.



5. Równoległe łączenie elementów R, L lub C.

Celem modułu jest zapoznanie się ze sposobem obliczania rezystancji, pojemności i indukcyjności zastępczej dla równoległego połączonych elementów R, L lub C.

Równoległe łączenie rezystorów.

Przy połączeniu równoległym rezystorów przez każdy rezystor płynie różny prąd wytwarzający spadek napięcia proporcjonalny do jego rezystancji.

Właściwości wybranych elementów układów elektronicznych

Równoległe łączenie rezystorów Równoległe łączenie kondensatorów Równoległe łączenie indukcyjności

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_8}$$

$$R = 0,37 \text{ [om]}$$

Liczba elementów:

Wartości elementów

Rezystor	Rezystor	Rezystor	Rezystor	Rezystor	Rezystor	Rezystor	Rezystor
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]	Oporność [om]
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>

Koniec

Rys.13. Równoległe łączenie rezystorów.

Zadanie 25.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 13 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości rezystancji na wartość rezystancji zastępczej elementu składającego się z n rezystorów połączonych równoległe.

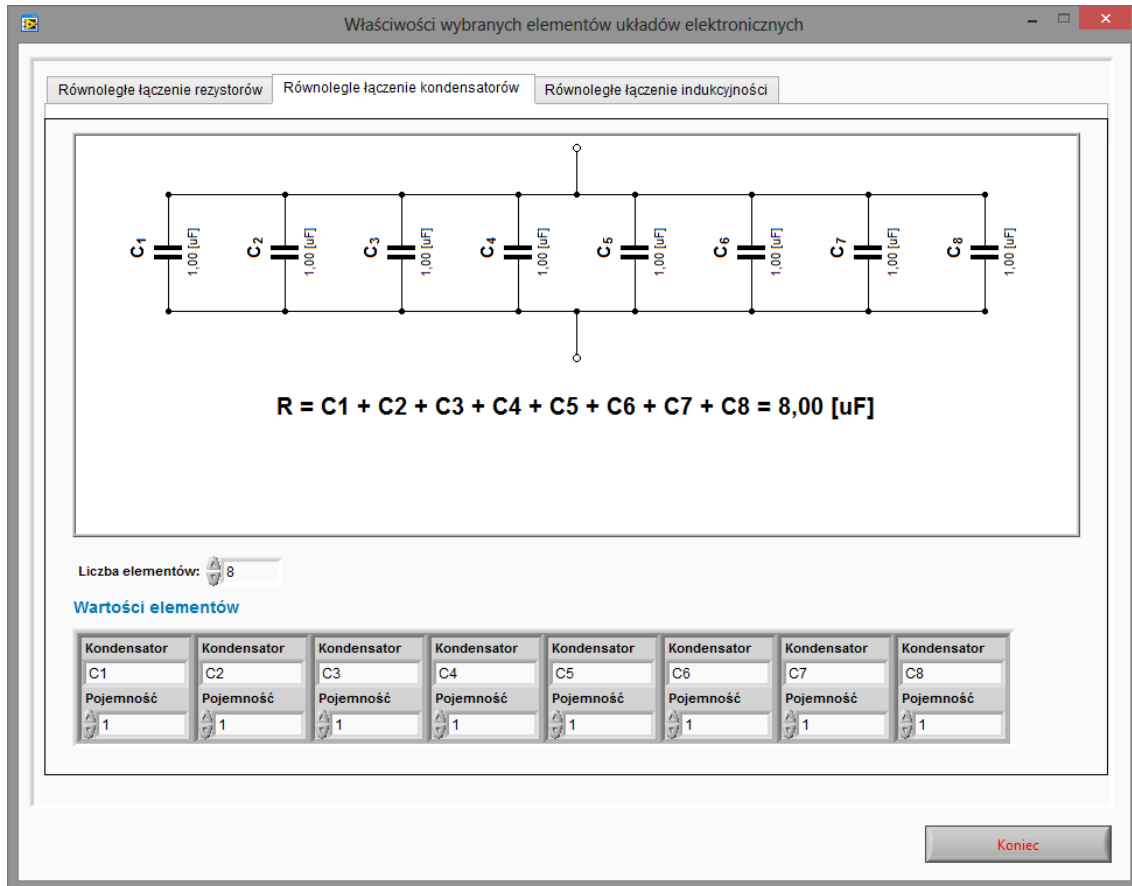
Zadanie 26.

Dla zadanych przez prowadzącego liczby elementów oraz ich wartości należy policzyć symbolicznie procentowy rozptył prądów płynących przez poszczególne elementy.



Równoległe łączenie kondensatorów.

Przy połączeniu równoległym kondensatorów każdy kondensator jest zasilany tym samym napięciem. Odrotnie niż w przypadku rezystorów pojemność zastępcza określana jest poprzez sumę pojemności składowych.



Rys.14. Równoległe łączenie kondensatorów.

Zadanie 27.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 14 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości pojemności na wartość pojemności zastępczej elementu składającego się z n kondensatorów połączonych równoległe.

Zadanie 28.

Dla zadanych przez prowadzącego liczby elementów oraz ich wartości należy policzyć symbolicznie procentowy rozptył prądów płynących przez poszczególne elementy.



Równoległe łączenie cewek indukcyjnych.

Przy połączeniu równoległym cewek indukcyjnych każdy element zasilany jest tym samym napięciem, lecz przez każdą cewkę może płynąć różny prąd. W przypadku cewek tak, jak przy rezystorach indukcyjność zastępcza określana jest poprzez sumę odwrotności indukcyjności składowych.

Liczba elementów: 8

Wartości elementów

Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność	Indukcyjność
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]	Wartość [mH]
1	1	1	1	1	1	1	1

Koniec

Rys.15. Równoległe łączenie cewek indukcyjnych.

Zadanie 29.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 15 należy zaobserwować wpływ poszczególnych wartości indukcyjności na wartość indukcyjności zastępczej elementu składającego się z n cewek indukcyjnych połączonych równolegle.

Zadanie 30.

Dla zadanych przez prowadzącego liczby elementów oraz ich wartości należy policzyć symbolicznie procentowy rozpyły prądów płynących przez poszczególne elementy.



6. Charakterystyki i właściwości diody półprzewodnikowej.

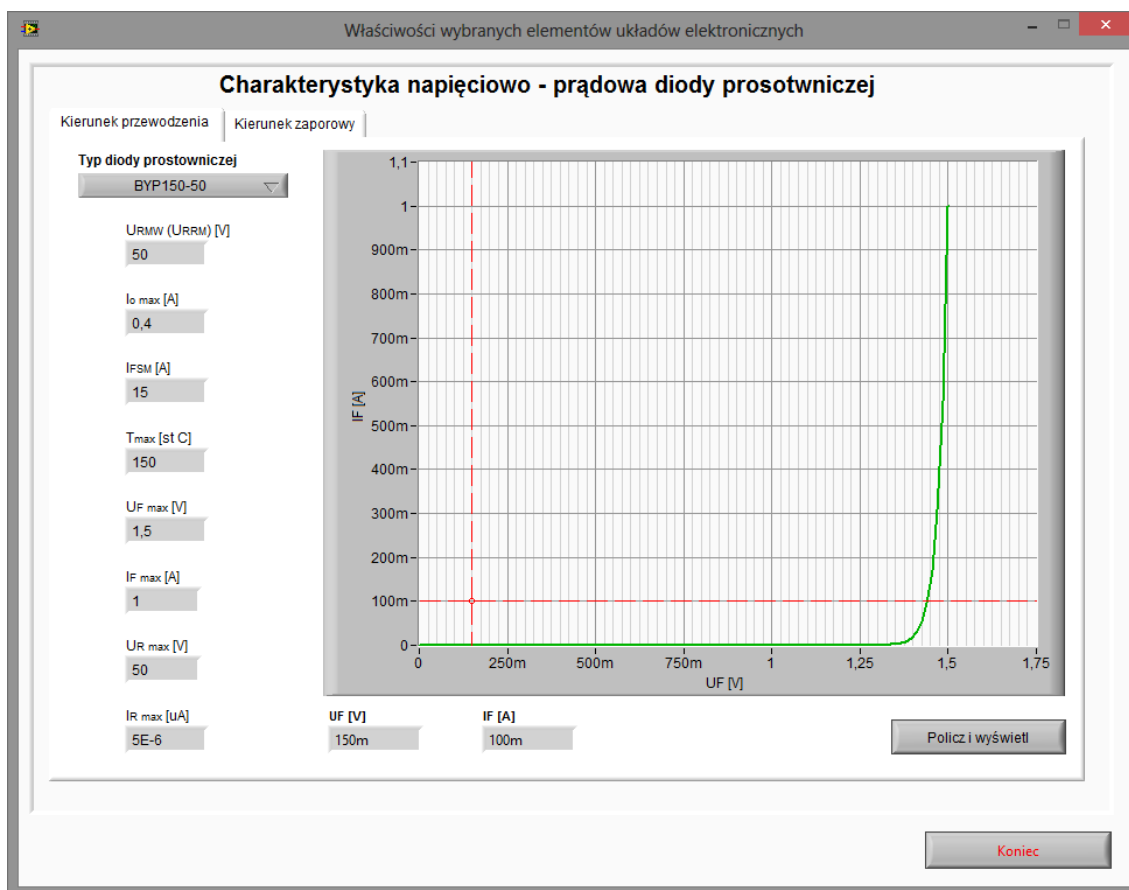
Celem modułu jest zapoznanie się z podstawowymi właściwościami diody półprzewodnikowej.

Charakterystyki napięciowo-prądowe diody prostowniczej.

Celem modułu jest zapoznanie się z przebiegiem charakterystyki napięciowo-prądowej przykładowych diod prostowniczych dla kierunku przewodzenia.

Zadanie 31.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na poniższym rysunku nr 16 należy zapoznać się z charakterystykami napięciowo-prądowymi wybranych diod prostowniczych. Za pośrednictwem kursorów należy odczytać z wykresu podstawowe parametry diody w kierunku przewodzenia, np.: $U_{Fp} \sim 0.1 * I_{Fmax}$, obliczyć rezystancję statyczną diody w kilku punktach płaskiej części charakterystyki oraz rezystancję dynamiczną diody.

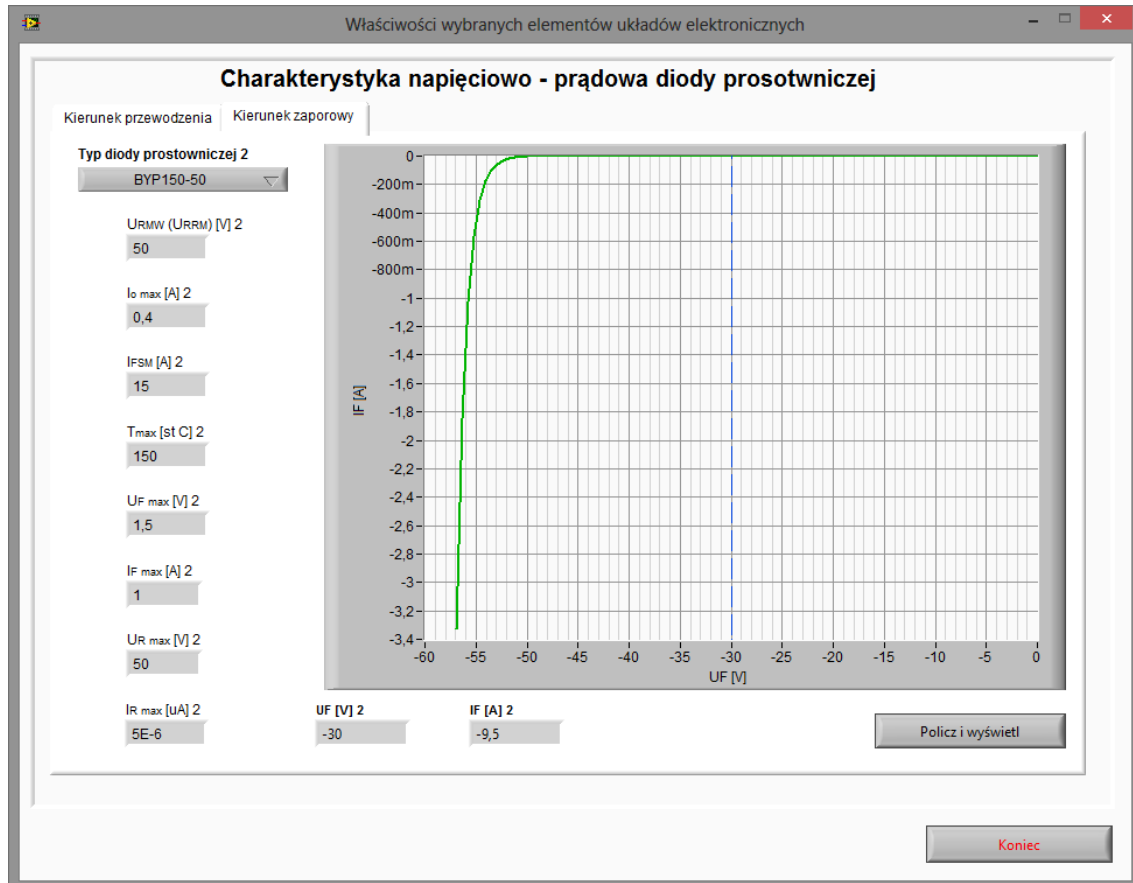


Rys. 16. Charakterystyka napięciowo-prądowa diody prostowniczej w kierunku przewodzenia.



Zadanie 32.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 17 należy zapoznać się z charakterystykami napięciowo-prądowymi wybranych diod prostowniczych. Za pośrednictwem kursorów należy odczytać z wykresu podstawowe parametry diody w kierunku zaporowym, np.: U_{RWM} , U_{RRM} , U_{RSM} , obliczyć rezystancję statyczną diody w kilku punktach płaskiej części charakterystyki oraz rezystancję dynamiczną diody.



Rys.17. Charakterystyka napięciowo-prądowa diody prostowniczej w kierunku zaporowym.



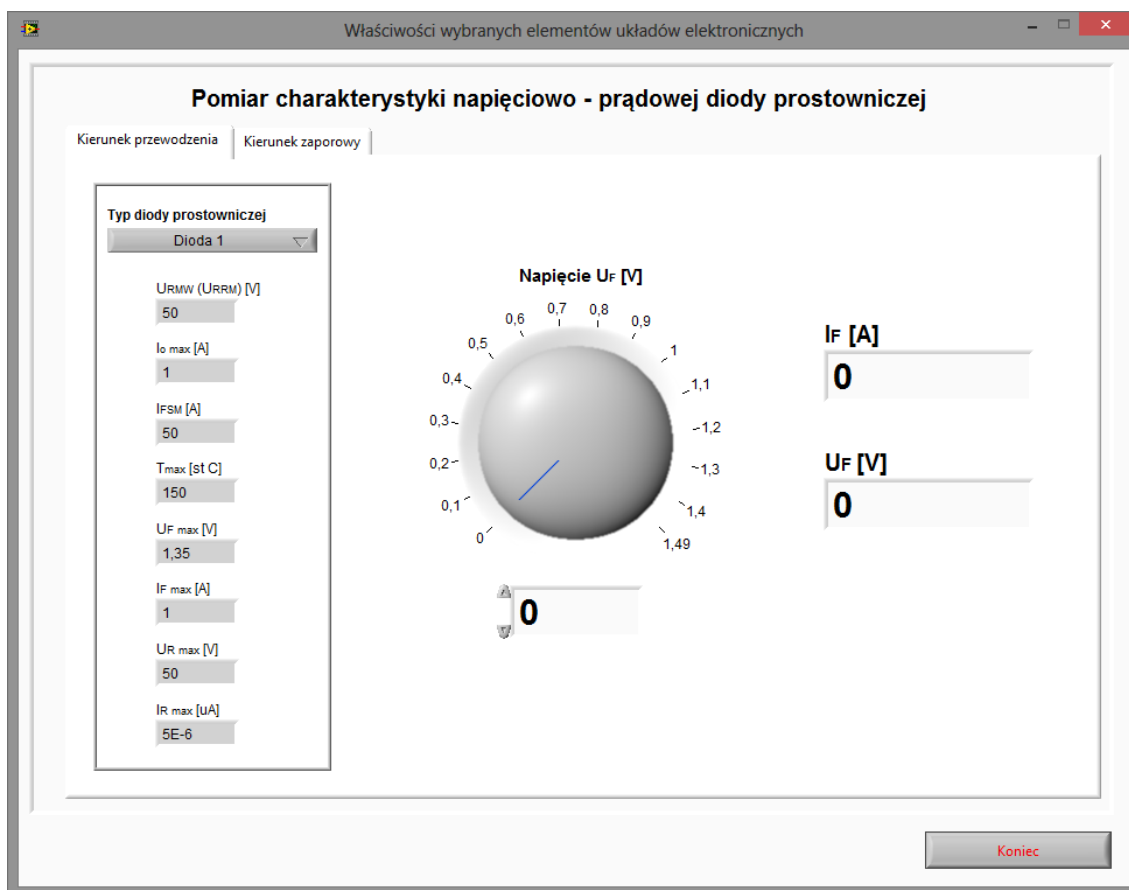
Pomiar charakterystyki napięciowo - prądowej diody prostowniczej w kierunku przewodzenia.

Zadanie 33.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 18 należy zapoznać się z charakterystyką napięciowo-prądową diody prostowniczej dla kierunku przewodzenia. Z wyznaczonej charakterystyki należy odczytać podstawowe parametry diody w kierunku przewodzenia, np.: $U_{FP} \sim 0.1 \cdot I_{Fmax}$, rezystancję statyczną diody w kilku punktach płaskiej części charakterystyki oraz rezystancję dynamiczną diody.

Tab. 7. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej dla kierunku przewodzenia.

Lp.	U [V]	I [mA]	R [Ω]	Rd [Ω]
1				



Rys. 18. Wirtualny przyrząd pomiarowy do pomiaru charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej dla kierunku przewodzenia.



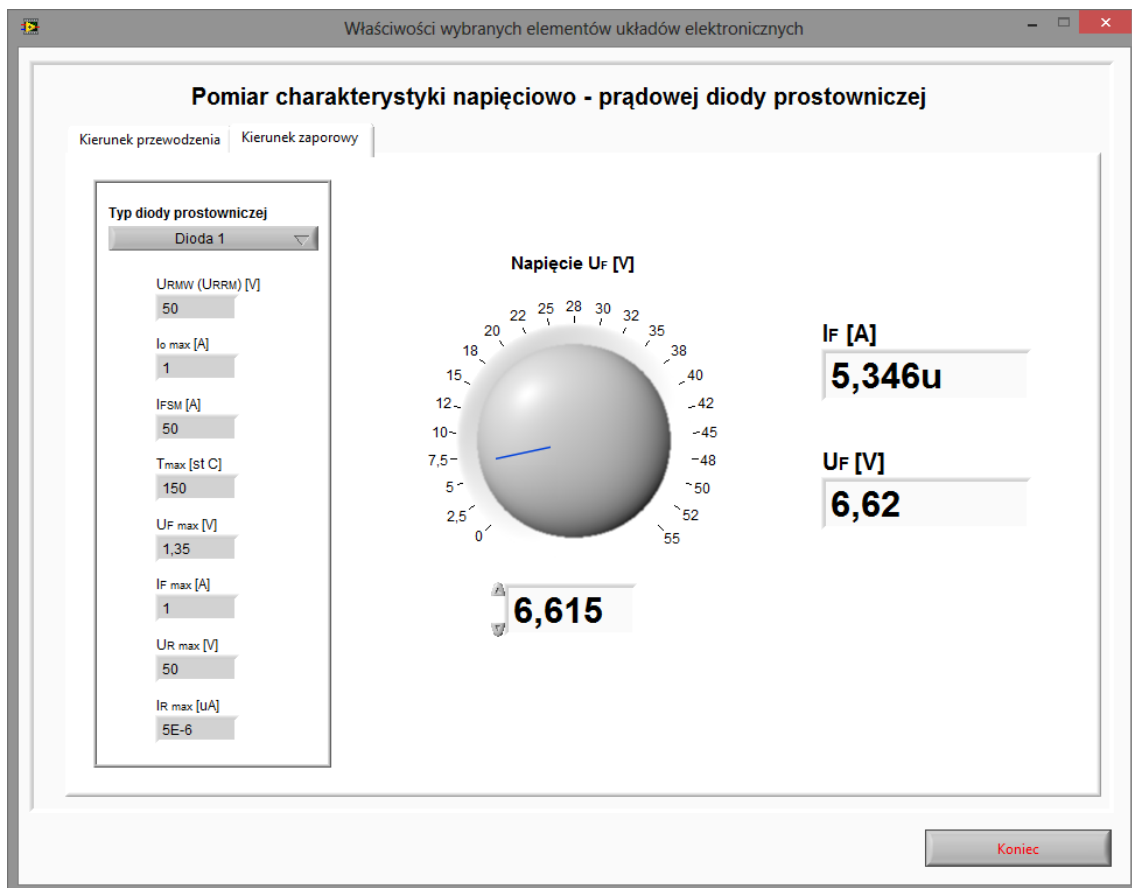
Pomiar charakterystyki napięciowo - prądowej diody prostowniczej w kierunku zaporowym.

Zadanie 34.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy (WPP) przedstawiony na rysunku 19 należy zapoznać się z charakterystyką napięciowo-prądową diody prostowniczej dla kierunku zaporowego. Z wyznaczonej charakterystyki należy odczytać podstawowe parametry diody w kierunku zaporowym, np.: U_{RWM} , U_{RRM} , U_{RSM} , obliczyć rezystancję statyczną diody w kilku punktach płaskiej części charakterystyki oraz rezystancję dynamiczną diody.

Tab. 8. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej dla kierunku zaporowego.

Lp.	U [V]	I [mA]	R [Ω]	Rd [Ω]
1				



Rys. 19. Wirtualny przyrząd pomiarowy do pomiaru charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej dla kierunku zaporowego.



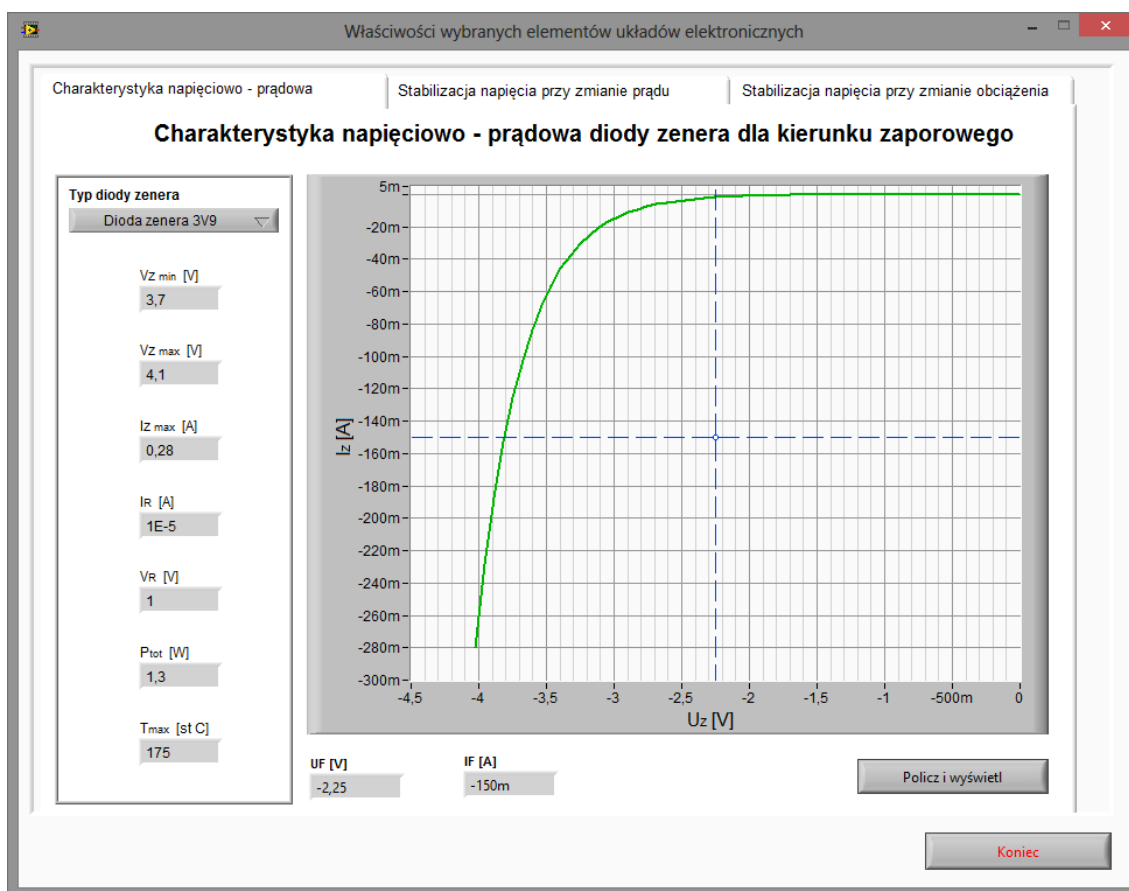
7. Badanie diody Zenera.

Celem modułu jest zapoznanie się właściwościami oraz charakterystykami napięciowo-prądowymi diody Zenera używanej do stabilizacji napięcia w układach elektronicznych.

Charakterystyka napięciowo-prądowa diody Zenera dla kierunku zaporowego.

Zadanie 35.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 20 należy zapoznać się z charakterystykami napięciowo-prądowymi wybranych diod Zenera. Za pośrednictwem kursorów należy odczytać z wykresu podstawowe parametry diody w kierunku zaporowym, np.: napięcie U_z , prąd I_z , ΔU_z , ΔI_z oraz rezystancję dynamiczną R_z .



Rys. 20. Charakterystyka napięciowo-prądowa diody Zenera w kierunku zaporowym.



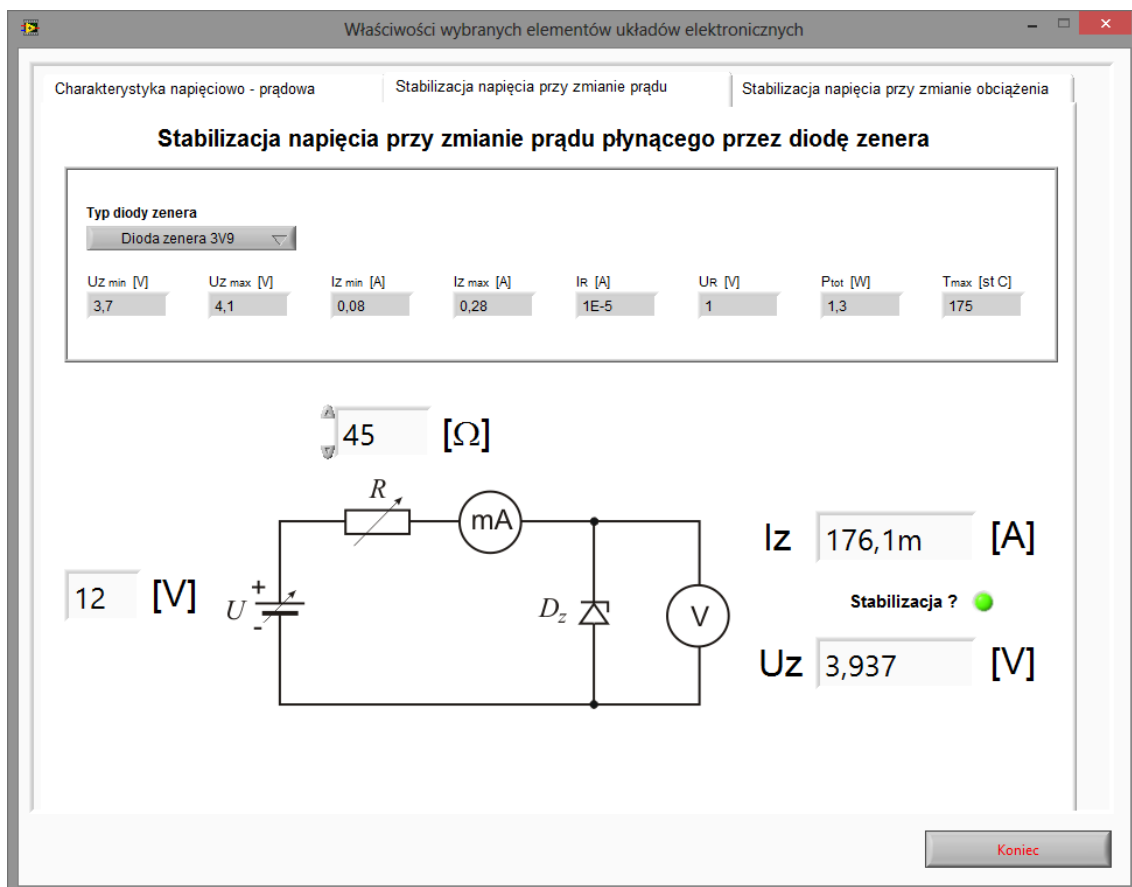
Stabilizacja napięcia przy zmianie prądu płynącego przez diodę Zenera.

Zadanie 36.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 21 należy zapoznać się z charakterystyką zmian napięcia w funkcji prądu płynącego przez diodę Zenera. Prąd płynący przez woltomierz można potraktować za bardzo mały i nie mający wpływu na charakterystykę (rezystancja wewnętrzna $R_w=100\text{ M}\Omega$).

Tab. 9. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej w kierunku przewodzenia.

Lp.	U_z [V]	I_z [mA]	R [Ω]	R_d [Ω]
1				



Rys. 21. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania zmian napięcia diody Zenera przy zmianie prądu w obwodzie.

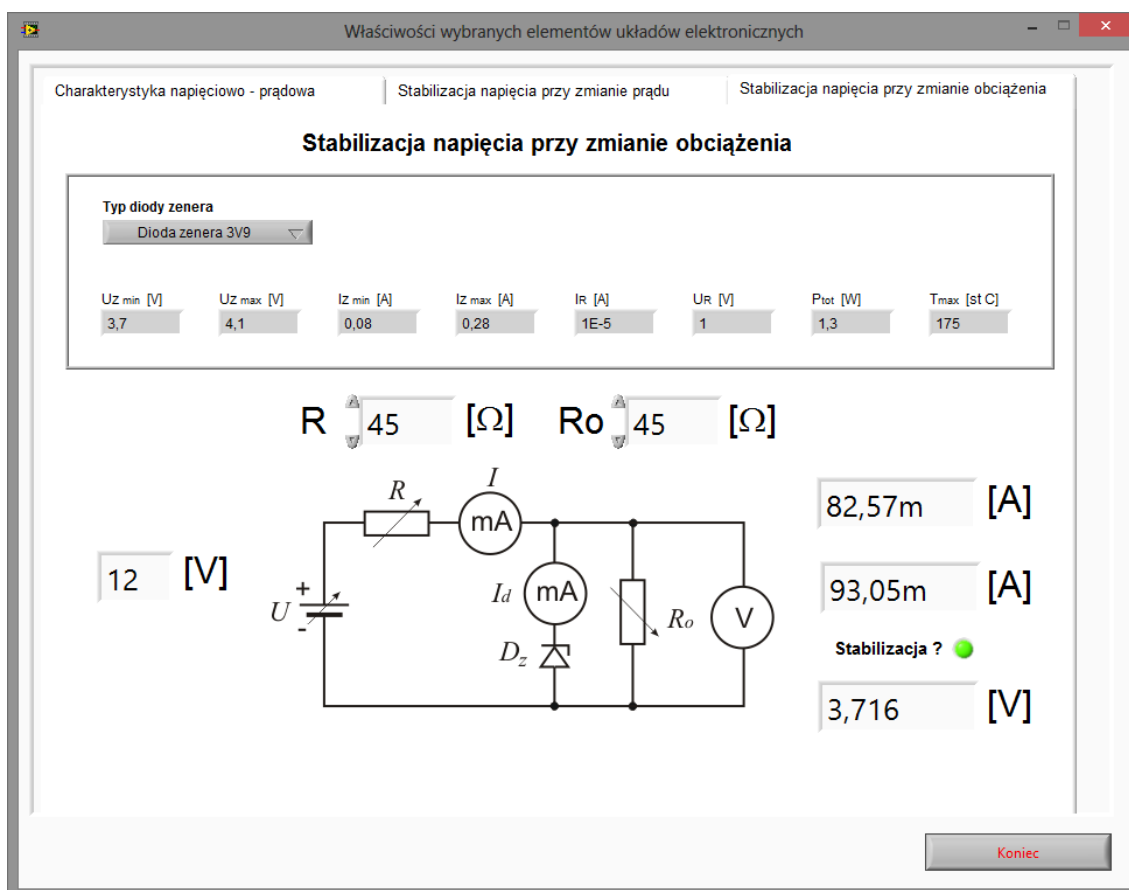
Stabilizacja napięcia przy zmianie obciążenia.

Zadanie 37.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 22 należy zapoznać się z charakterystyką zmian napięcia w funkcji prądu płynącego w obwodzie. Przed przystąpieniem do pomiarów należy dobrać rezystancję R oraz wstępnie ustalić rezystancję obciążenia tak, aby prąd diody wynosił połowę zakresu zmian prądu diody Zenera wyznaczonego w zadaniu 35.

Tab. 10. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej diody prostowniczej w kierunku przewodzenia.

Lp.	U [V]	I [mA]	I_d [mA]	R [Ω]	R_o [Ω]	R_d [Ω]
1						



Rys. 22. Wirtualny przyrząd pomiarowy do badania zmian napięcia diody Zenera przy zmianie obciążenia.



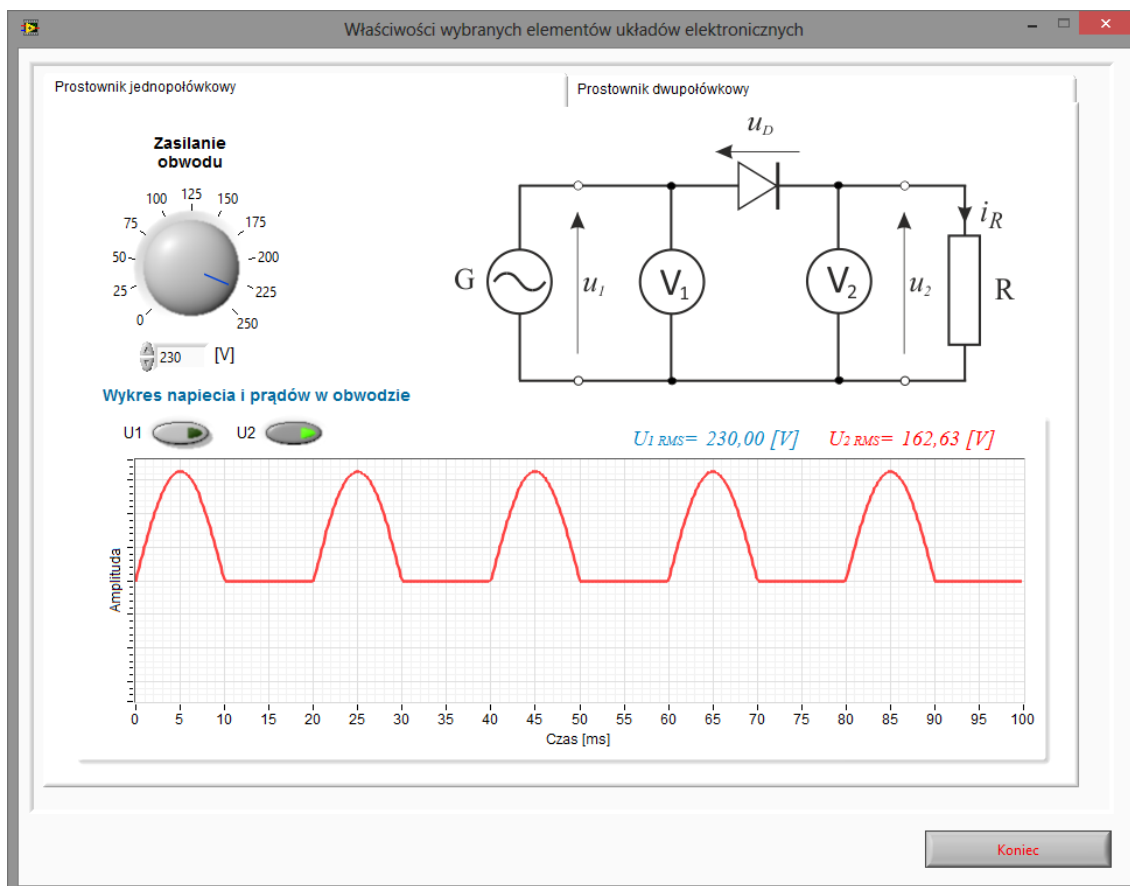
8. Prostownik diodowy.

Celem modułu jest zaprezentowanie typowej aplikacji diod prostowniczych w układach elektronicznych.

Prostownik jednopółkowy.

Zadanie 38.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 23 należy zaobserwować wartości skuteczne napięcia oraz przebieg napięcia na odbiorniku w układzie wykorzystującym jedną diodę.



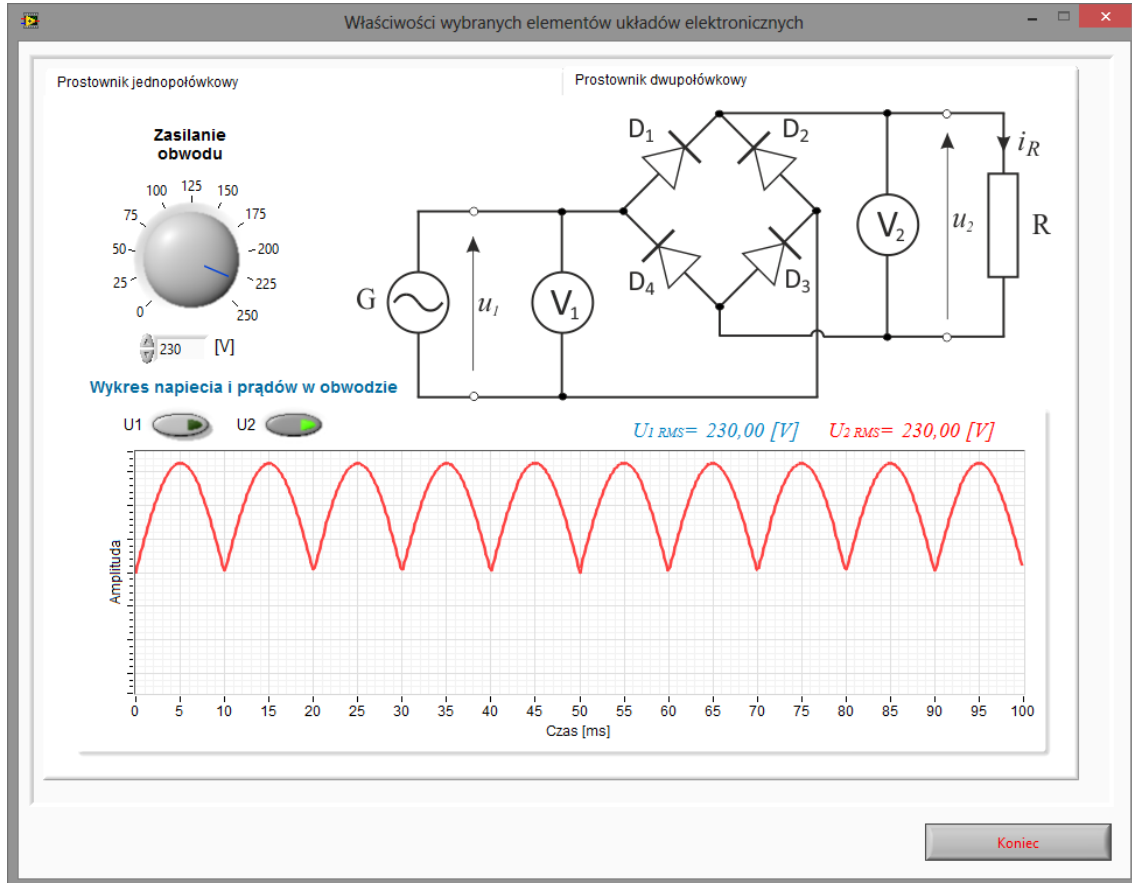
Rys.23. Wirtualny przyrząd pomiarowy do symulacji prostownika jednopółkowego.



Prostownik dwupołówkowy.

Zadanie 39.

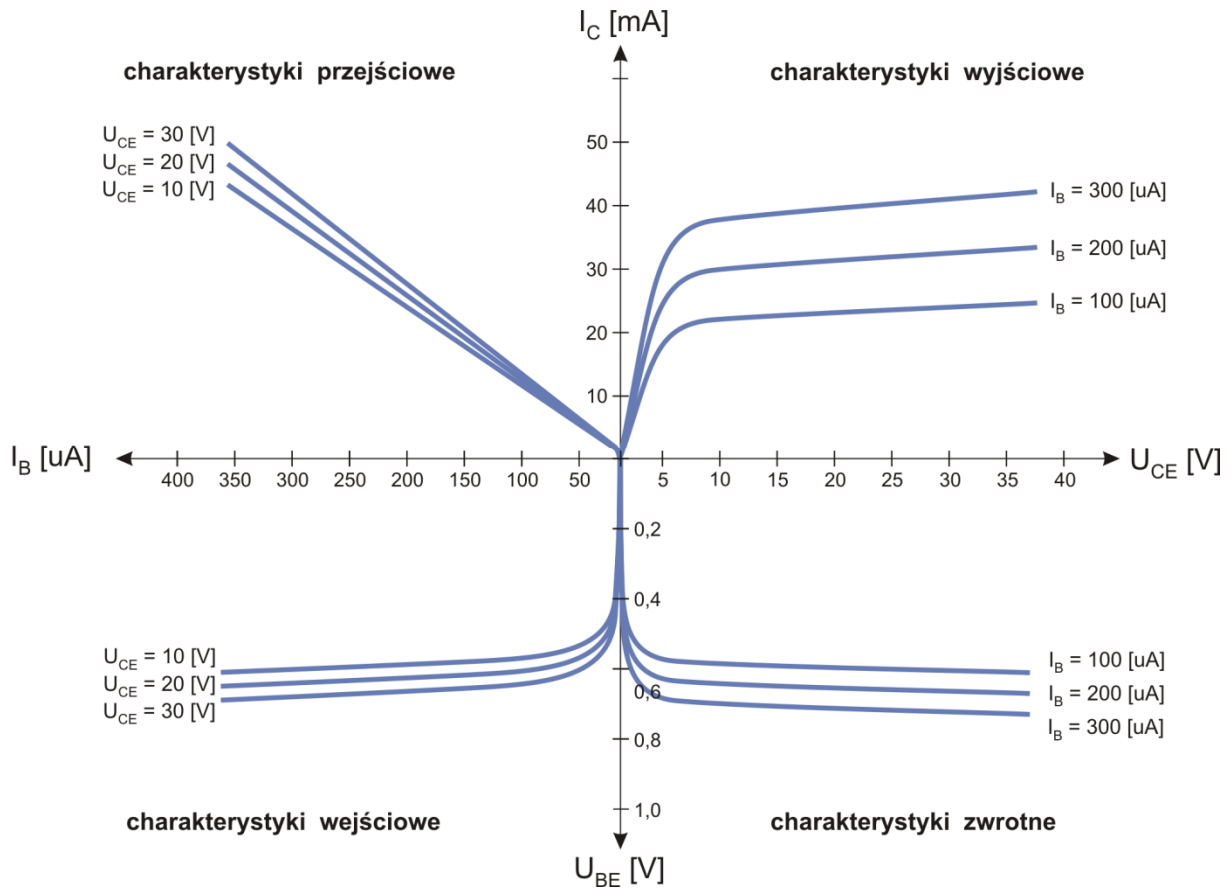
Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 24 należy zaobserwować wartości skuteczne napięcia oraz przebieg napięcia na odbiorniku w układzie wykorzystującym mostek diodowy (tzw. układ Graetza).



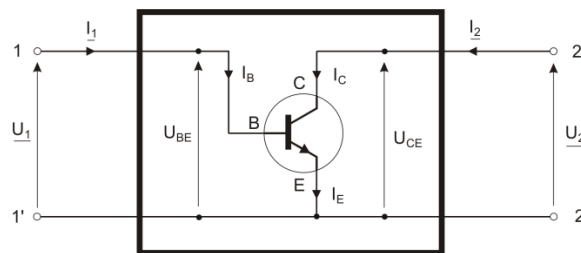
Rys.24. Wirtualny przyrząd pomiarowy do symulacji prostownika dwupołówkowego.

9. Charakterystyki statyczne tranzystora oraz wyznaczanie parametrów hybrydowych

Celem modułu jest przedstawienie charakterystyk statycznych tranzystora bipolarnego oraz zapoznanie się ze sposobem wyznaczania parametrów hybrydowych tranzystora używanych do tworzenia schematów zastępczych tranzystora.



Rys. 25. Charakterystyki statyczne tranzystora bipolarnego.

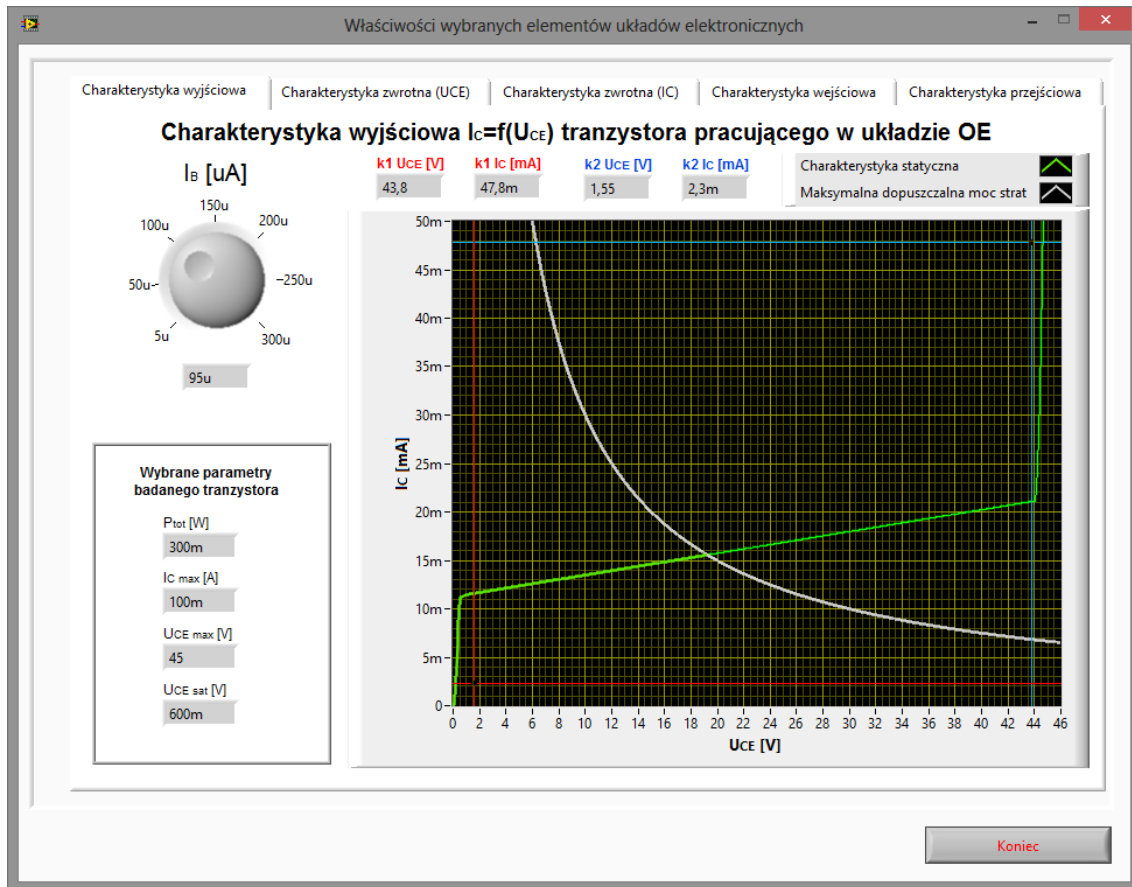


Rys.26. Tranzystor jako czwórnik.

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Równanie hybrydowe tranzystora bipolarnego pracującego w układzie OE.

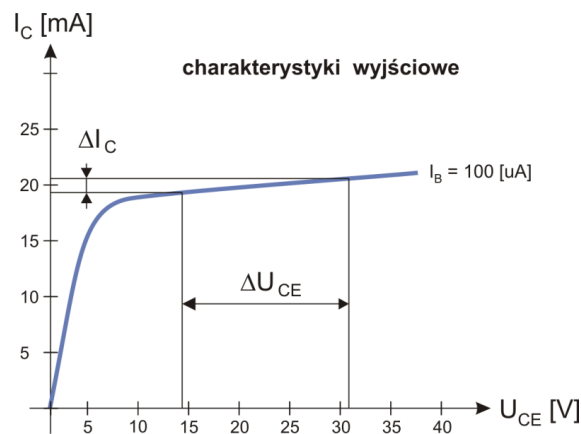
Charakterystyka wyjściowa tranzystora bipolarnego.



Rys.27. Charakterystyka wyjściowa tranzystora bipolarnego.

Zadanie 40.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 27 należy zbadać wpływ prądu bazy na kształt charakterystyki wyjściowej tranzystora. Linią przerywaną zaznaczono część charakterystyki wychodzącej poza obszar dopuszczalnych strat mocy. Dla prądu bazy np. 100 uA należy odczytać hybrydowy parametr h_{22} będący rozwarciową admitancją wyjściową. Określić zakres napięć U_{CE} dla liniowej części charakterystyki, dla których będą przeprowadzane badania charakterystyki wejściowej oraz przejściowej. Maksymalne napięcie U_{CE} dla wybranego prądu bazy nie może przekraczać maksymalnej dopuszczalnej mocy strat (w rzeczywistym układzie doprowadziłoby to do znacznego wzrostu temperatury pracy złącza a w konsekwencji do jego uszkodzenia).



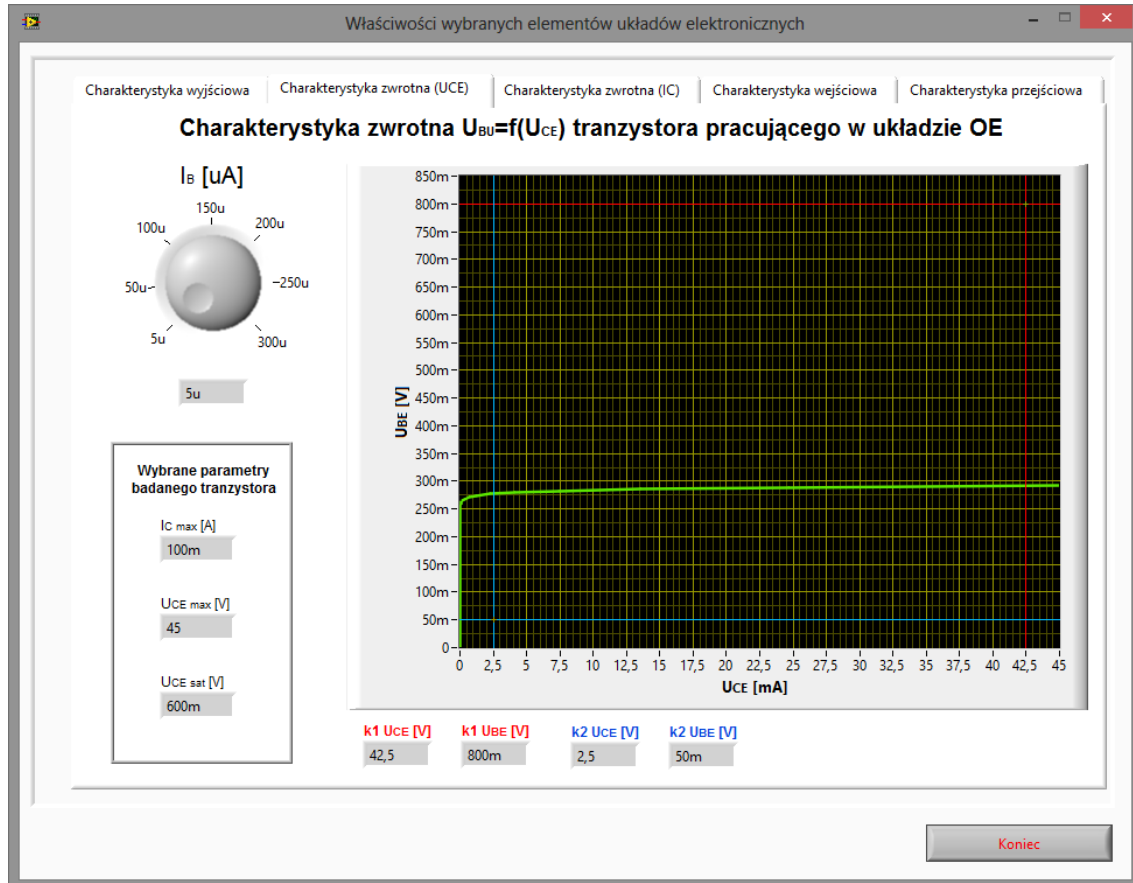
Rys.28. Wyznaczanie parametru h_{22}



$$h_{22} = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{CE}} \approx \frac{1}{r_{wy}} = g_{ce}$$

Zbadać wpływ prądu bazy na parametr h_{22} .

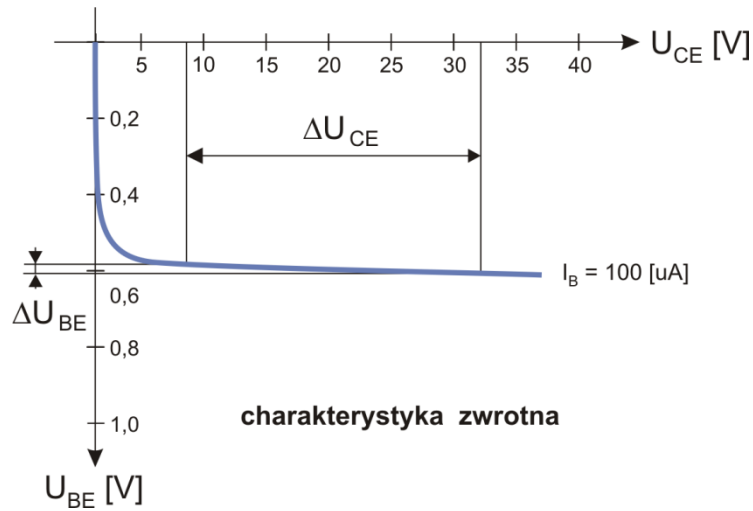
Charakterystyka zwrotna tranzystora bipolarnego.



Rys.29. Charakterystyka zwrotna tranzystora bipolarnego.

Zadanie 41.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 29 należy zbadać wpływ prądu bazy na kształt charakterystyki zwrotnej tranzystora. Dla prądu bazy np. 100 uA należy odczytać hybrydowy parametr h_{12} będący rozwarciowym współczynnikiem napięciowego sprzężenia zwrotnego.

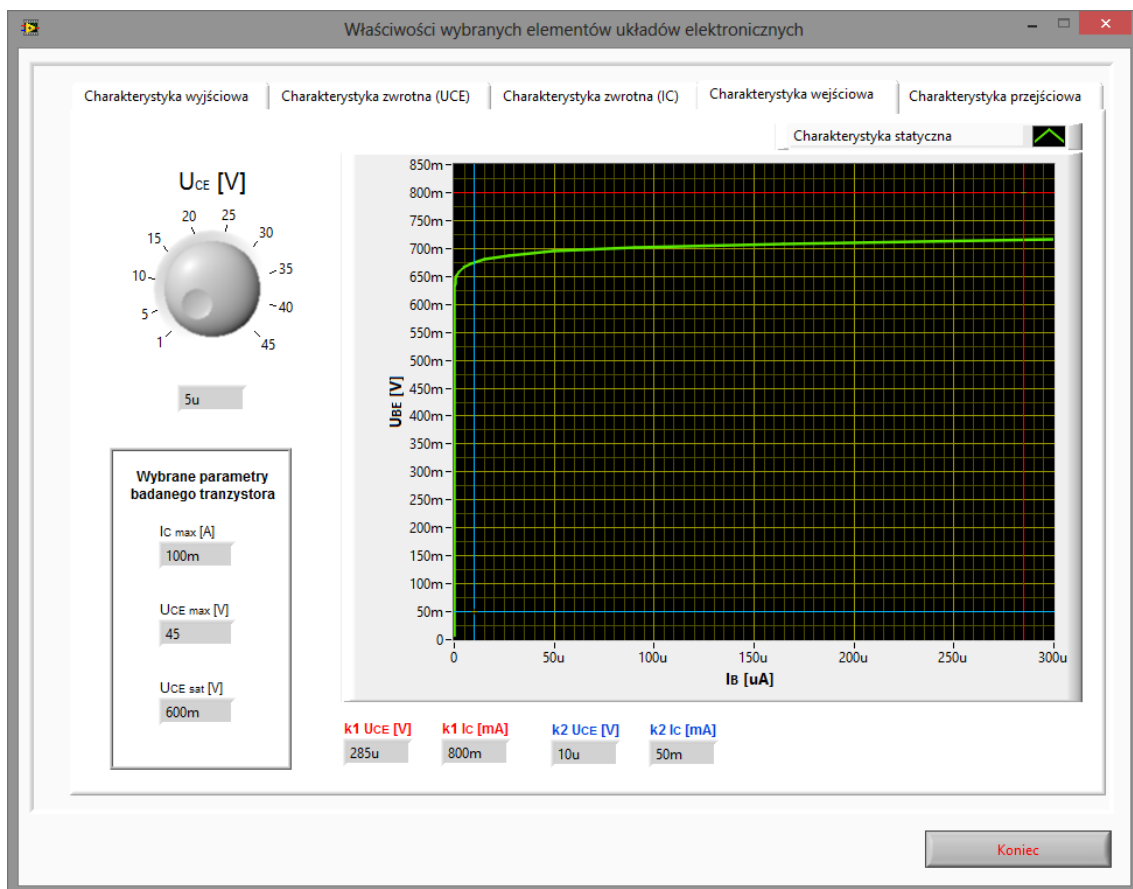


Rys.30. Wyznaczanie parametru h_{12} .

$$h_{12} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}}$$

Z badać wpływ prądu bazy na parametr h_{12} .

Charakterystyka wejściowa tranzystora bipolarnego.

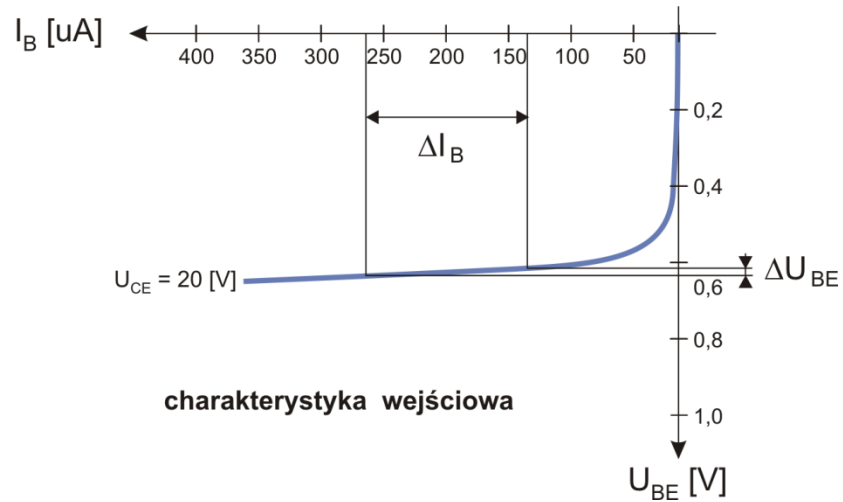


Rys.31. Charakterystyka wejściowa.



Zadanie 42.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 31 należy zbadać wpływ napięcia U_{CE} na kształt charakterystyki zwrotnej tranzystora. Dla napięcia U_{CE} np. 10 V należy odczytać hybrydowy parametr h_{11} będący zwarciovą impedancją wejściową.

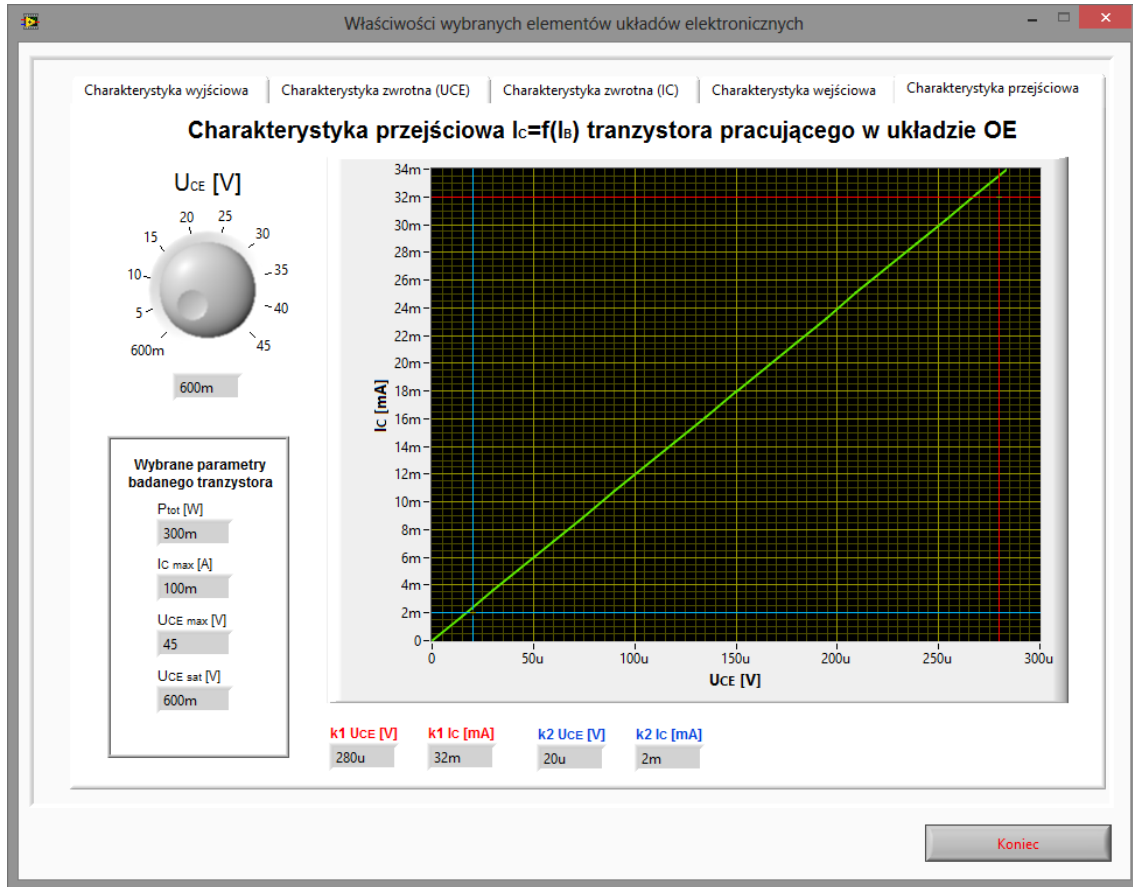


Rys.32. Wyznaczanie parametru h_{11} .

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \approx r_{we} = r_{BE}$$

Zbadać wpływ napięcia U_{CE} na parametr h_{11} .

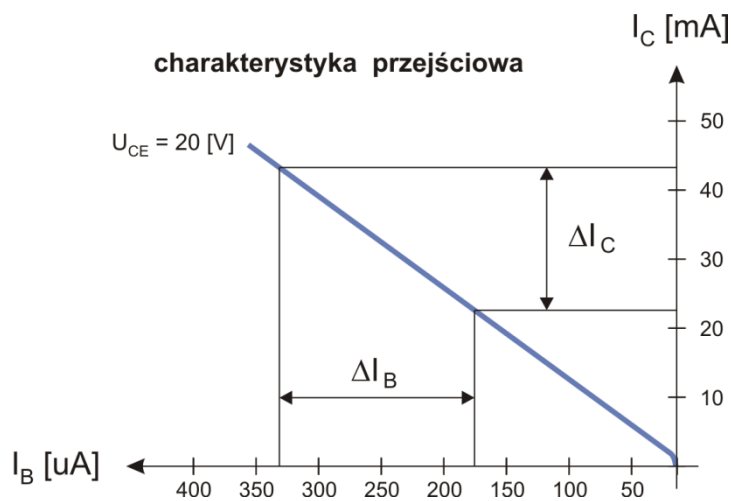
Charakterystyka przejściowa tranzystora bipolarnego.



Rys.33. Charakterystyka wejściowa.

Zadanie 43.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 33 należy zbadać wpływ napięcia U_{CE} na kształt charakterystyki przejściowej tranzystora. Dla napięcia U_{CE} , np. 10 V należy odczytać hybrydowy parametr h_{21} będący zwarciovym współczynnikiem wzmocnienia prądowego.



Rys.34. Wyznaczanie parametru h_{21} .

$$h_{21} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \approx \beta$$

Zbadać wpływ napięcia U_{CE} na parametr h_{21} .

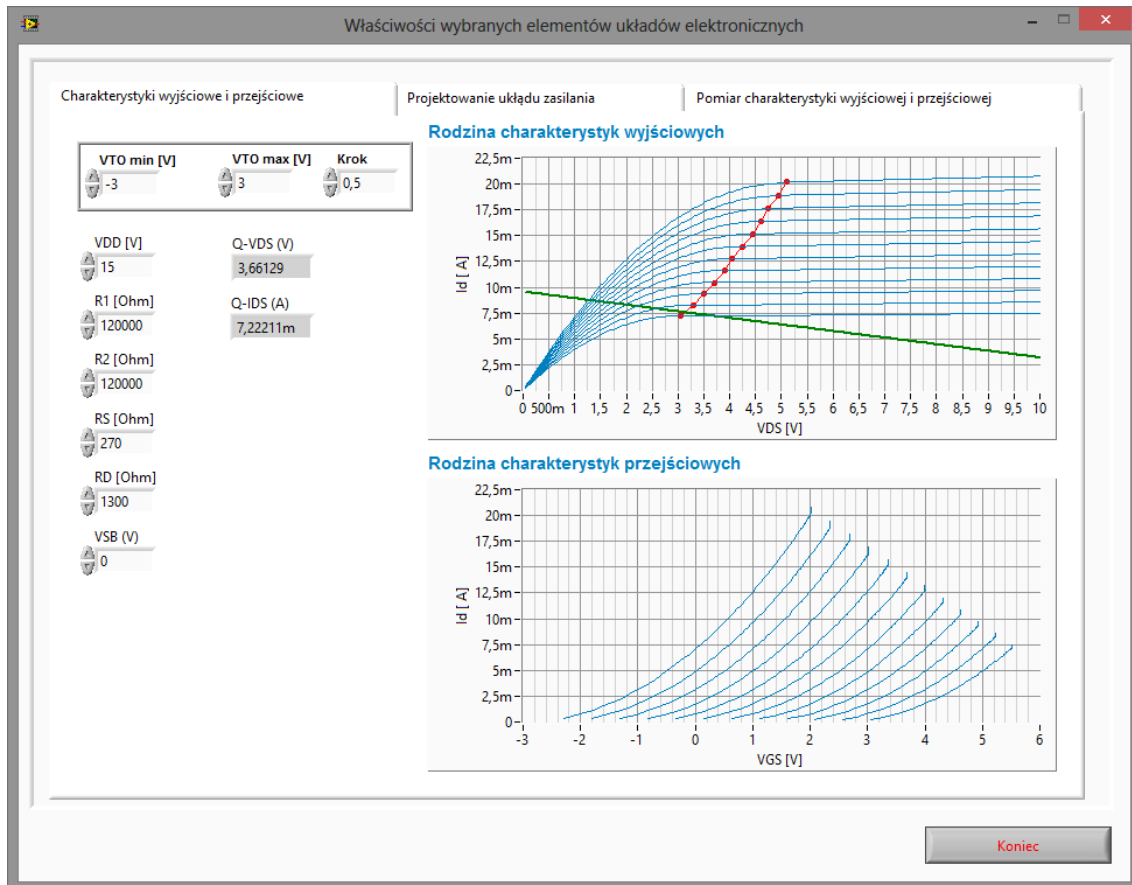
10. Projektowanie punktu pracy tranzystora unipolarnego.

Celem modułu jest poznanie charakterystyk wejściowych i przejściowych tranzystora unipolarnego oraz zasad doboru parametrów pracy tranzystora.

Charakterystyki przejściowe i wyjściowe tranzystora unipolarnego.

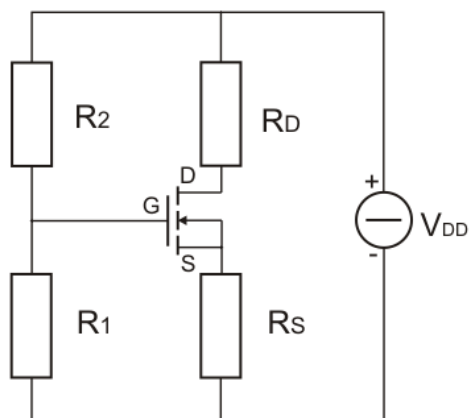
Zadanie 44.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 35 należy zapoznać się z rodziną charakterystyk wyjściowych i przejściowych modelowego tranzystora unipolarnego.



Rys.35. Rodzina charakterystyk przejściowych i wyjściowych.

Punkt pracy tranzystora został wstępnie ustalony a charakterystyka obciążenia została zaznaczona kolorem zielonym. Kolorem czerwonym została zaznaczona granica pomiędzy obszarem nienasylenia a obszarem nasycenia. Z wykorzystaniem wirtualnego przyrządu pomiarowego przedstawionego na rysunku 37 zaprojektować potencjometryczny układ zasilania tranzystora unipolarnego (rysunek 36) tak, aby obszar pracy tranzystora znalazł się w obszarze nasycenia.



Rys.36. Potencjometryczny układ zasilania tranzystora unipolarnego.

Projektowanie punktu pracy tranzystora unipolarnego.

Wirtualny przyrząd pomiarowy służący do określenia parametrów potencjometrycznego układu zasilania oraz ustalenia punktu pracy tranzystora unipolarnego.

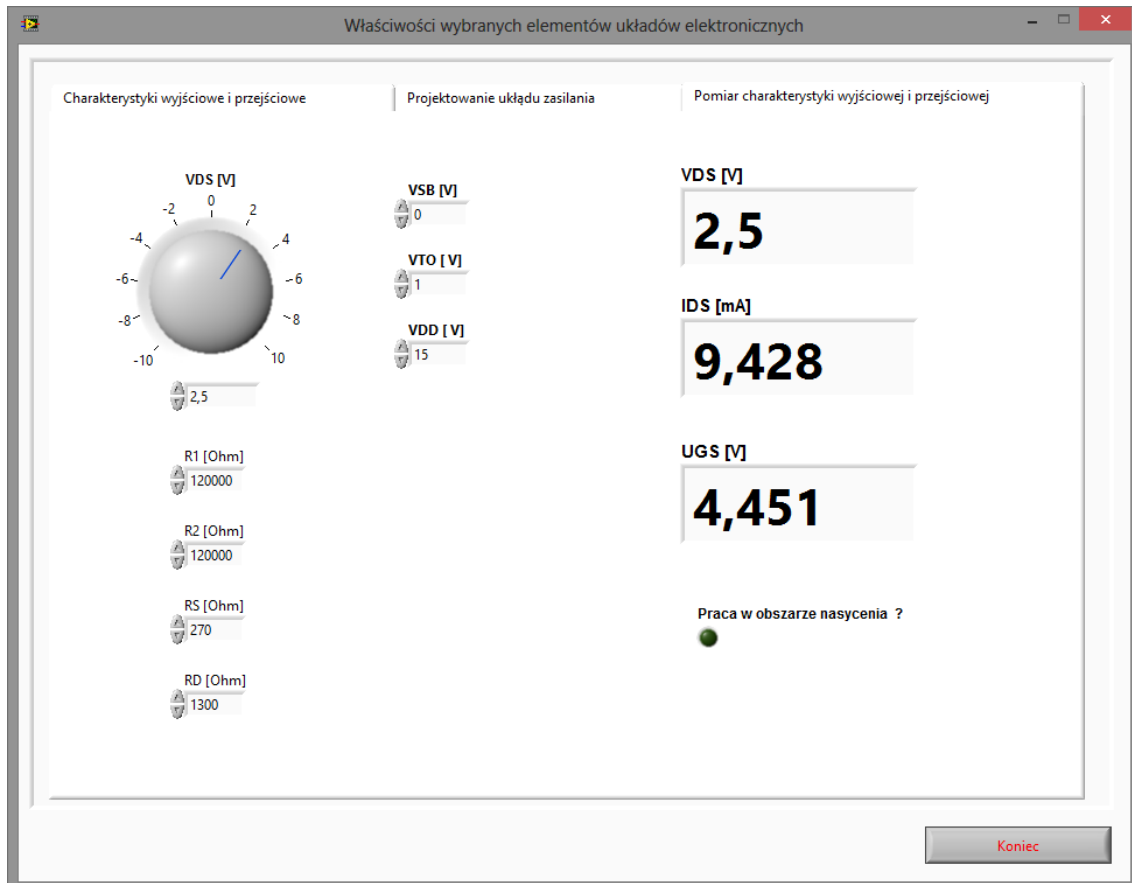
Rys.37. Wirtualny przyrząd pomiarowy do projektowania punktu pracy tranzystora unipolarnego.



Pomiar charakterystyki przejściowej i wyjściowej tranzystora unipolarnego.

Zadanie 45.

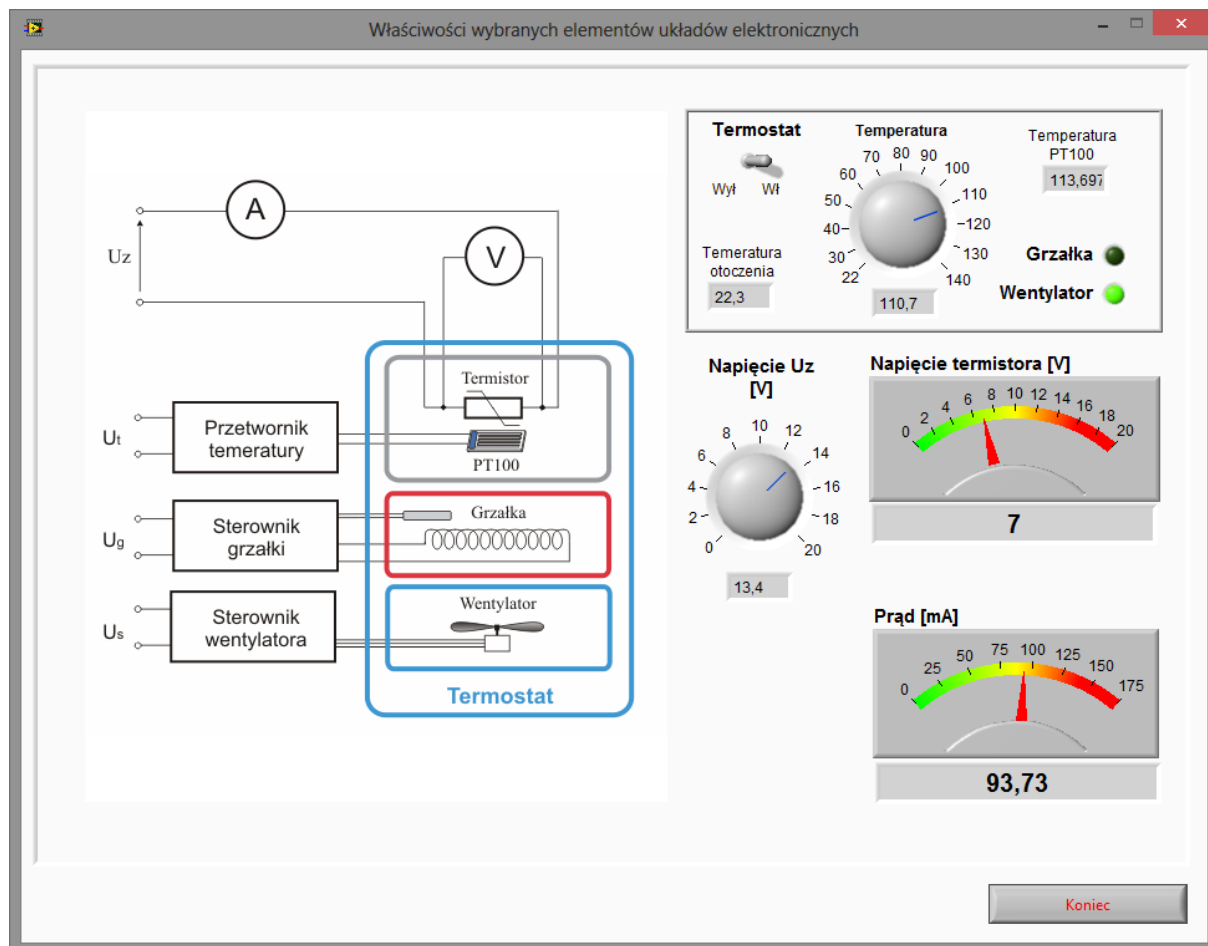
Wykorzystując dane z zaprojektowanego potencjometrycznego układu zasilania w zadaniu 44 należy zapoznać się z charakterystyką przejściową i wyjściową symulowanego tranzystora unipolarnego. Zaznaczyć obszar nasycenia oraz określić punkt pracy tranzystora. Wyniki zaprezentować na wykresach.



Rys.38. WPP do zdejmowania charakterystyki przejściowej i wyjściowej symulowanego tranzystora unipolarnego.

11. Badanie termistora.

Celem modułu jest zapoznanie się z termistorem bardzo często wykorzystywanym do pomiaru temperatury w urządzeniach codziennego użytku.



Rys. 39. Badanie termistora.

Zadanie 46.

Wykorzystując metodę techniczną pomiaru rezystancji wyznaczyć charakterystyki termistora:

- Zależność rezystancji od napięcia zasilania ($R=f(U)$) dla kilku wybranych temperatur - tabela 11.
- Zależność rezystancji od temperatury ($R=f(T)$) przy stałym napięciu zasilania dla kilku wybranych temperatur i napięć zasilających - tabela 12.

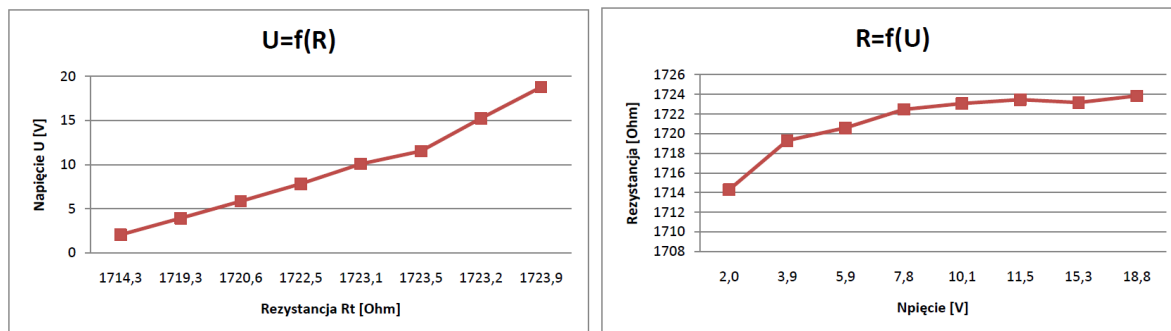
Tab. 11. Zależność rezystancji od napięcia zasilania - $R=f(U)$

$Lp.$	$U [V]$	$I [A]$	$T [^{\circ}C]$	$R = \frac{U}{I}$

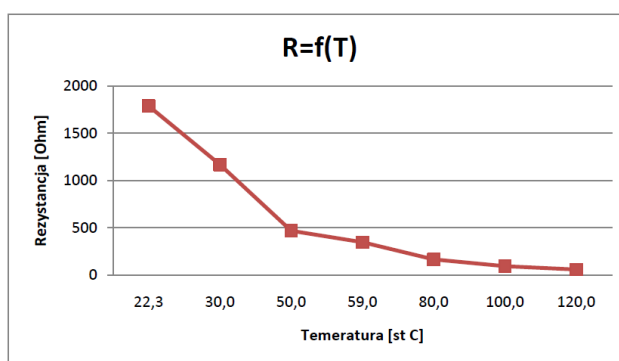
Tab. 12. Zależność rezystancji od temperatury - $R=f(T)$

$Lp.$	$U [V]$	$I [A]$	$T [^{\circ}C]$	$R = \frac{U}{I}$	$\ln(R)$

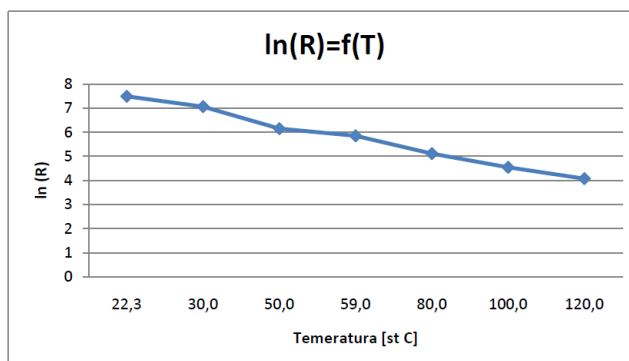
Na podstawie zebranych wyników sporządzić wykresy $R=f(U)$, $R=f(T)$ oraz $\ln(R)=f(T)$. Pomiarów wykonać dla $t=22.3, 40, 80$ i $140^{\circ}C$.



Rys. 40. Przykład otrzymanych charakterystyk: $R=f(U)$, $R=f(T)$.



Rys. 41. Przykład otrzymanych charakterystyk: $R=f(T)$.

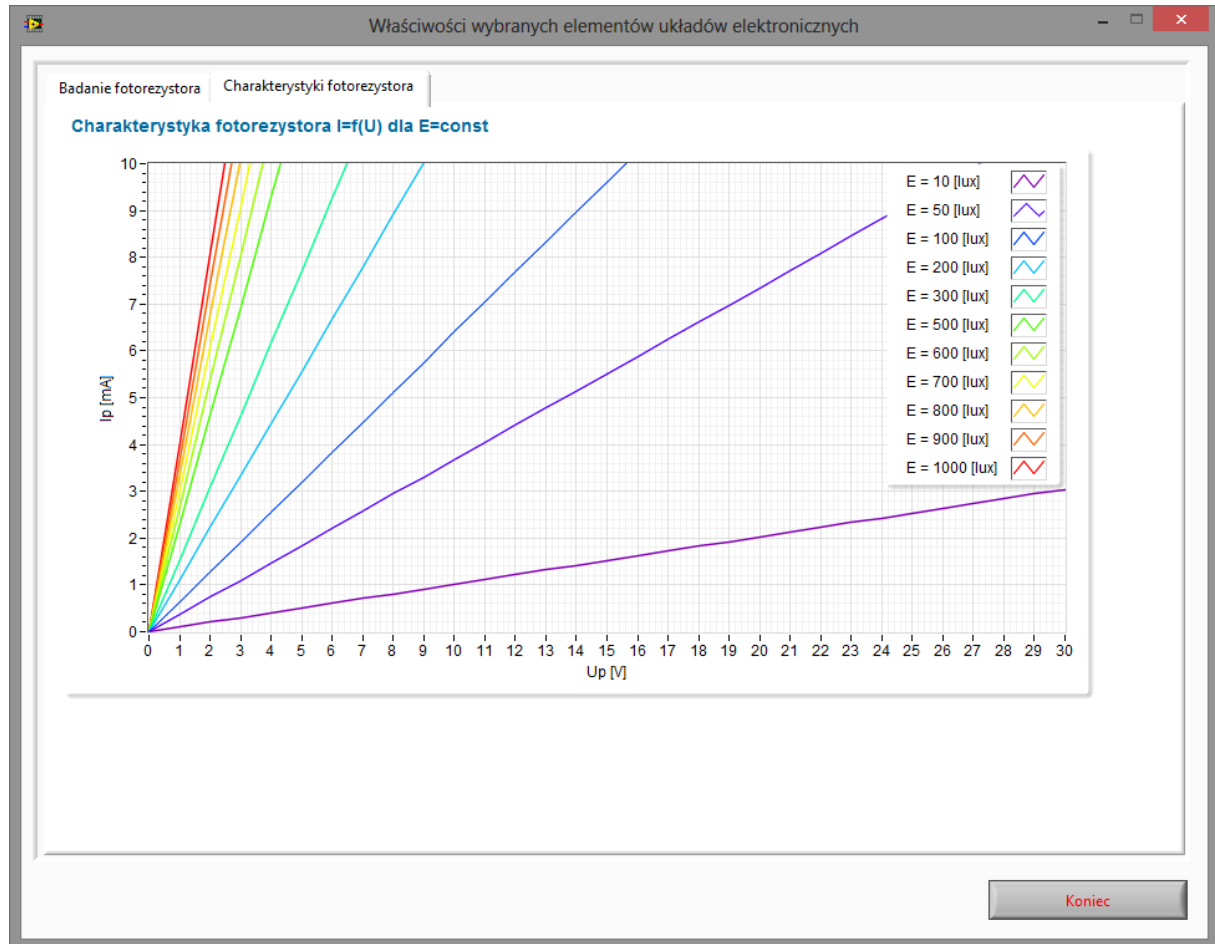


Rys. 42. Linearyzacja otrzymanej charakterystyki $R=f(T) \rightarrow \ln(R)=f(T)$.



12. Badanie fotorezystora.

Celem modułu jest zapoznanie się z popularnym elementem światłoczułym, jakim jest fotorezystor oraz pomiar napięcia i prądu na fotorezystorze przy zmianie oświetlenia.



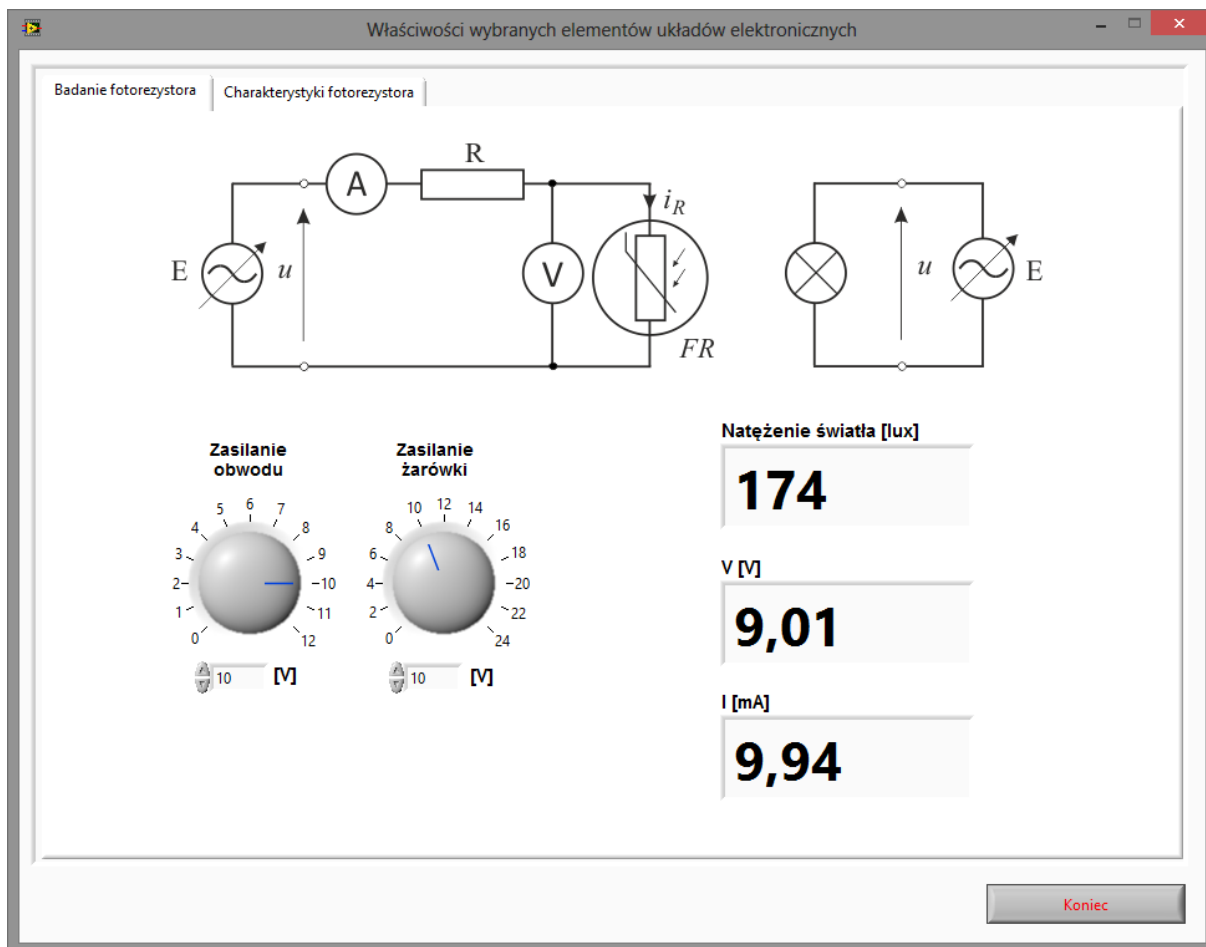
Rys. 43. Przykładowe charakterystyki fotorezystora w zależności od wartości natężenia światła.

Zadanie 47.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 44 należy zapoznać się z charakterystyką fotorezystora dla kilku natężeń oświetlenia podanych przez prowadzącego ćwiczenie. Dane pomiarowe należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 13. Na podstawie danych wykreślić charakterystykę $I=f(U,E)$ fotorezystora.

Tabela pomiarowa nr 13. Pomiar charakterystyki fotorezystora.

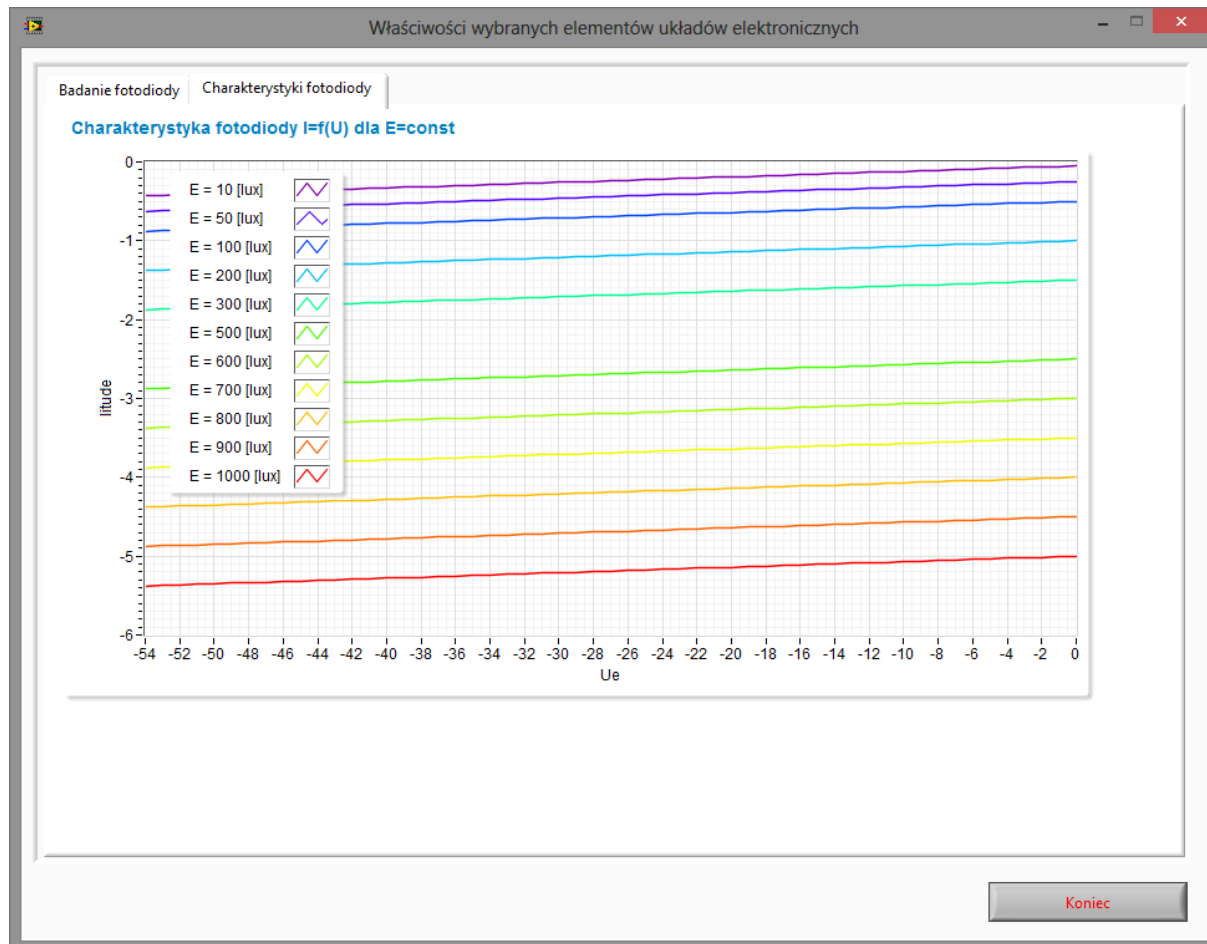
Lp.	U_{we} [V]	U_z [V]	E [lux]	U [V]	I [mA]	R_f [Ω]



Rys. 44. Wirtualny przyrząd pomiarowy do wyznaczania charakterystyki fotorezystora.

13. Badanie fotodiody.

Celem modułu jest zapoznanie się z popularnym elementem światłoczułym, jakim jest fotodioda oraz pomiar napięcia i prądu na elemencie w zależności od natężenia światła padającego na niego.



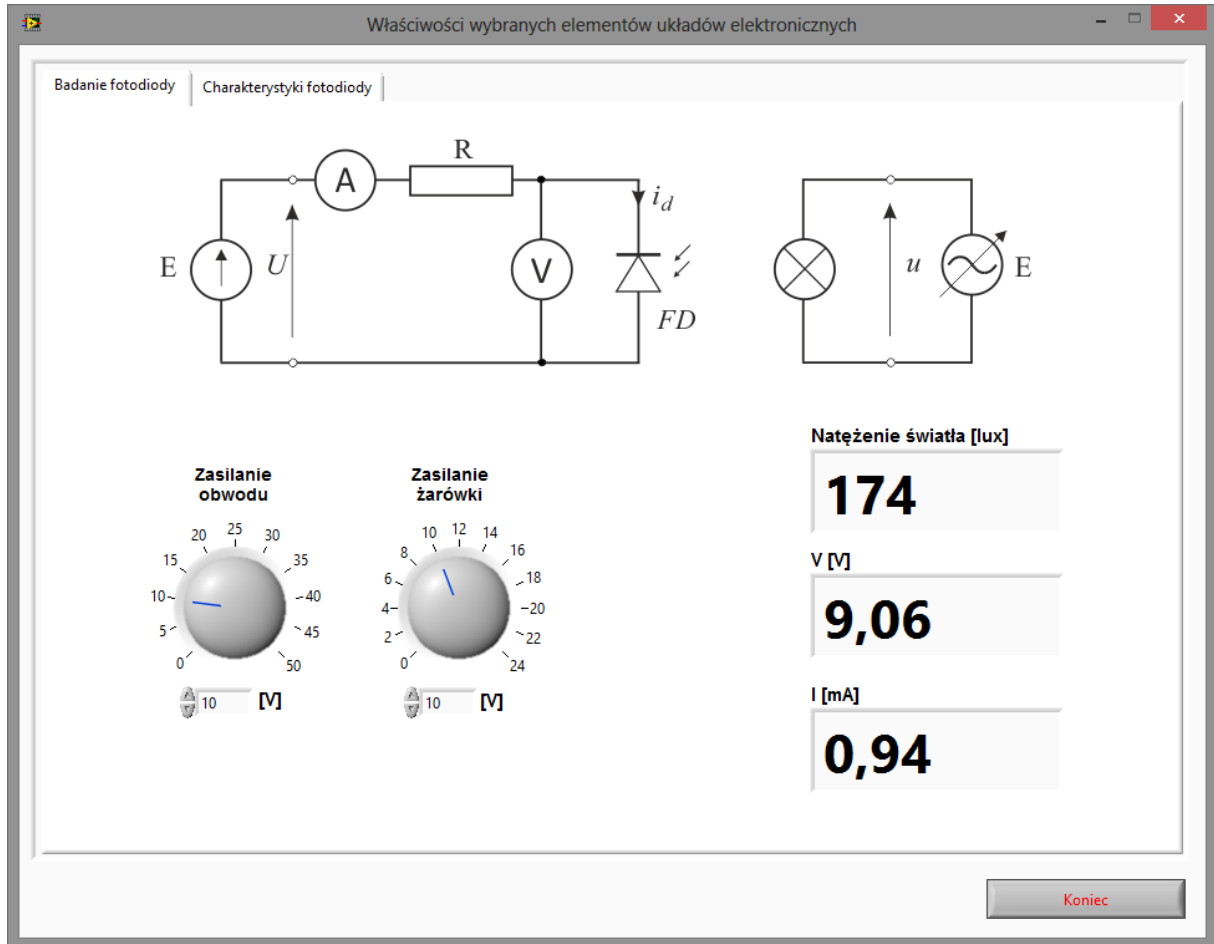
Rys. 45. Przykładowe charakterystyki fotorezystora w zależności od wartości natężenia światła.

Zadanie 48.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 46 należy zapoznać się z charakterystyką fotodiody dla kilku natężeń oświetlenia podanych przez prowadzącego ćwiczenie. Dane pomiarowe należy zapisać w tabeli pomiarowej nr 14. Na podstawie danych wykreślić charakterystykę $I=f(U,E)$ fotodiody.

Tabela pomiarowa nr 14. Pomiar charakterystyki fotorezystora.

Lp.	U_{we} [V]	U_z [V]	E [lux]	U [V]	I [mA]	R_f [Ω]



Rys. 46. Wirtualny przyrząd pomiarowy do wyznaczania charakterystyki fotorezystora.