
Temă la Bazele Electrotehnicii

DRAGNE LAVINIA-ȘTEFANA

314CA, ACS, UPB

lavinia.dragne@stud.acs.upb.ro

10 mai 2020

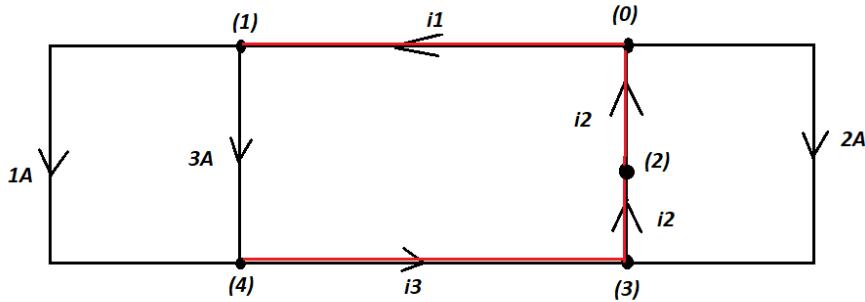
Contents

1 Generarea unui circuit	3
1.1 Generarea grafului de curenți	3
1.2 Generarea grafului de tensiuni	4
1.3 Bilanțul de puteri	5
1.4 Alegerea elementelor ideale de circuit și calcularea parametrilor	5
1.5 Alegerea unui arbore normal	6
2 Metode sistematice eficiente	7
2.1 Analiza eficienței metodelor sistematice	7
2.2 Rezolvarea sistemului	8
3 Generatorul echivalent de tensiune/curent	9
3.1 Codul necesar obținerii graficelor	12
3.2 Graficul intensității curentului în funcție de rezistență	13
3.3 Graficul tensiunii în funcție de rezistență	14
3.4 Graficul puterii în funcție de rezistență	15
3.5 Caracteristica rezistorului liniar și a generatorului liniar	17
3.6 Dioda semiconductoare	20
4 Surse comandate	26
4.1 Simularea circuitului inițial	26
4.2 Sursa de curent comandată în tensiune	27
4.3 Sursa de tensiune comandată în curent	28
5 Redactarea în Latex	29
6 Bibliografie	30

1 Generarea unui circuit

Am ales 2 grafuri, G_i pentru curenți, respectiv G_u , pentru tensiuni. Acestea 2 corespund aceluiași circuit, care respectă cerințele din enunț, respectiv este un circuit electric liniar rezistiv, fără surse comandate, cu cel puțin o sursă de tensiune și cel puțin o sursă de curent. Topologia circuitului a fost aleasă, astfel încât graful circuitului să aibă cel puțin 3 ochiuri. Pentru construirea lui, am stabilit valori arbitrară pentru curenți, în coarde, iar pentru tensiuni, în ramuri, după care am dedus celelalte valori.

1.1 Generarea grafului de curenți

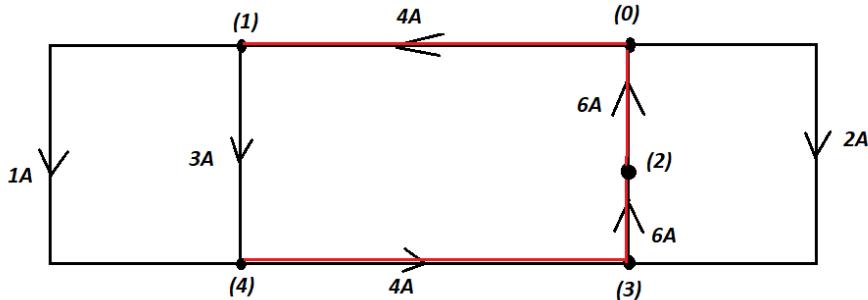


Graful de curenți - G_i

Aplicăm Legea I a lui Kirchhoff și vom obține următoarele valori pentru intensitățile curenților din ramuri:

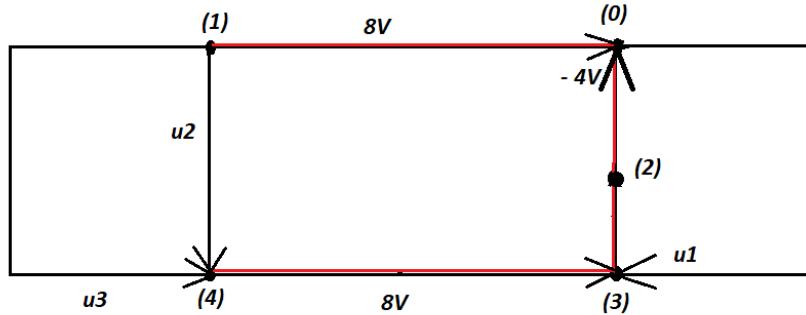
- În nodul (4): $i_3 = (3A + 1A)$. Deci $i_3 = 4A$.
- În nodul (3): $i_2 = (2A + i_3)$. Deci $i_2 = 6A$.
- În nodul (0): $i_1 = (i_2 - 2A)$. Deci $i_1 = 4A$.

Verificare în nodul (1): $i_1 = 1A + 3A$. Deci $i_1 = 4A$ exact cum am calculat mai sus.



Graful de curenți complet - G_i

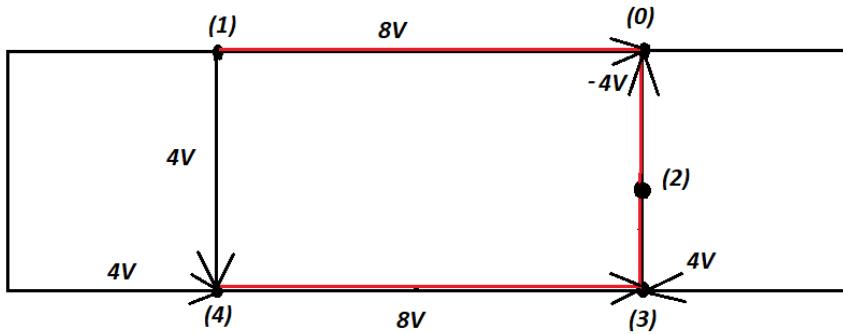
1.2 Generarea grafului de tensiuni



Graful de tensiuni - G_u

Aplicăm Legea II a lui Kirchhoff și vom obține următoarele valori pentru tensiunile curentilor din coarde:

- $u_1 = 4V$;
- $u_2 = (8V + 4V - 8V)$. Deci $u_2 = 4V$.
- $u_3 = u_2$. Deci $u_3 = 4V$.



Graful de tensiuni complet - G_u

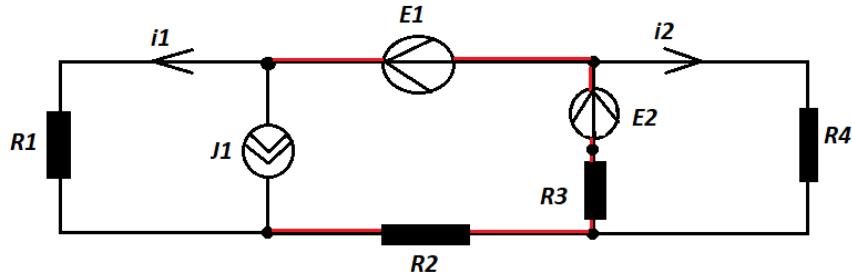
1.3 Bilanțul de puteri

Verific perechea de grafuri cu Teorema lui Tellegen și faptul că am calculat corect elementele de circuit, folosindu-mă de bilanțul de puteri.

- $P_r = 1A * 4V + 4A * 8V + 6A * (-4)V + 2A * 4V + 3A * 4V;$
- $P_r = 32W.$
- $P_g = 4A * 8V;$
- $P_g = 32W.$

Deci $P_r = P_g$, sumele de puteri sunt egale, Teorema lui Tellegen este respectată.

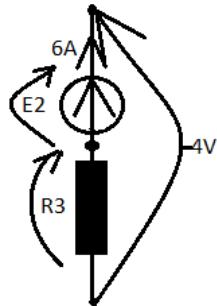
1.4 Alegerea elementelor ideale de circuit și calcularea parametrilor



Reprezentarea circuitului

Folosind G_i și G_u calculam parametrii:

- $R_1 = 4V/1A$. Deci $R_1 = 4 \text{ ohm}$.
- $R_2 = 8V/4A$. Deci $R_2 = 2 \text{ ohm}$.
- $R_4 = 4V/2A$. Deci $R_4 = 2 \text{ ohm}$.
- $E_1 = 8 \text{ V}$.
- $J_1 = 3 \text{ A}$.



Latura dintre nodurile (0) și (3)

- $(-4) V = 6A * R_3 - E_2$.
Aleg $R_3 = 1$ ohm, deci $E_2 = 10$ V.

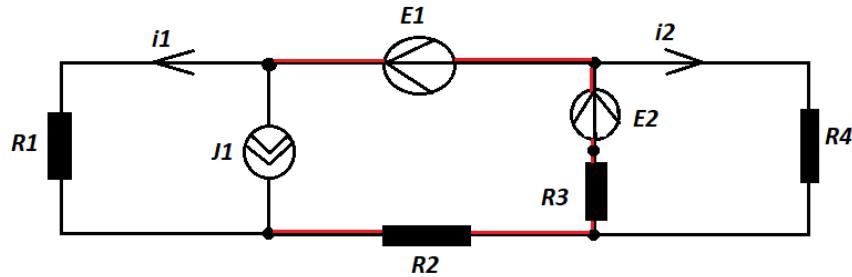
Verific bilanțul de puteri:

- $P_c = (4 \text{ ohm}) * (1A)^2 + (2 \text{ ohm}) * (4A)^2 + (1 \text{ ohm}) * (6A)^2 + (2 \text{ ohm}) * (2A)^2$
- $P_c = 80 \text{ w}$
- $P_g = (10 \text{ V}) * (6A) + (8 \text{ V}) * (4A) - (4 \text{ V}) * (3A)$
- $P_g = 80 \text{ w}$

Deci $P_c = P_g$, sumele de puteri sunt egale, Teorema lui Tellegen este respectată.

1.5 Alegerea unui arbore normal

Circuitul este formulat corect dacă conține un arbore normal, format din toate sursele ideale de tensiune(SIT-urile) și nicio sursă ideală de curent(SIC). În aceste condiții, sursele ideale de curent nu vor forma nici bucle, nici secțiuni.



Arborele normal

2 Metode sistematice eficiente

În această secțiune vom analiza ce metodă sistematică este cea mai eficientă pentru problema propusă, conform următorului tabel, ținând cont de elementele topologice ale circuitului.

- Elementele de topologie ale circuitului ales sunt:

- $N(\text{noduri}) = 5$;
- $L(\text{laturi}) = 7$;
- $n_{SIC} = 1$;
- $n_{SIT} = 1$;

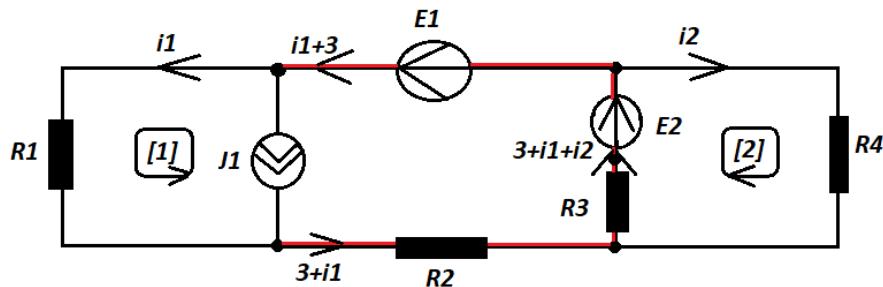
2.1 Analiza eficienței metodelor sistematice

Metodă	Număr de ecuații
Kirchhoff clasic	$2L = 14$
Kirchhoff în curenti	$L - N + 1 = 3$
Kirchhoff în tensiuni	$N - 1 = 4$
Curenti de coarde (curenți de bucle/curenți ciclici)	$L - N + n_{SIC} = 2$
Tensiuni în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex)	$N - 1 - n_{SIT} = 3$

Tabel cu metodele posibile, ce pot fi aplicate pentru rezolvare

Voi alege metoda curentilor în coarde pentru că aceasta necesită cel mai mic număr de ecuații de rezolvat, deci este cea mai eficientă.

Pentru a rezolva sistemul trebuie să aleg un arbore normal cu un SIC în coarde și cu toate SIT în ramuri.



Arborele normal

2.2 Rezolvarea sistemului

Voi reprezenta curenții din ramuri, în funcție de cei din coarde. Sistemul rezultat cu necunoscutele I_1 și I_2 trebuie rezolvat.

- 1: $I_1 * R_1 - U_j = 0$
- 2: $I_2 * R_4 + (3 + I_1 + I_2) * R_3 - E_2 = 0$

Sistemul devine:

- 1: $I_1 * 4 - 4 = 0$
- 2: $I_2 * 2 + (4 + I_2) * 1 - 10 = 0$

Deci:

- 1: $I_1 = 1 \text{ A};$
- 2: $I_2 = 2 \text{ A};$

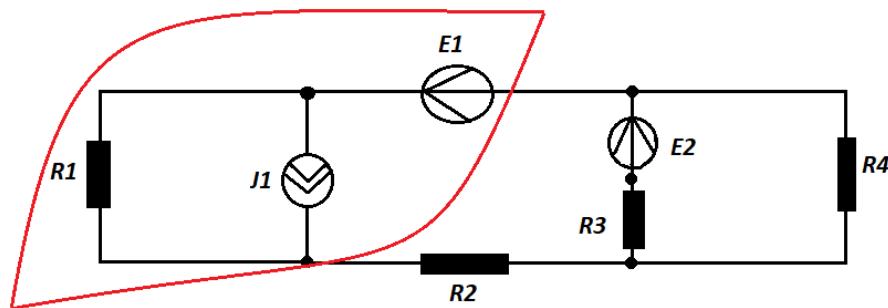
Intensitățile obținute sunt egale cu cele inițiale, deci am calculat corect.

3 Generatorul echivalent de tensiune/curent

Am ales latura cu rezistorul R_2 .

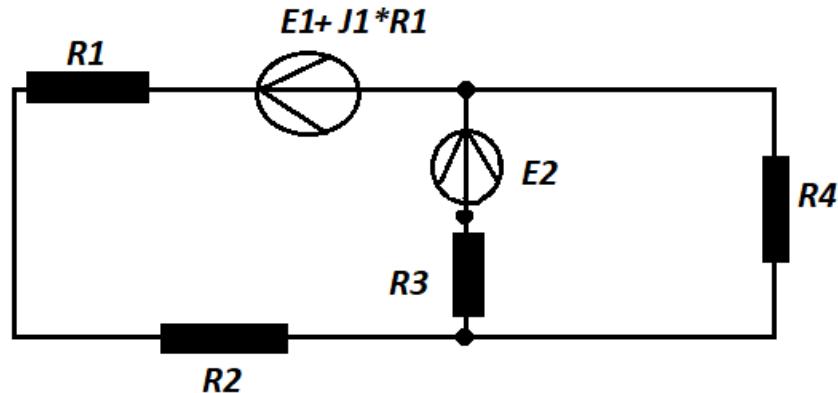
Voi determina, prin metoda echivalențelor, generatorul echivalent de tensiune, față de bornele rezistorului R_2 .

Trebuie să reduc circuitul inițial la unul echivalent.



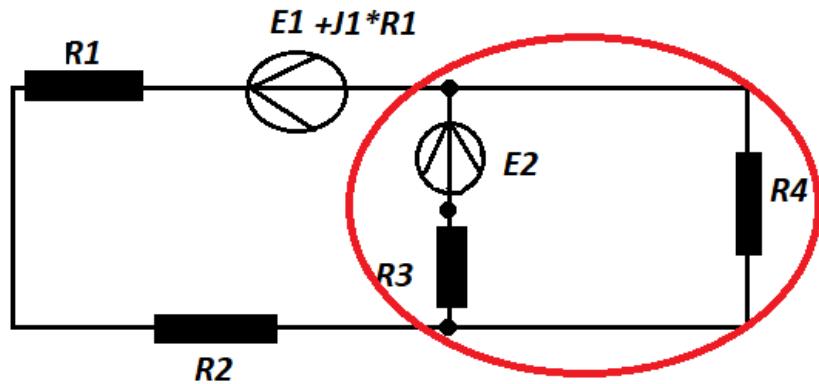
SRC si SIT în serie

Pentru aceasta, voi grupa SRC-ul, format din R_1 și J_1 , în serie, cu SIT-ul, determinat de E_1 , echivalentul lor fiind un SRT, de rezistență R_1 și tensiune $E_1 + J_1 * R_1$.



Circuitul rezultat după prima echivalență

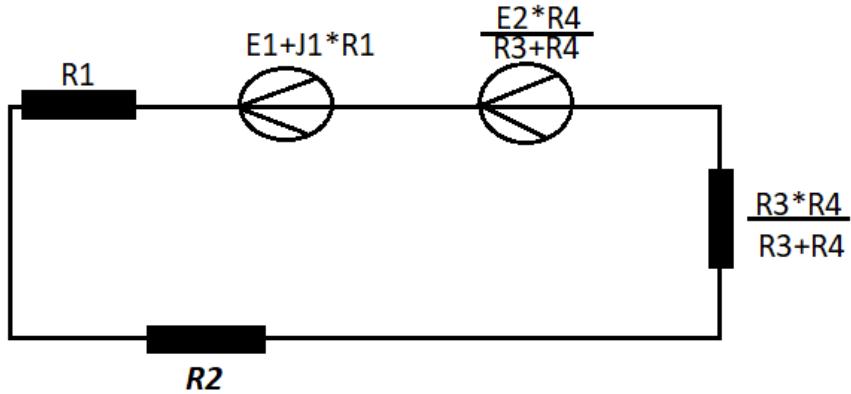
În circuitul rezultat, grupez SRT-ul format din E_2 și R_3 in paralel cu R_4 .



SRT-ul grupat în paralel cu R_4

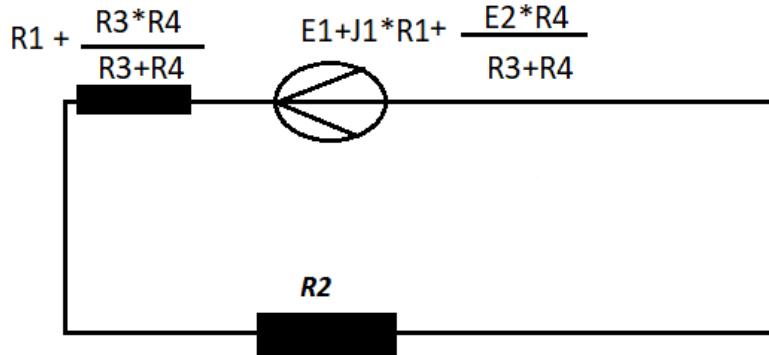
Gruparea este echivalentă cu un SRT de rezistență $(R_3 * R_4) / (R_3 + R_4)$ și tensiune $(E_2 * R_4) / (R_3 + R_4)$.

În continuare, se grupează cele 2 SRT-uri formate, în serie.



Circuitul rezultat după a 2-a echivalență

SRT-ul rezultat va fi de o rezistență echivalentă egală cu $(R_3 * R_4) / (R_3 + R_4) + R_1$ și tensiune $(E_2 * R_4) / (R_3 + R_4) + (E_1 + J_1 * R_1)$.



Circuitul rezultat după a 3-a echivalentă

Calculez valorile, înlocuind numeric, în expresia algebrică obținută.

Astfel:

$$R_3 + R_4 = 3 \text{ ohm};$$

- $R_e = [(1 \text{ ohm} * 2 \text{ ohm}) / (1 \text{ ohm} + 2 \text{ ohm})] + 4 \text{ ohm};$
- $E_e = (8 \text{ V} + 3 \text{ A} * 4 \text{ ohm}) + (10 \text{ V} * 2 \text{ ohm}) / (1 \text{ ohm} + 2 \text{ ohm}).$

Deci:

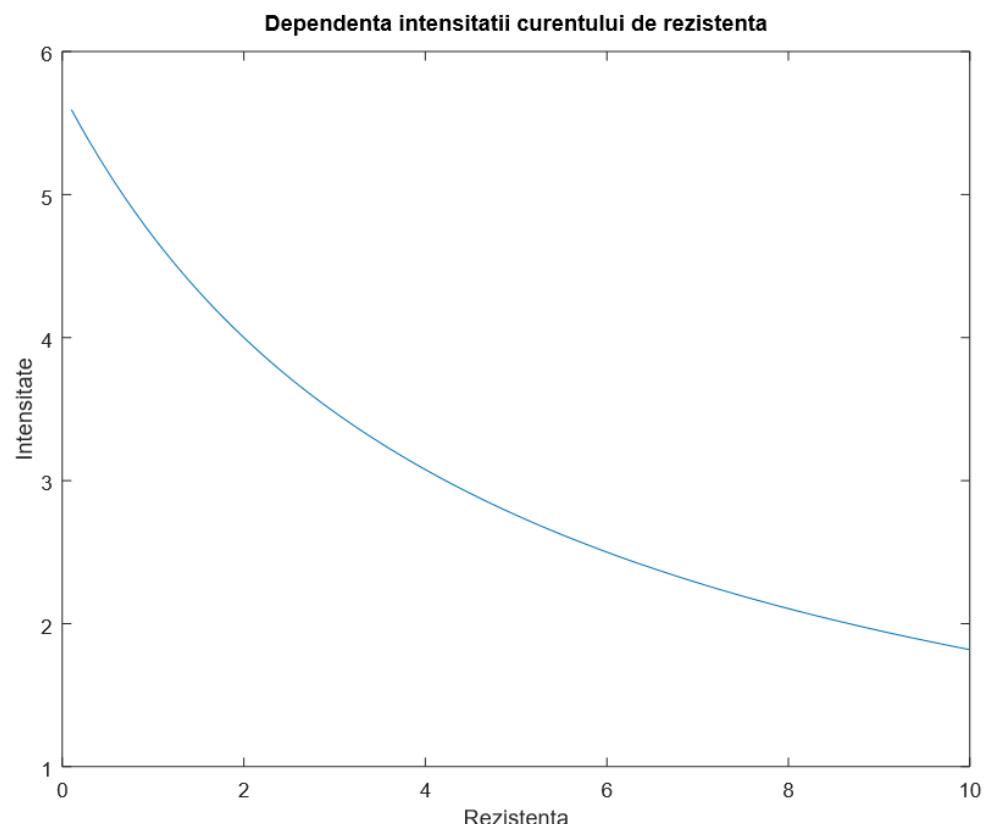
- $R_e = 14/3 \text{ ohm}$; Adică $R_e = 4.666 \text{ ohm}.$
- $E_e = 80/3 \text{ V}$. Adică $E_e = 26.666 \text{ V}.$
- $U_{gol} = E_e$. Deci $U_{gol} = 80/3 \text{ V}$; Adică $U_{gol} = 26.666 \text{ V}.$
- $I_{sc} = E_e / R_e$. Deci $I_{sc} = 40/7 \text{ A}$; Adică $I_{sc} = 5.714 \text{ A}.$

3.1 Codul necesar obținerii graficelor

```
1 function plots()
2
3     R2 = [0.1:0.1:10];
4     Ee = 80 / 3;
5     Re = 14 / 3;
6
7     I = [];
8     U = [];
9     P = [];
10
11
12     I = Ee ./ (Re .+ R2);
13     U = R2 .* I;
14     P = U .* I;
15
16
17     figure(1)
18     plot(R2, I);
19     xlabel("Rezistenta");
20     ylabel("Intensitate");
21     title("Dependenta intensitatii curentului de rezistenta");
22
23     figure(2)
24     plot(R2, U);
25     xlabel("Rezistenta");
26     ylabel("Tensiune");
27     title("Dependenta tensiunii curentului de rezistenta");
28
29     figure(3)
30     plot(R2, P);
31     xlabel("Rezistenta");
32     ylabel("Putere");
33     title("Dependenta puterii curentului de rezistenta");
34
35 endfunction
36
```

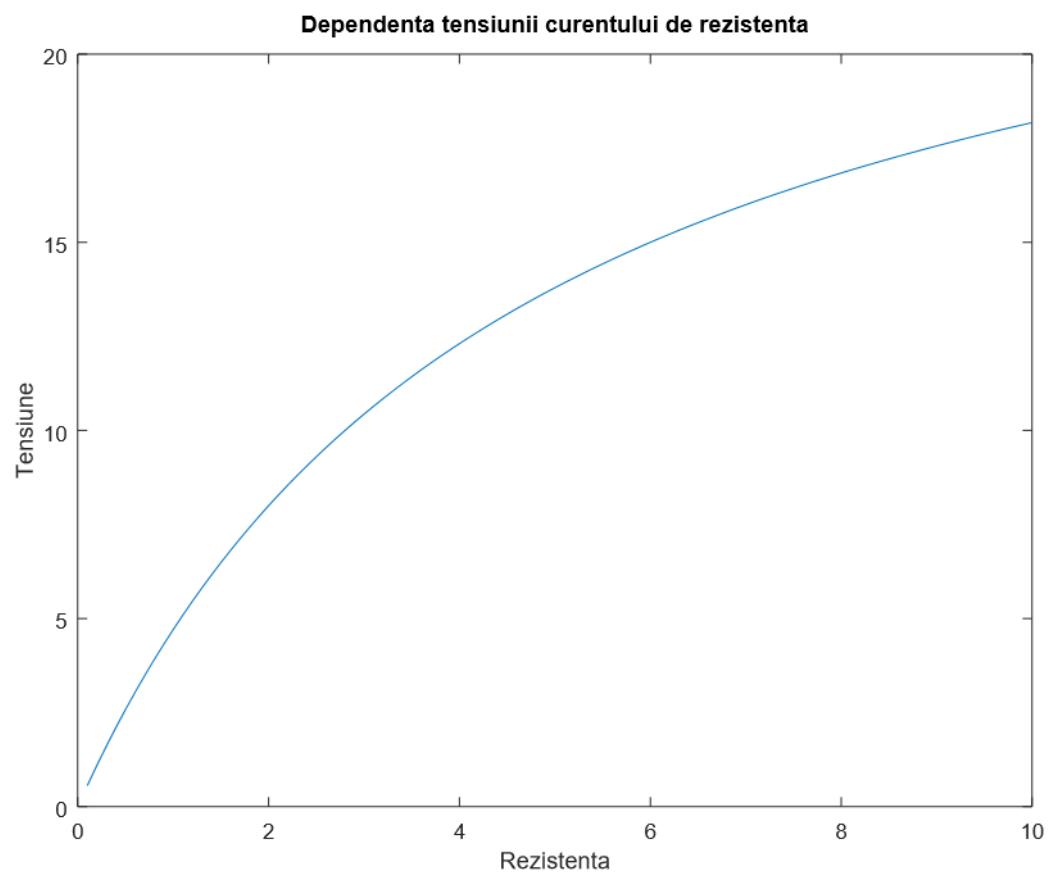
Codul pentru grafice în Octave

3.2 Graficul intensității curentului în funcție de rezistență



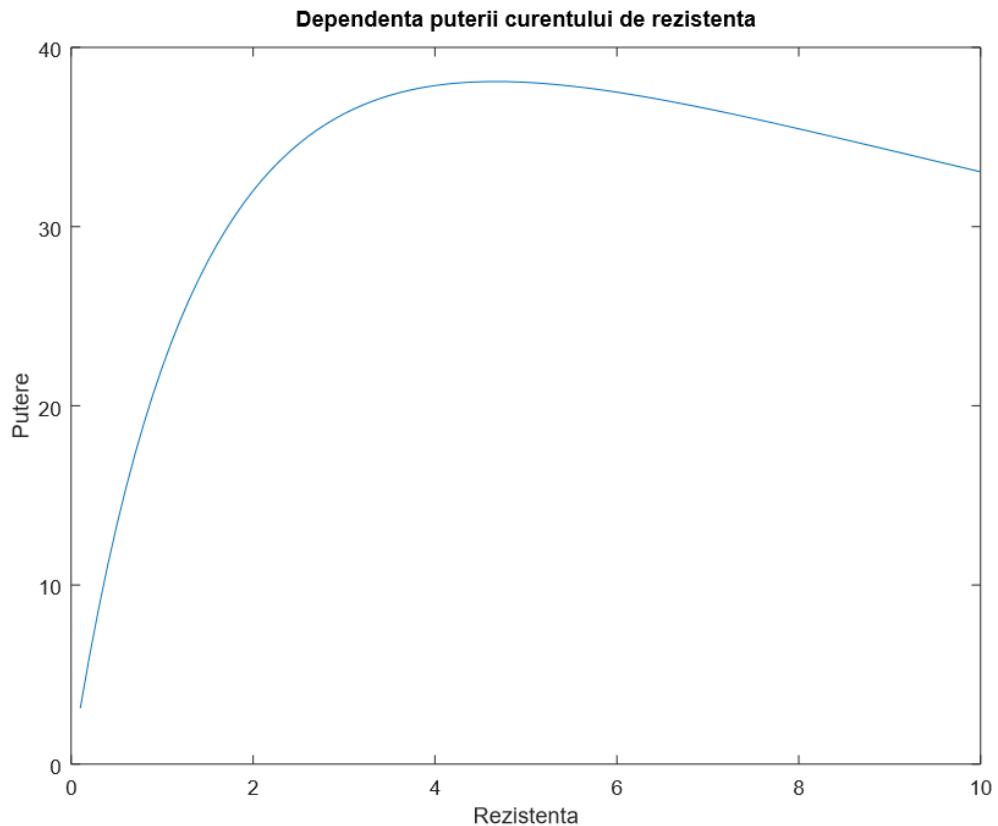
Dependența intensității curentului în funcție de rezistență în Octave

3.3 Graficul tensiunii în funcție de rezistență



Dependența tensiunii în funcție de rezistență în Octave

3.4 Graficul puterii în funcție de rezistență

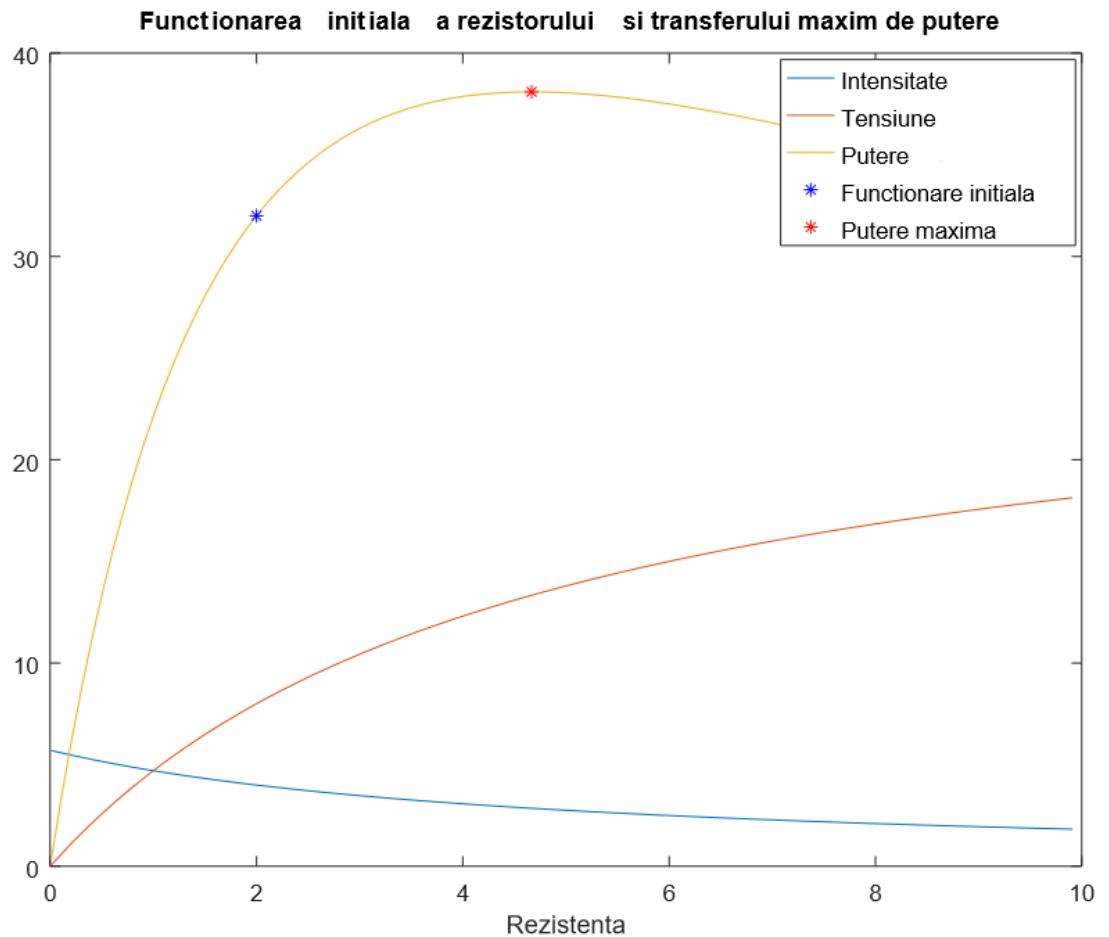


Dependența puterii în funcție de rezistență în Octave

Pentru reprezentare am ales gama de valori pentru R_2 în intervalul [0.01,10] ohm. Transferul maxim de putere are loc atunci când rezistența de sarcină este egală cu rezistența generatorului echivalent, adică $R_2 = R_e$ și este egală cu 38.095 w.

Transferul maxim de putere are loc pentru $R_2 = 14 / 3$ ohm, adică 4.666 ohm, reprezentat pe grafic prin punctul roșu.

Funcționarea inițială, a circuitului, este marcată pe grafic prin punctul albastru și este corespunzătoare pentru $R_2 = 2$ ohm.



Cele 3 grafice

```

1 function pmax()
2
3     R2 = [0.01:0.1:10];
4     Ee = 80 / 3;
5     Re = 14 / 3;
6
7     I = [];
8     U = [];
9     P = [];
10
11
12     I = Ee ./ (Re .+ R2);
13     U = R2 .* I;
14     P = U .* I;
15
16     R2i = 2; % R2 initial
17     i = Ee / (R2i + Re); % intensitatea curentului in functionare initiala
18     Pi = i^2 * R2i; % puterea in functionarea initiala
19     Pmax = (Ee^2) / (4 * Re);
20
21     figure(1)
22     plot(R2, I, R2, U, R2, P);
23     hold on
24     plot(R2i, Pi, "b*");
25     plot(Re, Pmax, "r*");
26     xlabel("Rezistenta");
27     title(" Funcționarea inițială a rezistorului și transferului maxim de putere");
28     legend("Intensitate", "Tensiune", "Putere", "Functionare initiala", "Putere maxi
29
30 endfunction

```

Codul pentru cele 3 grafice

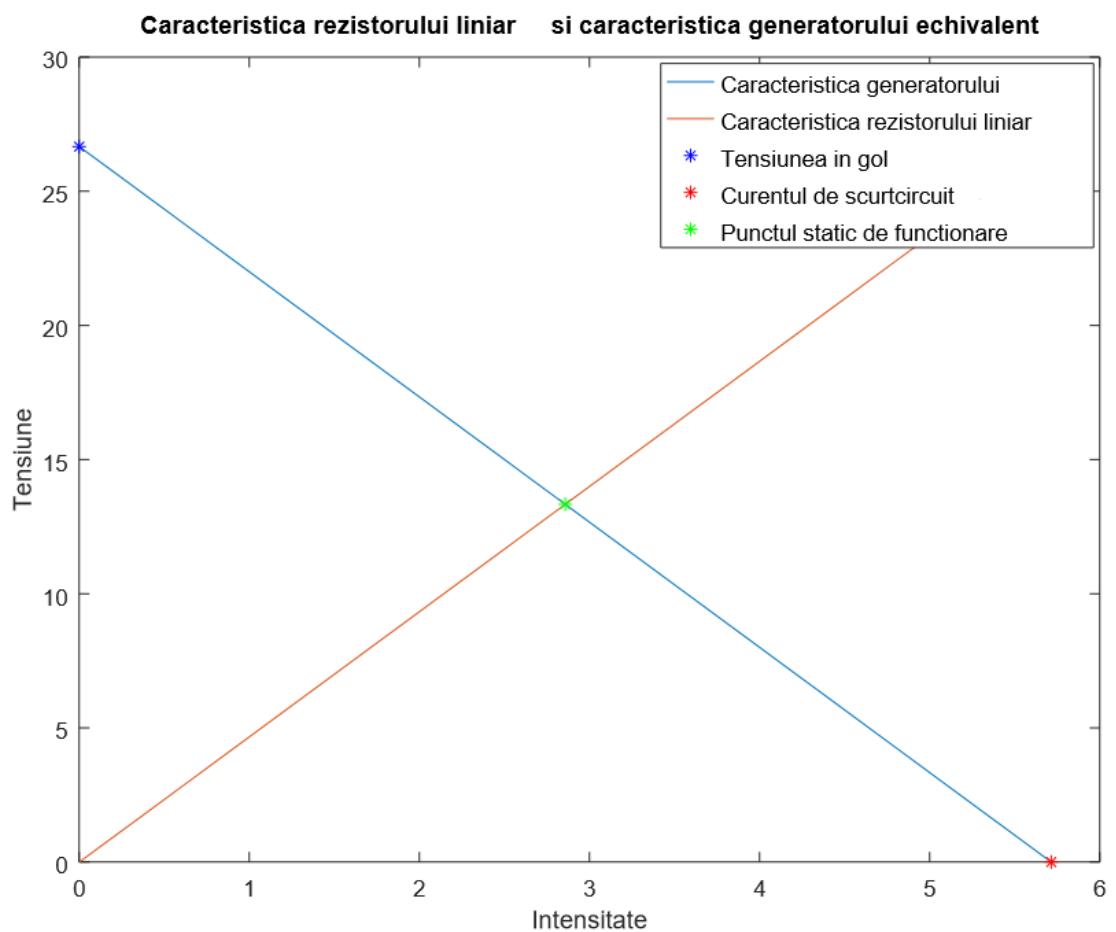
3.5 Caracteristica rezistorului liniar și a generatorului liniar

Stim:

- $U_{gol} = 80/3$ V. Deci $U_{gol} = 26.666$ V.
- $I_{sc} = 40/7$ A. Deci $I_{sc} = 5.714$ A.

Trasez, pe același grafic, caracteristica rezistorului liniar și caracteristica generatorului echivalent, rezultat în urmă transformărilor.

Punctul static de funcționare se află la intersecția celor 2 drepte reprezentate, adică la $20/7$ A = 2.85 A și $40/3$ V = 13.33 V.



Caracteristica rezistorului liniar și a generatorului echivalent

```

1 function dependenta()
2
3     R2 = 2;
4     Ee = 80 / 3;
5     Re = 14 / 3;
6     Isc = Ee / Re;
7
8     I = [0:0.1:Isc];
9
10    Ugol = Ee;
11    U1 = -Re .* I + Ee;
12    U2 = Re .* I;
13
14    figure(1)
15    plot(I, U1, I, U2);
16    hold on
17    plot(0, Ugol, "b*");
18    plot(Isc, 0, "r*");
19    plot(20 / 7, 40 / 3, "g*");
20    xlabel("Intensitate");
21    ylabel("Tensiune");
22    title("Caracteristica rezistorului liniar și caracteristica generatorului echivalent");
23    legend("Caracteristica generatorului", "Caracteristica rezistorului liniar",
24           "Tensiunea in gol", "Curentul de scurtcircuit", "Punctul static de functionare");
25
26 endfunction
27

```

Codul corespunzător în Octave pentru cele 2 caracteristici

3.6 Dioda semiconductoare

Am înlocuit rezistorul R_2 cu o diodă semiconductoare.

Trebuie să refac graficele pentru evidențierea punctul static de funcționare.

Pe grafice voi reprezenta caracteristica generatorului echivalent, alături de curba elementului nelinier, mai precis caracteristica diodei.

Se alege un model exponentional și se ține cont de ecuația:

$$I(U) = I_s * (e^{(U/V_T)} - 1).$$

Se va alege, conform indicațiilor din breviarul de seminar:

- $V_T = 26\text{mV}$;
- $I_s = 10\text{pA}$.

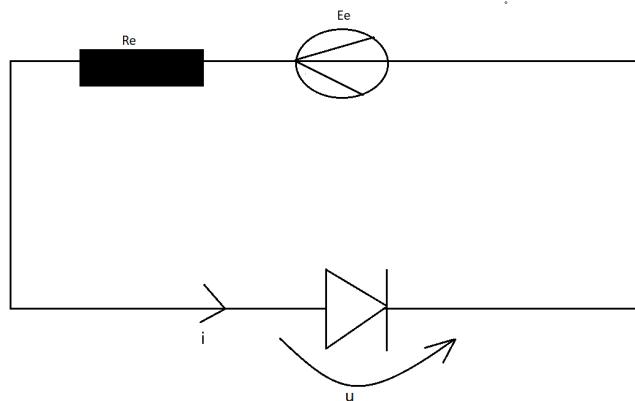
Tensiunea de prag, V_p , va fi 0.6V .

Dioda poate fi polarizată direct sau invers. Se vor reprezenta ambele moduri de plasare ale diodei.

Punctul static de funcționare se determină cu metoda de rezolvare geometrică a unui sistem de ecuații și anume metoda dreptei de sarcină. Punctul se va afla la intersecția dintre cele 2 caracteristici.

Dacă se dorește o rezolvare mai precisă se poate folosi o metodă numerică, precum cea a bisecției sau modelul liniar pe porțiuni.

- Polarizare directă



Dioda polarizată direct

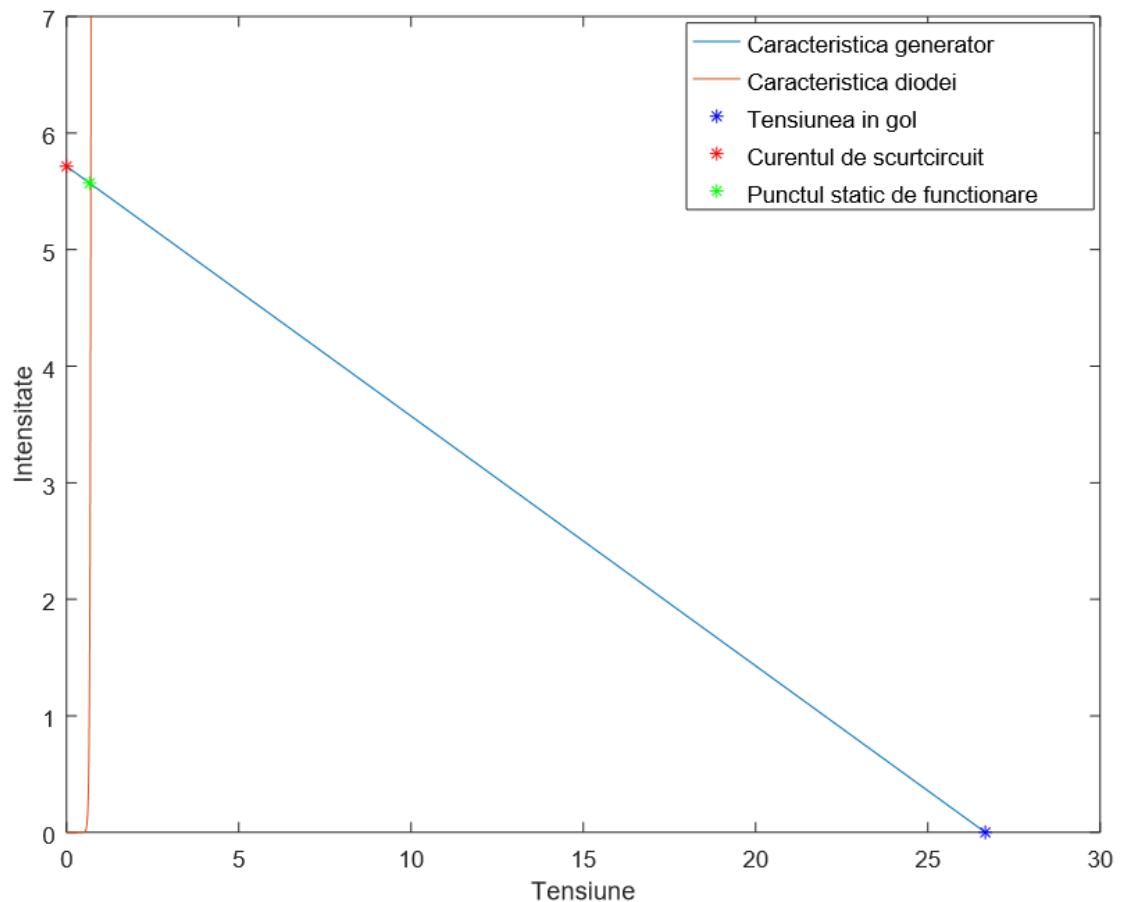
```

1 function dioda()
2
3     R2 = 2;
4     Ee = 80 / 3;
5     Re = 14 / 3;
6     Isc = Ee / Re;
7     I_s = 10^(-11);
8     V_T = 0.026;
9
10    U = [0: 0.01: 80 / 3];
11
12    Ugol = Ee;
13    I = (Ee - U) ./ Re;
14    I2 = I_s * (e^(U / V_T) - 1);
15
16    figure(1)
17    plot(U, I, U, I2);
18    hold on
19    plot(Ugol, 0, "b*");
20    plot(0, Isc, "r*");
21    plot(0.668, 5.57, "g*");
22    axis([0 30 0 7]);
23    xlabel("Tensiune");
24    ylabel("Intensitate");
25    title("Caracteristica generatorului echivalent si a diodei semiconductoare polarizata directa");
26    legend("Caracteristica generator", "Caracteristica diodei", "Tensiunea in gol",
27          "Curentul de scurtcircuit", "Punctul static de functionare");
28
29 endfunction

```

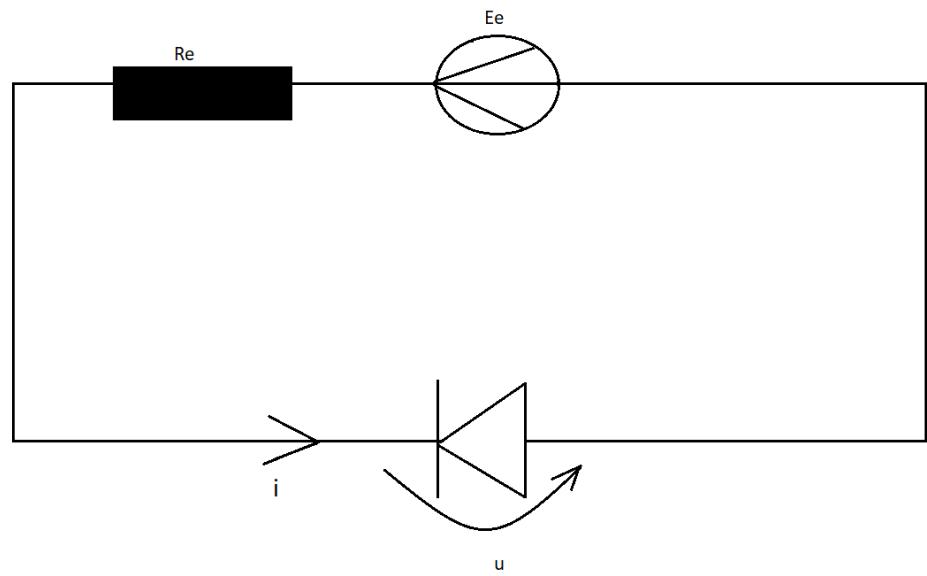
Codul corespunzător în Octave pentru cele 2 caracteristici

Caracteristica generatorului echivalent și a diodei semiconductoare polarizata direct



Caracteristica generatorului echivalent și a diodei semiconductoare polarizate direct

- Polarizare inversă



Dioda polarizată invers

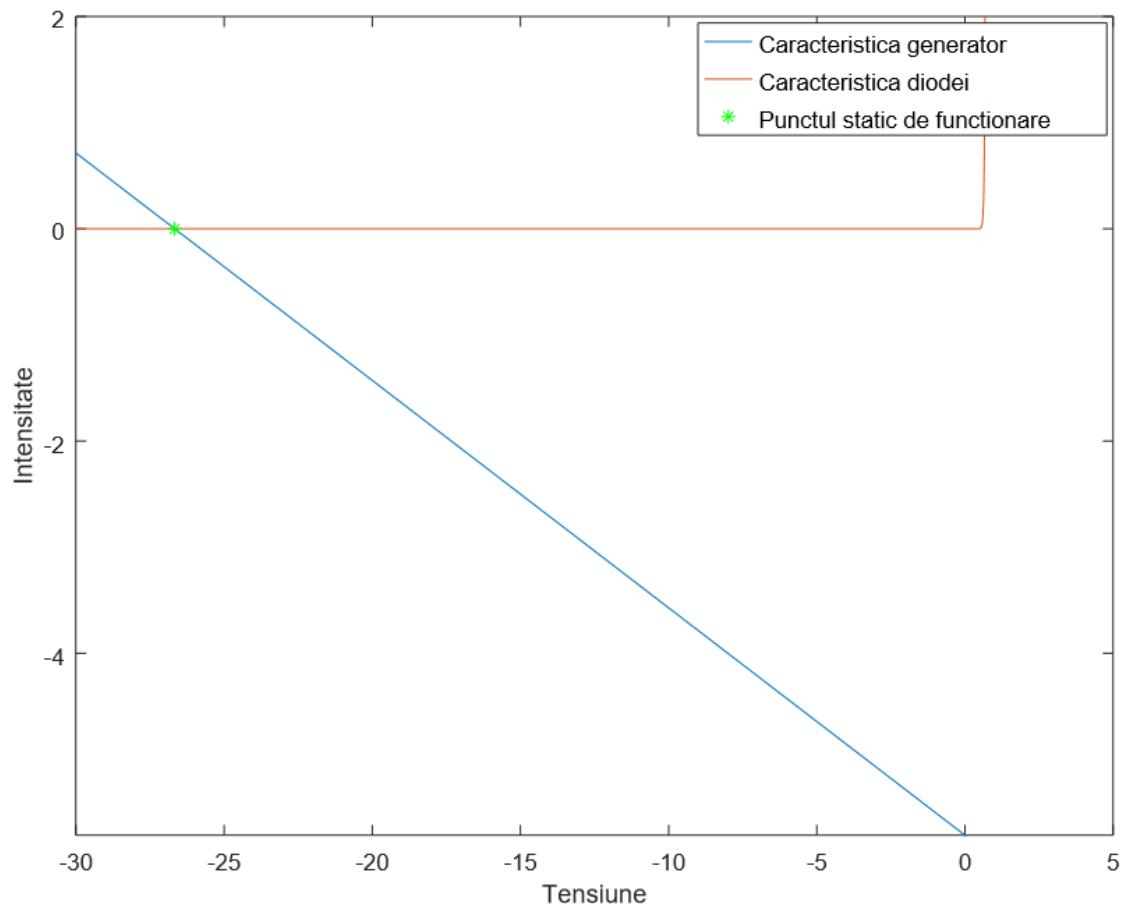
```

1 function diodainv()
2
3     R2 = 2;
4     Ee = -80 / 3;
5     Re = 14 / 3;
6     Isc = Ee / Re;
7     I_s = 10^(-11);
8     V_T = 0.026;
9
10    U = [-32.5: 0.01: 27];
11
12    Ugol = Ee;
13    I = (Ee - U) ./ Re;
14    I2 = I_s * (e.^(U / V_T) - 1);
15
16    figure(1)
17    plot(U, I, U, I2);
18    hold on
19    plot(-26.666, 0, "g*");
20    axis([-30 5 Isc 2]);
21    xlabel("Tensiune");
22    ylabel("Intensitate");
23    title("Caracteristica generatorului echivalent si a diodei semiconductoare polarizata invers");
24    legend("Caracteristica generatorului", "Caracteristica diodei", "Punctul static de functionare");
25
26 endfunction
27

```

Codul corespunzător în Octave pentru cele 2 caracteristici

Caracteristica generatorului echivalent și a diodei semiconductoare polarizata invers

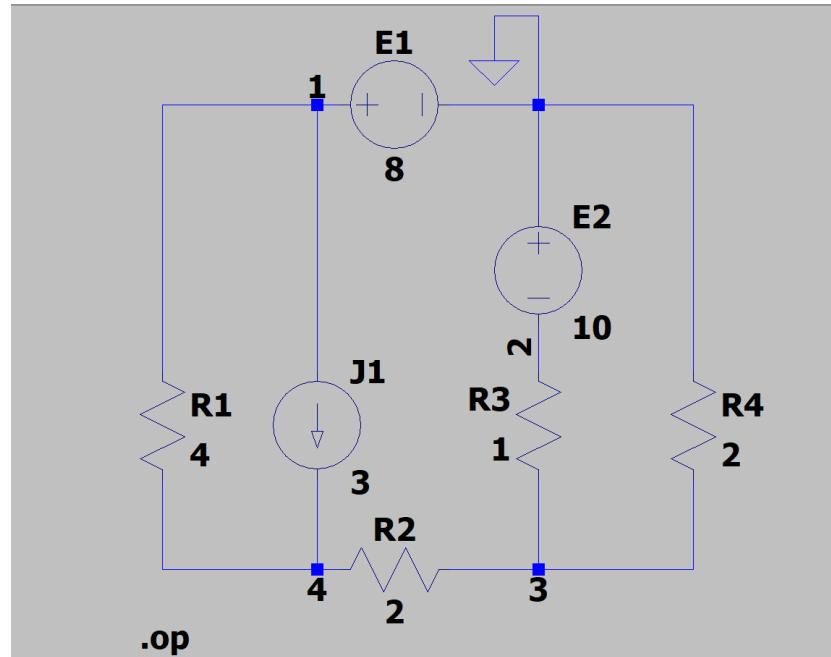


Caracteristica generatorului echivalent și a diodei semiconductoare
polarizate invers

4 Surse comandate

Pentru generarea circuitului am folosit LTSpice.

4.1 Simularea circuitului inițial



Circuit inițial

The screenshot shows the LTSpice software interface with two windows. The left window displays the circuit file content:

```
* C:\Users\lavin\Desktop\Tema-elth\Circuit.asc
R1 1 4 4
R2 3 4 2
R3 3 2 1
ISJ1 1 4 3
V$E2 0 2 10
V$E1 1 0 8
R4 0 3 2
.op
```

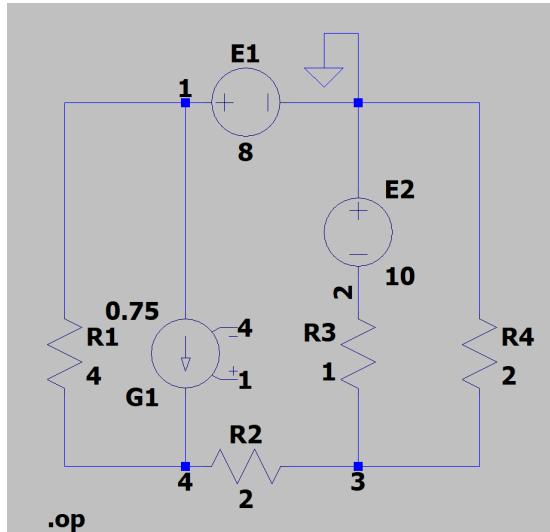
The right window shows the "Operating Point" analysis results:

Variable	Value	Type
V(1)	8	voltage
V(4)	-4	voltage
V(3)	-4	voltage
V(2)	-10	voltage
I(J1)	3	device_current
I(R4)	2	device_current
I(R3)	6	device_current
I(R2)	-4	device_current
I(R1)	1	device_current
I(E1)	-4	device_current
I(E2)	-6	device_current

Valori numerice circuit inițial

4.2 Sursa de curent comandată în tensiune

Am înlocuit sursa ideală de curent J1 cu o sursă ideală de curent comandată în tensiune, G1. Tensiunea de comandă am ales să fie furnizată de nodurile 4 și 1. Valoarea conductanței de transfer se obține din raportul dintre intensitatea inițială prin sursa ideală de curent și de tensiunea de comandă.



Circuit cu sursa de curent comandată în tensiune

The screenshot shows the LTspice XVII interface with the circuit file 'transf1-val' open. The circuit contains components R1 (4 ohms), R2 (2 ohms), R3 (1 ohm), R4 (2 ohms), G1 (0.75), E1 (8V), and E2 (10V). The operating point analysis results are displayed in the right panel:

```

* C:\Users\lavin\Desktop\Tema-elth\Circuit.asc
R1 1 4 4
R2 3 4 2
R3 3 2 1
V$E2 0 2 10
V$E1 1 0 8
R4 0 3 2
G1 1 4 1 4 0.75
.op
.backanno
.end

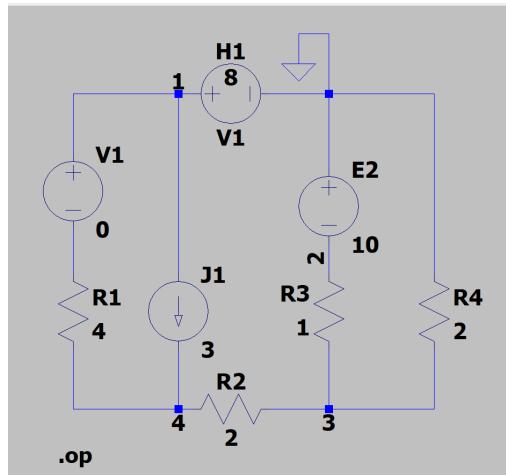
```

--- Operating Point ---		
V(1) :	8	voltage
V(4) :	4	voltage
V(3) :	-4	voltage
V(2) :	-10	voltage
I(R4) :	2	device_current
I(R3) :	6	device_current
I(R2) :	-4	device_current
I(R1) :	1	device_current
I(G1) :	3	device_current
I(E1) :	-4	device_current
I(E2) :	-6	device_current

Valori numerice cu sursa de curent comandată în tensiune

4.3 Sursa de tensiune comandată în curent

Am înlocuit sursa ideală de tensiune E_1 cu o sursă ideală de tensiune comandată în curent, H_1 . Intensitatea curentului de comandă am ales să fie pe latura determinată de nodurile 1 și 4 și rezistorul R_1 . Valoarea rezistenței de transfer se obține din raportul dintre tensiunea inițială a sursei ideale de tensiune și intensitatea curentului de comandă, de pe latura cu SIT-ul de tensiune 0V.



Circuit cu sursa de tensiune comandată în curent

```

LTspice XVII - [val2]
File Edit View Simulate Tools Window Help
Circuit transfi-val val2
* C:\Users\lavin\Desktop\Tema-elth\Circuit.asc
R1 N001 4 4
R2 3 4 2
R3 3 2 1
VSE2 0 2 10
R4 0 3 2
ISJ1 1 4 3
H1 1 0 V1 8
V1 1 N001 0
.op
.backanno
.end

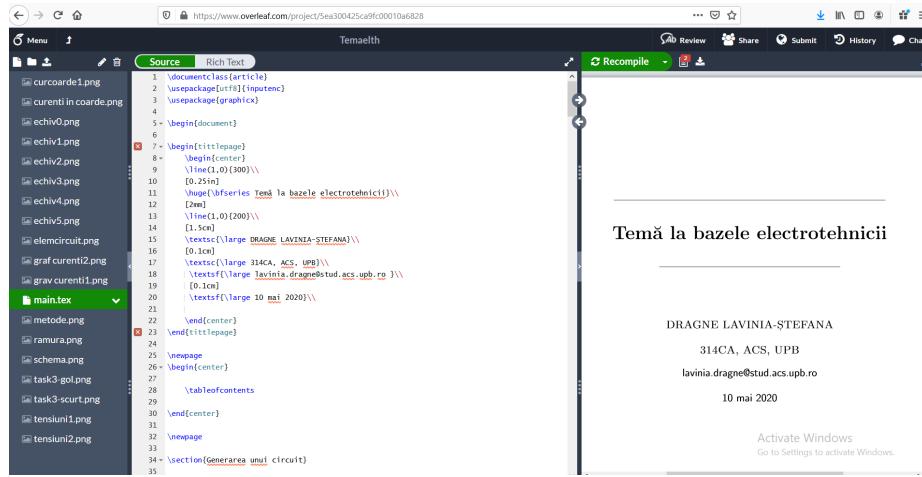
```

--- Operating Point ---		
V(n001) :	8	voltage
V(4) :	4	voltage
V(3) :	-4	voltage
V(2) :	-10	voltage
V(1) :	8	voltage
I(H1) :	-4	device_current
I(J1) :	3	device_current
I(R4) :	2	device_current
I(R3) :	6	device_current
I(R2) :	-4	device_current
I(R1) :	1	device_current
I(V1) :	1	device_current
I(B2) :	-6	device_current

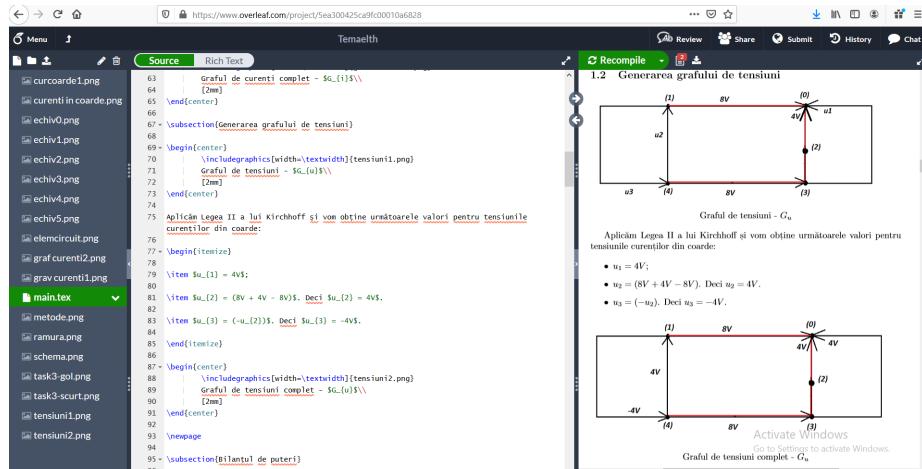
Valori numerice circuit cu sursa de tensiune comandată în curent

5 Redactarea în Latex

Pentru redactarea temei, am folosit Latex, varianta online - Overleaf.



Screenshot www.overleaf.com



Screenshot: www.overleaf.com

6 Bibliografie

- G. Ciuprina, D. Ioan, M. Popescu, A.S. Lup, R. Bărbulescu, Teoria circuitelor electrice.Breviar de seminar
- Gabriela Ciuprina - Template pentru redactarea rapoartelor in LaTeX (v3)
- Daniel Ioan, Circuite electrice rezistive-breviare teoretice, și probleme
- <https://latex.org/forum/viewtopic.php?t=24057>
- <https://www.youtube.com> - Latex Tutorial 1 of 11: Starting a Report and Title Page