

Bazele Electrotehnicii

Tema

Dobre Gigi-Alexandru
Aprilie 2020

Grupa 312CD
Facultatea de Automatică și Calculatoare
Universitatea Politehnica București
dobrealex4@gmail.com

Contents

1	Generarea unui circuit	3
1.1	Graful Intensitatii si cel al Tensiunii	3
1.2	Calcularea valorilor elementelor de circuit	5
1.3	Verificarea circuitului cu ajutorul Teoremei lui Tellegen si cu Bilantul Puterilor	6
2	Metode sistematice eficiente	8
2.1	Tabel metode	8
2.2	Metoda curentilor in coarde	9
3	Generatorul echivalent de tensiune/curent	10
3.1	Dependenta U, I, P	11
3.2	Caracteristica generatorului si a rezistorului liniar	13
3.3	Dioda semiconductoare in polarizare directa	14
3.4	Dioda semiconductoare in polarizare inversa	15
4	Simulatorul Spice	17
4.1	Circuitul Initial	17
4.2	Circuitul cu SUCI	18
4.3	Circuitul cu SICU	19
5	Redactare Latex	20
6	Bibliografie	22

1 Generarea unui circuit

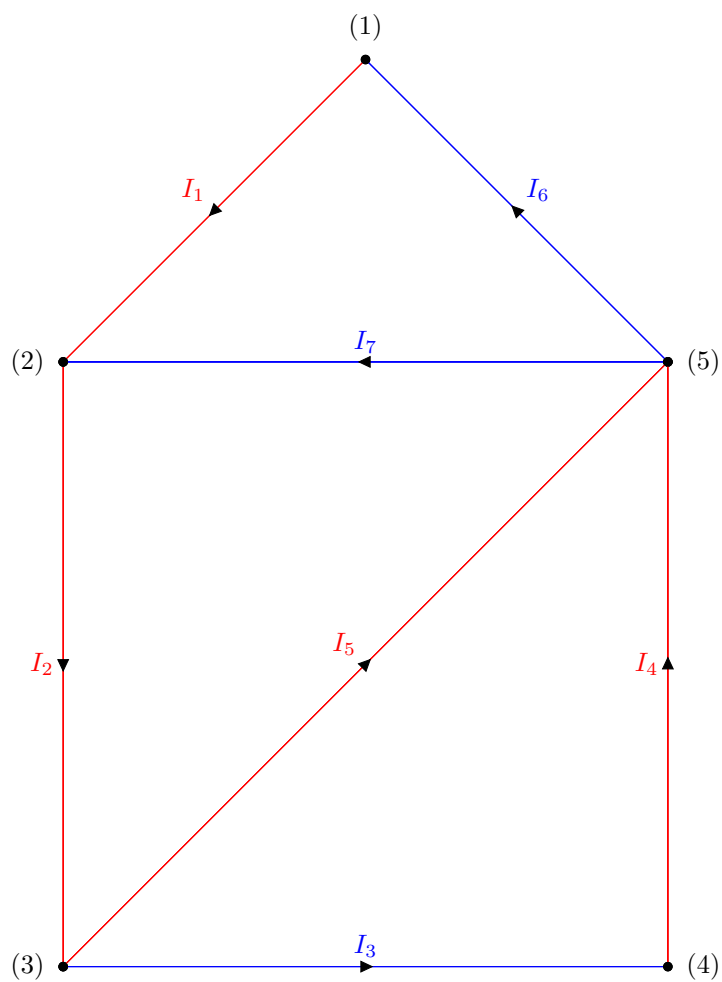
1.1 Graful Intensitatii si cel al Tensiunii

$N = 5$ noduri; $L = 7$ laturi

$N-1 = 4$ ramuri

$L-N+1 = 3$ coarde

Graf curenti



Kirchhoff I in N-1 noduri:

$$I_3 = 2A; I_6 = 2A; I_7 = 1A$$

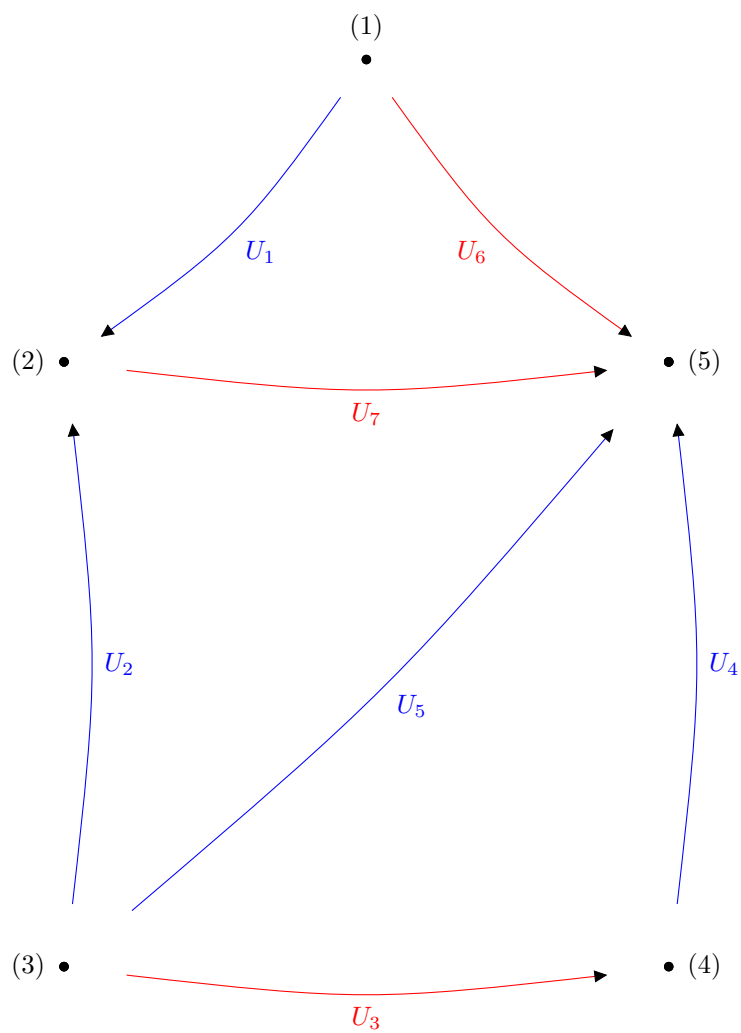
$$(1) : I_1 = I_6 \Rightarrow I_1 = 2A$$

$$(2) : I_2 = I_1 + I_7 \Rightarrow I_2 = 2A + 1A \Rightarrow I_2 = 3A$$

$$(3) : I_5 = I_2 - I_3 \Rightarrow I_5 = 3A - 2A \Rightarrow I_5 = 1A$$

$$(4) : I_4 = I_3 \Rightarrow I_4 = 2A$$

Graf tensiuni



Kirchhoff II în $L-N+1$ bucle:

$$U_1 = 2V; U_2 = 2V; U_5 = 6V; U_4 = 4V$$

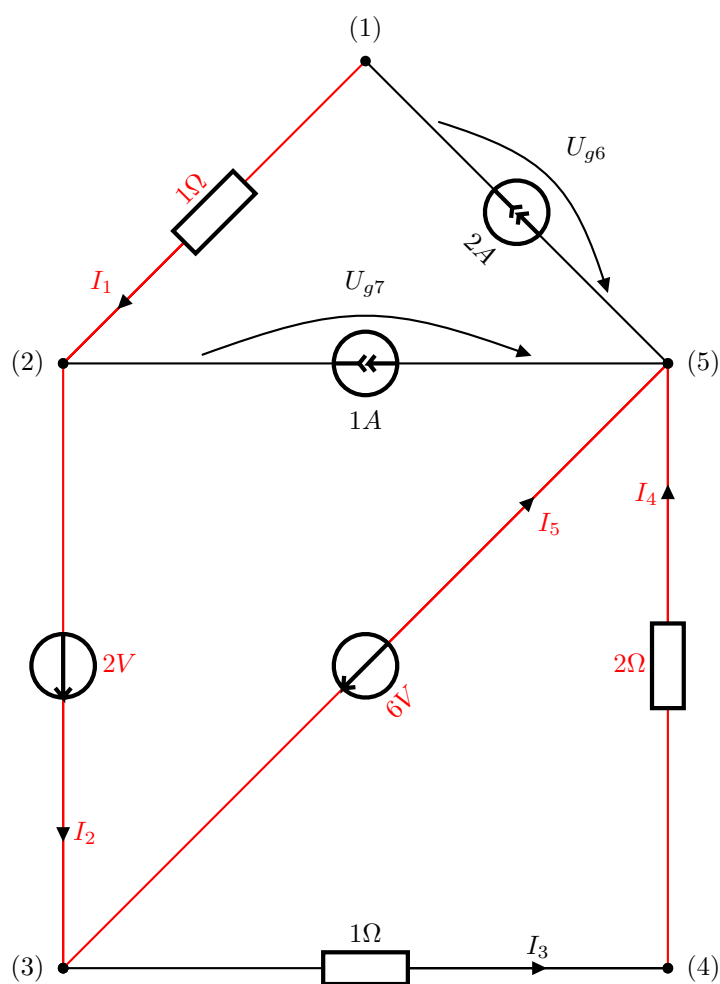
$$[1] : U_3 = U_5 - U_4 \Rightarrow U_3 = 6V - 4V \Rightarrow U_3 = 2V$$

$$[2] : U_7 = U_5 - U_2 \Rightarrow U_7 = 6V - 2V \Rightarrow U_7 = 4V$$

$$[3] : U_6 = U_7 + U_1 \Rightarrow U_6 = 4V + 2V \Rightarrow U_6 = 6V$$

1.2 Calcularea valorilor elementelor de circuit

Graful circuitului



$$R_1 = U_1/I_1 \Rightarrow R_1 = 1ohm$$

$$R_3 = U_3/I_3 \Rightarrow R_3 = 1ohm$$

$$R_4 = U_4/I_4 \Rightarrow R_4 = 2ohm$$

$$E_2 = 2V$$

$$E_5 = 6V$$

$$J_6 = 2A$$

$$J_7 = 1A$$

1.3 Verificarea circuitului cu ajutorul Teoremei lui Tellegen si cu Bilantul Puterilor

Teorema lui Tellegen

Puterea de la rezistoare

$$P_r = U_1 * I_1 + U_3 * I_3 + U_4 * I_4 + U_5 * I_5$$

$$P_r = 2V * 2A + 2V * 2A + 4V * 2A + 6V * 1A$$

$$P_r = 22W$$

Puterea de la generatoare

$$P_g = U_2 * I_2 + U_6 * I_6 + U_7 * I_7$$

$$P_g = 2V * 3A + 6V * 2A + 4V * 1A$$

$$P_g = 22W$$

$$\Rightarrow P_r = P_g$$

Bilantul puterilor

$$P_C = \sum_k R_K I_K^2 \quad (1)$$

$$P_G = \sum_{SIT}^A E_K I_K + \sum_{SIC} U_{gK} J_K \quad (2)$$

Puterea consumata

$$P_c = R_1 * I_1 * I_1 + R_3 * I_3 * I_3 + R_4 * I_4 * I_4$$

$$P_c = 1ohm * 2A * 2A + 1ohm * 2A * 2A + 2ohm * 2A * 2A$$

$$P_c = 16W$$

Puterea generata

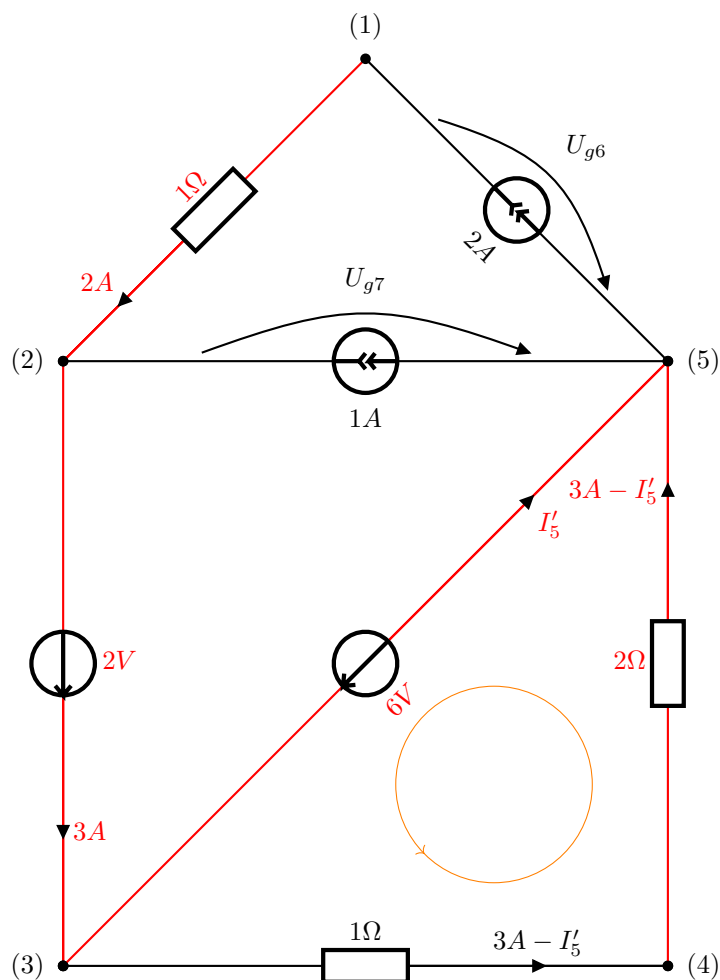
$$P_g = E_2 * I_2 - E_5 * I_5 + U_{g6} * J_6 + U_{g7} * J_7$$

$$P_g = 2V * 3A - 6V * 1A + 6V * 2A + 4V * 1A$$

$$P_g = 16W$$

$$\Rightarrow P_c = P_g$$

2 Metode sistematice eficiente



2.1 Tabel metode

Metoda	Numar de ecuatii
Kirchhoff clasic	$2L = 14$
Kirchhoff in curenti	$L - N + 1 = 3$
Kirchhoff in tensiuni	$N - 1 = 4$
Curenti de coarde (curenti de bucle/curenti ciclici)	$L - N + 1 - n_{SIC} = 1$
Tensiuni in ramuri (potentiale ale nodurilor daca SIT formeaza un subgraf conex)	$N - 1 - n_{SIT} = 2$

2.2 Metoda curenților în coarde

Parametri topologici:

$$n_{SIC} = 2; N = 5 \text{ noduri}; L = 7 \text{ laturi}$$

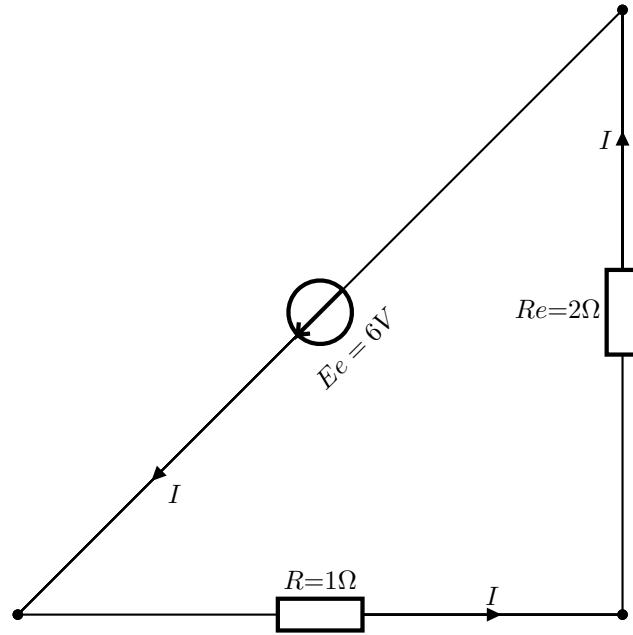
Kirchhoff II în buclă:

$$\begin{aligned}(R_4 + R_3) * (3A - I'_5) &= E_5 \Rightarrow \\ \Rightarrow I'_5 * (R_4 + R_3) &= 3A * (R_4 + R_3) - E_5 \Rightarrow \\ \Rightarrow I'_5 &= (3A * (R_4 + R_3) - E_5) / (R_4 + R_3) \Rightarrow \\ \Rightarrow I'_5 &= (3A * (2ohm + 1ohm) - 6V) / (2ohm + 1ohm) \Rightarrow \\ \Rightarrow I'_5 &= 3V / 3ohm \Rightarrow \\ \Rightarrow I'_5 &= 1A \\ I'_5 &= I_5 \\ 3A - I'_5 &= I_3 \\ 3A - I'_5 &= I_4\end{aligned}$$

Deoarece intensitățile care sunt prin laturile din buclă au aceeași valoare ca cele de la început și cum niciuna dintre celelalte nu se schimbă, atunci Graful Curenți și Graful Tensiune rămân neschimbate de asemenea. Prin urmare, Bilantul de Puteri va rămâne la fel.

3 Generatorul echivalent de tensiune/curent

În realizarea acestui task a fost nevoie să-mi echivalez circuitul. Am echivalat SIC-ul G_6 aflat în serie cu R_1 cu un SIC G'_6 cu aceeași intensitate. SIC-ul G'_6 în paralel cu SIC-ul G_7 formează un alt SIC G_{67} cu intensitatea $J'_6 + J_7$, unde $J'_6 = J_6$. SIC-ul G_{67} în serie cu SIT-ul E_2 formează un alt SIC G'_{67} cu $J'_{67} = J_{67}$. SIC-ul G'_{67} în paralel cu SIT-ul E_5 formează un SIT E_e cu $E_e = E_5 = 6V$. De asemenea, $R = 1\Omega$ este cel de pe latura de jos, pe care îl vom varia, și $R_e = 2\Omega$ este cel de pe latura din dreapta. Circuitul va fi:



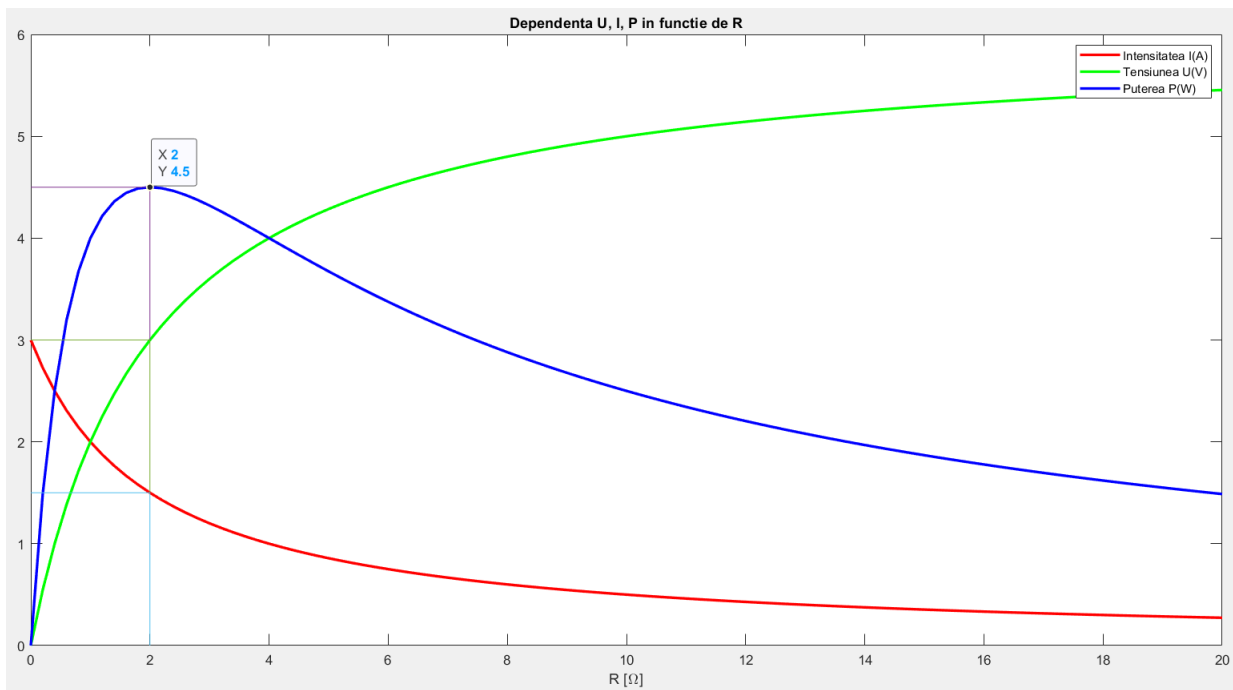
3.1 Dependenta U, I, P

In codul Matlab de mai jos, R este valoarea rezistentei R pe care o variez intre 0 si 20, 6 este U_{gol} si 2 este R_e .

Dependenta puterii, curentului si tensiunii in functie de un rezistor.

Valorile pentru transferul maxim de putere.

```
1 - R = 0 : 0.2 : 20;
2 - I = 6 ./ (2 + R);
3 - U = I .* R;
4 - P = U .* I;
5 - plot(R, I, 'r', 'LineWidth', 2);
6 - hold on
7 - plot(R, U, 'g', 'LineWidth', 2);
8 - plot(R, P, 'b', 'LineWidth', 2);
9 - plot([2, 2, 0], [0, max(P), max(P)], '-');
10 - plot([2, 2, 0], [0, U(R == 2), U(R == 2)], '-');
11 - plot([2, 2, 0], [0, I(R == 2), I(R == 2)], '-');
12 - xlabel('R [\Omega]');
13 - legend('Intensitatea I(A)', 'Tensiunea U(V)', 'Puterea P(W)');
14 - title("Dependenta U, I, P in functie de R");
```

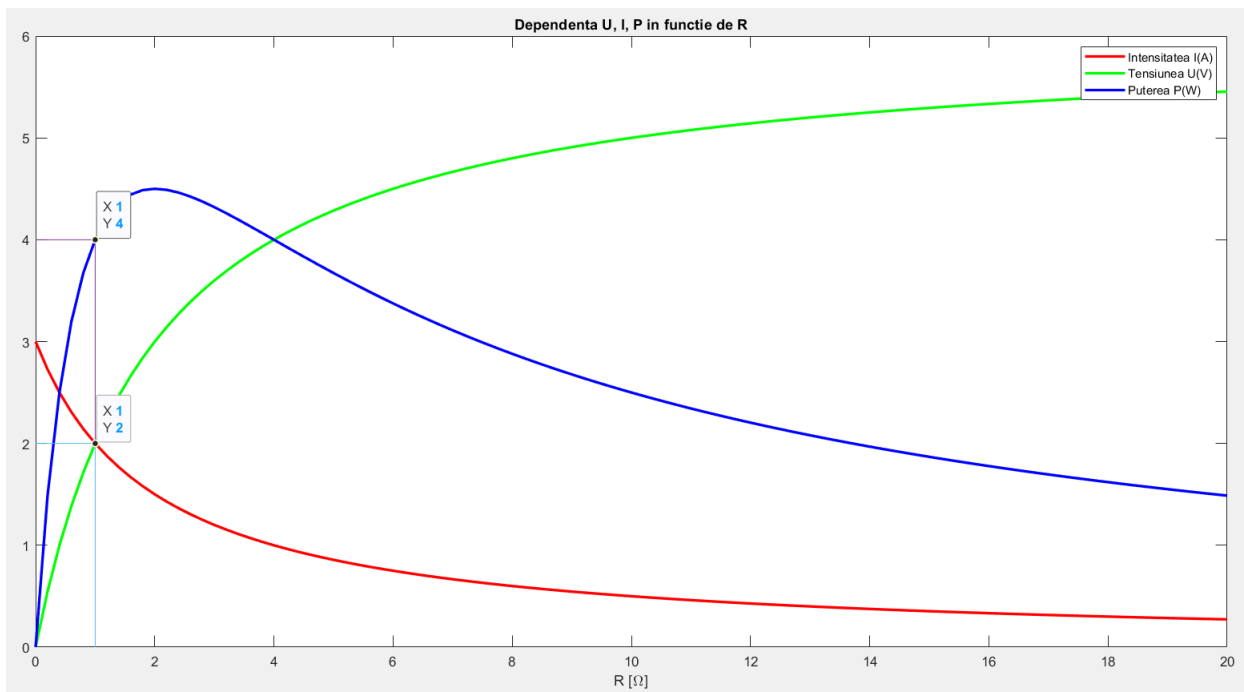


Pentru $R = R_e = 2\text{ohm}$, se obtine punctul de putere maxim, puterea fiind 4.5W.

Dependenta puterii, curentului si tensiunii in functie de un rezistor.
 Valorile punctului de functionare initial al circuitului.

```

1 - R = 0 : 0.2 : 20;
2 - I = 6 ./ (2 + R);
3 - U = I .* R;
4 - P = U .* I;
5 - plot(R, I, 'r', 'LineWidth', 2);
6 - hold on
7 - plot(R, U, 'g', 'LineWidth', 2);
8 - plot(R, P, 'b', 'LineWidth', 2);
9 - plot([1, 1, 0], [0, P(R == 1), P(R == 1)], '-');
10 - plot([1, 1, 0], [0, U(R == 1), U(R == 1)], '-');
11 - plot([1, 1, 0], [0, I(R == 1), I(R == 1)], '-');
12 - xlabel('R [\Omega]');
13 - legend('Intensitatea I(A)', 'Tensiunea U(V)', 'Puterea P(W)');
14 - title("Dependenta U, I, P in functie de R");
    
```

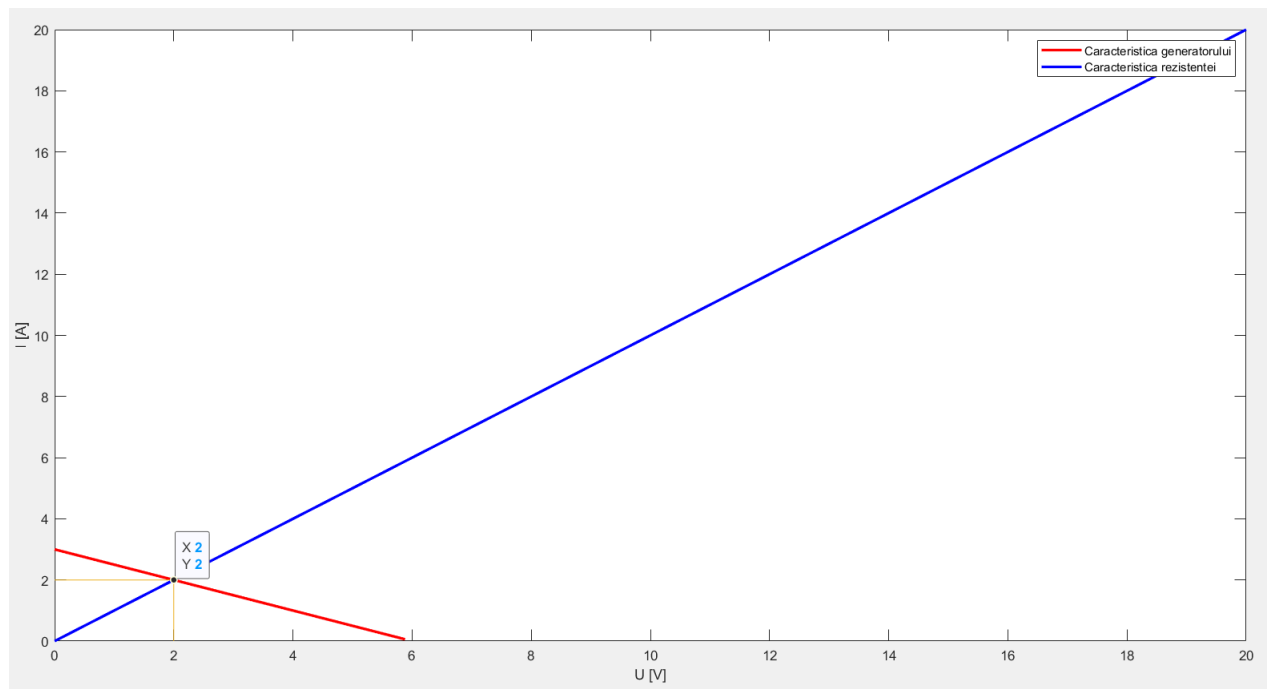


Pentru $R = 1\Omega$, intensitatea este $I = 2A$, tensiunea este $U = 2V$, iar puterea este $P = 4W$, acestea fiind valorile punctului de functionare al circuitului initial. Atunci cand $R = 0$, intensitatea de scurtcircuit este $I_{sc} = 3A$, iar cand R tinde la infinit, tensiunea de mers in gol este $U_{gol} = 6V$.

3.2 Caracteristica generatorului si a rezistorului liniar

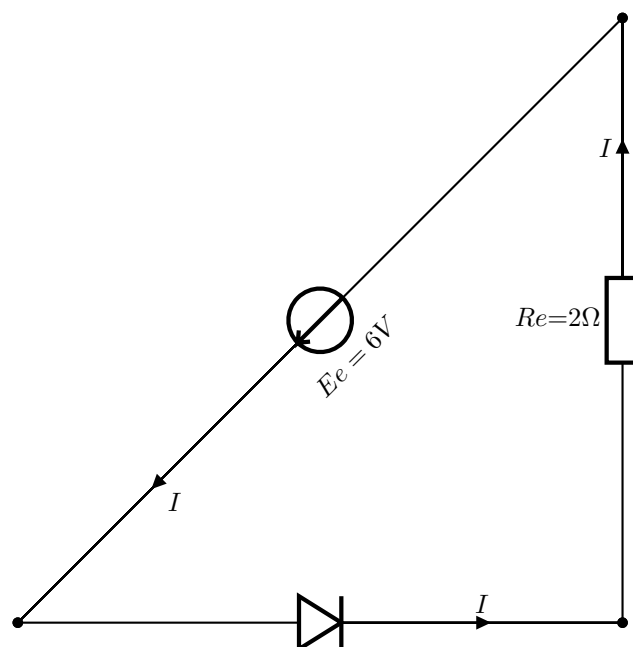
In codul Matlab de mai jos, $E = 2$ ohm, R este rezistenta pastrata si E reprezinta valoarea sursei ideale de tensiune echivalente; I este intensitatea prin SIT, iar U este tensiunea acesteia in functie de intensitatea si de rezistenta pe care o variem; I_1 reprezinta intensitatea prin rezistor, care este variata, iar U_1 este tensiunea rezistorului in functie de intensitate.

```
1 - E = 6;  
2 - Re = 2;  
3 - R = 0 : 1 : 100;  
4 - I = E ./ (R + Re);  
5 - U = I .* R;  
6 - R = 1;  
7 - I1 = 0 : 1 : 20;  
8 - U1 = R .* I1;  
9 - plot(U, I, 'r', 'LineWidth', 2);  
10 - hold on  
11 - plot(U1, I1, 'b', 'LineWidth', 2);  
12 - plot([2, 2, 0], [0, 2, 2], '-');  
13 - xlabel('U [V]');  
14 - ylabel('I [A]');  
15 - legend('Caracteristica generatorului', 'Caracteristica rezistentei');
```



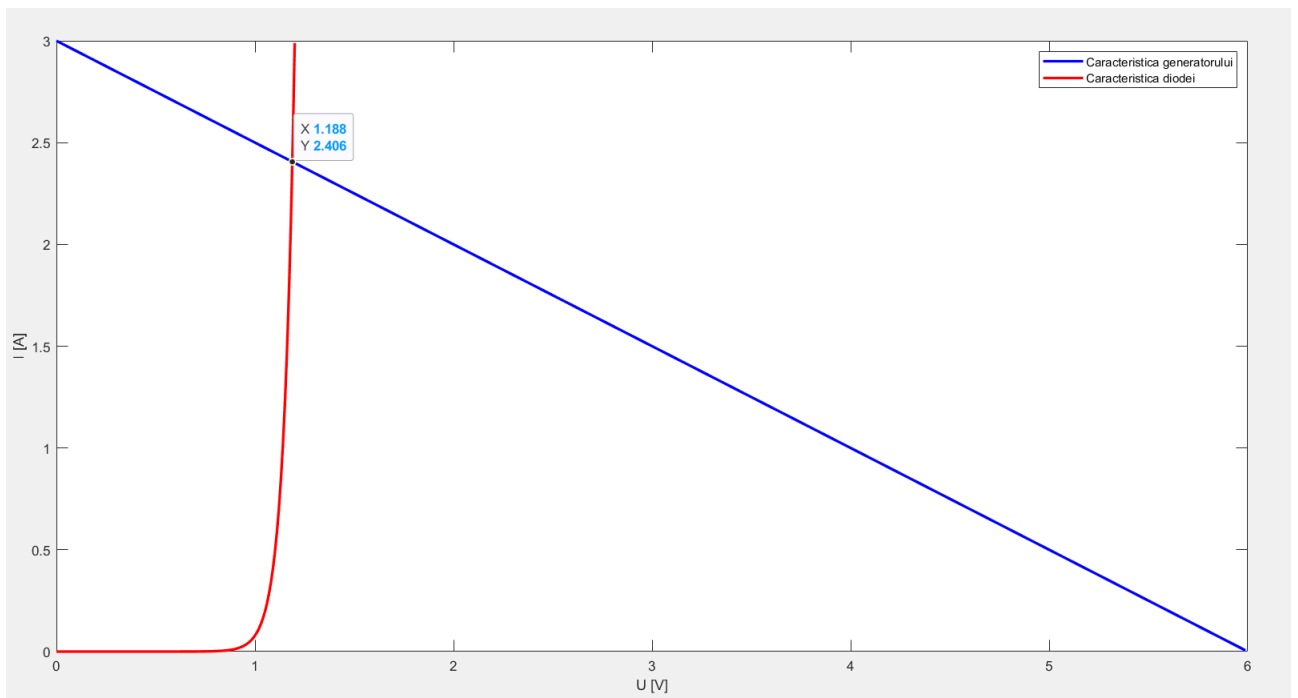
Am reprezentat punctul static de functionare, care se afla la intersectia celor doua drepte, avand valorile $I = 2$ A si $U = 2$ A.

3.3 Dioda semiconductoare in polarizare directa



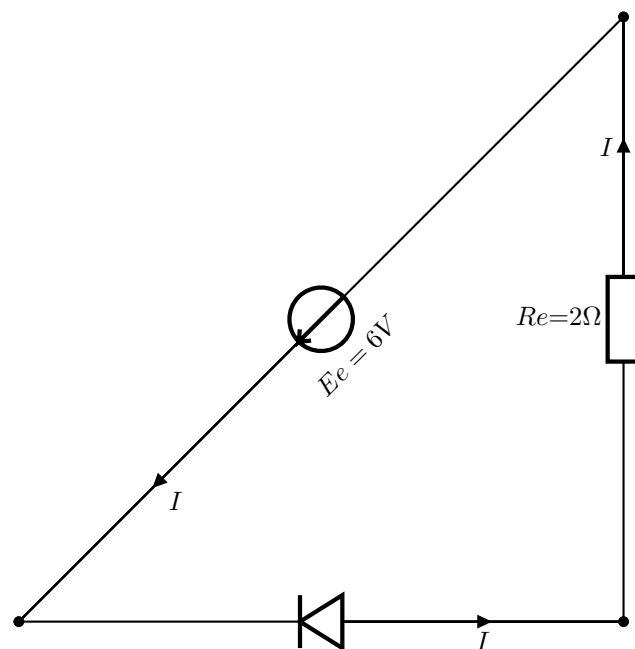
In codul Matlab de mai jos, R este rezistenta pe care o vom varia, U este tensiunea pe dioda si I este intensitatea prin ea.

```
1 - R = 0 : 1 : 1000;
2 - Ee = 6;
3 - Re = 2;
4 - I = Ee ./ (Re + R);
5 - U = I .* R;
6 - plot(U, I, 'b', 'LineWidth', 2);
7 - hold on
8 - U2 = 0 : 0.01 : 1.2;
9 - I2 = (1e-9) * (exp(U2/5.5e-2) - 1);
10 - xlabel('U [V]');
11 - ylabel('I [A]');
12 - plot(U2, I2, 'r', 'LineWidth', 2);
13 - legend('Caracteristica generatorului', 'Caracteristica diodei');
```



Polarizarea directa cu punctul static de functionare.

3.4 Dioda semiconductoră în polarizare inversă

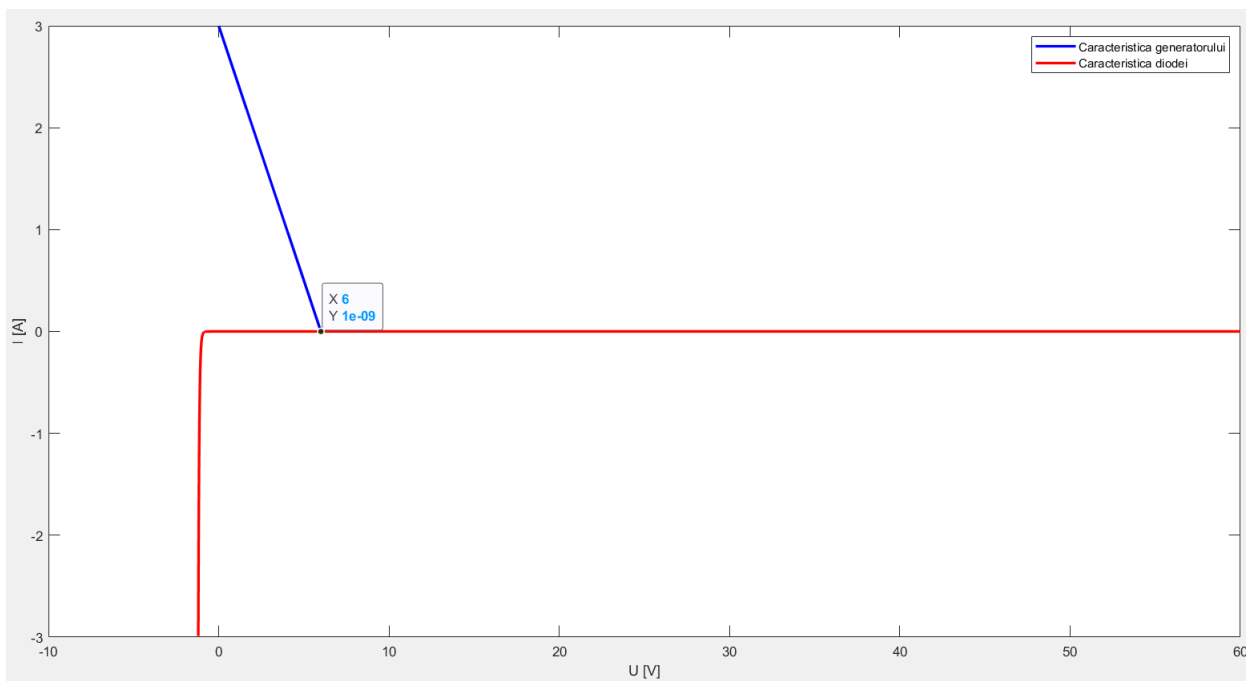


În codul Matlab de mai jos, R este rezistența pe care o vom varia, U este tensiunea pe diodă și I este intensitatea prin ea.

```

1 - R = 0 : 1 : 1000;
2 - Ee = 6;
3 - Re = 2;
4 - I = Ee ./ (Re + R);
5 - U = I .* R;
6 - plot(U, I, 'b', 'LineWidth', 2);
7 - hold on
8 - U2 = -60 : 0.01 : 1.2;
9 - I2 = (1e-9) * (1 - exp(U2/5.5e-2));
10 - plot(-U2, I2, 'r', 'LineWidth', 2);
11 - xlabel('U [V]');
12 - ylabel('I [A]');
13 - legend('Caracteristica generatorului', 'Caracteristica diodei');

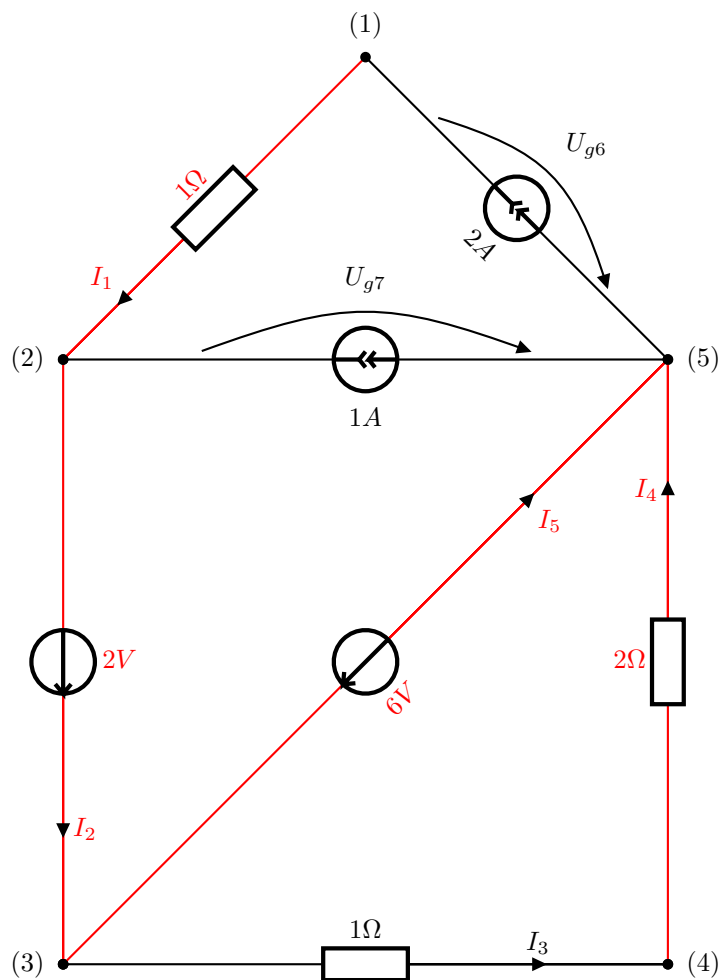
```



Polarizarea inversă cu punctul static de funcționare.

4 Simulatorul Spice

4.1 Circuitul Initial



SPICE Netlist: E:\LTSpice\Draft2.net

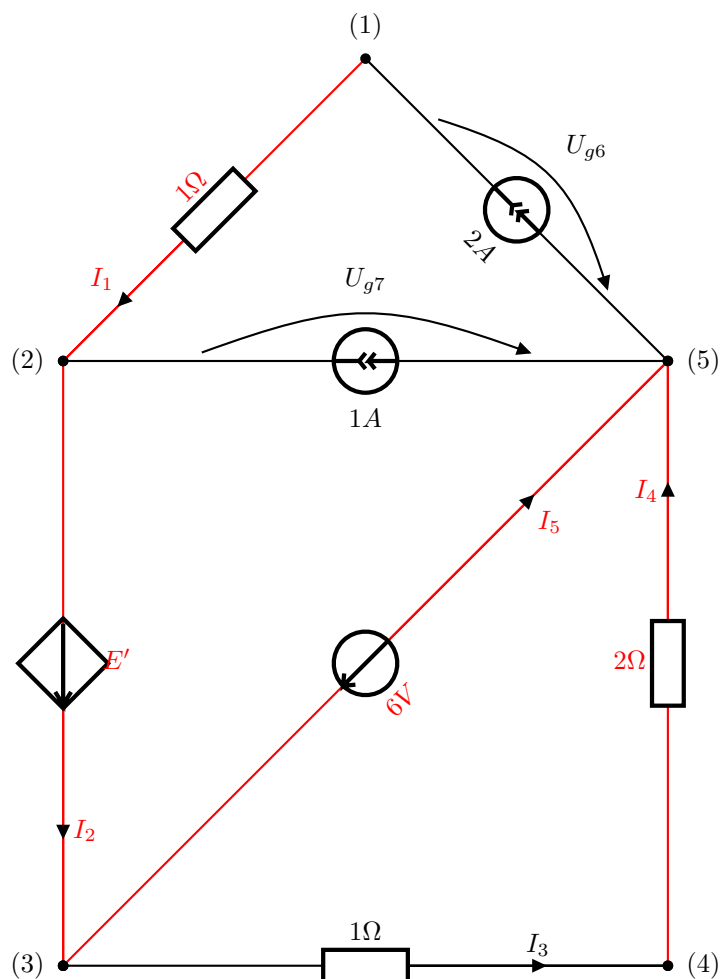
```
* E:\LTSpice\Draft2.asc
ISG7 5 2 1A
R3 3 0 1
R4 0 5 2
VSE5 3 5 6V
ISG6 5 1 2A
R1 1 2 1
VSE2 3 2 2V
.op
.backanno
.end
```

* E:\LTSpice\Draft2.asc

--- Operating Point ---

V(5) :	-4	voltage
V(2) :	0	voltage
V(3) :	2	voltage
V(1) :	2	voltage
I(G6) :	2	device_current
I(G7) :	1	device_current
I(R1) :	2	device_current
I(R4) :	2	device_current
I(R3) :	2	device_current
I(E2) :	-3	device_current
I(E5) :	1	device_current

4.2 Circuitul cu SUCI



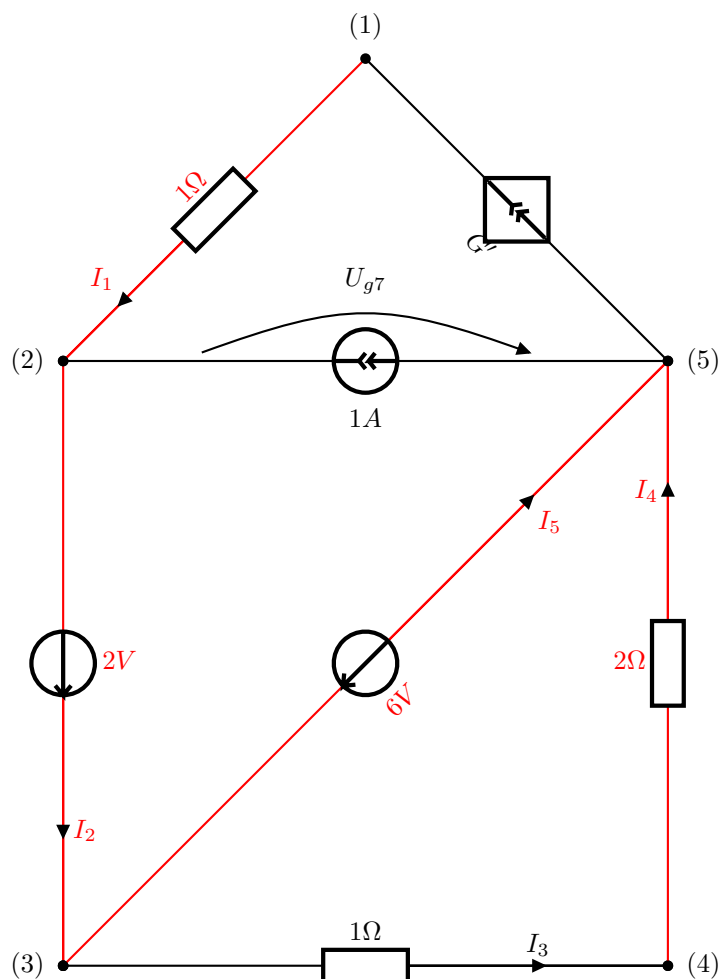
Am ales E_2 pentru a fi înlocuit cu o SUCI (în spice este H_1), care va fi comandată de E_5 . $Rez_{transfer} = E_2/I_5 = 2/1 = 1$.

--- Operating Point ---

```
* C:\Users\dobre\Desktop\SpiceELTH\SpiceELTH.asc
ISG7 5 2 1A
R3 3 0 1
R4 0 5 2
VSE5 3 5 6V
ISG6 5 1 2A
R1 1 2 1
H1 3 2 E5 2
.op
.backanno
.end
```

V(5) :	-4	voltage
V(2) :	0	voltage
V(3) :	2	voltage
V(1) :	2	voltage
I(H1) :	-3	device_current
I(G6) :	2	device_current
I(G7) :	1	device_current
I(R1) :	2	device_current
I(R4) :	2	device_current
I(R3) :	2	device_current
I(E5) :	1	device_current

4.3 Circuitul cu SICU

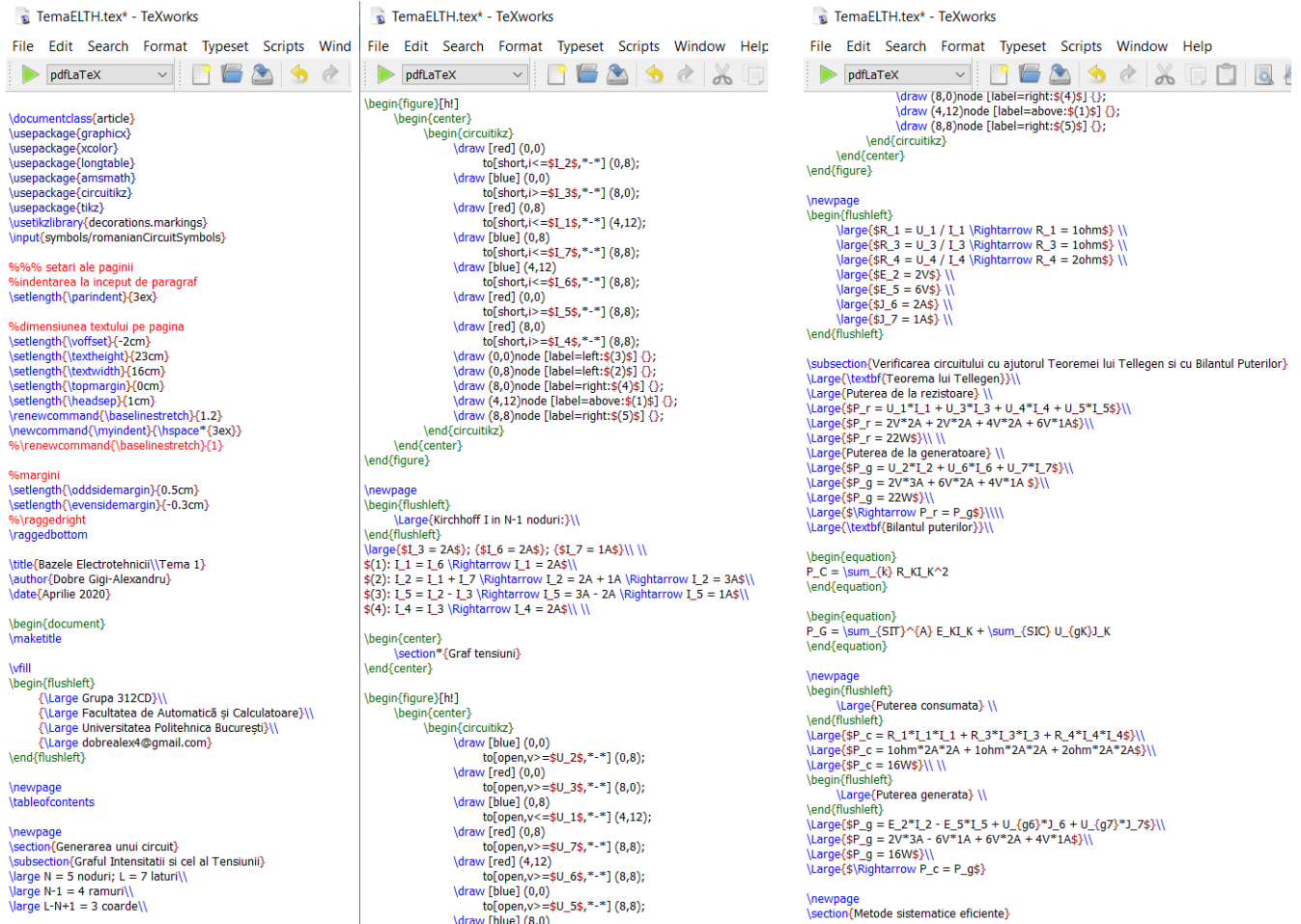


Am ales G_6 pentru a fi înlocuit cu o SICU, cu nodurile care generează tensiunea fiind 2 și 3 (în spice este G_1). $Cond_{transfer} = I_6/(V_2 - V_3) = 2/(-2) = -1$.

--- Operating Point ---		
* C:\Users\dobre\Desktop\SpiceELTH\SpiceELTH.asc	V(5) :	-4 voltage
ISG7 5 2 1A	V(2) :	0 voltage
R3 3 0 1	V(3) :	2 voltage
R4 0 5 2	V(1) :	2 voltage
VSE5 3 5 6V	I(G7) :	1 device_current
R1 1 2 1	I(R1) :	2 device_current
VSE2 3 2 2V	I(R4) :	2 device_current
G1 5 1 2 3 -1	I(R3) :	2 device_current
.op	I(G1) :	2 device_current
.backanno	I(E2) :	-3 device_current
.end	I(E5) :	1 device_current

5 Redactare Latex

Pentru redactarea temei în LaTeX, circuitele au fost realizate prin scrierea codului in LaTeX, iar imaginile folosite pentru tema sunt screenshot-uri din Matlab, LTSpice și LaTeX.



6 Bibliografie

1. Daniel Ioan, Circuite electrice

rezistive - breviare teoretice și probleme,

<http://www.lmn.pub.ro/daniel/culegere.pdf>, 2000.

2. G. Ciuprina, A. Gheorghe, M. Popescu, D. Niculae, A.S. Lup, R. Bărbulescu, D. Ioan, Modelarea și simularea circuitelor electrice. Îndrumar de laborator, Disponibil pe site-ul de cursuri

<https://acs.curs.pub.ro/2018/course/view.php?id=1095>.

3. Gabriela Ciuprina Template pentru redactarea rapoartelor in LaTeX (v3),

Disponibil la <http://www.lmn.pub.ro/gabriela/LatexTemplate4Students/>.