

# Temă Bazele Electrotehnicii

-

Văideanu Renata - Georgia

312 CD

Facultatea de Automatica și Calculatoare

Universitatea Politehnica din București

renatageorgia23@yahoo.com

Mai 2022

## Cuprins

<b>1. Generarea unui circuit</b>	3
1.1. Generarea topologiei	3
1.2 Generarea grafului de curenți	4
1.3 Generarea grafului de tensiuni	5
1.4 Bilanțul de puteri	6
1.5 Plasarea elementelor pe laturi	6
<b>2. Analiza eficienței metodelor sistematice</b>	7
2.1 Determinarea celei mai eficiente metode de rezolvare	7
2.2 Selecția unui arbore normal	7
2.3 Selecția nodurilor de referință și puterea curenților	8
<b>3. Generator echivalent de tensiune</b>	10
3.1 Alegerea rezistorului	10
3.2 Determinarea tensiunii electromotoare echivalente	10
3.3 Determinarea circuitului echivalent	12
3.4 Reprezentarea grafică a caracteristicilor generatorului echivalent și a rezistorului liniar	12
3.5 Dioda semiconductoare	13
<b>4. Surse comandate</b>	15
<b>5. Rezolvare circuit de c.a.</b>	16
5.1 Adăugarea bobinei $L1$ și a condensatorului $C1$	16
5.2 Trecerea în complex	16
5.3 Găsirea celei mai eficiente metode de rezolvare	17
5.4 Selecția unui arbore normal	17
5.5 Determinarea grafului de curenți și tensiuni	18
5.6 Bilanțul puterilor	19
<b>6. Bibliografia</b>	20

## 1. Generarea unui circuit

În cadrul acestui subpunct, voi genera un circuit electric liniar rezistiv, fără surse comandate, cu cel puțin o sursă de tensiune și cel puțin o sursă de curent. Topologia circuitului trebuie aleasă astfel încât graful circuitului să aibă cel puțin 4 ochiuri.

### 1.1. Generarea topologiei

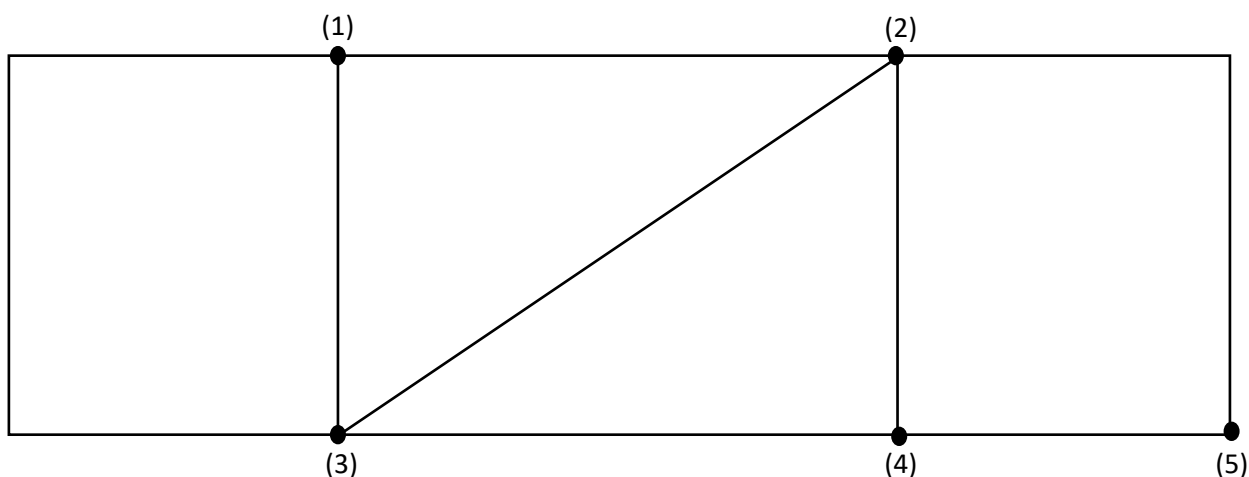


Fig 1: Alegerea graficului de noduri

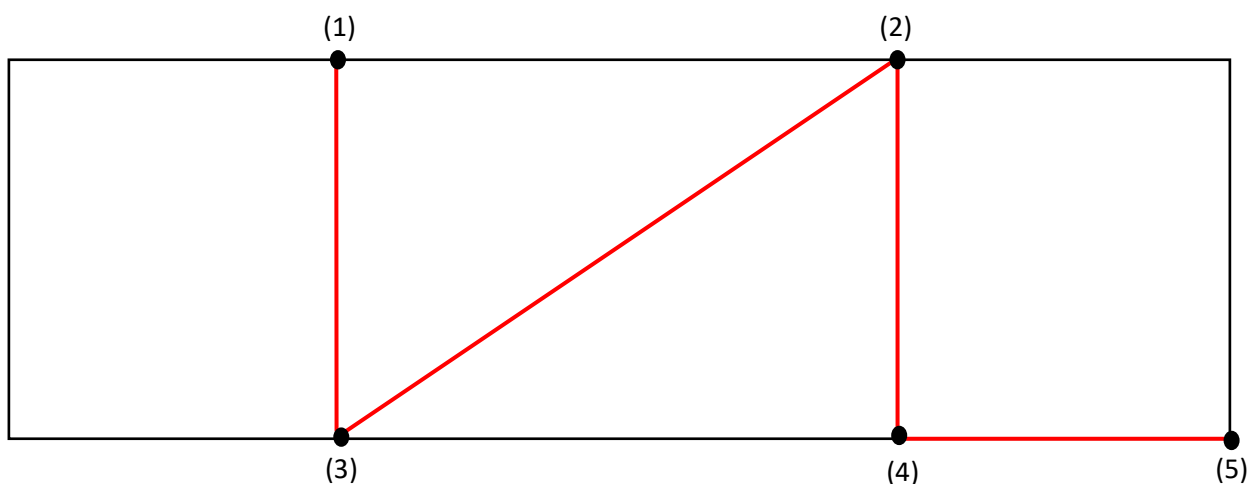
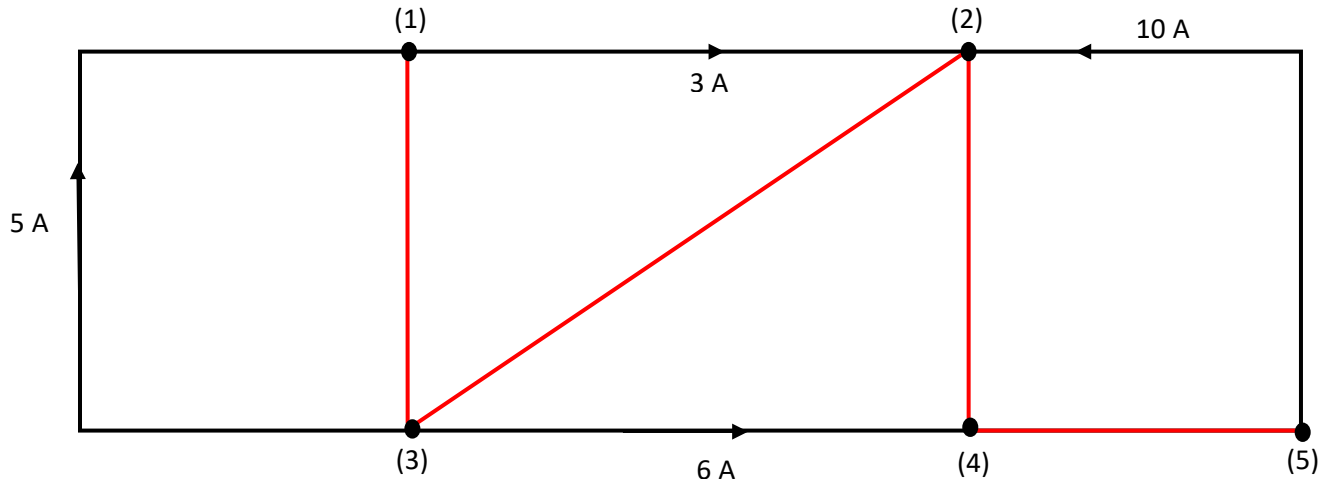


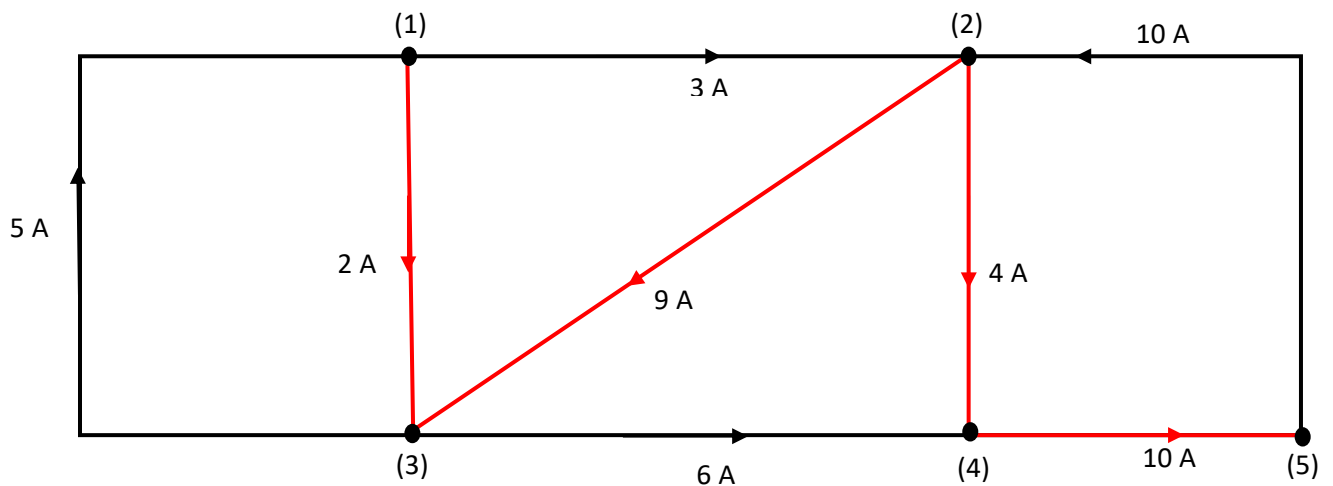
Fig 2: Alegerea arborelui

## 1.2 Generarea grafului de curenți

Alegem valori pentru curenții de pe coarde:

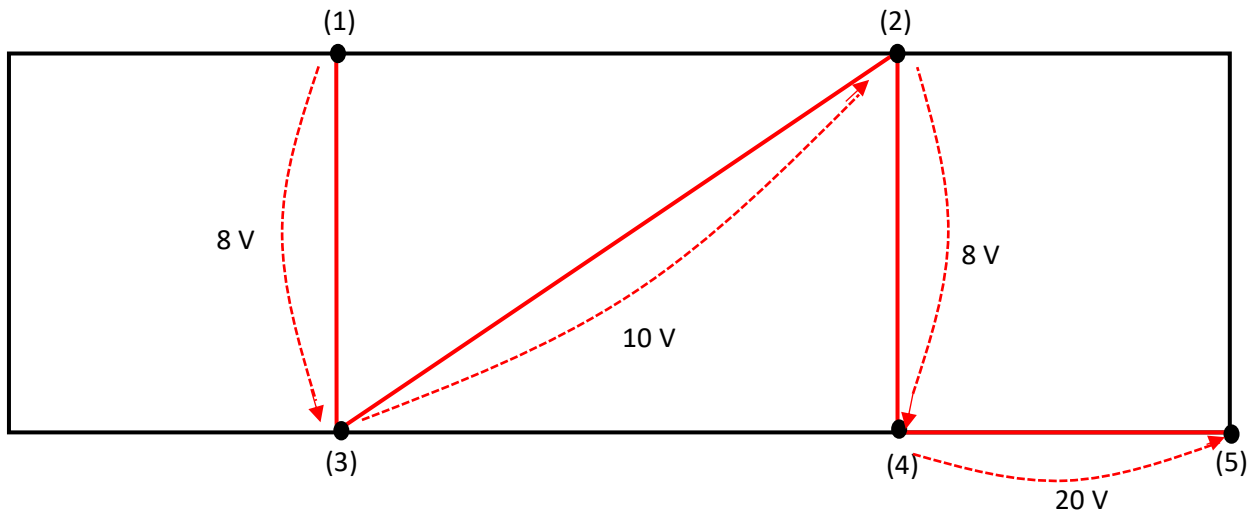


Aplicăm Legea lui Kirchhoff pentru curenți, și determinăm valorile curenților de pe coarde:

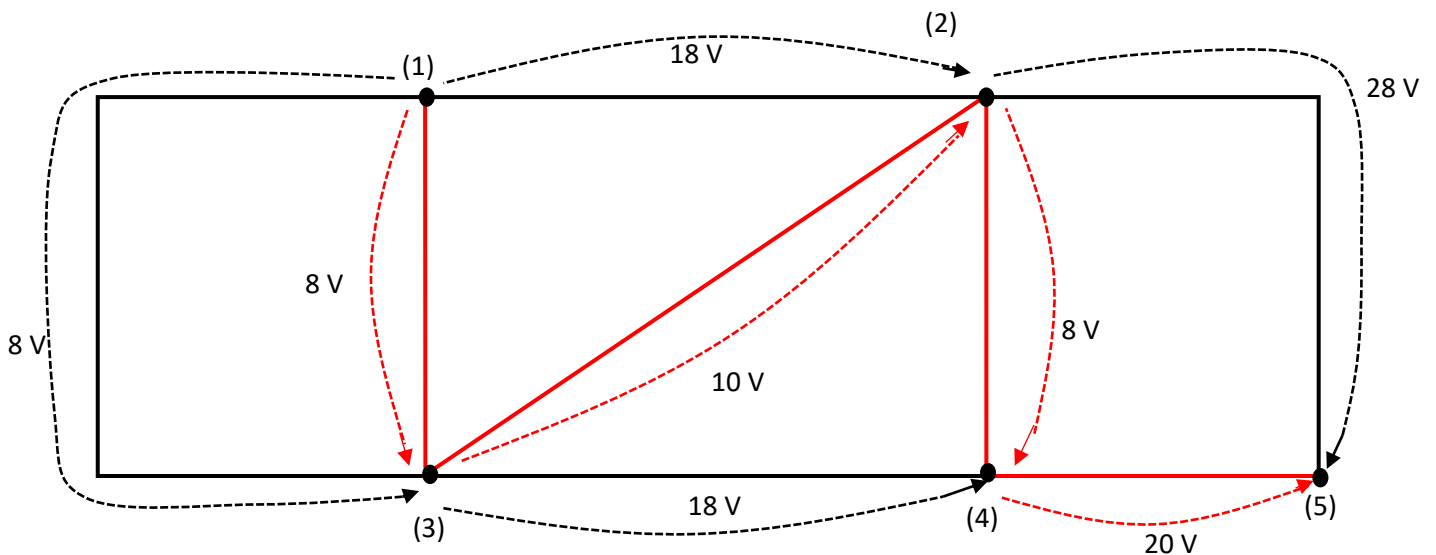


### 1.3 Generarea grafului de tensiuni

Alegem valori pentru tensiunile de pe ramuri:

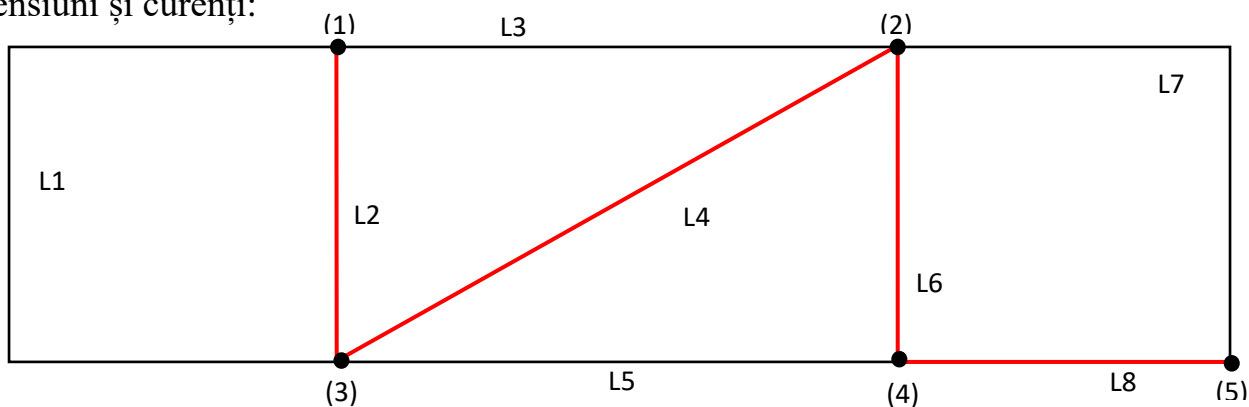


Aplicăm Legea lui Kirchhoff pentru tensiuni, și determinăm valorile curenților de pe ramuri:



## 1.4 Bilanțul de puteri

Verificăm Teorema lui Tellegen, care validează corectitudinea completării grafurilor de tensiuni și curenți:

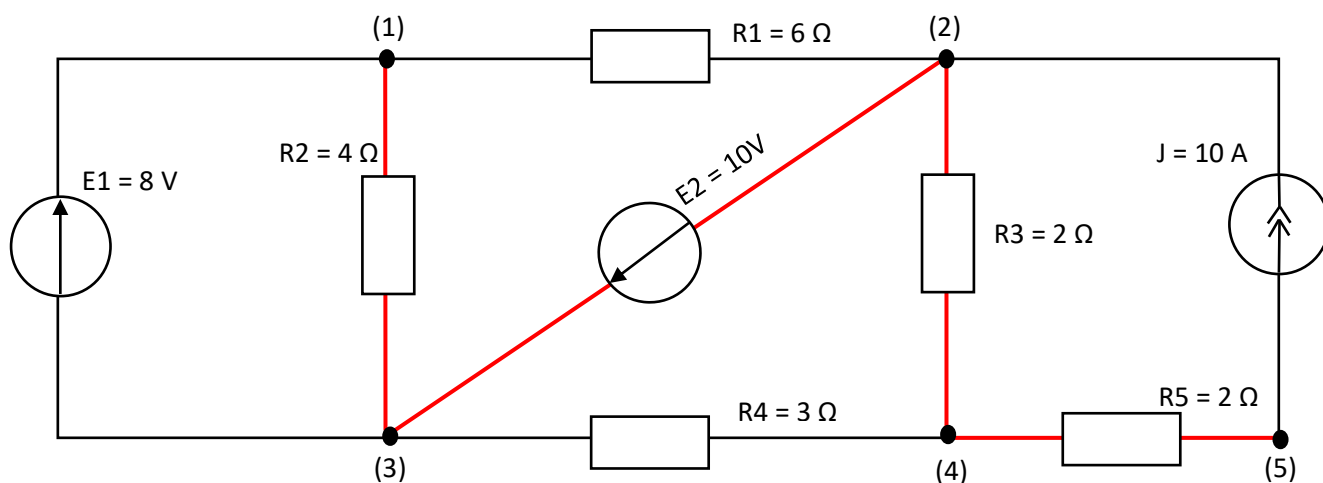


Regula de la generatoare	Regula de la receptoare
$L1 \rightarrow 40 \text{ W}$ $L4 \rightarrow 90 \text{ W}$ $L7 \rightarrow 280 \text{ W}$	$L2 \rightarrow 16 \text{ W}$ $L3 \rightarrow 54 \text{ W}$ $L5 \rightarrow 108 \text{ W}$ $L6 \rightarrow 32 \text{ W}$ $L8 \rightarrow 200 \text{ W}$
410 W	410 W

$$P_c = \sum R \cdot I^2 = 16 + 54 + 108 + 32 + 200 = 410 \text{ W}$$

$$P_g = \sum E \cdot I + \sum U \cdot J = 40 + 90 + 280 = 410 \text{ W}$$

## 1.5 Plasarea elementelor pe laturi



S-au ales arbitrar elementele de pe laturi, iar cu ajutorul grafurilor de curenți și de tensiuni, se calculează valorile rezistențelor.

## 2. Analiza eficienței metodelor sistematice

### 2.1 Determinarea celei mai eficiente metode de rezolvare

Pornind de la numărul de laturi  $L$ , numărul de noduri  $N$ , numărul de SIC-uri  $n_{SIC}$  și numărul de SIT-uri  $n_{SIT}$ , calculăm cea mai eficientă metoda de rezolvare a sistemului.

$$L = 8$$

$$N = 5$$

$$n_{SIC} = 1$$

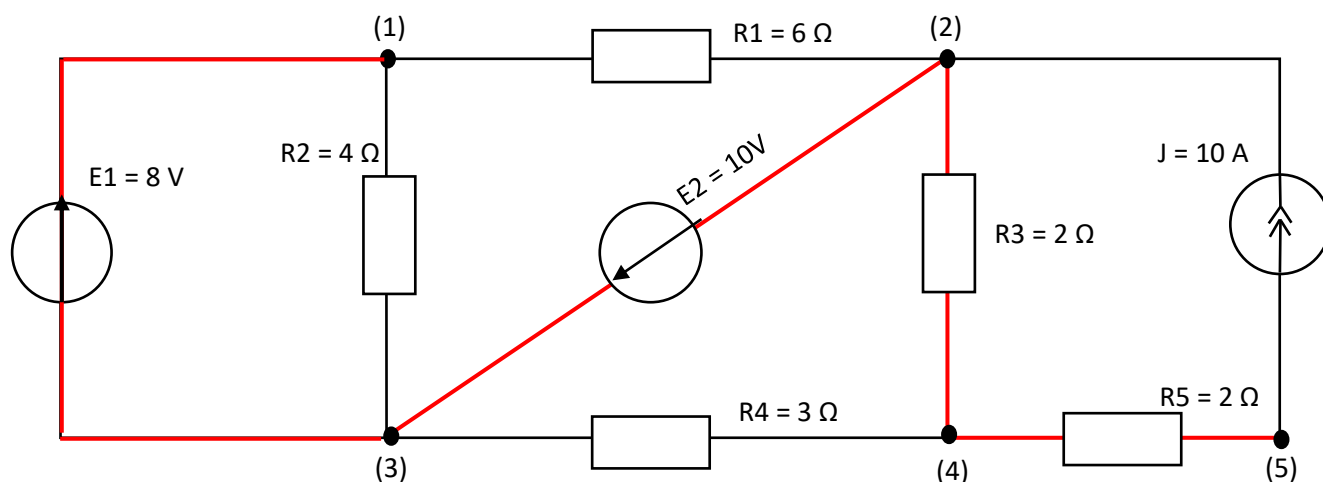
$$n_{SIT} = 2$$

Metodă	Număr de ecuații
Kirchhoff clasic	$2 * L = 16$
Kirchhoff în curenți	$L - N + 1 = 4$
Kirchhoff în tensiuni	$N - 1 = 4$
Curenți de coarde (curenți de bucle / curenți ciclici)	$L - N + 1 - n_{SIC} = 3$
Tensiuni în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex)	$N - 1 - n_{SIT} = 2$

În concluzie, folosirea metodei tensiunii în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex) este cea mai eficientă și cea mai ușor de folosit.

### 2.2 Selecția unui arbore normal

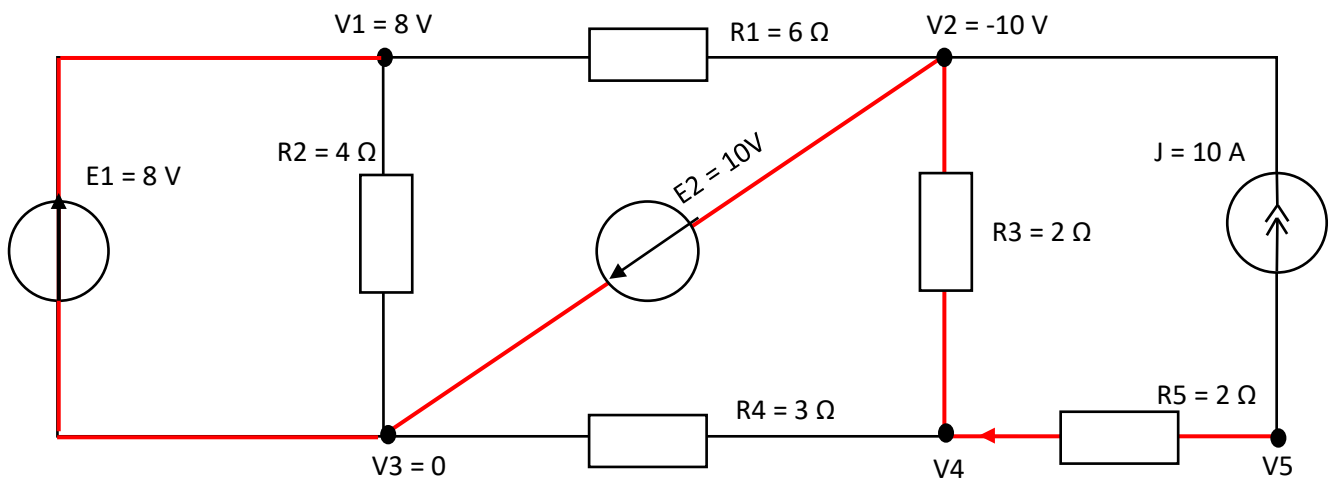
Selectăm un arbore care să conțină numai SIT-uri, fără SIC-uri.



## 2.3 Selecția nodurilor de referință și puterea curenților

Se alege nodul cu valoare de masă (în acest caz V3) și apoi se află potențialele nodurilor care se pot afla cel mai ușor, cu ajutorul SIT-urilor.

Alegem sensul curenților pe laturi pentru a ne ajuta la calculul potențialelor în nodurile care au mai rămas.



În continuare, folosind Kirchhoff I pentru curenți vom afla valoarea potențialelor în nodurile 4 și 5:

$$\begin{cases} \frac{V4 - V2}{2} + \frac{V4}{3} - \frac{V4 - V5}{2} = 0 \\ \frac{V5 - V4}{2} + 10 = 0 \end{cases}$$

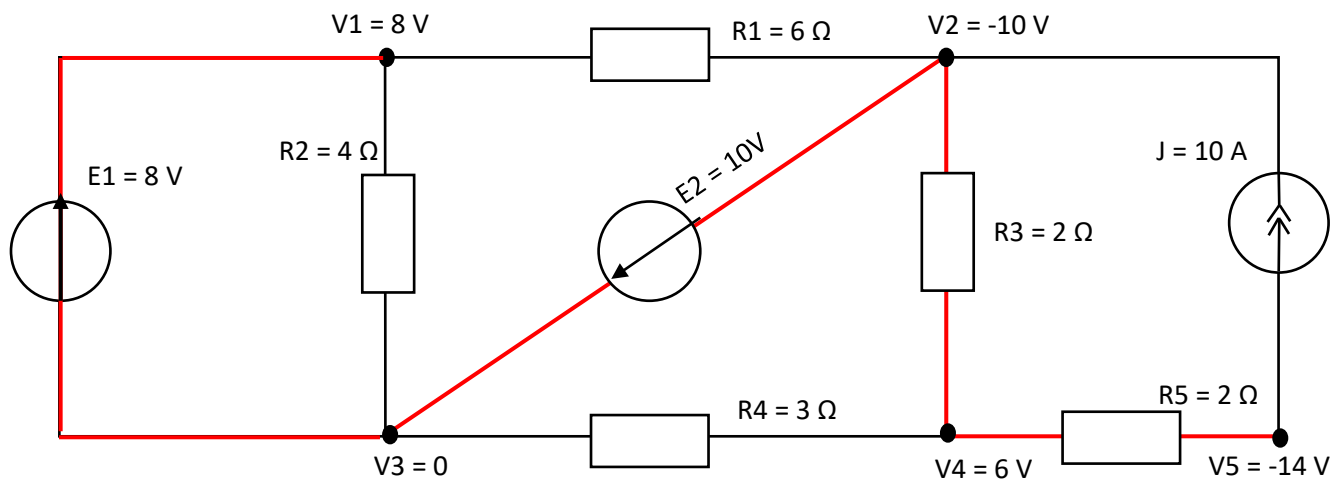
Din a doua relație rezulta la  $\frac{V4 - V5}{2} = 10$  și după ce înlocuim în prima relație, pe care o înmulțim cu 6 pentru a scăpa de numitor, obținem:

$$5 * V4 = 30 \Rightarrow V4 = 6 V$$

$$\frac{V4 - V5}{2} = 10 \Rightarrow 6 - V5 = 20 \Rightarrow V5 = -14 V$$



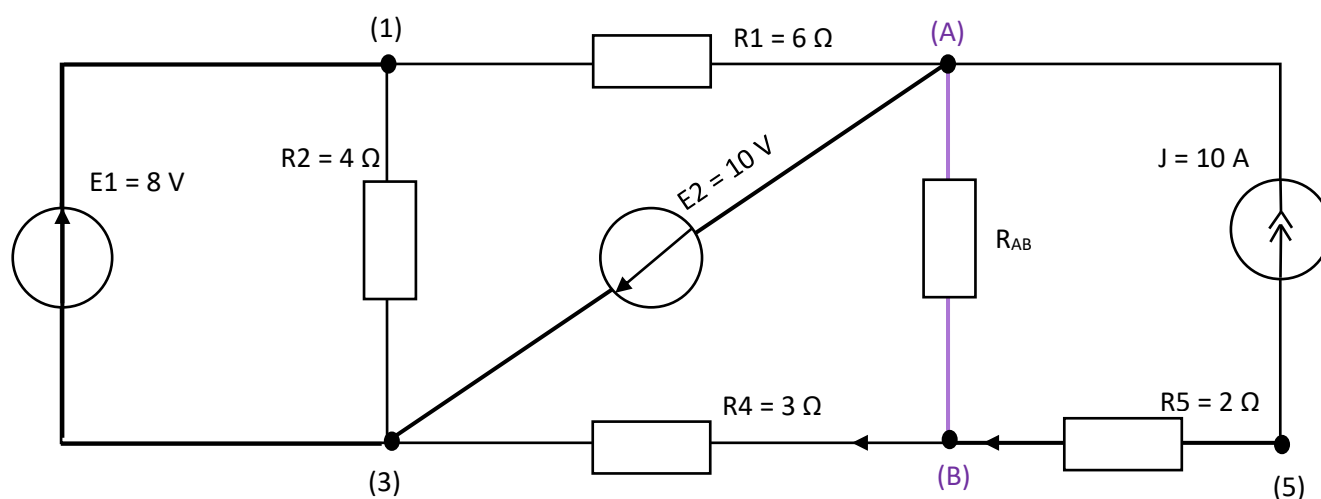
În cele din urmă vom avea arborele:



### 3. Generator echivalent de tensiune

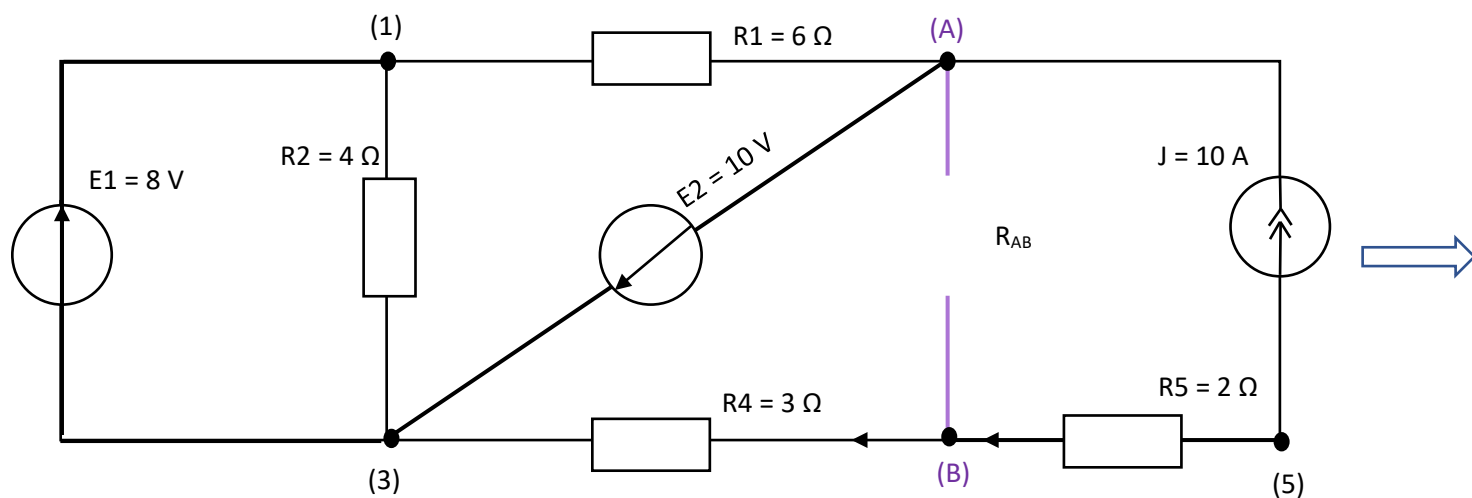
#### 3.1 Alegerea rezistorului

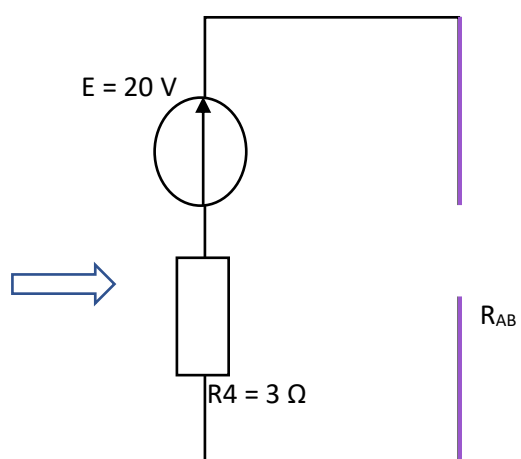
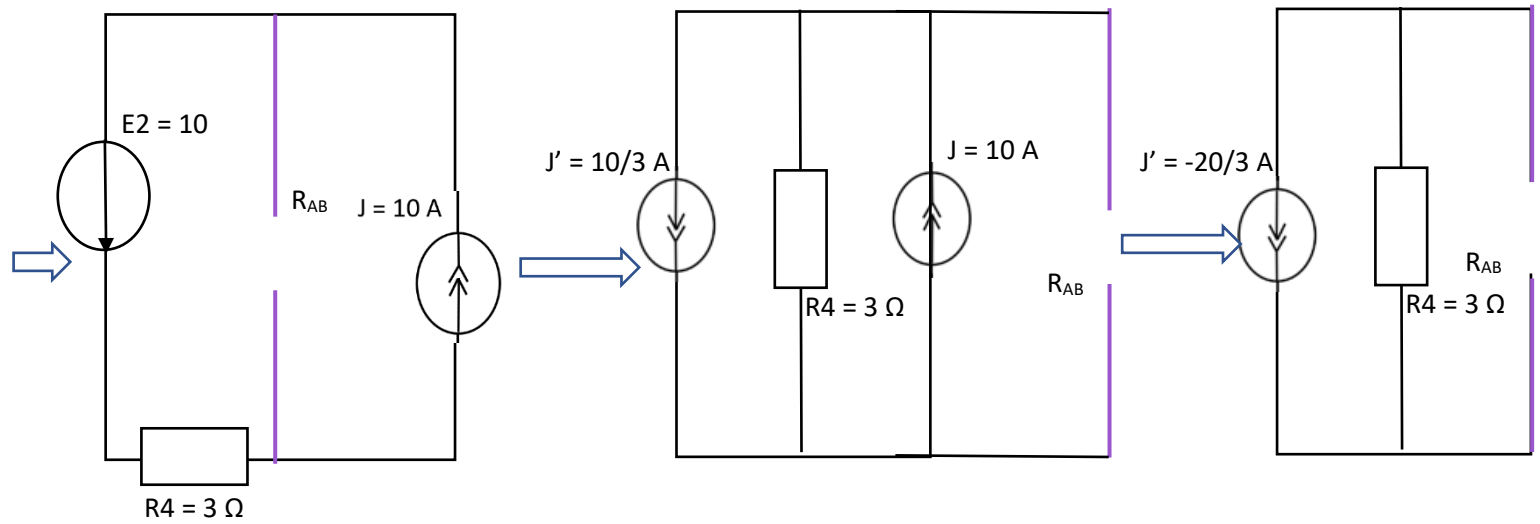
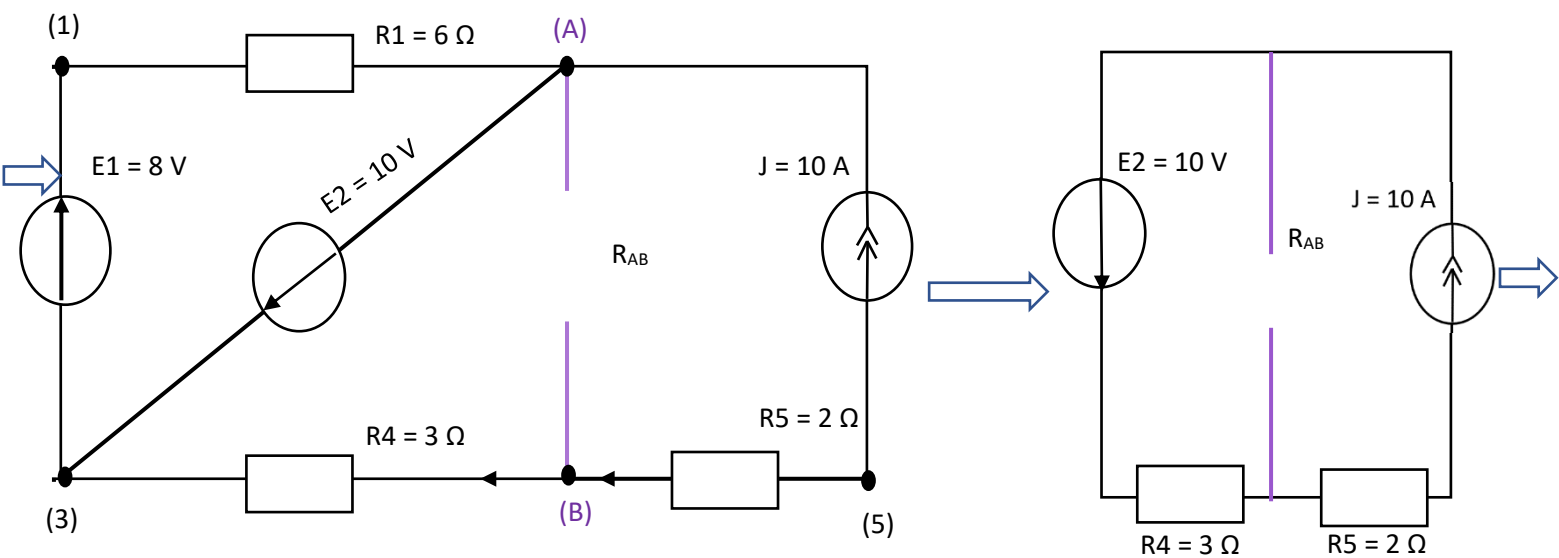
Calculam circuitul echivalent de la bornele rezistorului  $R_{AB}$ .



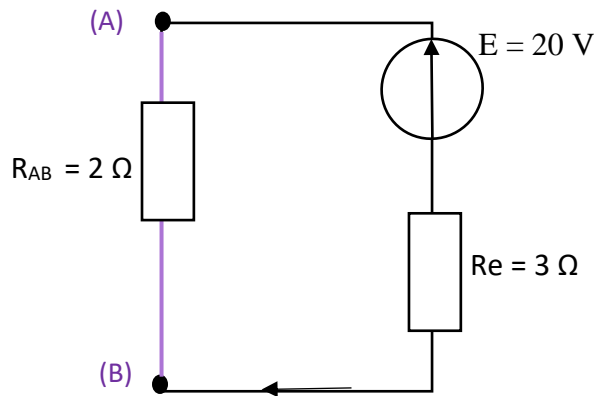
#### 3.2 Determinarea tensiunii electromotoare echivalente

Pentru a calcula tensiunea electromotoare echivalentă este nevoie de aflarea tensiunii în gol la bornele A - B.  $\rightarrow E_e = U_{AB0}$



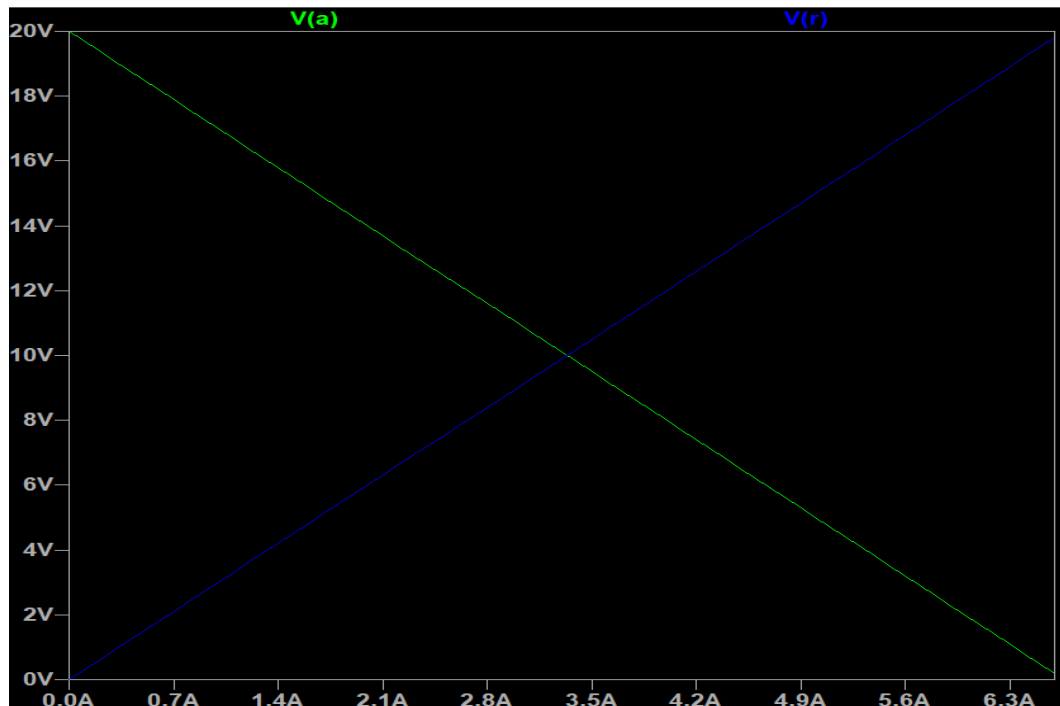


### 3.3 Determinarea circuitului echivalent

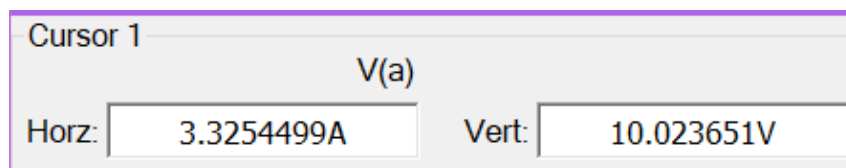


### 3.4 Reprezentarea grafică a caracteristicilor generatorului echivalent și a rezistorului liniar

Reprezentăm grafic caracteristica rezistorului liniar și caracteristica generatorului echivalent cu restul circuitului în care acesta este conectat și punem în evidență punctul static de funcționare:

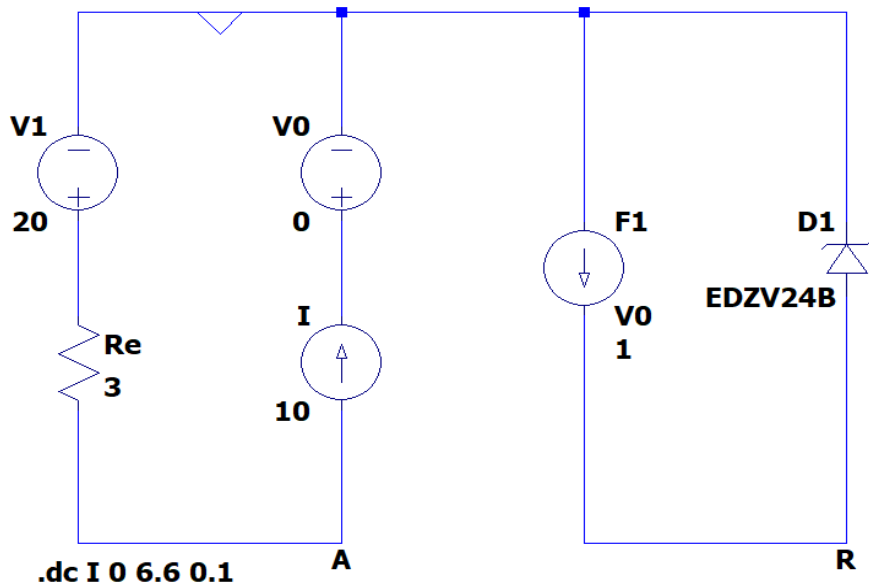


Cu ajutorul LTspice am construit circuitul rezultat la subpunctul anterior și am reprezentat grafic tensiunea prin doua puncte de pe circuit. Punctul static de funcționare este reprezentat mai jos:



### 3.5 Dioda semiconductoare

Rezistorul va fi înlocuit cu o diodă de tip EDZV24B, aceasta fiind de tip Zener.  
În rezolvarea acestei cerințe ar putea fi folosit orice alt tip de diodă.



Polarizarea directă a bobinei semiconductoare este reprezentată în circuitul de mai jos (Figura 1), iar astfel se obține graficul (Figura 2) în care punctul static de funcționare are coordonatele din Figura 3.

Figura 1

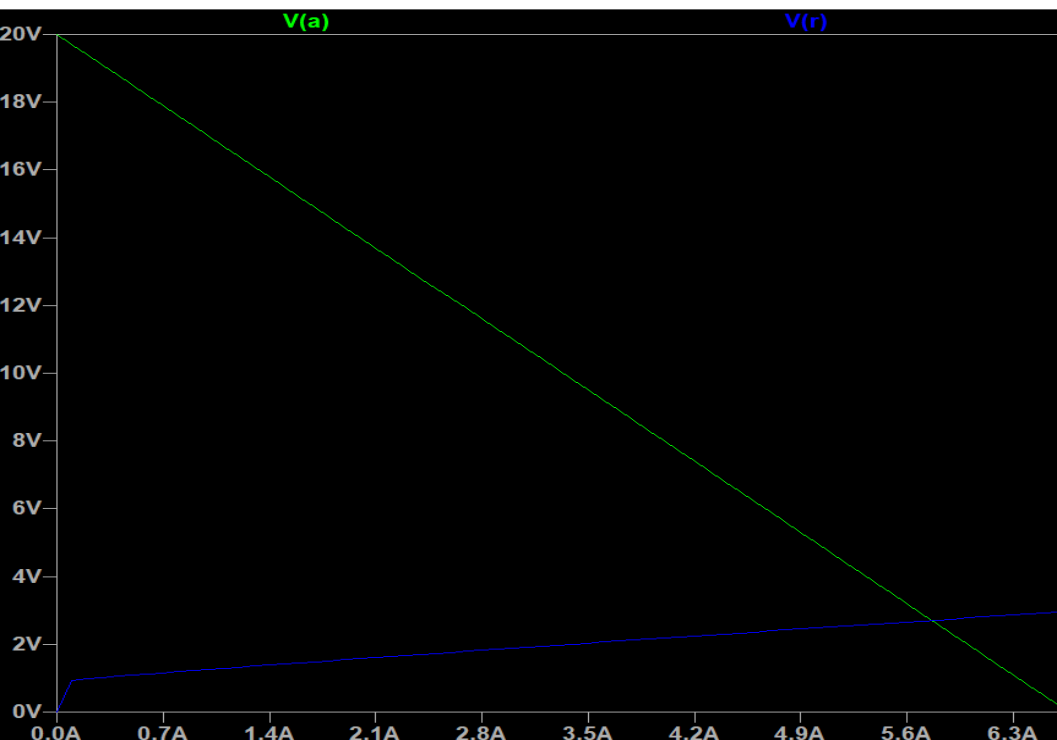


Figura 2

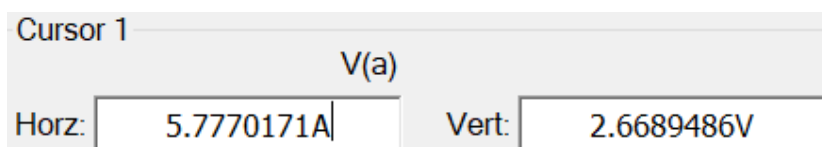
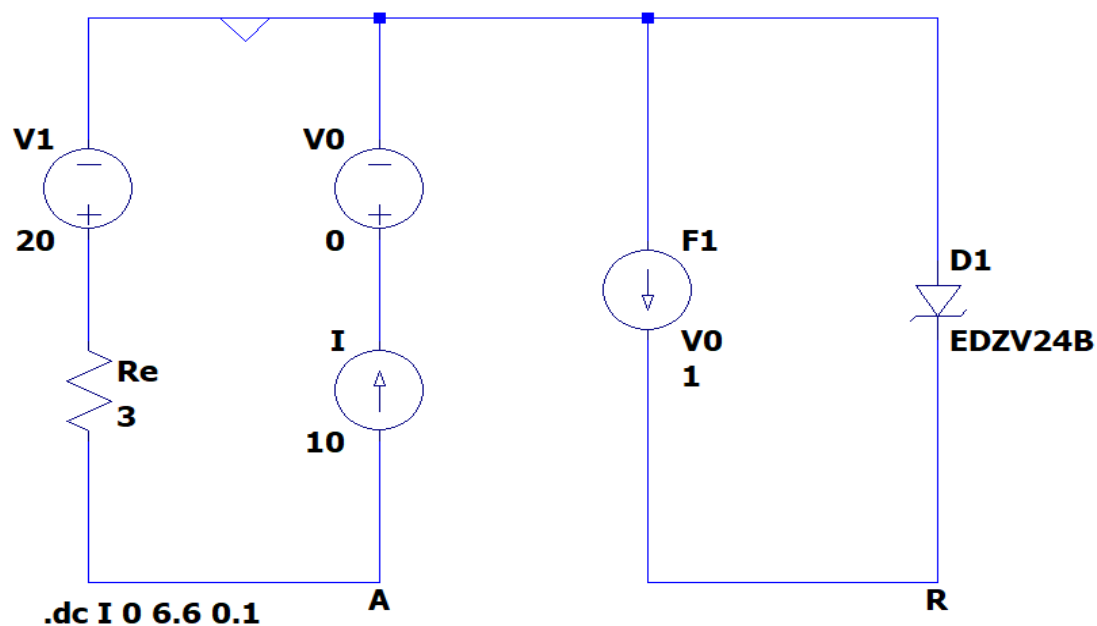


Figura 3

Polarizarea inversă a bobinei semiconductoare, reprezentată în circuitul de mai jos



(Figura 1), iar astfel se obține graficul (Figura 2) în care punctul static de funcționare are coordonatele din Figura 3.

Figura 1

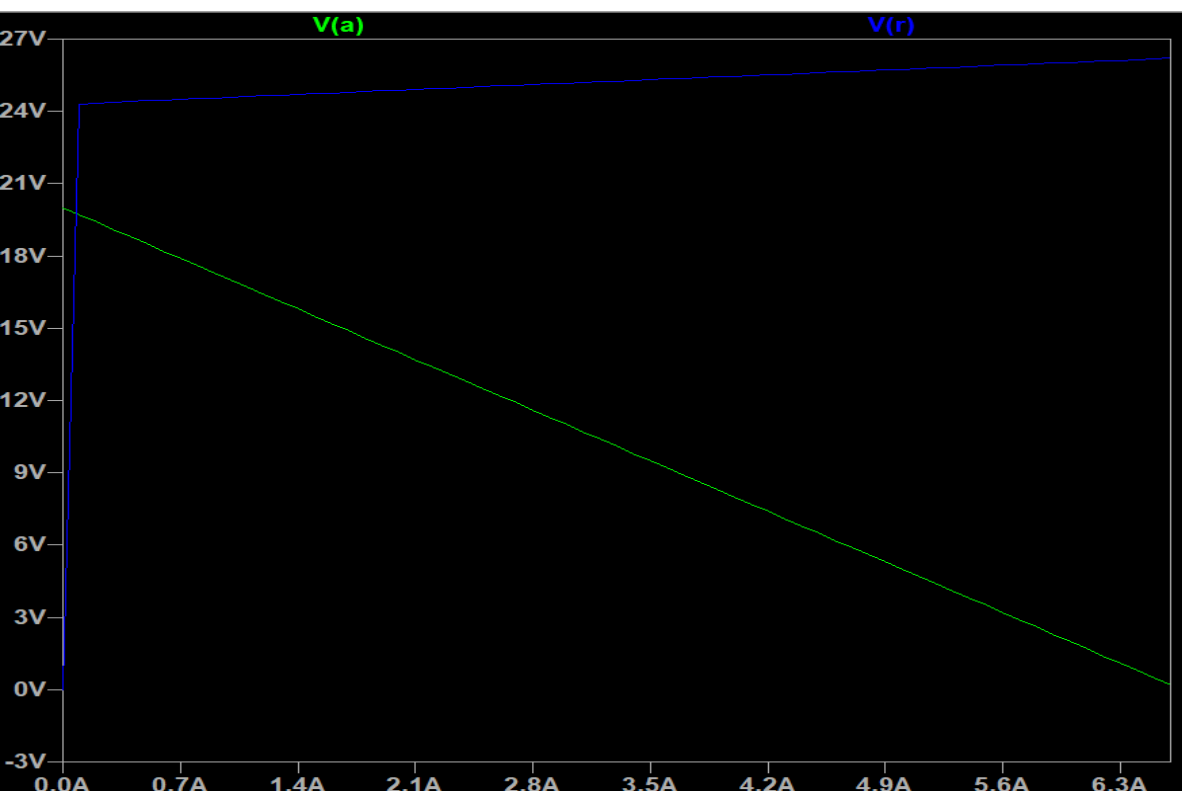


Figura 2

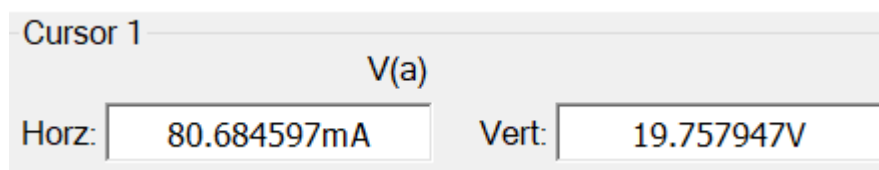


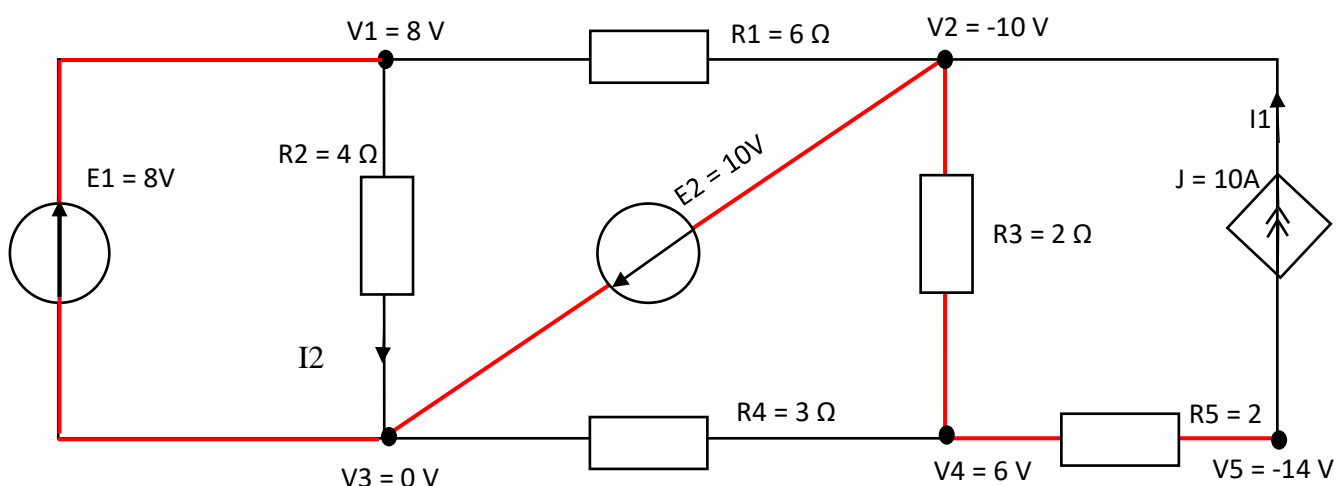
Figura 3

## 4. Surse comandate

Plecând de la graful de curenți, transform din SIC în SICI, cu dependența  $I_1 = \beta \cdot I_2$ , fiind comandata în curentul care trece prin  $R_5$ .

$$I_2 = 2 \text{ A} \quad I_1 = 10 \text{ A}$$

$$I_1 = \beta \cdot I_2 \Rightarrow 10 = \beta \cdot 2 \Rightarrow \beta = 5$$



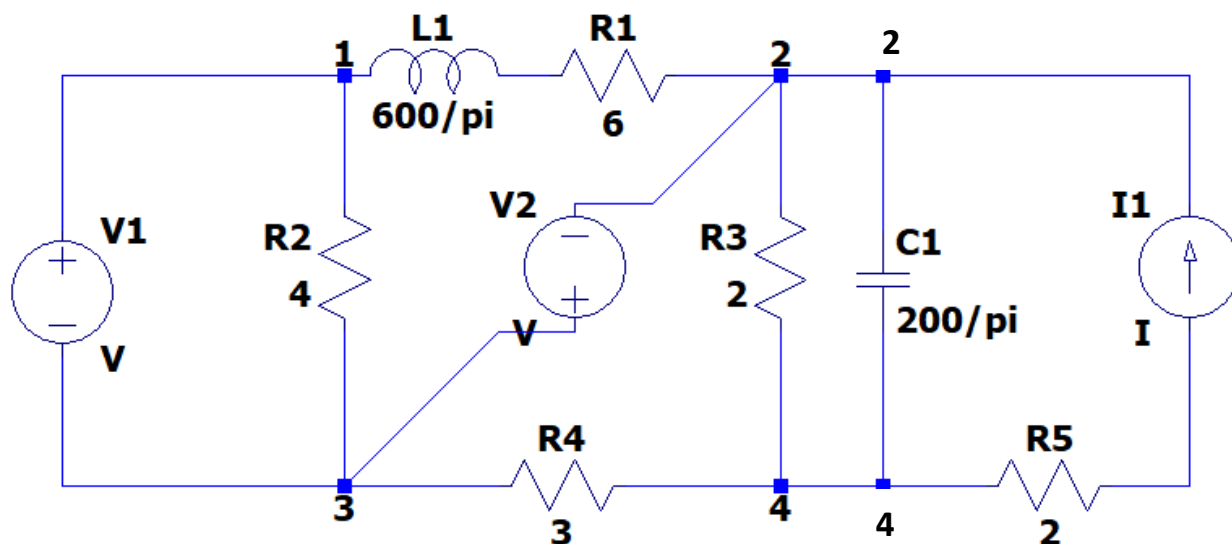
Alegem intensitatea prin  $R_2$ , deoarece se poate calcula direct din graf, astfel sistemul fiind compatibil determinat. În cazul în care am fi ales intensitatea care trece prin  $R_5$ , am fi ajuns la relația  $\frac{V_5 - V_4}{2} + \beta \cdot \frac{V_5 - V_4}{2} = 0$ , unde pentru cazul  $\beta = -1$  avem o infinitate de soluții, sistemul fiind compatibil nedeterminat.

Programele în Octave se găsesc în fișierul încărcat pe platforma Moodle. În Algoritm1 mă folosesc de o matrice în care am, în ordine, pe linii: valorile intensităților, ale tensiunilor, ale SIT-urilor, ale SIC-urilor și ale rezistențelor. Pe linia tensiunilor, în cazul în care tensiunea este opusă intensității, am notat tensiunea cu  $(-1) \cdot E$ . Calculez pe fiecare coloana din matrice (latura din circuitul meu)  $P_c$  și  $P_g$ .

În Algoritm2 rezolv ecuația  $A \cdot X = b$  folosind inversa matricei  $A$  pentru a afla coeficienții unui sistem de inecuații. Folosesc acest algoritm pentru a afla mai repede vectorul  $X$ .

## 5. Rezolvare circuit de c.a.

### 5.1 Adăugarea bobinei L1 și a condensatorului C1



$$L = \frac{600}{\pi} \text{ mH} \quad C = \frac{200}{\pi} \mu\text{F} \quad F = 100 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 200 \pi \text{ rad/s}$$

$$e1(t) = 4 * \sin(\omega * t + \pi)$$

$$e2(t) = 6 * \sin(\omega * t + \frac{\pi}{2})$$

$$j1(t) = 10 * \sin(\omega * t + \frac{3\pi}{4})$$

### 5.2 Trecerea în complex

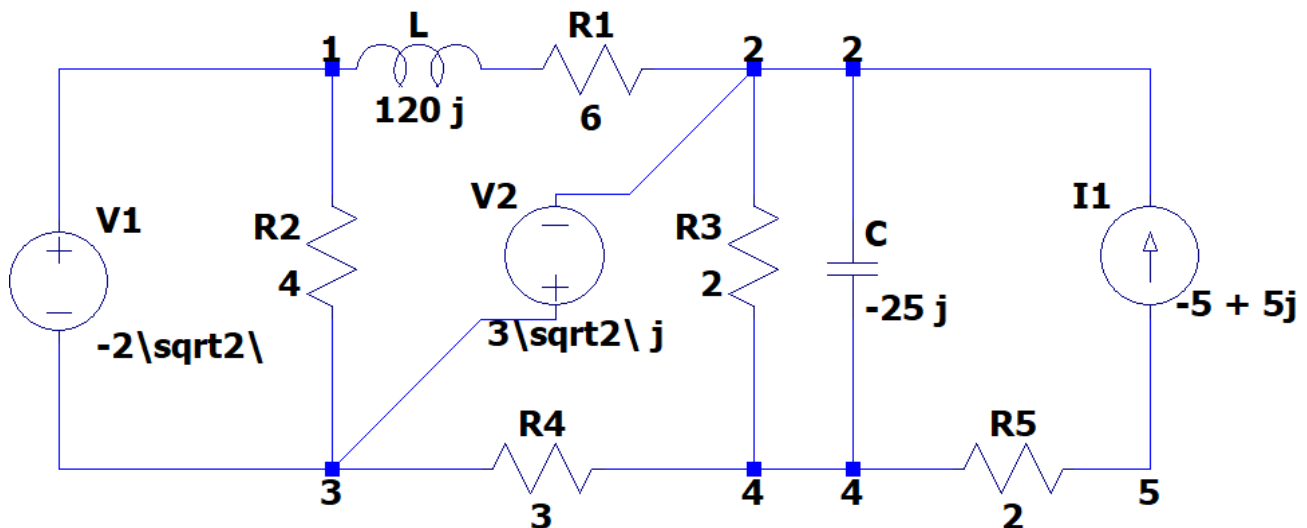
$$E1 = \frac{4}{\sqrt{2}} e^{j\pi} = \frac{4}{\sqrt{2}} (\cos\pi + j\sin\pi) = -2\sqrt{2}$$

$$E2 = \frac{6}{\sqrt{2}} e^{j\frac{\pi}{2}} = \frac{6}{\sqrt{2}} (\cos\frac{\pi}{2} + j\sin\frac{\pi}{2}) = 3\sqrt{2} j$$

$$J1 = \frac{10}{\sqrt{2}} e^{j\frac{3\pi}{4}} = \frac{10}{\sqrt{2}} (\cos\frac{3\pi}{4} + j\sin\frac{3\pi}{4}) = 5\sqrt{2} (\frac{-\sqrt{2}}{2} + j\frac{\sqrt{2}}{2}) = -5 + 5j$$

$$Z_R = R \quad Z_L = j\omega L = 120 j \quad Z_C = \frac{1}{\omega C j} = -25 j$$





### 5.3 Găsirea celei mai eficiente metode de rezolvare

$$L = 9$$

$$N = 5$$

$$n_{\text{SIC}} = 1$$

$$n_{\text{SIT}} = 2$$

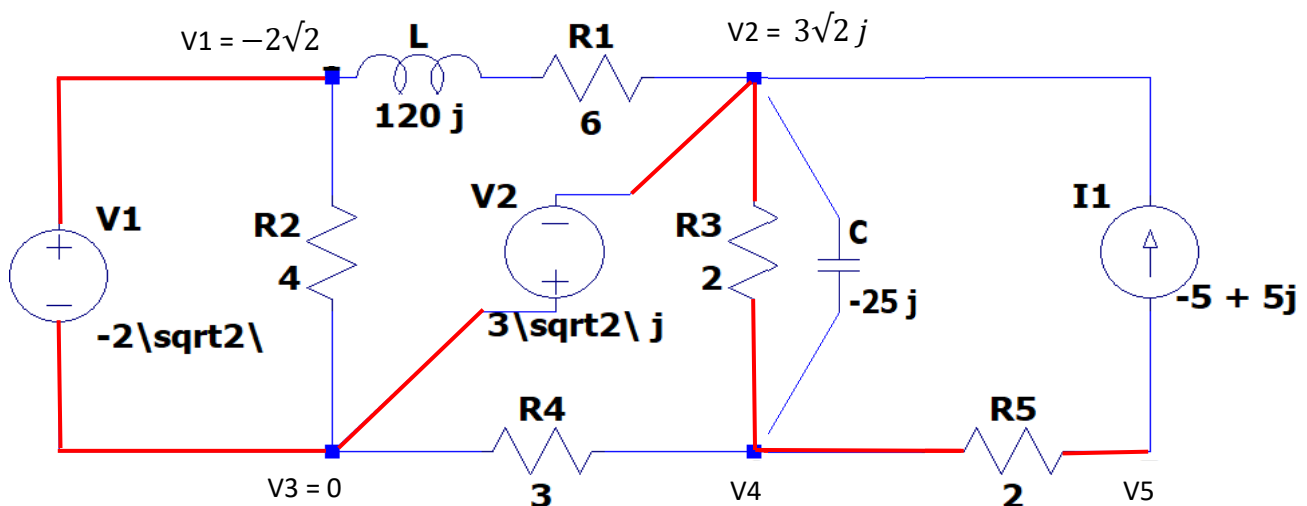
Reluând raționamentul de la punctul 2, rezolv circuitul.

$$N - 1 - n_{\text{SIT}} = 2$$

În concluzie, folosirea metodei tensiunii în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex) este cea mai eficientă și cea mai ușor de folosit.

### 5.4 Selecția unui arbore normal

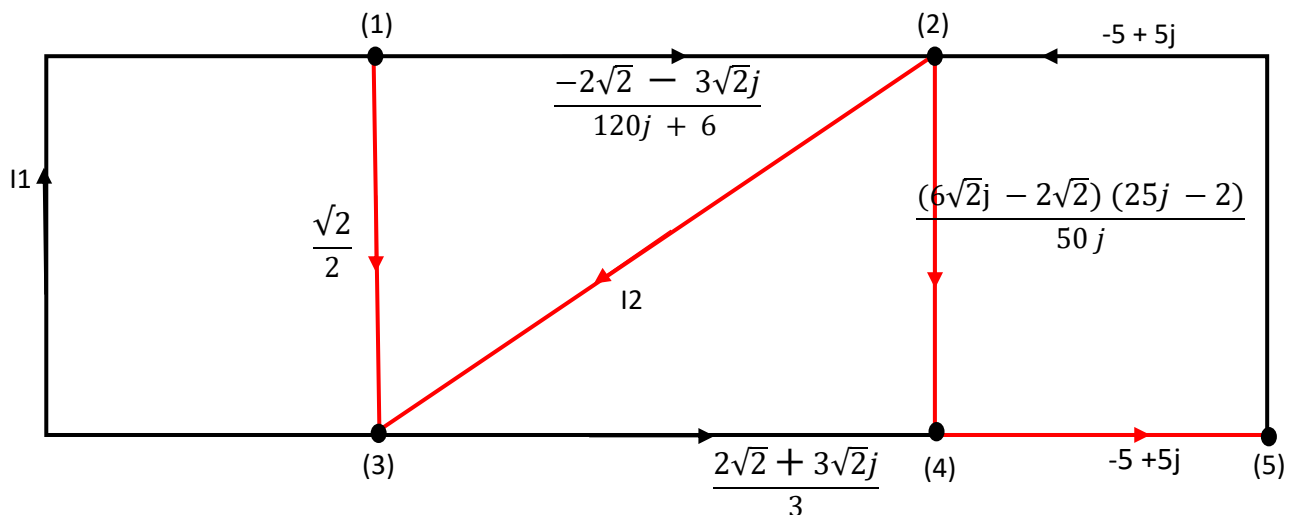
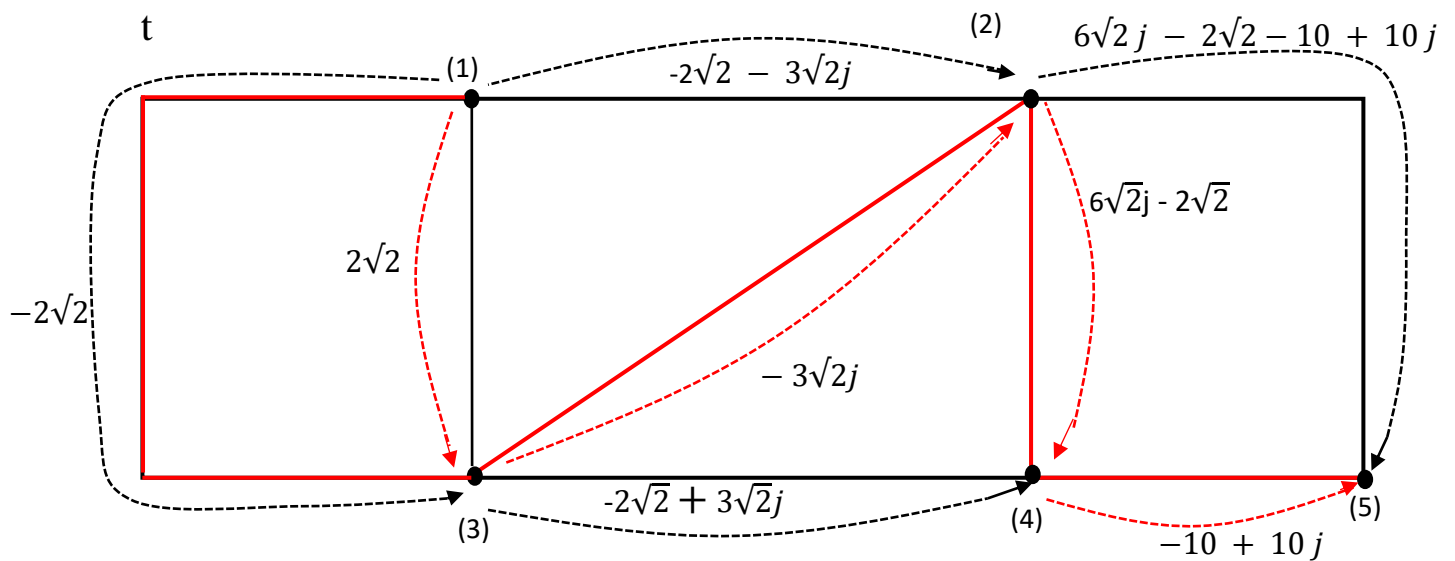
Selectam un arbore care să conțină numai SIT-uri, fără SIC-uri.



$$\begin{cases} V_3 - V_1 + V_3 - V_2 + \frac{V_3 - V_4}{3} = 0 \\ \frac{V_5 - V_4}{2} - 5 + 5j = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}j - \frac{V_4}{3} = 0 \\ \frac{V_5 - V_4}{2} - 5 + 5j = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_4 = 2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}j \Rightarrow V_5 = 2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}j + 10 - 10j$$

### 5.5 Determinarea grafului de curenți și tensiuni



$$I_2 = -5 + 5j + \frac{-2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}j}{120j + 6} - \frac{(6\sqrt{2}j - 2\sqrt{2})(25j - 2)}{50j}$$

$$I_1 = \frac{-2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}j}{120j + 6} + \frac{\sqrt{2}}{2}$$

## 5.6 Bilanțul puterilor

```
function [Pc Pg] = Algoritm(M)
    [m n] = size(M);
    Pc = 0;
    Pg = 0;

    for j = 1:n
        Pc = Pc + M(5,j) * M(1,j) * M(1,j);
        Pg = Pg + M(3,j) * M(1,j) - M(4,j) * M(2,j);
    endfor

endfunction
```

Mai sus am reluat funcția de la punctul 4 și am schimbat numele acesteia. În matricea M vor fi de aceasta dată valorile în complex a intensităților, tensiunilor, valorile SIT-urilor, a SIC-urilor și a rezistențelor. Programul în Octave va face mult mai repede înmulțirile cu numere complexe. Am adaptat calculele la problema mea și am calculat doar Pc și Pg pentru consumatoarele sau generatoarele care aveau valori diferite de 0.

## 6. Bibliografia

- 1) Circuite electrice - Seminar Gabriela Ciuprina, Daniel Ioan Mihai Popescu, Sorin Lup, Ruxandra Barbulescu, Moodle UPB, February 23, 2021.
- 2) Gabriela Ciuprina Template pentru redactarea rapoartelor in LaTeX (v5).