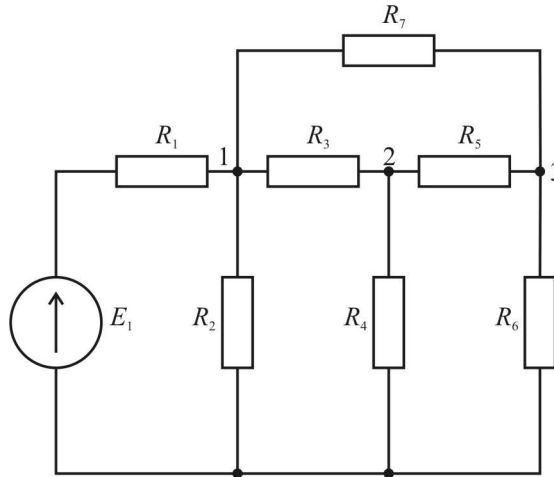


ĆWICZENIE 6. ANALIZA TOLERANCJI UKŁADU REZYSTANCYJNEGO



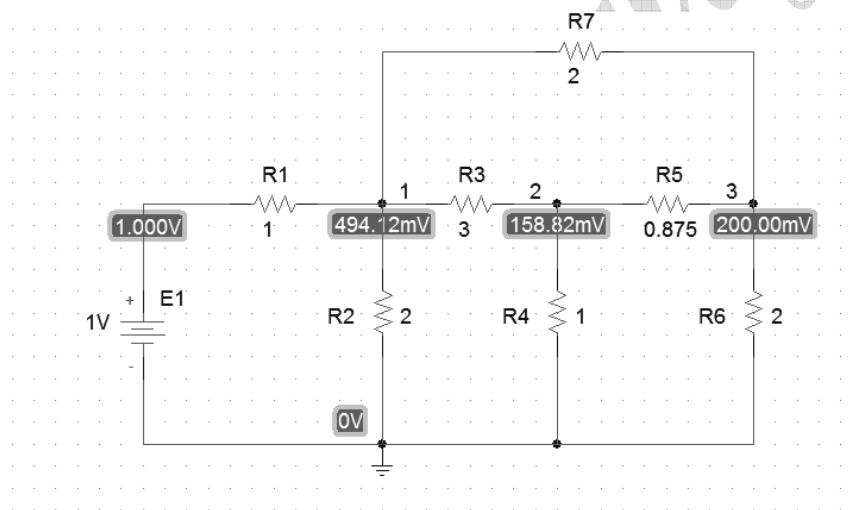
Dane do zadania :

$R_1 = 1 \Omega$  ;  $R_2 = 2 \Omega$  ;  $R_3 = 3 \Omega$  ;  $R_4 = 1 \Omega$  ;

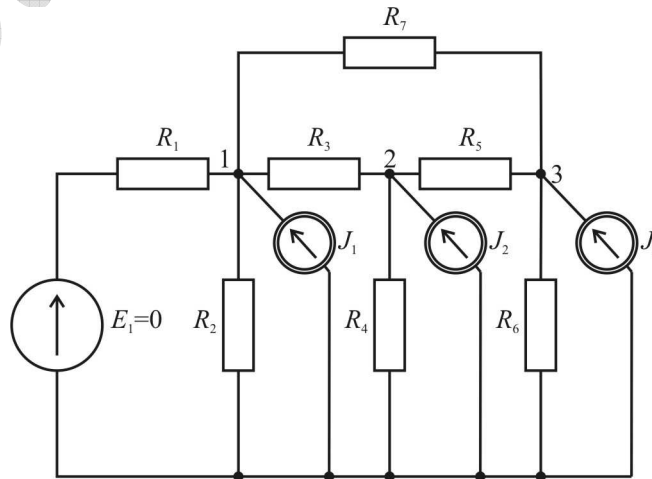
$R_5 = 0,875 \Omega$  ;  $R_6 = 2 \Omega$  ;  $R_7 = 2 \Omega$  ;  $E_1 = 1V$  .

Napięcie wyjściowe układu wynosi  $0,2[V]$ . Wyznaczyć tolerancje rezystorów układu tak, aby odchyłka napięcia wyjściowego nie przekraczała 10%. Porównać wyniki wrażliwości z wynikami dostarczonymi bezpośrednio przez SPICE'a.

Analiza układu oryginalnego (SPICE)



Analiza układu dołączonego. W celu uzyskania wrażliwości napięcia (3) należy podstawić  $J_3 = 1$ , zerując pozostałe prądy.



Dane:  $R_1 := 1$   $R_2 := 2$   $R_3 := 3$   $R_4 := 1$   $R_5 := 0.875$   $R_6 := 2$   $R_7 := 2$   $E_1 := 1$   $origin := 1$

$$I(R, J, E) := GG(R) \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_7} & -\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_7} \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_5} \\ -\frac{1}{R_7} & -\frac{1}{R_5} & \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} \end{pmatrix}$$

$$DET(R) \leftarrow |GG(R)|$$

$G(R) \leftarrow \text{augment}(J(R), GG(R)^{(2)}, GG(R)^{(3)})$  Obliczenie wartości prądów w układach oryginalnym i dołączonym metodą węzłową

$$V1(R) \leftarrow \frac{|G(R)|}{DET(R)}$$

$G(R) \leftarrow \text{augment}(GG(R)^{(1)}, J(R), GG(R)^{(3)})$

$$V2(R) \leftarrow \frac{|G(R)|}{DET(R)}$$

$G(R) \leftarrow \text{augment}(GG(R)^{(1)}, GG(R)^{(2)}, J(R))$

$$V3(R) \leftarrow \frac{|G(R)|}{DET(R)}$$

$$I_1 \leftarrow \frac{E_1 - V1(R)}{R_1}$$

$$I_2 \leftarrow \frac{V1(R)}{R_2}$$

$$I_3 \leftarrow \frac{V1(R) - V2(R)}{R_3}$$

$$I_4 \leftarrow \frac{V2(R)}{R_4}$$

$$I_5 \leftarrow \frac{V2(R) - V3(R)}{R_5}$$

$$I_6 \leftarrow \frac{V3(R)}{R_6}$$

$$I_7 \leftarrow \frac{V1(R) - V3(R)}{R_7}$$

I

Obliczenie wrażliwości względnej napięcia (3).  
Metoda modelu dołączonego

Obliczenie wrażliwości bezwzględnej.  
Metoda modelu dołączonego

$$Sens\_rel(R) := \begin{array}{l} J(R) \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{E_1}{R_1} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ Prawa strona rozw. metodą węzłową (prądy źródłowe)} \\ I\_origin \leftarrow I(R, J, E) \text{ Prądy w układzie oryginalnym} \\ E_1 \leftarrow 0 \\ J(R) \leftarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ Pobudzenia modelu dołączonego} \\ \text{for } i \in 1..rows(R) \text{ Wrażliwość} = l(\text{dołączony}) * l(\text{oryginalny}) * R/U(3) \\ Sens_i \leftarrow I(R, J, E)_i I\_origin_i \cdot \frac{R_i}{I(R, J, E)_7 \cdot R_6} \\ Sens \end{array}$$

$$Sens(R) := \begin{array}{l} J(R) \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{E_1}{R_1} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ I\_origin \leftarrow I(R, J, E) \\ E_1 \leftarrow 0 \\ J(R) \leftarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \\ \text{for } i \in 1..rows(R) \\ Sens_i \leftarrow I(R, J, E)_i I\_origin_i \\ Sens \end{array}$$

Tę wrażliwość można porównać ze SPICEm:

$$Sens\_rel(R)^T = (0.202 \quad -0.099 \quad 0.034 \quad -0.111 \quad -0.033 \quad -0.14 \quad 0.147)$$

$$Sens(R)^T = (-0.101 \quad 0.025 \quad -5.588 \times 10^{-3} \quad 0.056 \quad 0.019 \quad 0.035 \quad -0.037)$$

Na jeden rezystor przypada tolerancja:  $Tole := \frac{10}{7} = 1.429 \%$   $i := 1..7$

Dopuszczalne tolerancje rezystorów w %:

Tolerancje dopuszczalne rezystorów:  $Tol := \frac{Tole}{Sens\_rel(R)}$

$$ATol_i := |Tol_i| \quad ATol^T = (7.06 \quad 14.456 \quad 42.607 \quad 12.85 \quad 43.367 \quad 10.204 \quad 9.714)$$