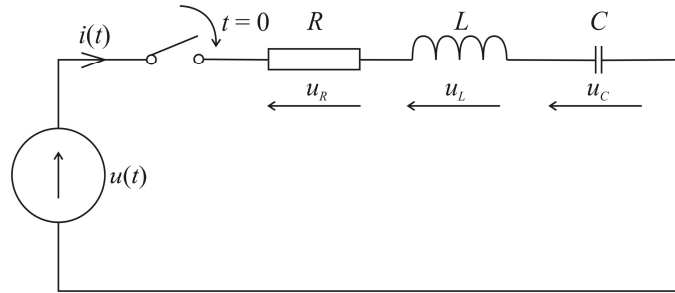


ĆWICZENIE 3: ANALIZA STANU NIEUSTALONEGO



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

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

$u(t) = 10\text{V}$ (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 obwodu szeregowego RLC $N_{\text{zmi}} := 1$ Origin := 0 (numeracja wskaźników od zera)

Dane: $R_{\text{zmi}} := (10+N) \cdot 10$ $L_{\text{zmi}} := (100+N) \cdot 10^{-3}$ $C_{\text{zmi}} := (100+N) \cdot 10^{-8}$

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

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

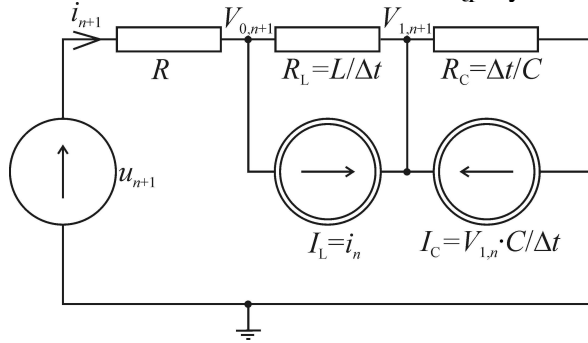
```

M_Zm_St(Dt) :=
t0 ← 0
i0 ← 0
u_C0 ← 0
for j ∈ 0..2
  ZS0,j ← 0
for n ∈ 0, 1..NT
  i_{n+1} ← i_n + 1/L * (-R*i_n - u_Cn + un) * Δt
  u_Cn+1 ← u_Cn + i_n * Δt / C
  tn+1 ← tn + Δt
  ZSn+1,0 ← tn+1
  ZSn+1,1 ← i_{n+1}
  ZSn+1,2 ← u_Cn+1
ZS
  
```

Wynik := M_Zm_St(Dt) W macierzy "Wynik" są wyniki obliczeń.
 Wynik<0> to czas analizy, Wynik<1> to prąd w obwodzie, a Wynik<2> napięcie na kondensatorze.
 Żeby wielkość wykresu prądu była podobna jak napięcia, pomnożono go przez 100

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

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: $R_n := (10 + N) \cdot 10$ $L_n := (100 + N) \cdot 10^{-3}$ $C_n := (100 + N) \cdot 10^{-8}$

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

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

Models(Δt) :=

- $t_0 \leftarrow 0$
- $IL_0 \leftarrow 0$
- $IC_0 \leftarrow 0$
- $RL \leftarrow \frac{L}{\Delta t}$
- $RC \leftarrow \frac{\Delta t}{C}$

Warunki początkowe zerowe

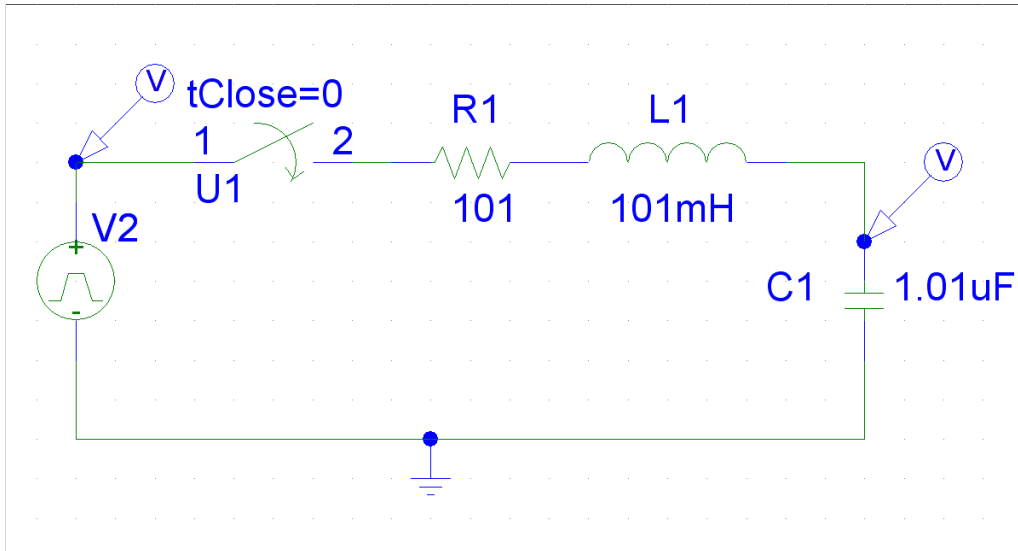
for $n \in 0, 1 \dots NT$

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

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

Rozwiązanie przy pomocy SPICEa.



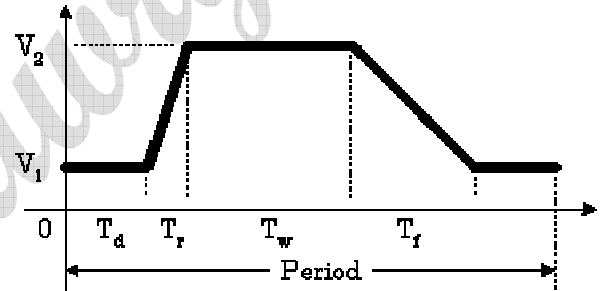
Źródło powinno być wyspecyfikowane dla stanu nieustalonego. Można tu użyć np. VPULSE. Wtedy wyłącznik można nawet usunąć z układu. Trzeba ustawić następujące parametry modelu VPULSE:

V2 PartName: VPULSE

Name	Value
REFDES	= V2
DC=0	
AC=0	
V1=0	
V2=10	
TD=0	
TR=0	
TF=1000ms	

Include Non-changeable Attributes
 Include System-defined Attributes

Buttons: Save Attr, Change Display, Delete, OK, Cancel



Wykres napięcia na kondensatorze:

