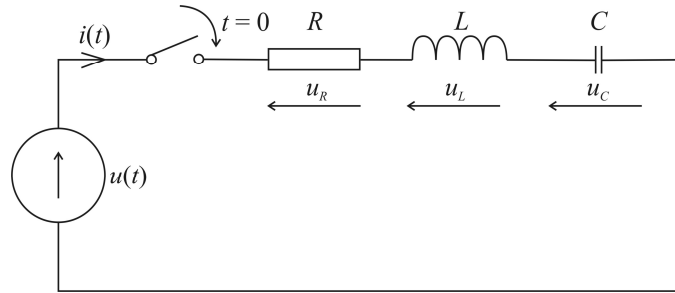


TREŚĆ ĆWICZENIA NR 2: ANALIZA STANU NIEUSTALONEGO



Dane do zadania (N - numer na liście grupy projektowej):

$$R = (10+N) \cdot 10 \, \Omega, \quad L = (100+N) \cdot 10^{-3} \text{H}, \quad C = (100+N) \cdot 10^{-8} \text{F};$$

$u(t) = 10\text{V}$ (stałe). Warunki początkowe zerowe.

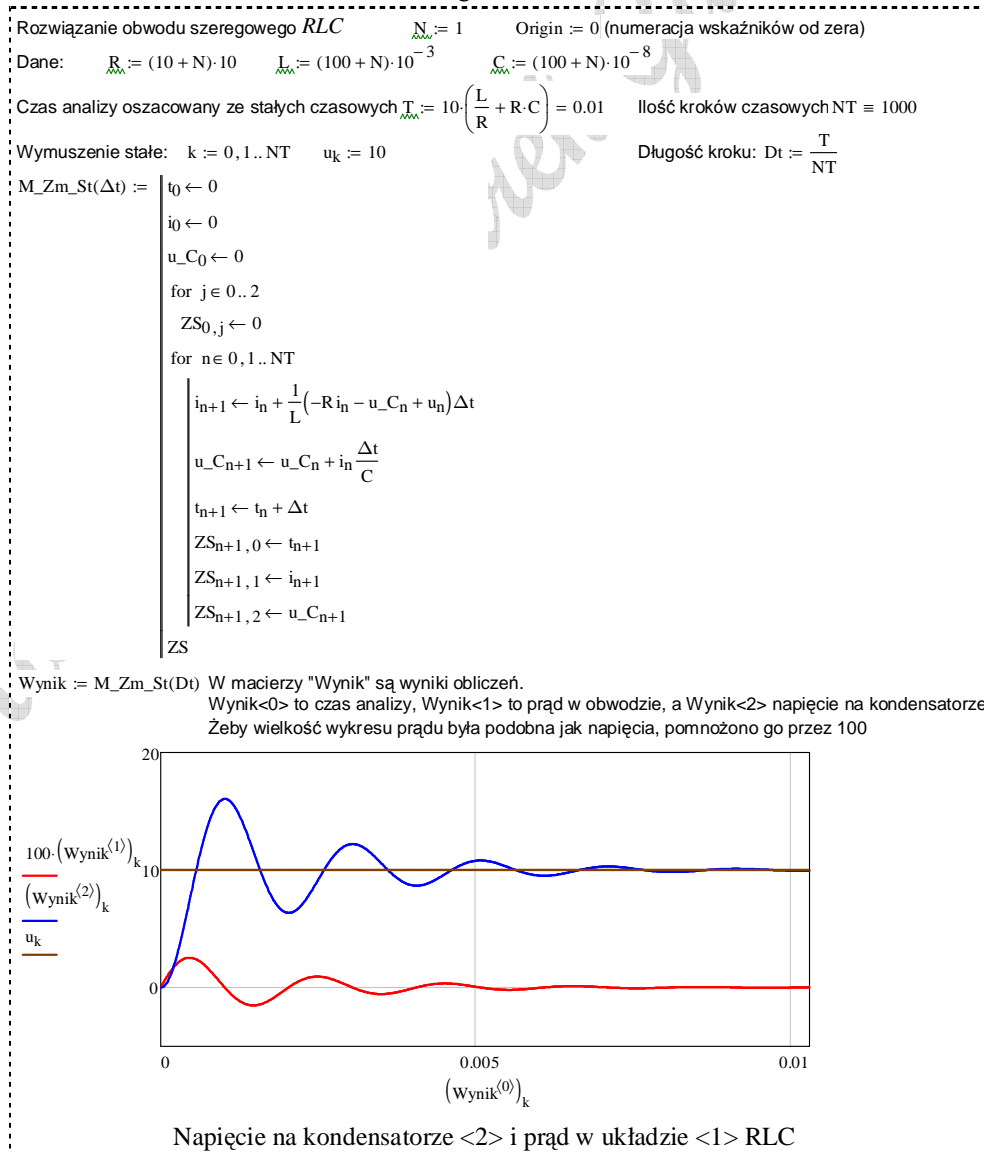
Przeprowadzić rozwiązanie obwodu pokazanego na rysunku używając Mathcada i następujących metod:

- zmiennych stanu,
- modeli cewek i kondensatorów,
- SPICE (dla układu oryginalnego, jak powyżej). Porównać uzyskane rozwiązania.

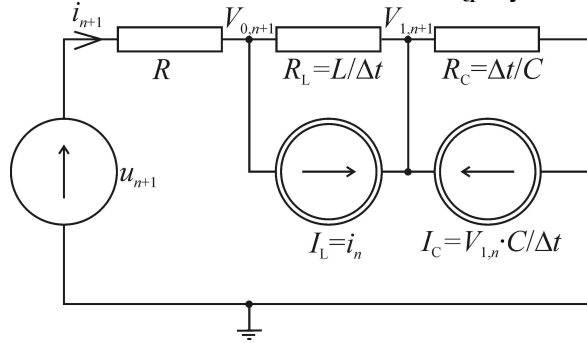
Przykładowe rozwiązanie metodą zmiennych stanu dla $N = 1$. Równania stanu:

$$i_{n+1} = i_n + \left[-\frac{R}{L} i_n - \frac{1}{L} u_{C,n} + \frac{1}{L} u_n \right] \Delta t$$

$$u_{C,n+1} = u_{C,n} + \frac{1}{C} i_n \Delta t$$



Rozwiązanie metodą modelowania cewek i kondensatorów. Układ zastępczy:



Jest to układ stałoprądowy. Będzie on rozwiązywany iteracyjnie dla kolejnych chwil czasu. Chwila obecna to $n+1$. Wydajność źródeł prądowych jest wyznaczana z rozwiązania dla chwili n . Rozwiązanie metodą węzłową:

$$V_0 \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_L} \right) - V_1 \cdot \frac{1}{R_L} = \frac{u}{R} - I_L, \quad I_L = \frac{u - V_0}{R}$$

$$-V_0 \cdot \frac{1}{R_L} + V_1 \cdot \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C} \right) = I_L + I_C, \quad I_C = \frac{V_1 \cdot C}{\Delta t}$$

Rozwiązanie obwodu szeregowego RLC $N := 1$ Origin := 0 (numeracja wskaźników od zera)

Dane: $R := (10 + N) \cdot 10$ $L := (100 + N) \cdot 10^{-3}$ $C := (100 + N) \cdot 10^{-8}$

Czas analizy oszacowany ze stałych czasowych: $T := 10 \cdot \left(\frac{L}{R} + R \cdot C \right) = 0.01$ Ilość kroków czasowych NT $\equiv 1000$

Wymuszenie stałe: $k := 0, 1 \dots NT$ $u_k := 10$ Długość kroku: $\Delta t := \frac{T}{NT}$

Models(Δt) :=

- $t_0 \leftarrow 0$
- $IL_0 \leftarrow 0$ Warunki początkowe zerowe
- $IC_0 \leftarrow 0$
- $RL \leftarrow \frac{L}{\Delta t}$ Wartości elementów zastępujących L i C
- $RC \leftarrow \frac{\Delta t}{C}$

for $n \in 0, 1 \dots NT$ n - numer iteracji

$$A \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{R} + \frac{1}{RL} & -\frac{1}{RL} \\ -\frac{1}{RL} & \frac{1}{RL} + \frac{1}{RC} \end{pmatrix}$$

Równania węzłowe (macierz lewej strony)

$$b \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{u_n}{R} - IL_n \\ IL_n + IC_n \end{pmatrix}$$

Równania węzłowe (prawa strona)

$V \leftarrow \text{solve}(A, b)$ Rozwiązanie układu równań

$t_{n+1} \leftarrow t_n + \Delta t$

$IL_{n+1} \leftarrow \frac{u_n - V_0}{R}$ Wyznaczenie wydajności źródeł dla następnego kroku

$IC_{n+1} \leftarrow V_1 \cdot \frac{C}{\Delta t}$

$M_{n+1, 0} \leftarrow t_{n+1}$ Zapamiętanie wyników w macierzy M

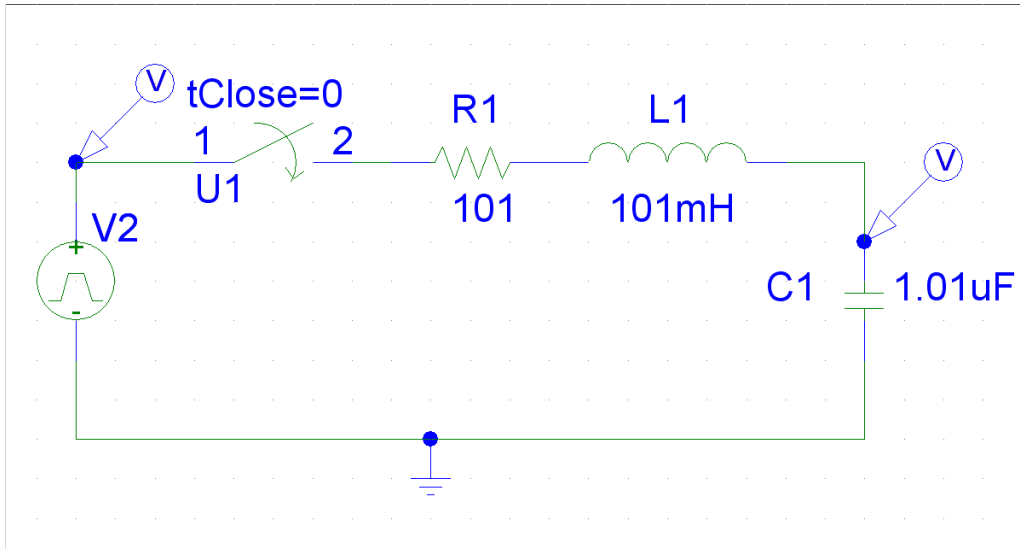
$M_{n+1, 1} \leftarrow IL_{n+1}$

$M_{n+1, 2} \leftarrow V_1$

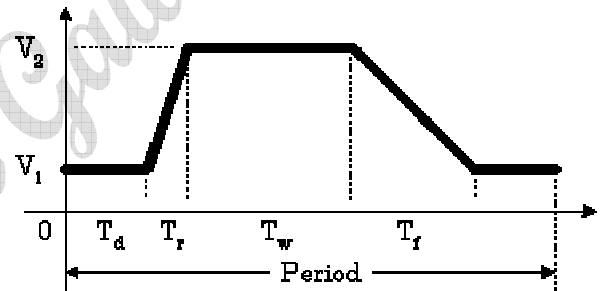
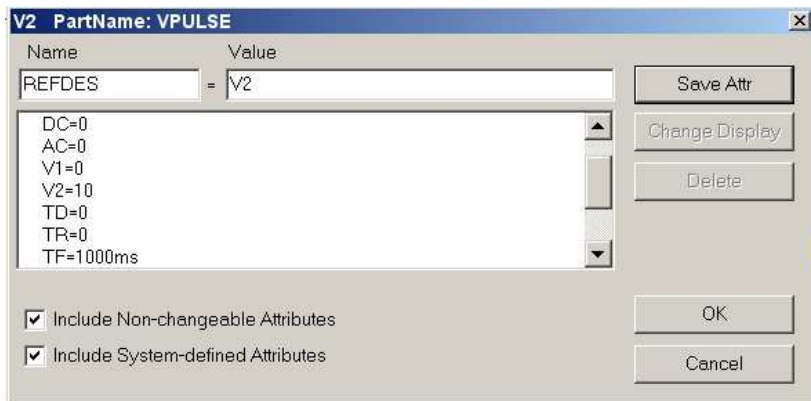
M Wynik := Models(Δt)

Napięcie na kondensatorze <2> i prąd w układzie <1> RLC

Rozwiązanie przy pomocy SPICEa.



Źródło powinno być wyspecyfikowane dla stanu nieustalonego. Można tu użyć np. VPULSE. Wtedy wyłącznik można nawet usunąć z układu. Trzeba ustawić następujące parametry modelu VPULSE:



Wykres napięcia na kondensatorze:

