

# ĆWICZENIE 1

## JEDNOFAZOWE OBWODY RLC

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad symulacji prostych obwodów jednofazowych składających się z elementów RLC, szeregowych i równoległych zjawisko rezonansu prądowego i napięciowego na celu usprawnienie wykonywania ćwiczeń.

ⓘ -informacja ✂ - zadanie ▣ - obliczenia ⓘ - przykład

Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

### ZADANIA DO WYKONANIA

✂ Zamodelować jednofazowy szeregowy układ RLC (rys.1) zasilany napięciem  $u(t)=U_m \sin(\omega t + \varphi)$  warunki początkowe  $i(0)=0; u_C(0)=0$ , o parametrach  $R=$  liczba liter *Imienia*. $[\Omega]$ ,  $L=10*($ liczba liter *Imienia* $).$  $[mH]$   $C=$  liczba liter *Nazwiska*  $[\mu F]$ .

▣ Obliczyć: częstotliwość rezonansową  $f_r=$  .?. Hz,  $u_C(t)=$ ?.,  $u_L(t)=$ ?.

Przedstawić za pomocą programu PLOT XY wykresy spadków napięć i prądów na elementach R, L i C.

Porównać otrzymane wyniki z obliczeniami:

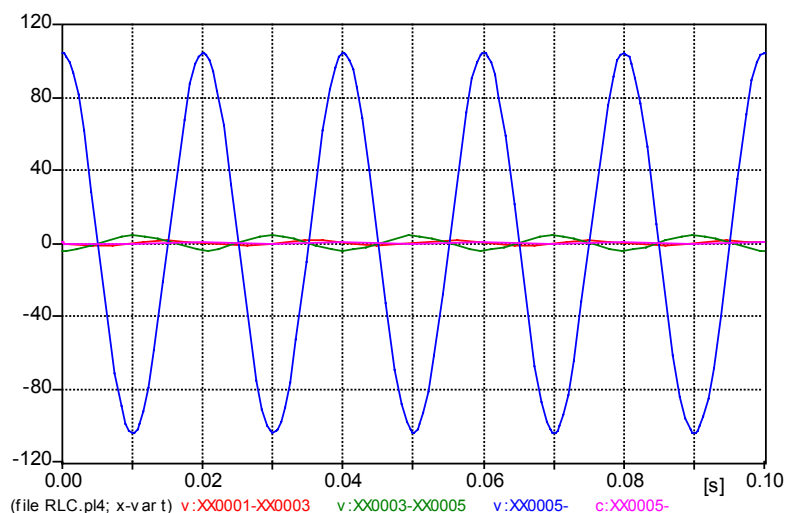


Rys. 1 Obwód szeregowy RLC

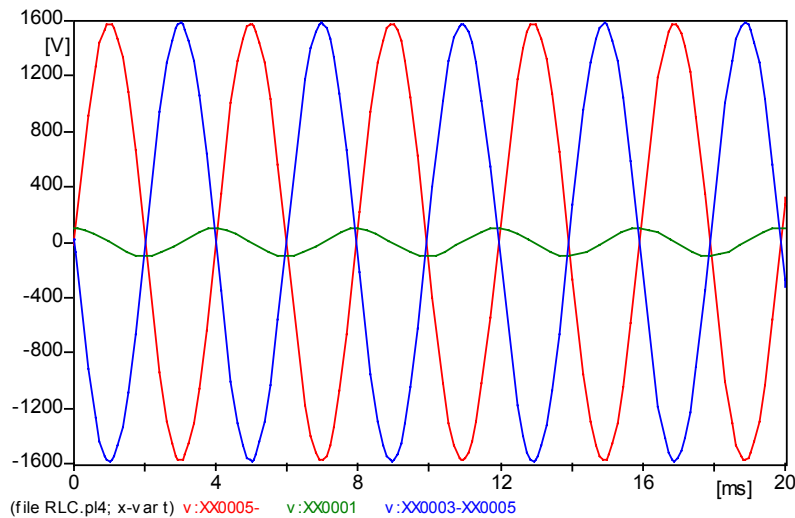
ⓘ Przykład dla parametrów

$U_m=100V, f=50Hz, R=8\Omega,$   
 $L=80.mH C=5\mu F$

obliczona  
 $f_r= 251Hz,$



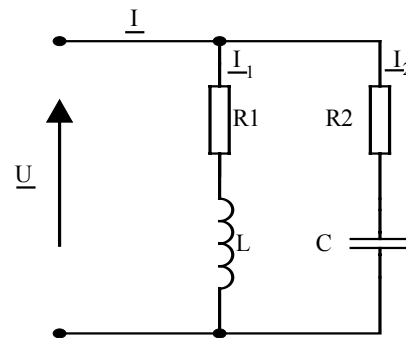
Rys. 2 Wykresy napięciowe



Rys. 2 Spadki napięć na elementach RLC podczas rezonansu napięć

- ✘ Zamodelować jednofazowy równoległy układ RLC (rys.4) zasilany napięciem  $u(t)=U_m \sin(\omega t + \varphi)$  warunki początkowe  $i(0)=0$ ;  $u_C(0)=0$ , o parametrach

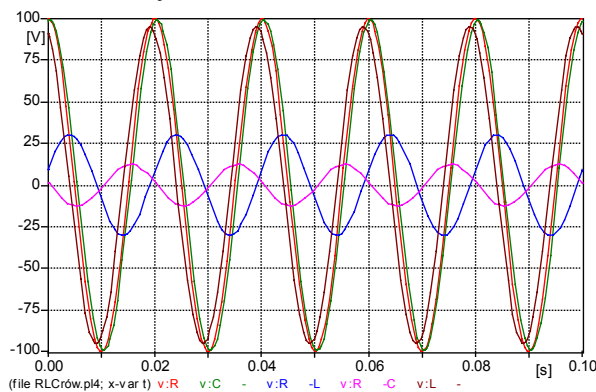
$$R_1 = \dots \Omega, R_2 = \dots \Omega, L = \dots \text{mH}, C = \dots \mu\text{F}$$



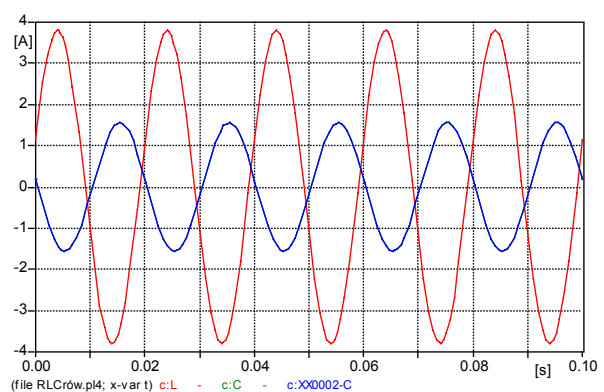
Rys. 3 Obwód równoległy RLC

- ▣ Obliczyć częstotliwość rezonansową  $f_r = \dots$ ,  $i_C(t) = \dots$ ,  $i_L(t) = \dots$ . Przedstawić za pomocą programu PLOT XY wykresy spadków napięć i prądów na elementach  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L$  i  $C$ .

Ⓟ Parametry  $U_m=100\text{V}$ ,  $f=50\text{Hz}$ ,  $R=8\Omega$ ,  $L=80\text{mH}$ ,  $C=5\mu\text{F}$ ,  $f_r=251\text{Hz}$



Rys. 4 Wykresy napięciowe



Rys. 5 Wykresy prądowe

- ▣ Wyniki obliczeń,  $f_r$ ,  $u_C(t)$ ,  $u_L(t)$ ,  $i_C(t)$ ,  $i_L(t)$ , oraz otrzymane wykresy napięć i prądów w stanie normalnym oraz w stanie rezonansu przedstawić w sprawozdaniu.

## ĆWICZENIE 2

### PROSTOWNIK DWUPOŁÓWKOWY

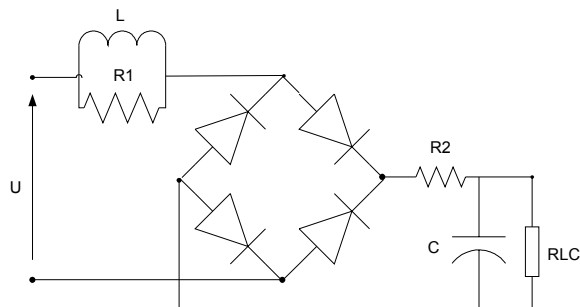
Celem ćwiczenia jest poznanie zasad symulacji złożonych obwodów jednofazowych składających się z elementów RLC, liniowych i nieliniowych

📌 - informacja ✂ - zadanie 📊 - obliczenia 📌 - przykład

🕒 Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

#### ZADANIA DO WYKONANIA

✂ Zamodelować dwupołkowy prostownik oparty na mostku Gretz'a złożonym z 4 diod (rys. 1), napięcie zasilające sieci nn ( $U_m$  od 4- 20V~)  $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ . Odbiornik o zadanej impedancji  $Z_{odc}$ ,  $i_{odc} < 0.1A$ .



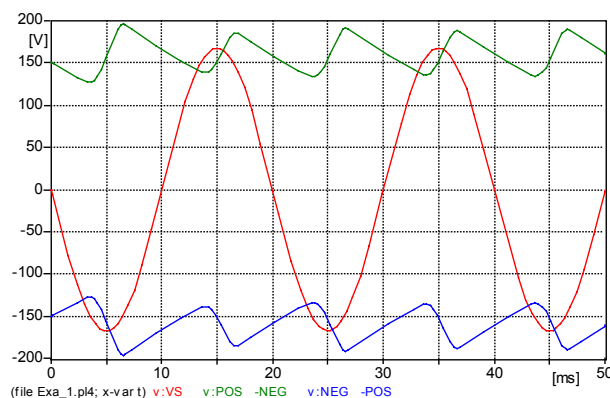
Rys. 6 Schemat prostownika

📊 Dobrać czas symulacji i krok obliczeń ( $\Delta T$ ). Obliczyć  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L$  i  $C$ .

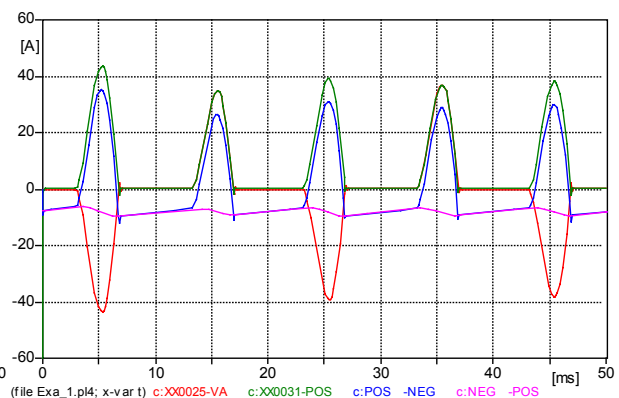
Przedstawić za pomocą programu PLOT XY wykresy spadków napięć na wejściu i wyjściu prostownika oraz prądu  $i_{we}(t)$ ,  $i_{obc}$  na elemencie RLC.

📌 Przykład dla parametrów

$U=167V$ ,  $R_1=300\Omega$ ,  $R_2=0,01\Omega$ ,  $L=1mH$ ,  $C=1000\mu F$  napięcie początkowe na  $C$   $U(0)_+=75V$ ,  $U(0)_-=75V$ ,  $Z_{obc}=10+j0.3\Omega$



Rysunek 7 Wykresy napięciowe



Rysunek 8 Wykresy prądów.

## ĆWICZENIE 3

### STANY PRZEJSCIOWE W UKŁADACH RLC — — dobór parametrów symulacji

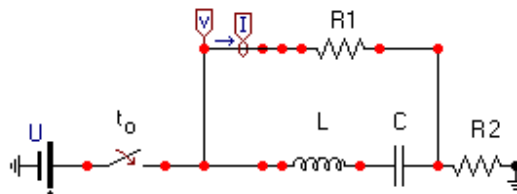
Celem ćwiczenia jest określenie parametrów charakteryzujących stany przejściowe w układach RLC oraz zależności wyników symulacji od wyboru parametrów symulacji takich jak okres próbkowania, itp. Na przykładzie badania stanów przejściowych w prostych obwodach RLC.

ⓘ -informacja ✖ - zadanie ▣ - obliczenia ⓘ - przykład

Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

#### ZADANIA DO WYKONANIA

- ✖ Zamodelować układ RLC (rys.1) zasilany napięciem  $U=100V$  warunki początkowe  $i(0)=0$ ;  $u_C(0)=0$ , o parametrach  $R1=0$ .(liczba liter Imienia) [ $\Omega$ ],  $R2=10-R1$  [ $\Omega$ ],  $L=10$ \*(liczba liter Imienia).[mH]  $C=$  liczba liter Nazwiska [ $\mu F$ ].



Rys. 9 Obwód szeregowy RLC

▣ Obliczyć:

1. stałą czasową układu  $T=?s$ ,
  2. czasu trwania stanu nieustalonego w układzie,
  3. częstotliwość próbkowania w zależności od  $T$ ,
  4. czasu trwania symulacji  $t_s$ ,
  5. czasu otwarcia wyłącznika  $t_0$  w następujących przypadkach:
    - a) po naładowaniu kondensatora  $C$ ,
    - b) w trakcie ładowania kondensatora  $C$ ,
    - c) w chwili zadanej przez prowadzącego.
  6. Stwierdzić, czy w układzie zasilanym napięciem stałym może wystąpić częstotliwość rezonansowa, jeżeli tak, to kiedy i jaką ma wartość?
  7. Parametry zadane przez prowadzącego (np. przebieg napięcia prądu na danym elemencie).
- ✖ 1. Przedstawić za pomocą programu PLOT XY wykresy spadków napięć i prądów na zadanych przez prowadzącego węzłach lub elementach układu.
2. Porównać otrzymane wyniki z obliczeniami wykreślić je w MATLAB'ie.
3. Zmieni wartościach częstotliwości próbkowania na inną od poprzednio obliczonej i powtórzyć punkty 1 i 2. Omówić zaobserwowane różnice w wynikach poszczególnych symulacji.
4. Wczytać wyniku do MATLAB'a , zrobić wykresy zadanych przez prowadzącego przebiegów wygenerowanych przez program ATP-EMTP. Na wykresach zaznaczyć zadane przez prowadzącego parametry przedstawianych przebiegów (np. styczną w punkcie początkowym, okres sygnału, przesunięcie fazowe między dwoma sygnałami, itp.).

5. Określić co się stanie, jeżeli układ będzie zasilany napięciem zmiennym?

## ĆWICZENIE 4

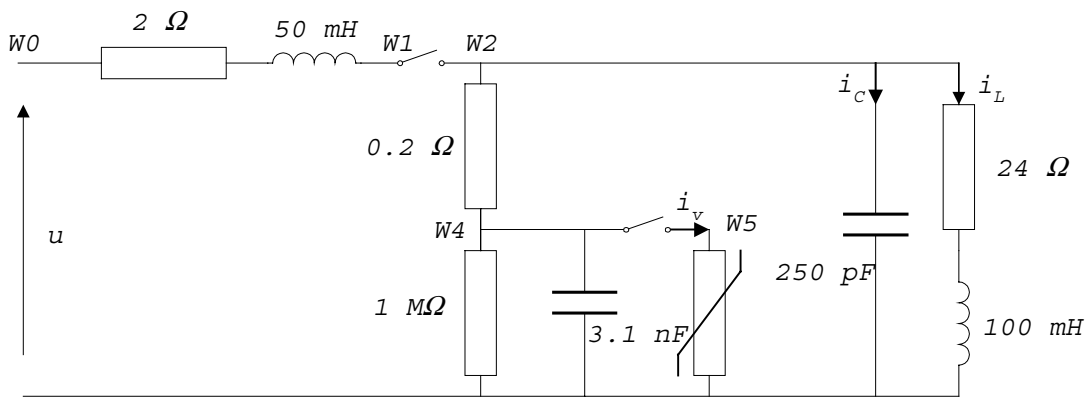
### JEDNOFAZOWE OBWODY RLC Z WARYSTOREM

Celem ćwiczenia jest symulacja prostych obwodów jednofazowych z warystorem.

ⓘ -informacja ✖ - zadanie ▣ - obliczenia ⓘ - przykład

Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

#### ZADANIA DO WYKONANIA



Rys. 1 Schemat modelowanego układu.

ⓘ Równanie warystora:  $i_v = k \left( \frac{u}{U_{ref}} \right)^\alpha$ , przykładzie:  $k=1 \text{ mA}$ ,  $U_{ref}=36 \text{ V}$ .

✖ Przeprowadzić analizę stanu przejściowego w modelu przedstawionego na rysunku przy następujących warunkach:

- parametry odbiornika:  $R = 22\Omega$   
 $L = 115\text{mH}$
- napięcie zasilające:  $U = 110 \text{ V}$
- napięcie odniesienia warystora  $U_{ref}=180 \text{ V}$

Dokonać analizy przebiegu napięcia na odbiorniku RL przy obecności warystora (jak w przykładzie) oraz przy jego braku.

## ĆWICZENIE 5

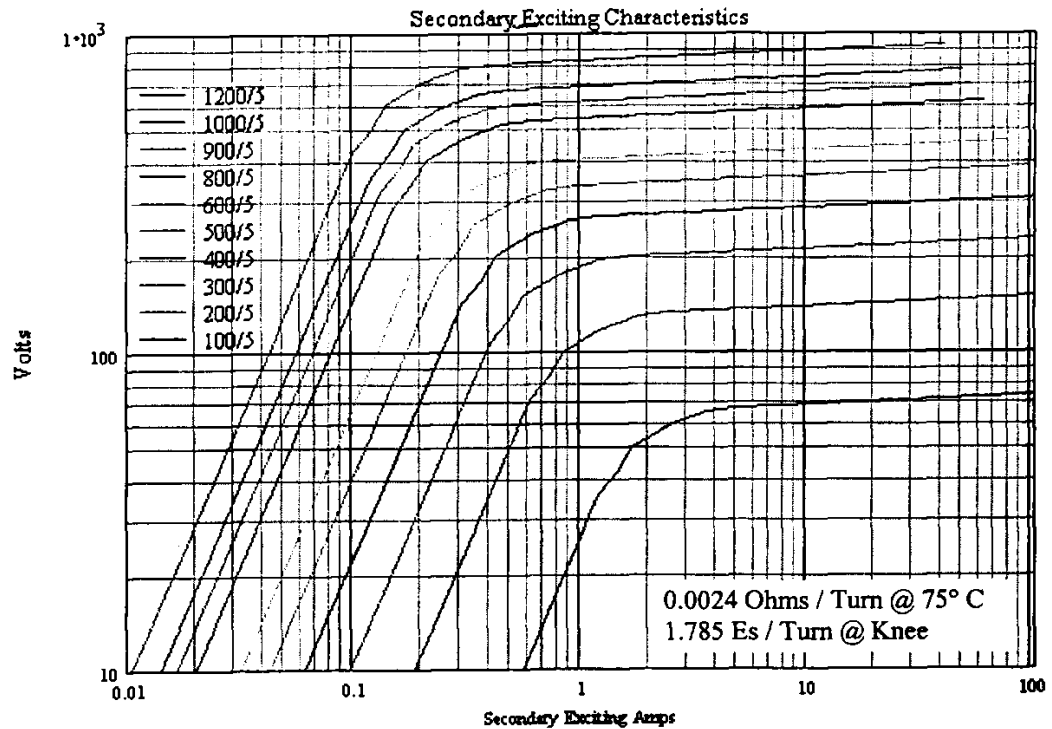
### PRZEKŁADNIK PRĄDOWY

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z modelowaniem układu nieliniowego na przykładzie przekładnika prądowego.

ⓘ -informacja ✖ - zadanie ▣ - obliczenia ⓘ - przykład

Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

#### ZADANIA DO WYKONANIA



Rys. 1 Charakterystyki magnesowania przekładników prądowych.

- ⓘ Podana charakterystyka magnesowania odnosi się do strony wtórnej przekładnika prądowego.
- ⓘ Przekładnik ma jeden zwoj po stronie pierwotnej. Liczba zwojów strony wtórnej zależy od przekładni przekładnika, np. przekładnik 100/5 ma 20 zwojów po stronie wtórnej. Rezystancja uzwojenia zależy od liczby zwojów:  $0.0024\Omega/\text{zwoj}$ . Reaktancja uzwojenia jest bardzo mała i może być pominięta ( $10^{-6}\Omega$ ). Napięcie na gałęzi magnesowania w punkcie kolanowym (koniec liniowej części charakterystyki wynosi  $1.785\text{V}/\text{zwoj}$ ).
- ✖ Korzystając z podanej charakterystyki oraz z programu ATPDRAW zbudować model przekładnika prądowego 1200/5 A/A, zbadać prąd strony wtórnej przekładnika umieszczonego w systemie o sztywnym napięciu zasilania i impedancji źródła  $R/X = 0.012$  po załączeniu zasilania, przy różnym kącie załączenia; przyjąć obciążenie przekładnika  $Z = 2.8Z_0$  ( $Z_0 = 1.66 + j0.794 \Omega$ ); dobrać impedancję źródła tak, aby prąd zasilający był równy  $10 I_n$ . Wczytać dane do MATLAB'a i wykreślić prąd wtórny przekładnika dla różnych kątów załączenia (np.  $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ ) na jednym wykresie.

## ĆWICZENIE 6

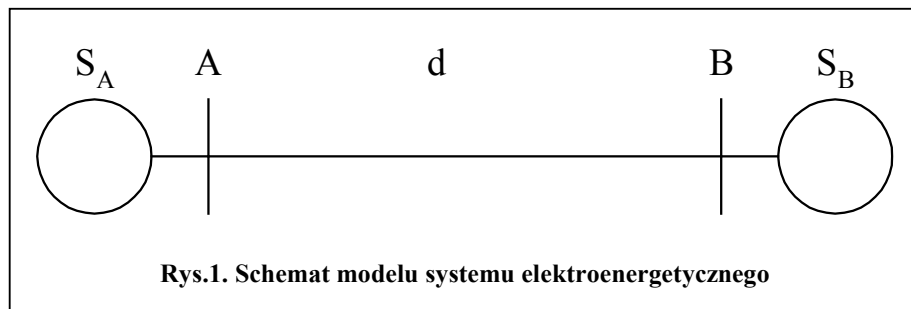
### LINIA ELEKTROENERGETYCZNA 400kV

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z modelowaniem układu trójfazowego na przykładzie linii WN.

ⓘ -informacja ✖ - zadanie ▣ - obliczenia ⓘ - przykład

Czas wykonania ćwiczenia wynosi 90 minut.

#### ZADANIA DO WYKONANIA



ⓘ W podanym modelu systemu 400 kV, linia ma następujące parametry:  $R_1=0.0276 \Omega/\text{km}$ ,  $R_0=0.275 \Omega/\text{km}$ ,  $L_1=1.0031 \text{ mH}/\text{km}$ ,  $L_0=3.2675 \text{ mH}/\text{km}$ ,  $C_1=0.013 \mu\text{F}/\text{km}$ ,  $C_0=0.0085 \mu\text{F}/\text{km}$ . Długość linii  $d=185 \text{ km}$ . Parametry systemu:  $\underline{Z}_{SA0} = 2,3+j 26,4 \Omega$ ,  $\underline{Z}_{SA1} = 1,3+j15,0 \Omega$ ,  $E_{SA} = 415 \text{ kV} \angle 30^\circ$  oraz  $\underline{Z}_{SB0} = 2,65+j 32,8 \Omega$ ,  $\underline{Z}_{SB1} = 1,81+j20,5 \Omega$ ,  $E_{SB} = 415 \text{ kV} \angle 40^\circ$ . System Zwarcie  $L2 - L3 - G$  jest zasymulowane na 80 km linii licząc od stacji A.

✖ Korzystając z tego przykładu przygotować model, w którym zostaną zmienione następujące parametry: długość linii  $l=215 \text{ km}$ , zwarcie  $L1 - L2 - G$  w odległości 75 km od stacji A, rezystancja zwarcia  $R_f=5\Omega$ . Przyjąć częstotliwość próbkowania  $f_s = 1,0 \text{ kHz}$ .



**Zadanie 1.** Parametry elementów w podanym układzie są następujące:

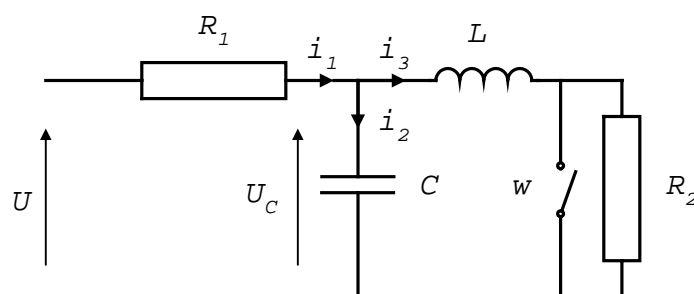
$$U = A \sin(\omega t + \varphi), \quad A=100\text{V}, \quad \omega=100\pi, \quad \varphi=\pi/3;$$

$$R_1=10\Omega, \quad R_2=2\Omega, \quad C=4,7\mu\text{F}, \quad L=10\text{mH}.$$

W stanie początkowym wyłącznik  $W$  jest otwarty, prądy i napięcia przyjmują wartości ustalone.

Przeprowadzić analizę stanu przejściowego (napięcie  $u_c$  oraz prąd  $i_2$ ) po zmianie położenia wyłącznika  $W$ :

- za pomocą metody analitycznej z obliczeniami przeprowadzonymi za pomocą programu MATLAB i prezentacją graficzną
- za pomocą symulacji w programie EMTP-ATP.



**Zadanie 1.** Parametry elementów w podanym układzie są następujące:

$$U = A \sin(\omega t + \varphi), \quad A=100\text{V}, \quad \omega=100\pi, \quad \varphi=\pi/3;$$

$$R_1=5\Omega, \quad R_2=1\Omega, \quad C=4,7\mu\text{F}, \quad L=20\text{mH}.$$

W stanie początkowym wyłącznik  $W$  jest otwarty, prądy i napięcia przyjmują wartości ustalone.

Przeprowadzić analizę stanu przejściowego (napięcie  $u_c$  oraz prąd  $i_2$ ) po zmianie położenia wyłącznika  $W$ :

- za pomocą metody analitycznej z obliczeniami przeprowadzonymi za pomocą programu MATLAB i prezentacją graficzną
- za pomocą symulacji w programie EMTP-ATP.

