

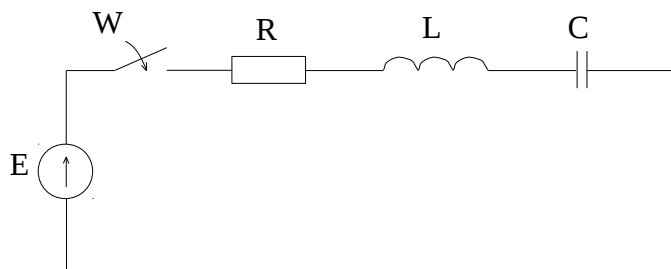
Projekt 1

Symulator parametrów rezonansowych układu RLC

(autor: Rober Szmurło)

Metody numeryczne są dziedziną, która zajmuje się metodami rozwiązywania problemów i zagadnień inżynierskich, matematycznych, ekonomicznych, fizycznych, i wielu innych na maszynach cyfrowych. Dzisiaj nie są już to tylko komputery, ale również coraz bardziej 'dziwaczne' urządzenia typu Internet rzeczy (ang. IoT). W trakcie pracy zawodowej zarówno informatycy, elektronicy jak i elektrycy często muszą zmierzyć się zagadnieniami numerycznymi z różnych dziedzin. W niniejszym projekcie jako temat wybrany został bardzo prosty obwód elektryczny. Temat ten jest na tyle prosty aby można było w nim skupić się na samych metodach numerycznych i ich zastosowaniu w praktyce. W niniejszej instrukcji zawarta jest kompletna wiedza z dziedziny teorii obwodów niezbędna do zrealizowania ćwiczenia.

Proszę napisać symulator w środowisku Matlab umożliwiającą dokonanie wskazanej poniżej analizy obwodu elektrycznego RLC jak na poniższym rysunku.



Rys. 1. Obwód RLC poddawany analizie w projekcie

Obwód ten opisywany jest układem równań różniczkowych zwyczajnych:

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C} i_L$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} (E - Ri_L - u_C)$$

Uwaga! Zgodnie z rysunkiem 1, jako wartość początkową zmiennych stanu należy przyjąć wartości: $u_C = 0$ V, $i_L = 0$ V, ponieważ dokładnie w momencie włączenia obwodu napięcia na kondensatorze oraz prąd płynący przez obwód są równe zero.

Dla zainteresowanych ciekawy opis tego układu rezonansowego można znaleźć na stronie: <http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/series-resonance.html>.

(Część 1.)

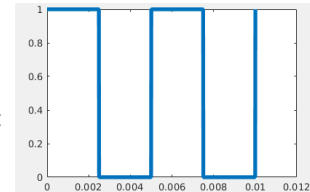
Pierwszą częścią projektu jest napisanie symulatora stanu nieustalonego tego obwodu dla wskazanych poniżej wymuszeń za pomocą źródła napięcia E. Proszę wykonać symulację stanu nieustalonego w czasie $0 < t < 10$ ms, dla parametrów obwodu $C = 2$ uF, $L = 20$ mH, $R = 30$ Ohm. W raporcie proszę przedstawić kod źródłowy programu oraz wykresy przebiegów napięcia u_C oraz prądu i_L płynącego przez obwód. Do rozwiązania proszę zastosować **metodę ulepszoną**

Eulera (Metoda ulepszona Eulera jest opisana w rozdziale 12.4 podręcznika Pani Walczak-Musiał).

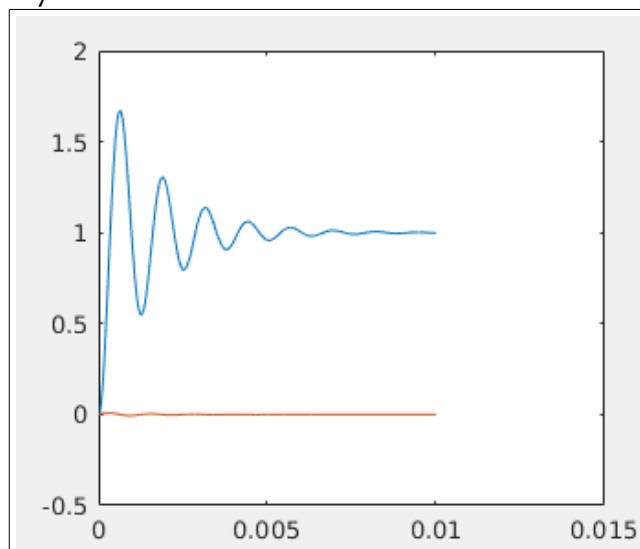
Proszę przedstawić wykresy przebiegów dla następujących wymuszeń:

1. $E = 1V$
2. $E = \sin(2\pi f t)$, dla $f = 50$
3. $E = \sin(2\pi f t)$, dla $f = 796$
4. $E = \sin(2\pi f t)$, dla $f = 900$

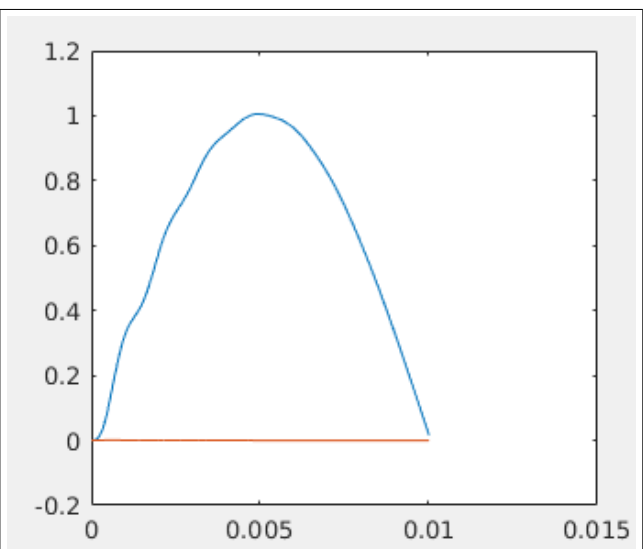
5. $E = \begin{cases} 1 & \text{dla } t < T/2 \\ 0 & \text{dla } t \geq T/2 \end{cases}$, dla okresu $T = 5 \text{ ms}$. (Oto przebieg $E(t)$:



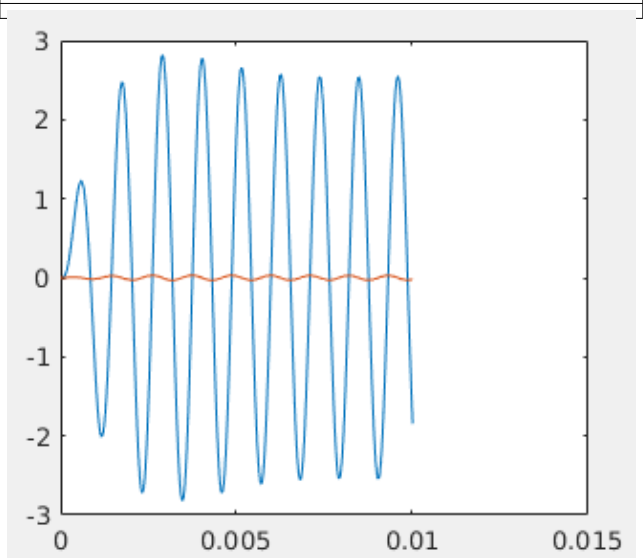
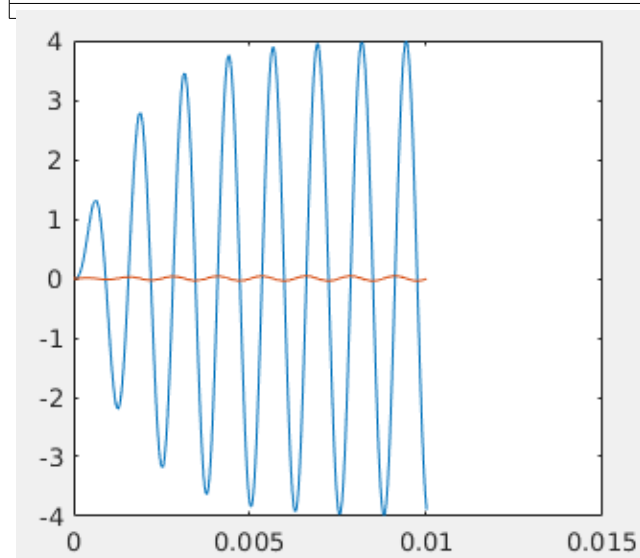
Oto poglądowe przebiegi których powinieneś się spodziewać dla kilku różnych przykładowych wymuszeń.



Przebieg napięcia u_C i prądu i_L dla wymuszenia $E = 1 \text{ V}$.



Przebieg napięcia u_C i prądu i_L dla wymuszenia $E = (2\pi 50 t) \text{ V}$. (gdzie t to czas.)



Przebieg napięcia u_C i prądu i_L dla wymuszenia $E = (2\pi 796 t) V$. (gdzie t to czas, a 796 to wartość częstotliwości rezonansowej)	Przebieg napięcia u_C i prądu i_L dla wymuszenia $E = (2\pi 900 t) V$. (gdzie t to czas)
---	---

(Część 2.)

Proszę napisać prosty symulator w Matlabie, który będzie dobierał pojemność C wskazanego układu elektrycznego aby występował w nim rezonans dla wskazanej częstotliwości. W tym celu proszę napisać funkcję w programie Matlab, która dobiera wartość pojemności C kondensatora pracującego w szeregowym dwójniku RLC z rysunku 1 tak aby częstotliwość rezonansową obwodu f_0 wynosiła zadanej jako argument funkcji wartości (np. 500 Hz). Należy wykorzystać metodę stycznych (należy zaznaczyć, że wartość można wyznaczyć analitycznie, lecz celem projektu jest implementacja metody numerycznej). Obliczenia należy wykonywać dla zadanego jako argument przedziału. (Np. dla 500Hz przedział może być: $2 \mu F < C < 8 \mu F$) Istotne jest aby na początku funkcji weryfikować, czy na końcach przedziału następuje zmiana znaków wskazująca na istnienie pierwiastka.

W symulatorze należy wykorzystać wzór na częstotliwość rezonansową (proszę go nie przekształcać analitycznie, lecz rozwiązać zadanie metodą stycznych):

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Funkcja powinna mieć następującą deklarację:

```
function C = rlc_resonant(f0, C_min, C_max)
...
end
```

Wywołanie funkcji w następujący sposób:

```
rlc_resonant(500, 2e-6, 8e-6)
```

powinno zwrócić wynik zbliżony do:

```
5.066
```

(Część 3.)

Trzecią częścią projektu jest napisanie symulatora, który będzie wykonywał analizę częstotliwościową układu dla zadanych parametrów obwodu. Celem analizy jest wyznaczenie energii wydzielającej się w obwodzie z części 1 (proszę przyjąć tamte parametry obwodu) w zadanym okresie symulacji w stanie nieustalonym: $0 < t < 10 \text{ ms}$. W tym celu należy wykorzystać wzór:

$$P = \int_{t=0}^{10\text{ms}} E(t)i_L(t)dt$$

Powyższy wzór można uzasadnić, tym że całkowite napięcie w obwodzie jest w dowolnym momencie równe napięciu źródłowemu, a prąd w dowolnym elemencie obwodu jest równy prądowi płynącemu przez cewkę i_L .

W celu rozwiązania tego zadania należy wykorzystać program z części pierwszej projektu i rozbudować go o całkowanie chwilowego iloczynu $E(t)$ przez chwilowe wartości prądu $i_L(t)$, które wynikają z rozwiązania stanu nieustalonego. Całkowanie należy zrealizować metodą złożoną parabol.

Program dla zadanych parametrów z części 1, wymuszenia $E = 1 \text{ V}$ oraz czasu $0 < t < 10 \text{ ms}$, powinien zwrócić wynik zbliżony do:

$$1.9993e-6$$

co jest równoważne wydzielaniu 2 uW .