

# Tema Bazele Electrotehnicii

Alexandru Olteanu,

312CA, Facultatea de Automatica si Calculatoare, UPB

[alexandru.olteanu01@stud.acs.upb.ro](mailto:alexandru.olteanu01@stud.acs.upb.ro)

23 mai 2021

## Cuprins

### 1. Generarea unui circuit

1.1	Generarea graficului de curenți . . . . .	3
1.2	Generarea graficului de tensiuni. . . . .	5
1.3	Bilantul de puteri (Teorema lui Tellegen). . . . .	6
1.4	Schema completa a circuitului. . . . .	7
1.5	Calcularea parametrilor din circuit. . . . .	7
1.6	Alegerea unui arbore normal. . . . .	9

### 2. Metode Sistematice Eficiente

2.1	Analiza eficientei metodelor sistematice. . . . .	11
2.2	Rezolvarea Sistemului de ecuatii. . . . .	12

3. <u>Generatorul echivalent de tensiune/current</u>	
3.1 Graficele pentru dependenta curentului, tensiunii si a puterii fata de rezistorul ales . . . . .	18
3.2 Codul pentru obtinerea graficelor de dependenta . . . . .	22
3.3 Punctul de functionare initial al rezistorului si punctul de functionare corespunzator transferului maxim de putere . . . . .	23
3.4 Caracteristica rezistorului liniar si caracteristica generatorului echivalent . . . . .	25
3.5 Dioda Semiconductoare . . . . .	27
3.6 Dioda Polarizata Direct. . . . .	27
3.7 Dioda Polarizata Invers. . . . .	29
4. <u>Surse comandate</u>	
4.1 Simularea circuitului initial. . . . .	31
4.2 Sursa de tensiune comandata in tensiune. . . . .	32
5. <u>Rezolvarea circuitelor de Curent alternativ folosind instrumente software numerice</u>	
5.1 Reprezentarea in complex a circuitului. . . . .	35
5.2 Sistemul de Ecuatii in complex. . . . .	36

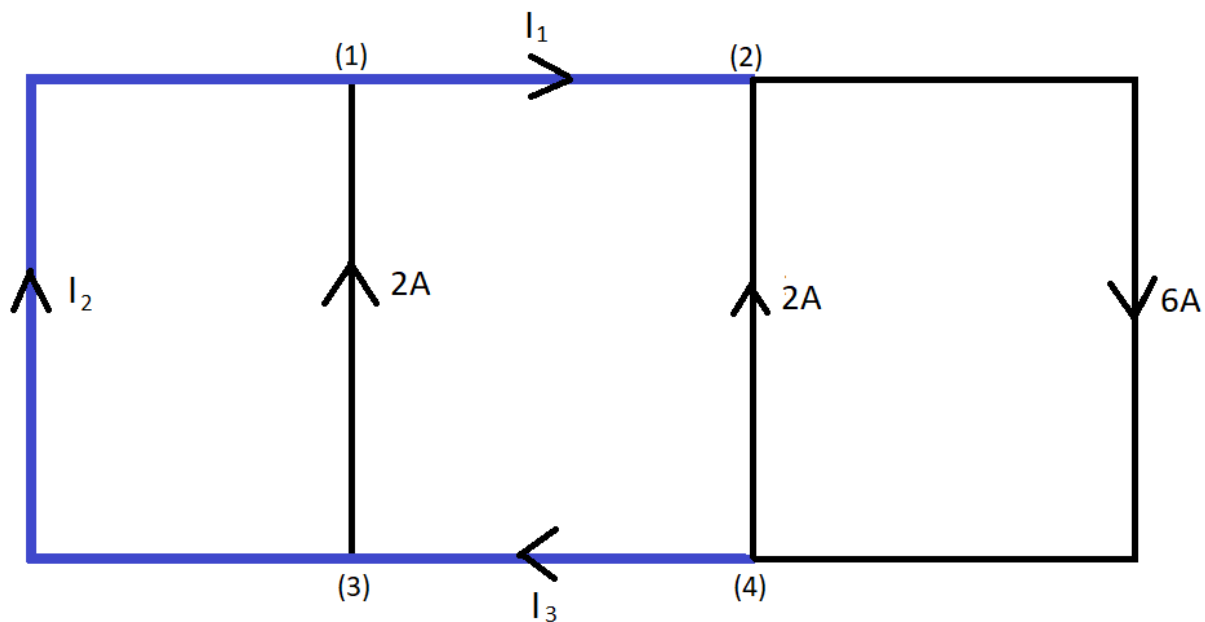
## 1. Generarea unui circuit

Am construit 2 grafuri pentru a reprezenta impreuna circuitul,  $G_i$  pentru curenti si  $G_u$  pentru tensiuni. Circuitul reprezentat de aceste doua grafuri este cel cerut de cerinta, respectiv un circuit electric liniar rezistiv, fara surse comandate, cu cel putin o sursa de tensiune si o sursa de

current. De asemenea, Topologia circuitului a fost aleasa, astfel incat graful circuitului sa aiba cel putin 3 ochiuri de retea.

Pentru a deduce valorile tuturor parametrilor, am stabilit valori initial pentru tensiuni in ramuri si pentru curenti in coarde, lucru ce a dus la rezolvarea celorlaltor valori prin metodele cunoscute!

### 1.1 Generarea grafului de curenti



*Graficul de curenti -  $G_i$*

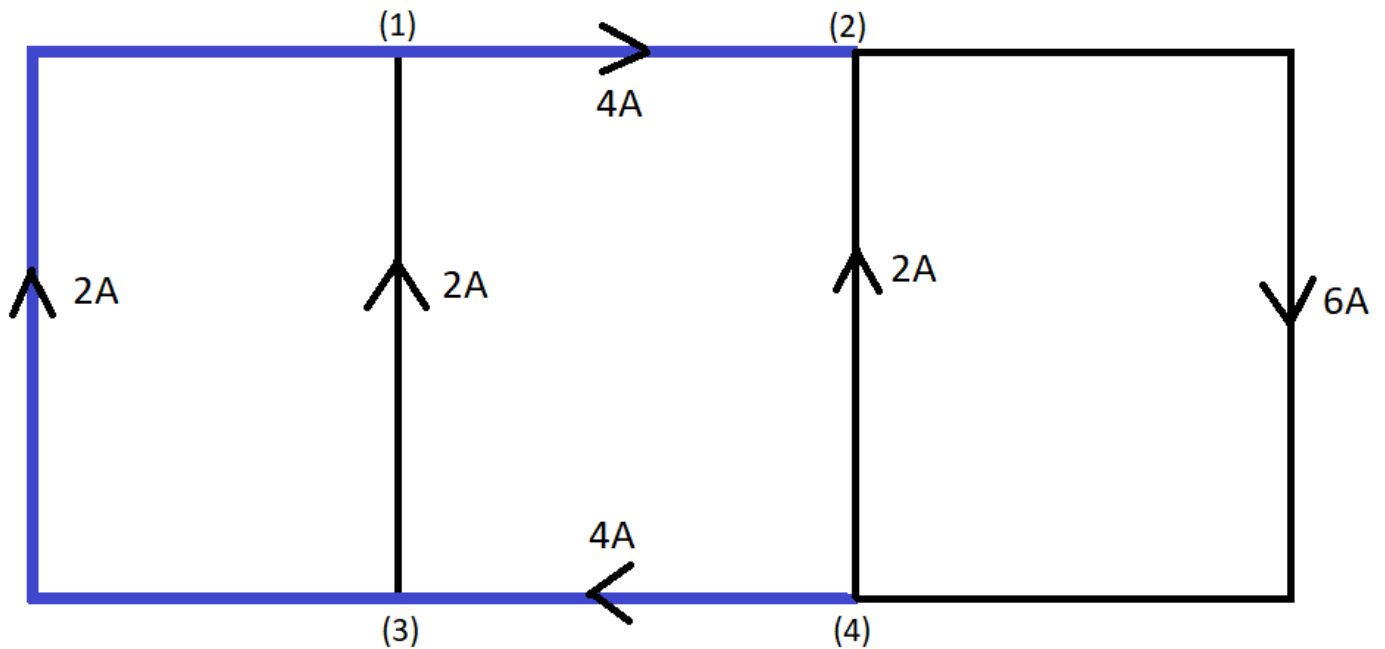
Aplicam Legea I a lui Kirchoff si obtinem, pe rand, valorile intensitatilor curentilor din ramuri:

- In nodul (2) :  $I_1 + 2A = 6A$  ,  $\rightarrow I_1 = 4A$
- In nodul (4) :  $I_3 + 2A = 6A$  ,  $\rightarrow I_3 = 4A$
- In nodul (3) :  $I_2 + 2A = I_3$  ,  $\rightarrow I_2 = 4A - 2A$  ,  $\rightarrow I_2 = 2A$

Se realizeaza verificarea pentru nodul (1) pentru a ne asigura ca am calculat valorile corect:

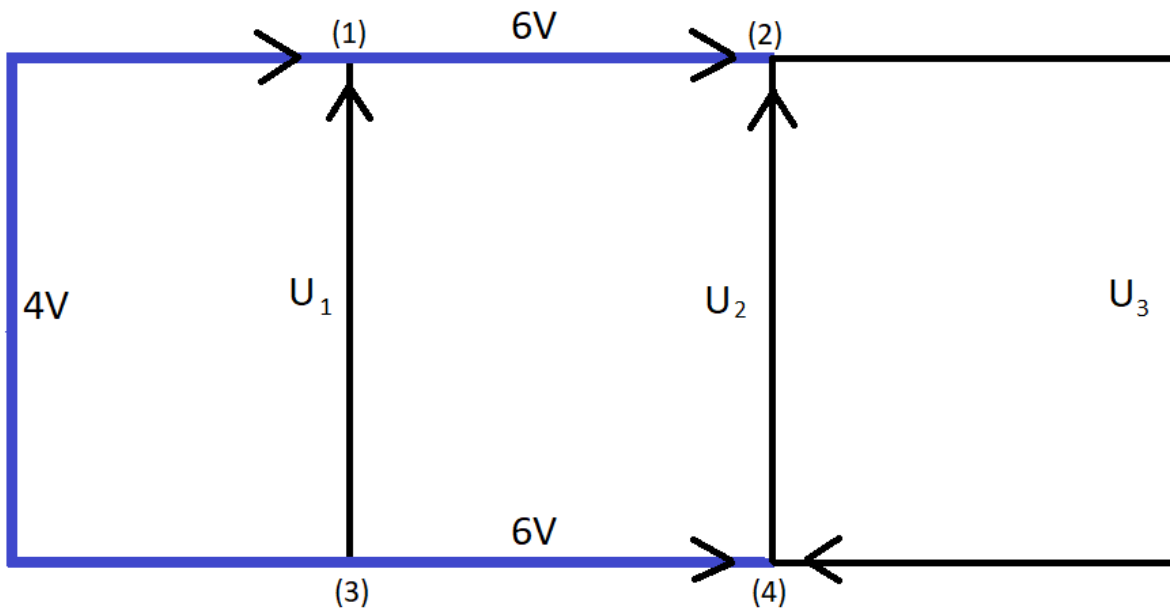
$I_1 = 2A + I_2$ ,  $\rightarrow I_1 = 2A + 2A$ ,  $\rightarrow I_1 = 4A$  (corespunde cu rezultatul de la ecuatia nodului (2)  $\Rightarrow$  Corect

*Graful de curenti complet -  $G_i$*



*Graful de curenti complet -  $G_i$*

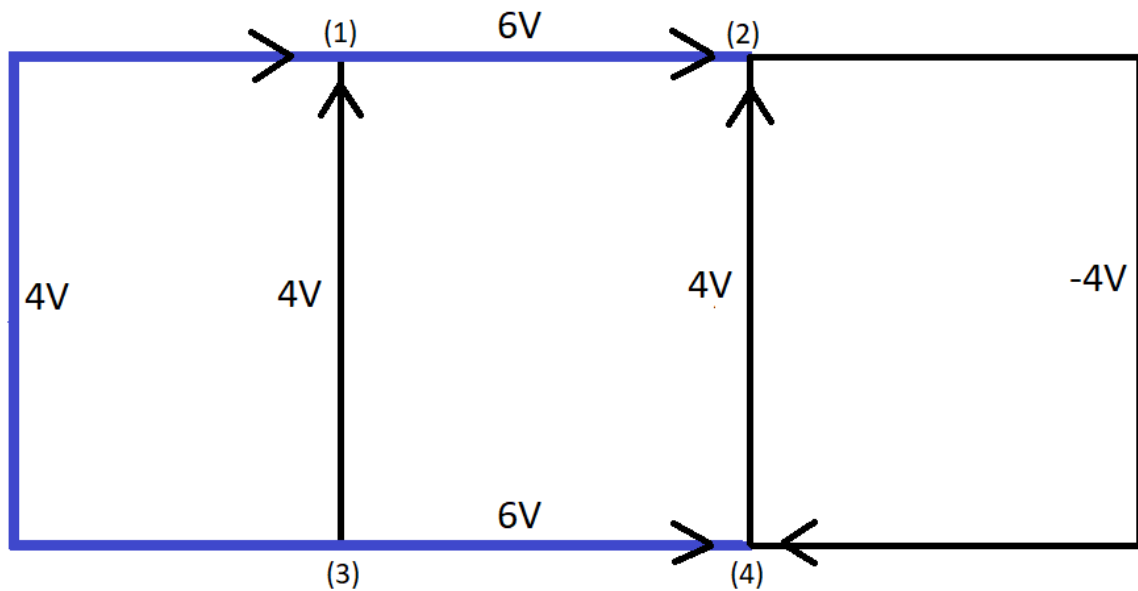
## 1.2 Generarea grafului de tensiuni



*Graful de tensiuni -  $G_u$*

Aplicam Legea a II-a lui Kirchoff si obtinem, pe rand, valorile tensiunilor din coarde:

- $U_1 = 4V$
- $U_2 = U_1 + 6V - 6V, \rightarrow U_2 = 4V$
- $U_3 = -4V$



*Graful de tensiuni complet -  $G_u$*

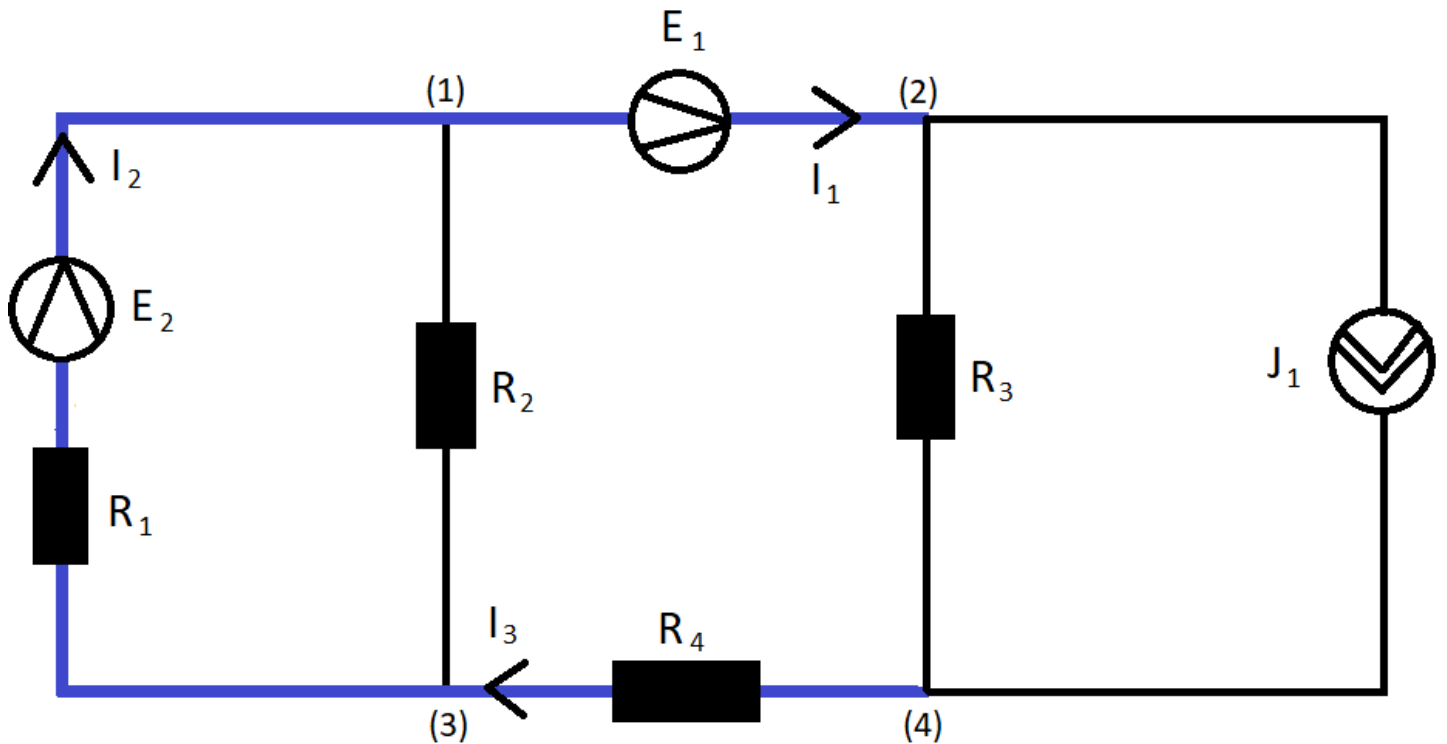
### 1.3 Bilantul de puteri (Teorema lui Tellegen)

Ne vom folosi de Teorema lui Tellegen pentru a verifica daca am calculat corect valorile elementelor din cele doua grafuri, apeland la bilantul de puteri.

- $P_r = 2A * 4V + 2A * 4V + 6A * (-4V) + 2A * 4V + 4A * 6V$
- $P_r = 24W$
- $P_g = 4A * 6V$
- $P_g = 24W$

Asadar,  $P_r = P_g$  deci teorema lui Tellegen este respectata si astfel am lucrat corect.

## 1.4 Schema completa a circuitului



Conform schemei complete a circuitului putem observa sursele de tensiune ( $E_1$ ) si ( $E_2$ ), sursa de current ( $J_1$ ) si cele 4 rezistente.

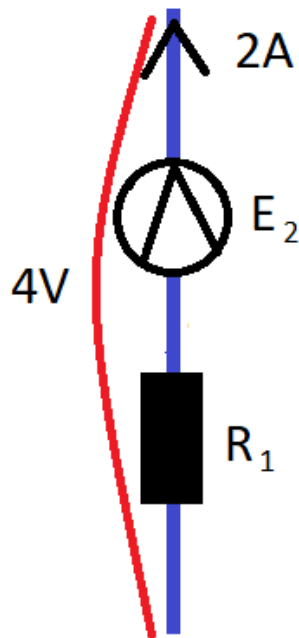
## 1.5 Calcularea parametrilor din circuit

Ne folosim de calculele realizate la graful de curenti si cel de tensiuni si astfel obtinem:

$$-E_1 = 6 \text{ V}$$

$$-J_1 = 6 \text{ A}$$

Pentru  $R_1$  trebuie calculate componentele de pe latura tensiunii  $E_2$ .



$$4\text{V} = 2\text{A} * R_1 - E_2 \text{ (ecuatia pentru aceasta latura)}$$

Fiind o ecuatie cu doua necunoscute vom da o valoare rezistorului  $R_1$  (astfel afland si  $E_2$ ) si apoi vom verifica daca teorema lui Tellegen este respectata in continuare.

Consideram  $R_1 = 3 \text{ ohm}$ ,  $\rightarrow E_2 = 2\text{V}$  si verificam bilantul de puteri :

$$P_c = 3\text{ohm} * (2\text{A})^2 + 4\text{V} * 2\text{A} + 6\text{V} * 4\text{A} + 2\text{A} * 4\text{V}$$

$$P_c = 52\text{W}$$

$$P_g = E_1 * 4\text{A} + E_2 * 2\text{A} - J_1 * (-4\text{V})$$



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

$$P_g = 52W$$

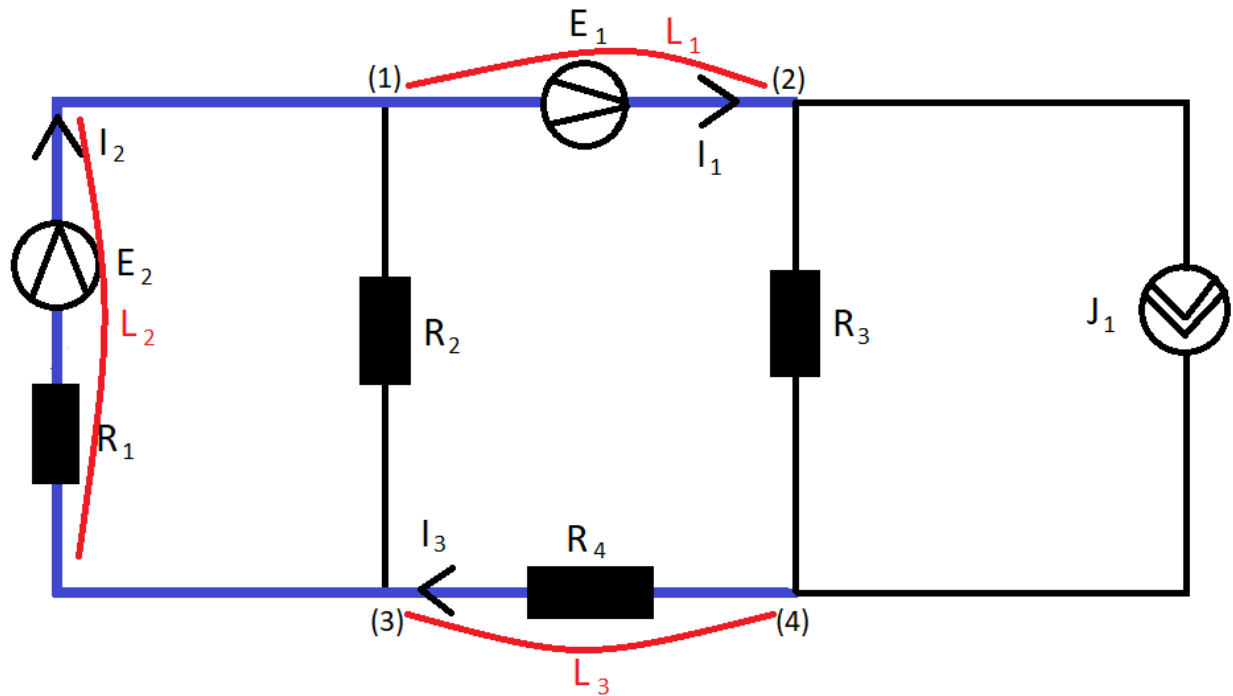
Observam ca  $P_c = P_g$  deci Teorema lui Tellegen este respectata.

Din Legea lui Ohm avem  $U = R * I$ ,  $\rightarrow R = U / I$  si obtinem:

- $R_2 = U_1 / 2A$ ,  $\rightarrow R_2 = 4V / 2A$ ,  $\rightarrow R_2 = 2 \text{ ohmi}$
- $R_3 = U_2 / 2A$ ,  $\rightarrow R_3 = 4V / 2A$ ,  $\rightarrow R_3 = 2 \text{ ohmi}$
- $R_4 = 6V / I_3$ ,  $\rightarrow R_4 = 6V / 4A$ ,  $\rightarrow R_4 = 1.5 \text{ ohmi}$

## 1.6 Alegerea unui Arbore Normal

Pentru ca circuitul sa fie construit corect acesta trebuie sa contina un arbore normal format din toate sursele ideale de tensiune (SIT), cat mai multe rezistoare posibil si nicio sursa ideala de curent(SIC). Astfel, se considera ca fiecare element ideal de circuit constituie o latura.



*Arborele normal format din laturile  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$*

## 2. Metode Sistematice Eficiente

În continuare vom analiza ce metoda sistematică este cea mai eficientă pentru problema propusă, conform tabelului ce urmează și ținând cont de cum am ales elementele topologice ale circuitului.

Avem următoarele elemente de topologie ale circuitului:

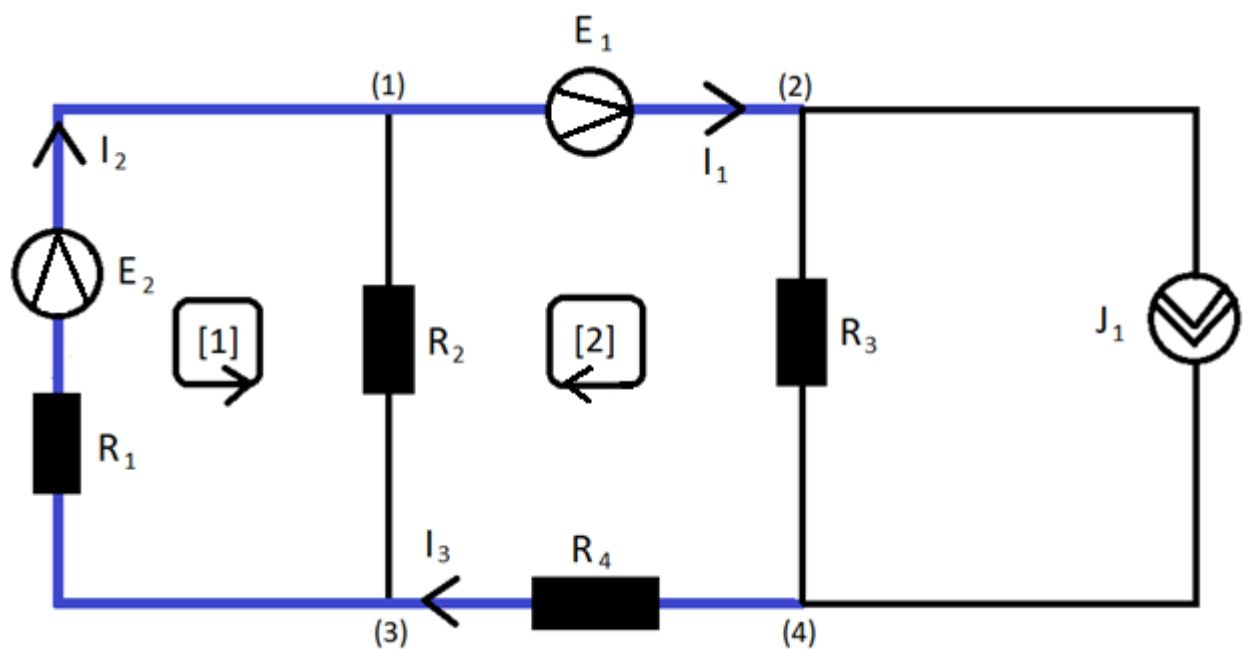
- $N(\text{noduri}) = 4$
- $L(\text{laturi}) = 6$
- $n_{\text{SIC}} = 1$
- $n_{\text{SIT}} = 1$

## 2.1 Analiza eficienței metodelor sistematice

Metodă	Număr de ecuații
Kirchhoff clasic	$2L = 12$
Kirchhoff în curenți	$L - N + 1 = 3$
Kirchhoff în tensiuni	$N - 1 = 3$
Curenți de coarde (curenți de bucle/curenți ciclici)	$L - N + 1 - n_{\text{SIC}} = 2$
Tensiuni în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex)	$N - 1 - n_{\text{SIT}} = 2$

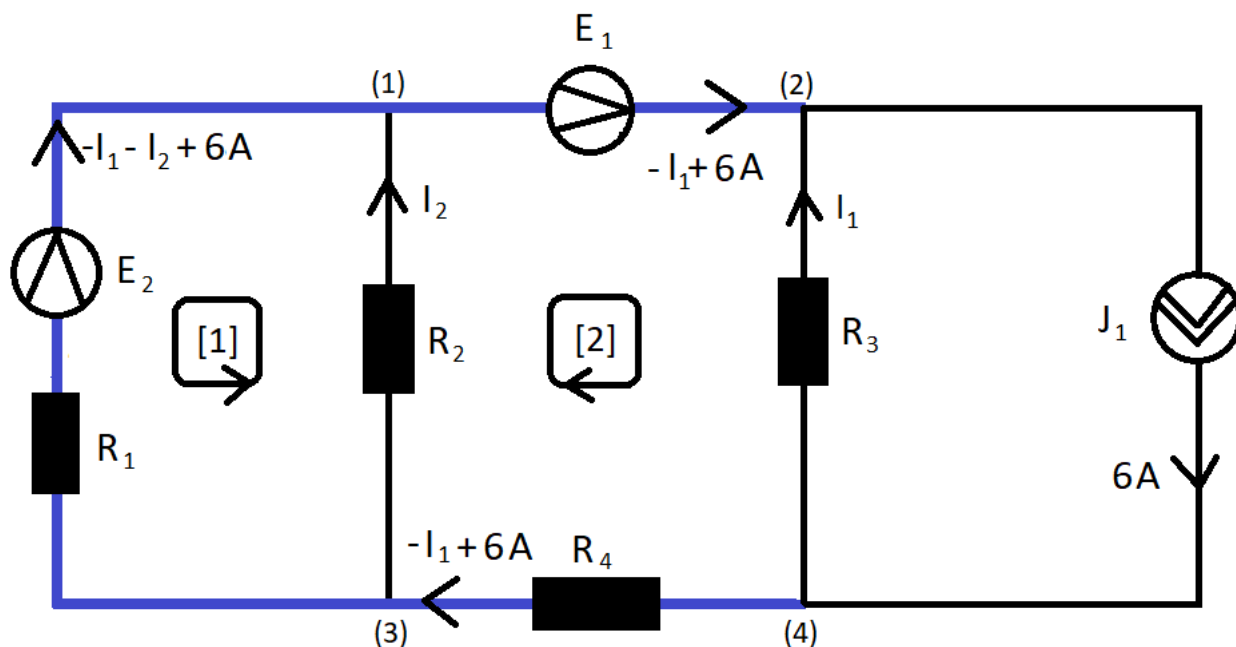
Conform tabelului de mai sus vom alege prima metoda cu numărul de ecuații cât mai mic, respectiv cea a curenților de coarde. Pentru aceasta metoda trebuie obținute două ecuații.

Primul pas în rezolvarea sistemului este acela de a alege un arbore normal ce conține toate SIT-urile și niciun SIC. (A fost determinat anterior). Respectiv, numerotăm buclele din coarde (ne vor ajuta să scriem cele două ecuații).



## 2.2 Rezolvarea Sistemului de ecuatii

Pentru a rezolva sistemul vom nota cu simboluri curenții din coarde, vom determina ecuațiile corespunzătoare din bucle și apoi vom exprima curenții din ramuri în funcție de cei din coarde. Astfel, putem verifica dacă am lucrat corect.



Pentru Bucla [1] avem ecuatia:

$$-(-I_1 - I_2 + 6A) * R_1 + E_2 + I_2 * R_2 = 0$$

Pentru Bucla [2] avem ecuatia:

$$-(-I_1 + 6A) * R_4 - I_1 * R_3 + E_1 + I_2 * R_2 = 0$$

Din prima ecuatie obtinem pe rand:

$$I_1 * R_1 + I_2 * R_1 - 6A * R_1 + E_2 + I_2 * R_2 = 0$$

$$I_1 * 3\text{ohmi} + I_2 * 3\text{ohmi} - 18V + 2V + I_2 * 2\text{ohmi} = 0$$

$$I_1 * 3\text{ohmi} + I_2 * 5\text{ohmi} = 16V$$

Din a doua ecuatie obtinem pe rand:

$$I_1 * 3/2\text{ohmi} - 9V - I_1 * 2\text{ohmi} + 6V + I_2 * 2\text{ohmi} = 0$$

$$I_1 * (-1/2)\text{ohmi} + I_2 * 2\text{ohmi} = 3V \quad (*2)$$

$$-I_1 + I_2 * 4\text{ohmi} = 6V$$

Scoatem pe  $I_1$  din a doua relatie, il inlocuim in prima si obtinem:

$$I_1 = I_2 * 4\text{ohmi} - 6V \text{ (din a doua ecuatie)}$$

$$(I_2 * 4\text{ohmi} - 6V) * 3\text{ohmi} + I_2 * 5\text{ohmi} = 16V$$

$$I_2 * 17\text{ohmi} = 34V$$

$$I_2 = 2A$$

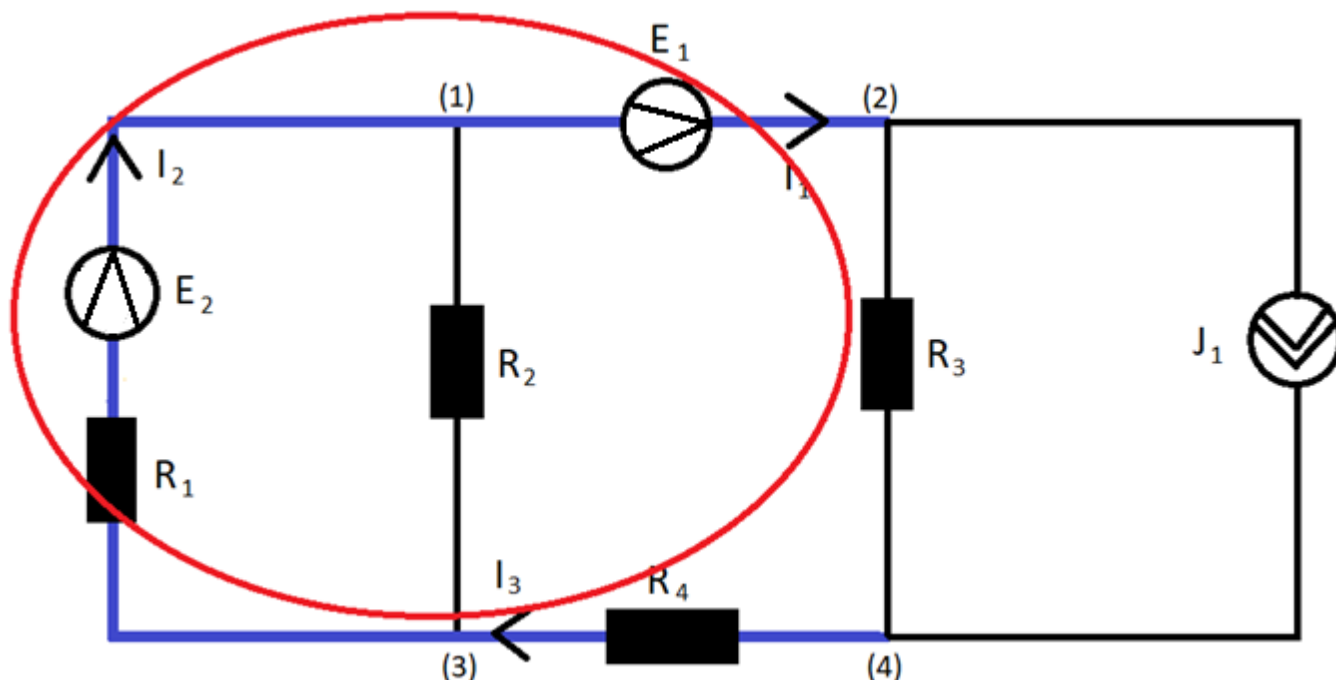
$$I_1 = 2A * 4\text{ohmi} - 6V$$

$$I_1 = 2A$$

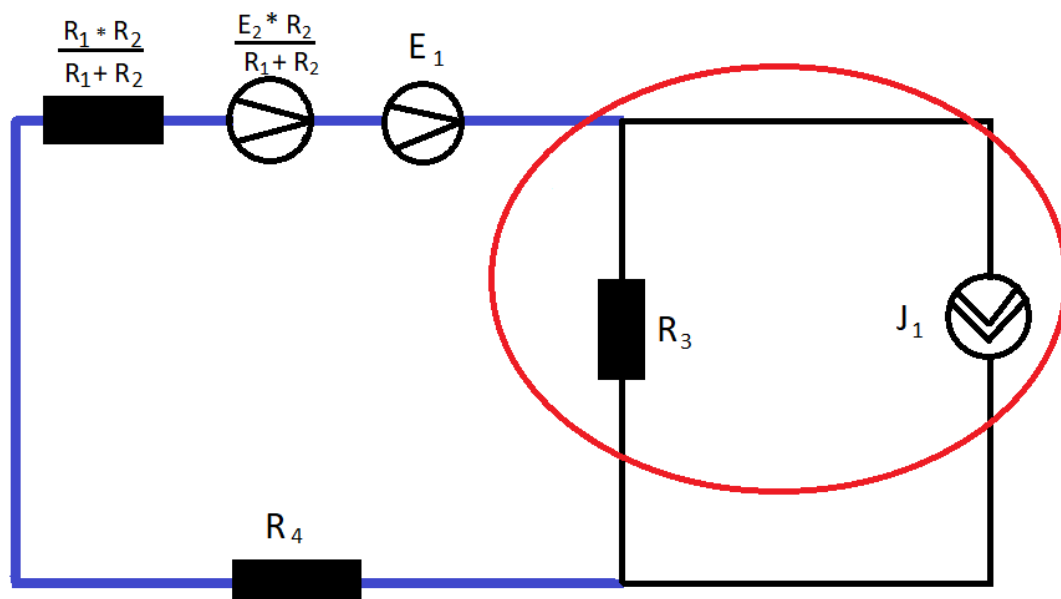
Observam ca aceste valori sunt cele initiale pentru curentii in coardele respective si daca inlocuim in relatiile pentru curentii din ramuri vom obtine si acolo valorile corecte. Astfel, calculele sunt corecte si metoda folosita pentru rezolvarea sistemelor a fost eficienta.

### 3. Generatorul echivalent de tensiune/current

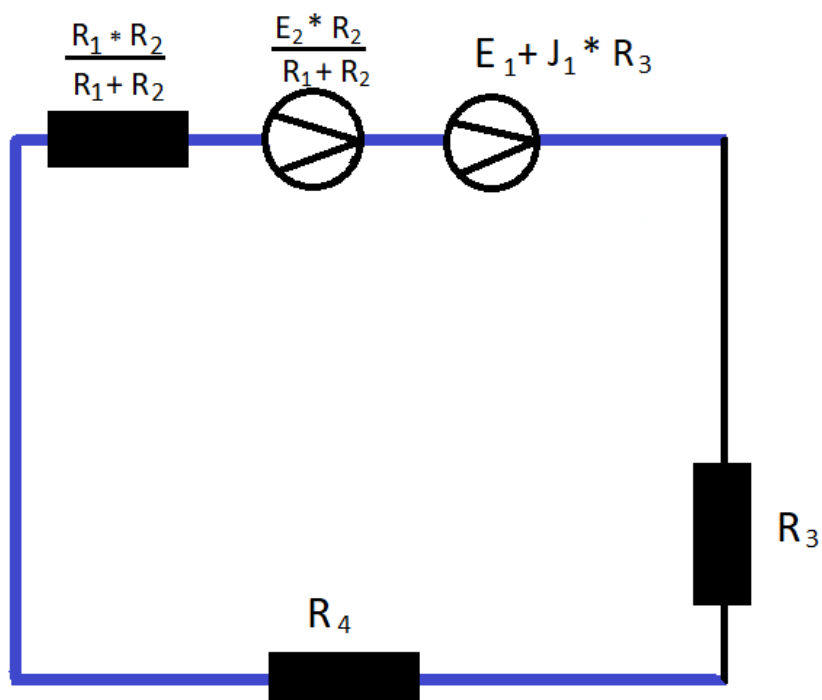
Pentru a face transformările mi-am ales latura cu rezistorul  $R_4$ . Voi determina prin metoda echivalentelor, generatorul echivalent de tensiune fata de bornele rezistorului  $R_4$ .



Observam ca in latura din stanga avem o sursa de tensiune ( $E_2$ ) in serie cu rezistorul  $R_1$ . Asa ca putem transforma sursa de tensiune intr-o sursa de curent ( $J_2 = E_2 / R_1$ ) in paralel cu rezistorul  $R_1$ . Apoi putem grupa rezistentele  $R_1$  si  $R_2$  care sunt in paralel, pentru a obtine o singura rezistenta echivalenta egala cu  $R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$ . In urma acestor transformari am obtinut o sursa de curent in paralel cu o rezistenta pe care putem sa le transformam intr-o sursa de tensiune in serie cu o rezistenta. In cele din urma, obtinem o SRT de rezistenta  $R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$  si tensiune  $E_2 * R_2 / (R_1 + R_2)$ .

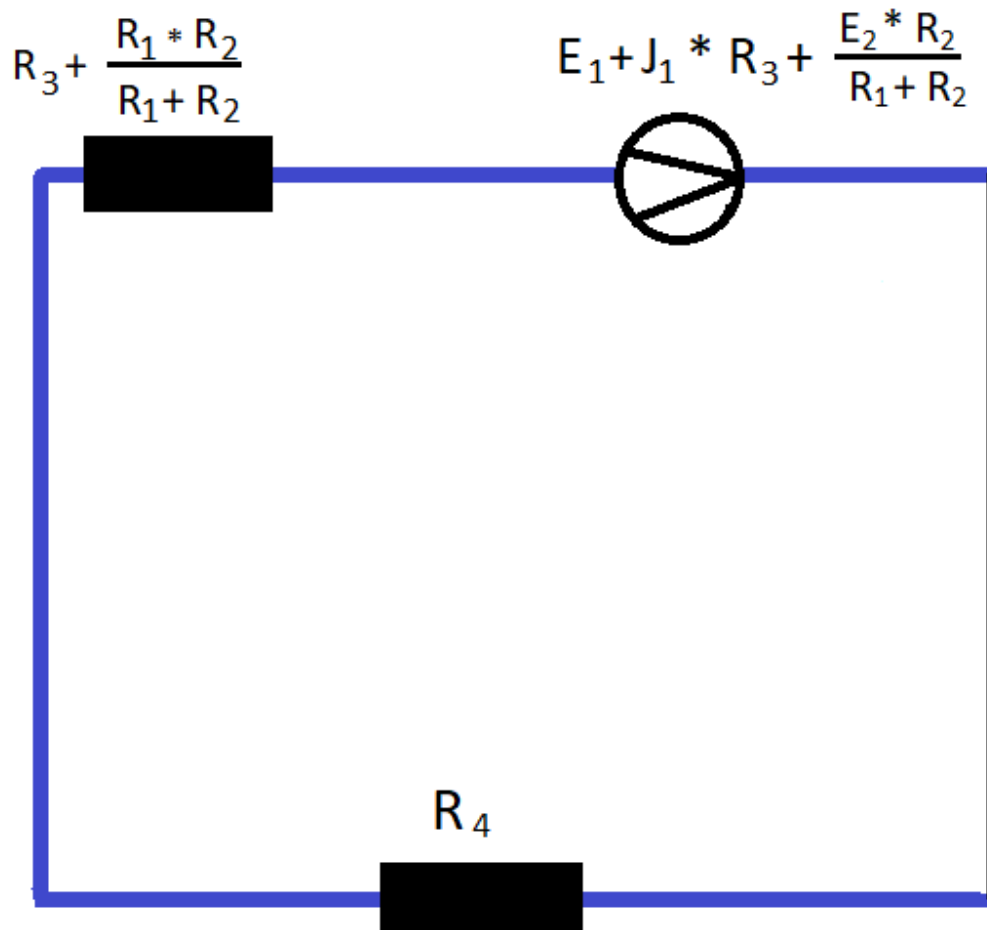


În continuare, pentru următoarea echivalare vom transforma sursa de curent aflată în paralel cu rezistorul  $R_3$  într-o sursă de tensiune care va fi în serie cu rezistorul  $R_3$ . Astfel, va rezulta un SRT de tensiune  $E_1 + J_1 * R_3$  cu rezistență  $R_3$ . (După adunarea în serie cu Sursa de Tensiune  $E_1$ ).





Pentru a finaliza echivalarea circuitului vom calcula rezistenta echivalenta totala ( $R_e$ ) si tensiunea echivalenta totala ( $E_e$ ). Observam ca toate rezistenele sunt in serie asa ca  $R_e$  va egala cu suma lor, analog si pentru sursele de tensiune.



Determinate fiind  $E_e$  si  $R_e$  vom inlocui numeric pentru a afla valoarea exacta a acestora.

$$R_e = 2\text{ohmi} + (3\text{ohm} * 2\text{ ohmi}) / (3\text{ ohm} + 2\text{ ohmi})$$

$$R_e = 2\text{ohmi} + 1.2\text{ ohmi}$$

$$R_e = 3.2\text{ ohmi}$$

$$E_e = 6V + 6A * 2ohmi + (2V * 2ohmi) / (3ohm + 2ohmi)$$

$$E_e = 18V + 0.8 V$$

$$E_e = 18.8V$$

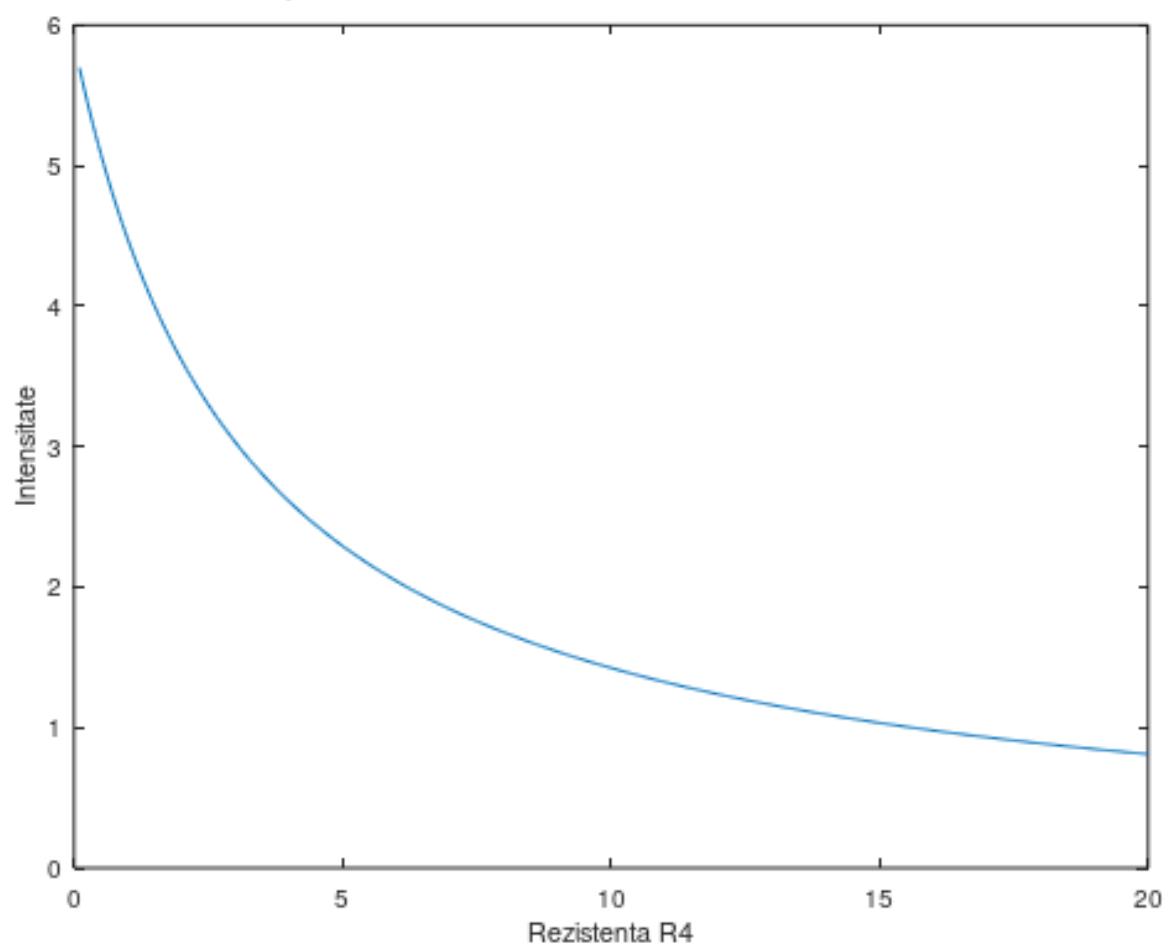
Din aceste relatii putem afla tensiunea in gol ( $U_{gol}$ ) si curentul la scurtcircuit ( $I_{sc}$ ).

$$\text{Stim ca } U_{gol} = E_e, \rightarrow U_{gol} = 18.8V$$

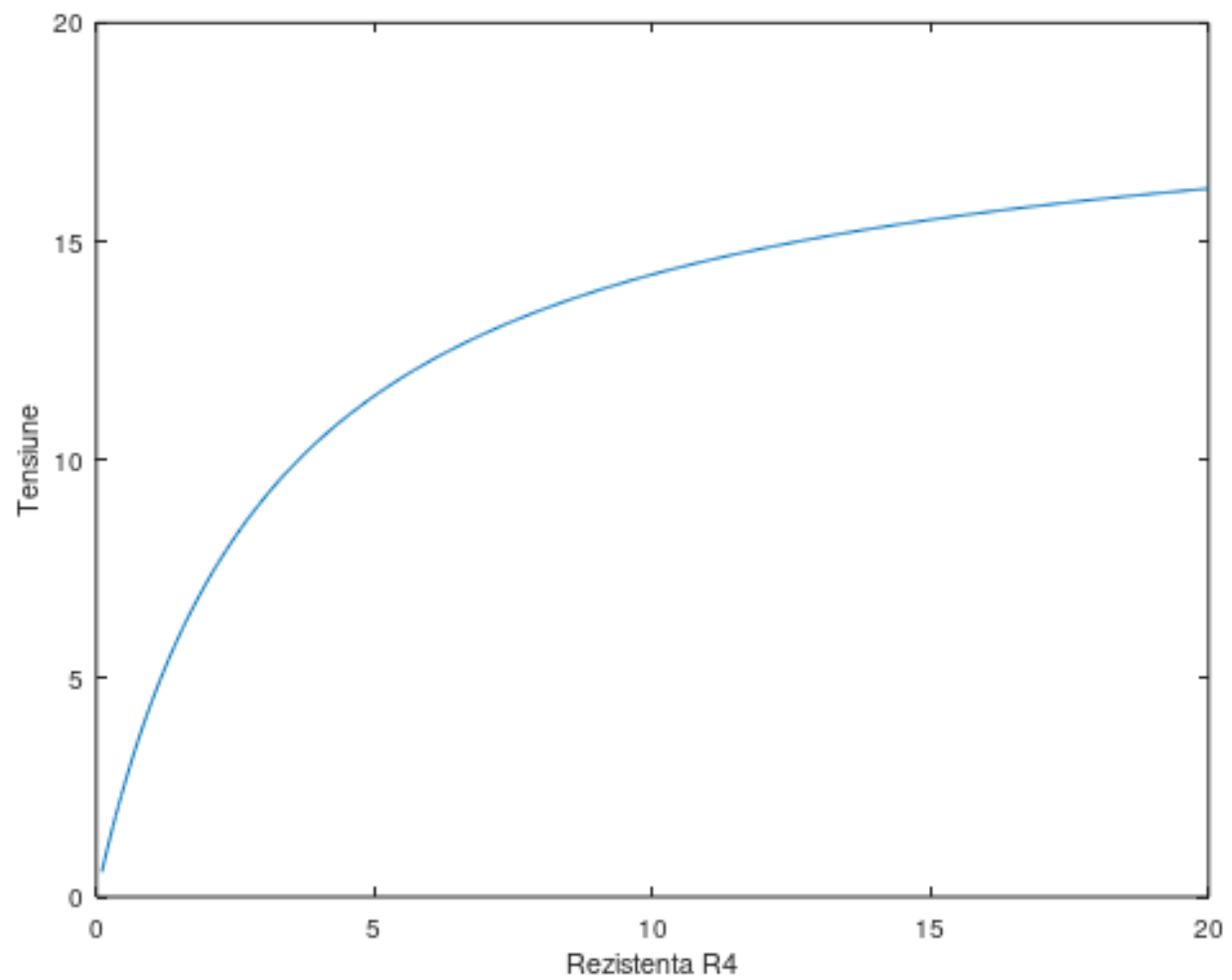
$$\text{Stim ca } I_{sc} = E_e / R_e, I_{sc} = 5.875 A$$

3.1 Graficele pentru dependenta curentului, tensiunii si a puterii fata de rezistorul ales

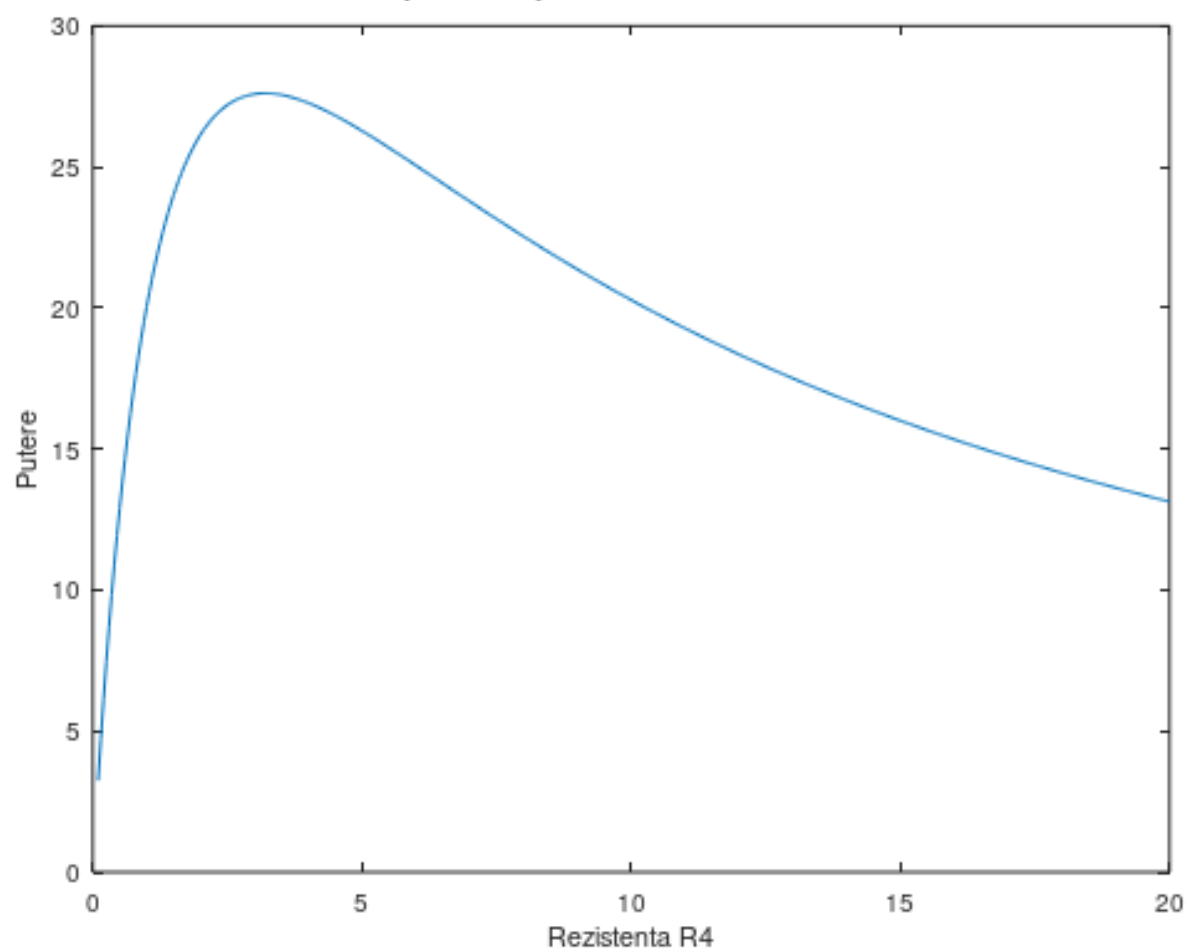
**Dependenta intensitatii curentului fata de rezistenta R4**



**Dependenta tensiunii fata de rezistenta R4**



**Dependenta puterii fata de rezistenta R4**

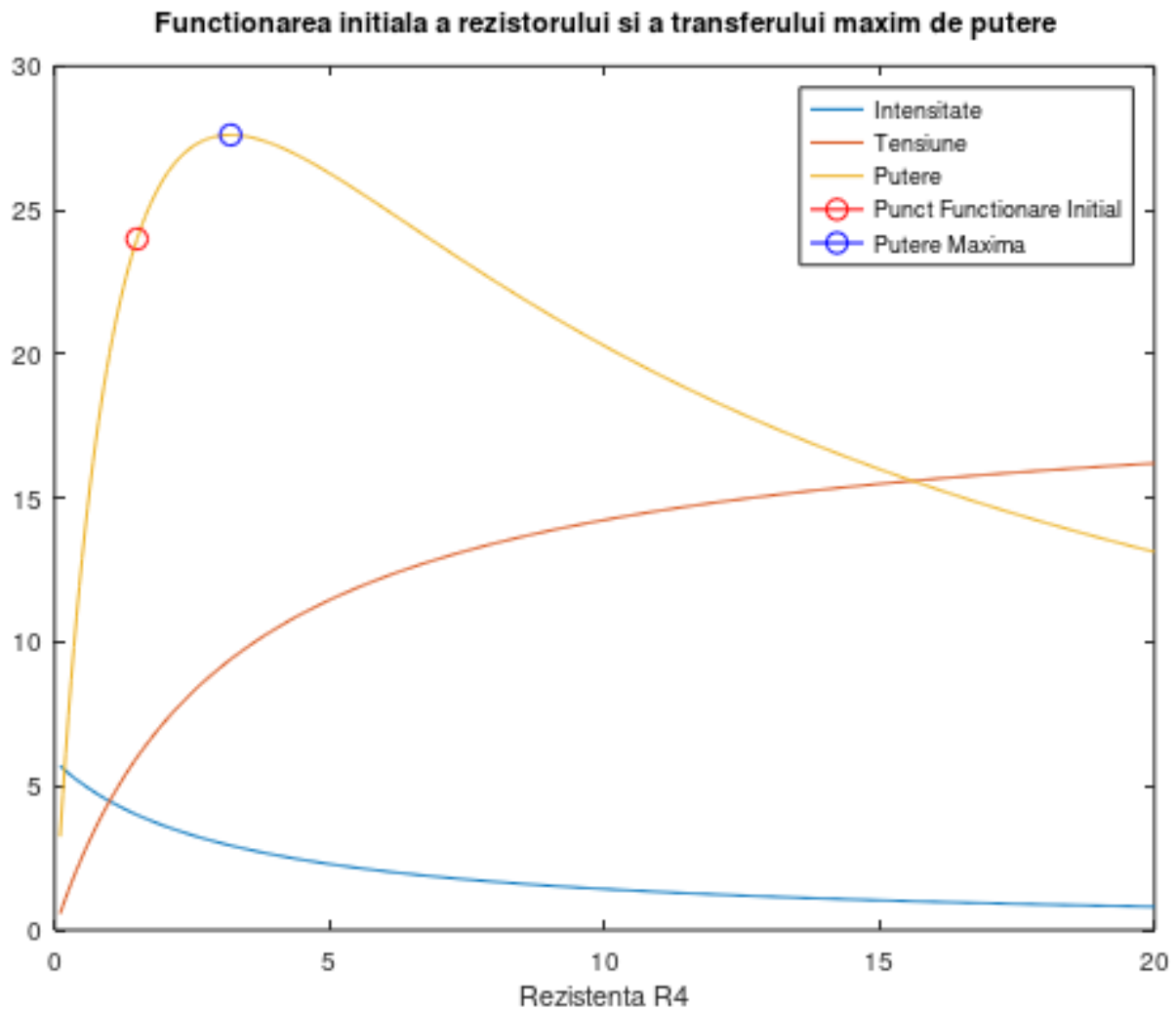


## 3.2 Codul pentru obtinerea graficelor de dependenta

GraficeleDependentelor.m

```
1 function graficele_dependentelor()
2
3     R4 = [0.1:0.05:20];
4     Re = 3.2;
5
6     Ee = 18.8;
7     I = Ee ./ (Re .+ R4);
8
9     figure(1)
10    plot(R4, I);
11    xlabel("Rezistenta R4");
12    ylabel("Intensitate");
13    title("Dependenta intensitatii curentului fata de rezistenta R4");
14
15    U = R4 .* I;
16
17    figure(2)
18    plot(R4, U);
19    xlabel("Rezistenta R4");
20    ylabel("Tensiune");
21    title("Dependenta tensiunii fata de rezistenta R4");
22
23    P = U .* I;
24    figure(3)
25    plot(R4, P);
26    xlabel("Rezistenta R4");
27    ylabel("Putere");
28    title("Dependenta puterii fata de rezistenta R4");
29
30
31 endfunction
```

### 3.3 Punctul de functionare initial al rezistorului si punctul de functionare corespunzator transferului maxim de putere



Functionarea initiala a rezistorului are loc cand Rezistenta  $R_4$  are valoarea initiala din circuit, respectiv  $R_4 = 1.5$  ohmi. Astfel, puterea initiala este egala cu 24 W

Transferul maxim de putere se realizeaza in momentul in care rezistenta  $R_4$  este are valoarea rezistentei echivalente ( $R_e$ ). Astfel, puterea maxima este egala cu 27.613 W

Avem aici codul pentru generarea graficului Anterior:

Puncte\_Functionare.m

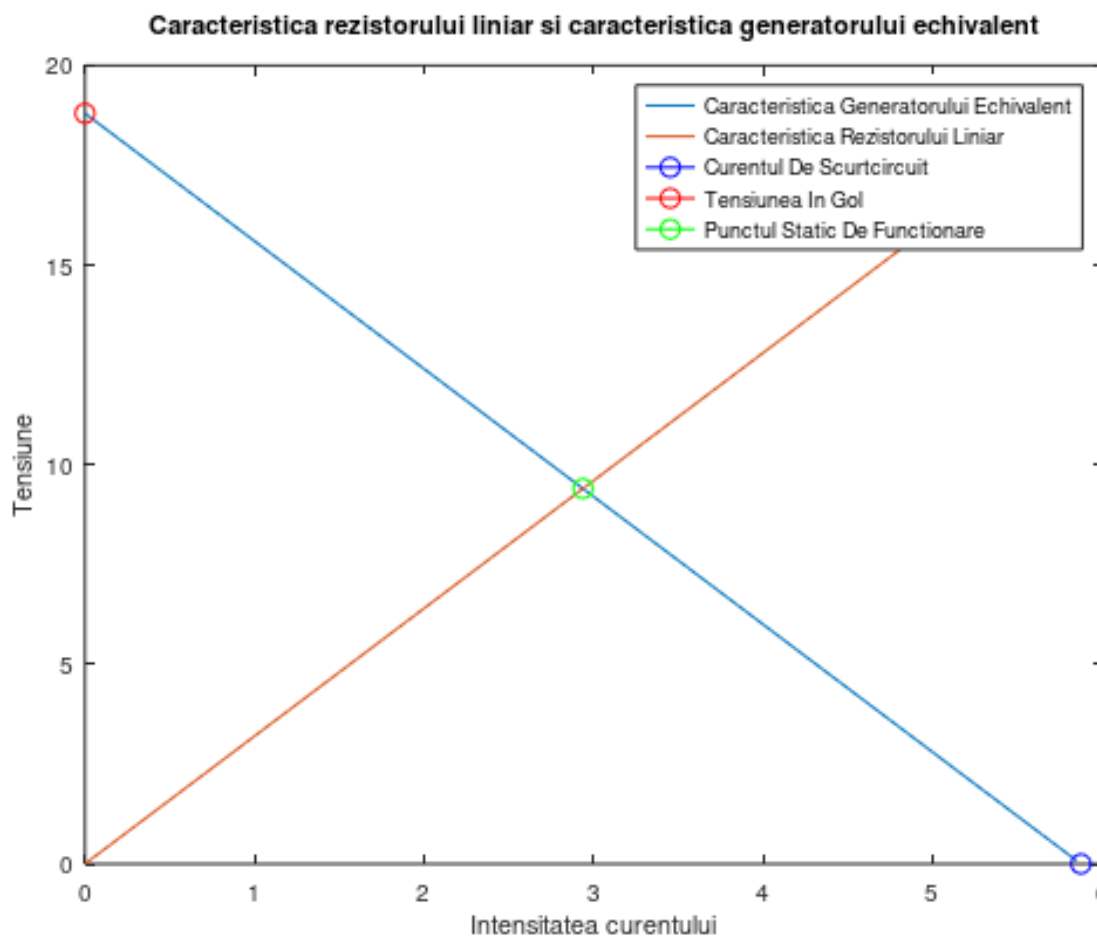
```
1 function puncte_functionare()
2
3     R4 = [0.1:0.05:20];
4     Re = 3.2;
5
6     Ee = 18.8;
7     I = Ee ./ (Re + R4);
8     U = R4 .* I;
9     P = U .* I;
10
11     R4initial = 1.5;
12     Iinitial = Ee / (Re + R4initial);
13     Pinitial = R4initial * Iinitial * Iinitial;
14     Pmaxima = Ee * Ee / (4 * Re);
15
16     figure(1)
17     plot(R4, I, R4, U, R4, P);
18     hold;
19     plot(R4initial, Pinitial, "o-r");
20     plot(Re, Pmaxima, "o-b");
21     xlabel("Rezistenta R4");
22     title("Functionarea initiala a rezistorului si a transferului maxim de putere");
23     legend("Intensitate", "Tensiune", "Putere", "Punct Functionare Initial", "Putere Maxima");
24
25
26
27 endfunction
```



### 3.4 Caracteristica rezistorului liniar si caracteristica generatorului echivalent

Pentru a construi graficul avem nevoie de  $U_{gol}$  si  $I_{sc}$ , acestea fiind determinate anterior.

Astfel,  $U_{gol} = 18.8V$  si  $I_{sc} = 5.875 A$



Dreapta albastra a fost reprezentata dupa formula  $U = -R_e * I + E_e$  in fiecare punct de la 0 la  $I_{sc}$ , pasul fiind de 0.05

Dreapta rosie a fost reprezentata dupa formula  $U = R_e * I$

Punctul static de functionare reprezinta intersectia celor doua drepte,  $\rightarrow -R_e * I + E_e = R_e * I$ ,  $\rightarrow I = E_e / (2 * R_e)$

Astfel, punctul static de functionare se afla la 2,9375 A si 9.4 V

Avem aici codul pentru reprezentarea graficului :

CaracteristicaRezistorLiniar\_GeneratorEchivalent.m

```
1 function CaracteristicaRezistorliniar_GeneratorEchivalent()  
2  
3 R4 = 1.5;  
4 Re = 3.2;  
5  
6 Ee = 18.8;  
7 Isc = Ee ./ Re;  
8 Ugol = Ee;  
9 I = [0:0.05:Isc];  
10 U1 = -Re .* I + Ee;  
11 U2 = Re .* I;  
12  
13 figure(1)  
14 plot(I, U1, I, U2);  
15 hold;  
16 plot(Isc, 0, "o-b");  
17 plot(0, Ugol, "o-r");  
18 plot(Ee ./ (2 * Re), -Re .* (Ee ./ (2 * Re)) + Ee, "o-g");  
19 xlabel("Intensitatea curentului");  
20 ylabel("Tensiune");  
21 title("Caracteristica rezistorului liniar si caracteristica generatorului echivalent");  
22 legend("Caracteristica Generatorului Echivalent", "Caracteristica Rezistorului Liniar",  
23 "Curentul De Scurtcircuit", "Tensiunea In Gol", "Punctul Static De Functionare");  
24  
25  
26  
27 endfunction
```

### 3.5 Dioda Semiconductoare

Pentru rezolvarea acestei cerinte trebuie sa inlocuiesc rezistenta  $R_4$  cu o dioda semiconductoare. Pentru a reprezenta punctul static de functionare avem nevoie pe grafic de caracteristica generatorului echivalent si de caracteristica diodei.

Conform a ceea ce am studiat la seminar vom considera  $V_T = 26$  mV,  $I_s = 10$  pA

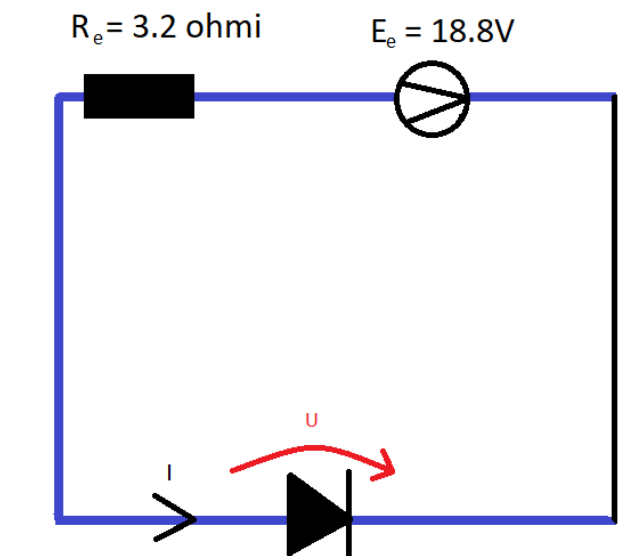
De asemenea, vom tine cont de ecuatie :

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

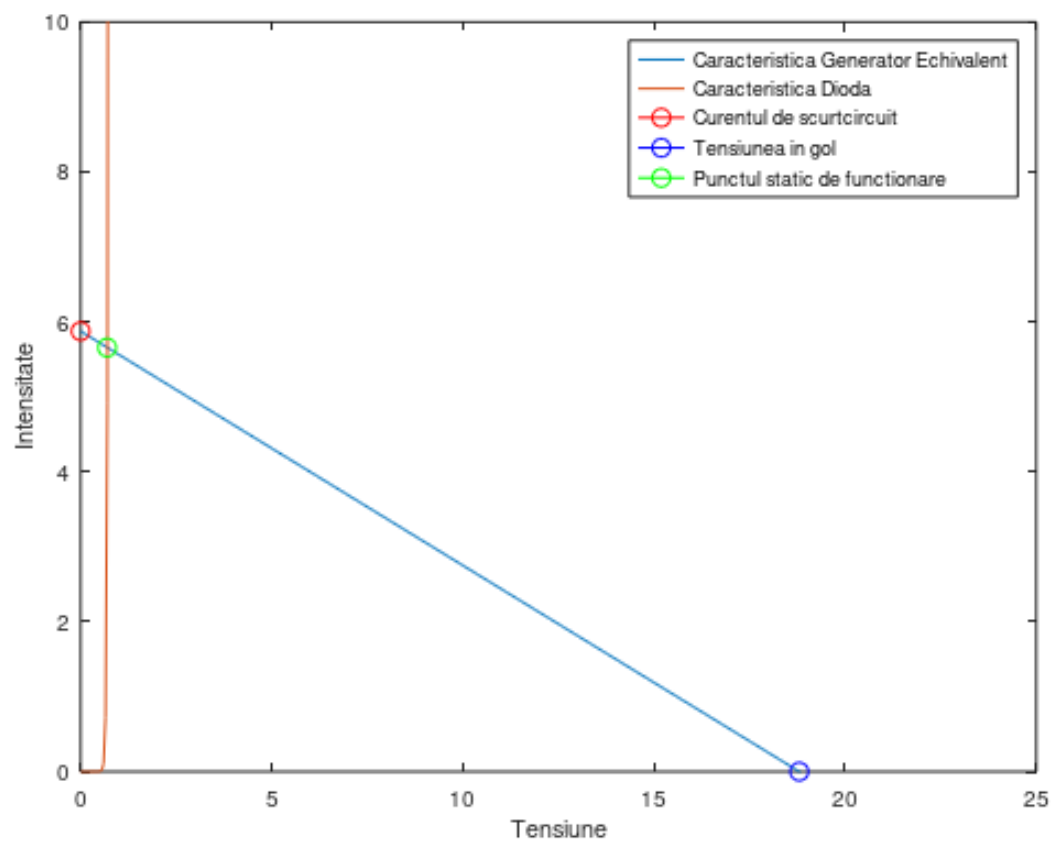
Punctul static de functionare se determina cu metoda dreptei de sarcina, punctul aflandu-se la intersectia dintre cele doua caracteristici. Putem de asemenea sa folosim metoda bisectiei pentru o precizie de calcul cu acuratete mai ridicata.

Punctul static de functionare trebuie calculata atat cand diode este polarizata direct sau invers, astfel avem doua cazuri.

### 3.6 Dioda Polarizata Direct



**Graficul caracteristici diodei semiconductoare polarizata direct si a generatorului echivalent**

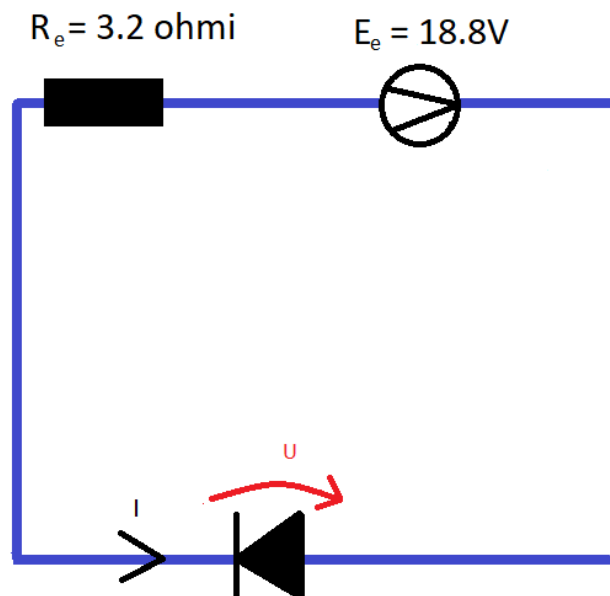


Avem in continuare codul pentru generearea acestui grafic :

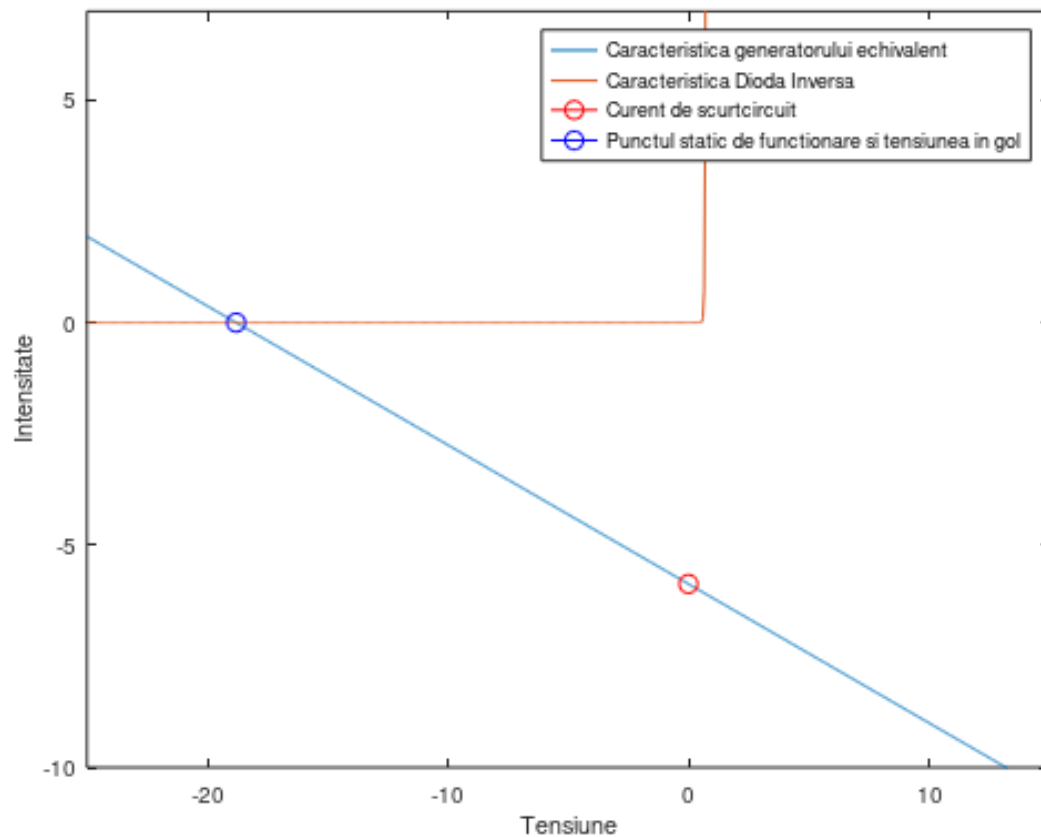
Dioda\_Polarizata\_Direct.m

```
1 function Dioda_Polarizata_Direct()
2
3 Re = 3.2;
4 Ee = 18.8;
5 Ugol = Ee;
6 Isc = Ee / Re;
7 Is = 10 ^ (-11);
8 Vt = 26 * (10)^(-3);
9 U = [0:0.05:25];
10 Iu = Is * (e .^(U / Vt) - 1);
11 I = (Ee - U) ./ Re;
12
13
14 figure(1)
15 plot(U, I, U, Iu);
16 axis([0 25 0 10]);
17 hold;
18 plot(0, Isc, "o-r");
19 plot(Ugol, 0, "o-b");
20 plot(0.69475, 5.6562, "o-g");
21 xlabel("Tensiune");
22 ylabel("Intensitate");
23 title("Graficul caracteristicii diodei semiconductoare polarizata direct si a generatorului echivalent");
24 legend("Caracteristica Generator Echivalent", "Caracteristica Dioda",
25 "Curentul de scurtcircuit", "Tensiunea in gol", "Punctul static de functionare");
26
27
28
29 endfunction
```

### 3.7 Dioda Polarizata Invers



Graficul caracteristicii diodei semiconductoare polarizata invers si a generatorului echivalent



Avem in continuare codul pentru obtinerea graficului:

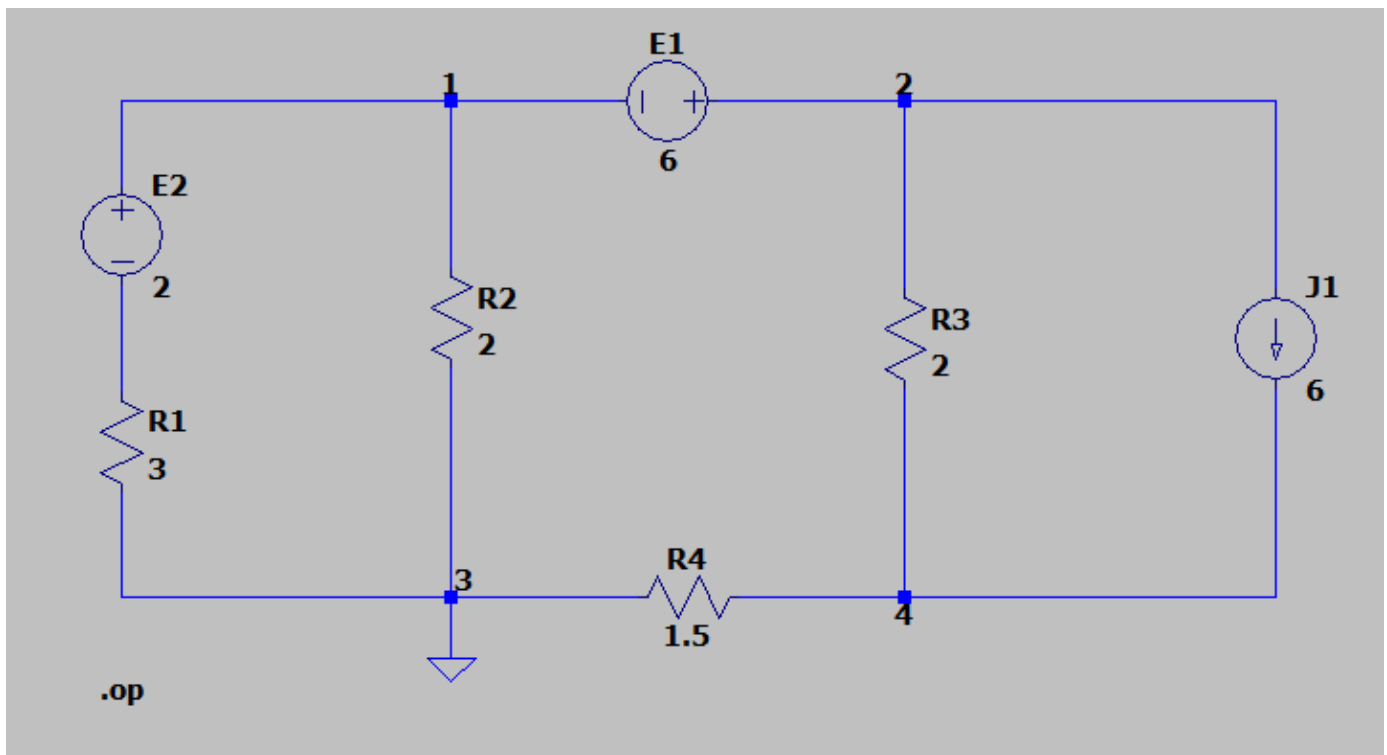
```

1 function Dioda_Polarizata_Invers()
2
3 Re = 3.2;
4 Ee = -18.8;
5 Ugol = Ee;
6 Isc = Ee / Re;
7 Is = 10 ^ (-11);
8 Vt = 26 * (10)^(-3);
9 U = [-25:0.05:-Ee];
10 Iu = Is * (e .^(U / Vt) - 1);
11 I = (Ee - U) ./ Re;
12
13
14 figure(1)
15 plot(U, I, U, Iu);
16 axis([-25 15 -10 7]);
17 hold;
18 plot(0, Isc, "o-r");
19 plot(Ugol, 0, "o-b");
20 xlabel("Tensiune");
21 ylabel("Intensitate");
22 title("Graficul caracteristicii diodei semiconductoare polarizata invers si a generatorului echivalent");
23 legend("Caracteristica generatorului echivalent", "Caracteristica Dioda Inversa", "Curent de scurtcircuit",
24 "Punctul static de functionare si tensiunea in gol");
25
26
27
28 endfunction
    
```

## 4. Surse Comandate

### 4.1 Simularea circuitului Initial

Pentru simularea circuitului am lucrat in LTspice.



```

--- Operating Point ---

V(2) :      2      voltage
V(4) :      6      voltage
V(1) :     -4      voltage
V(n001) :   -6      voltage
I(J1) :      6      device_current
I(R1) :     -2      device_current
I(R2) :     -2      device_current
I(R4) :      4      device_current
I(R3) :     -2      device_current
I(E2) :     -2      device_current
I(E1) :     -4      device_current

```

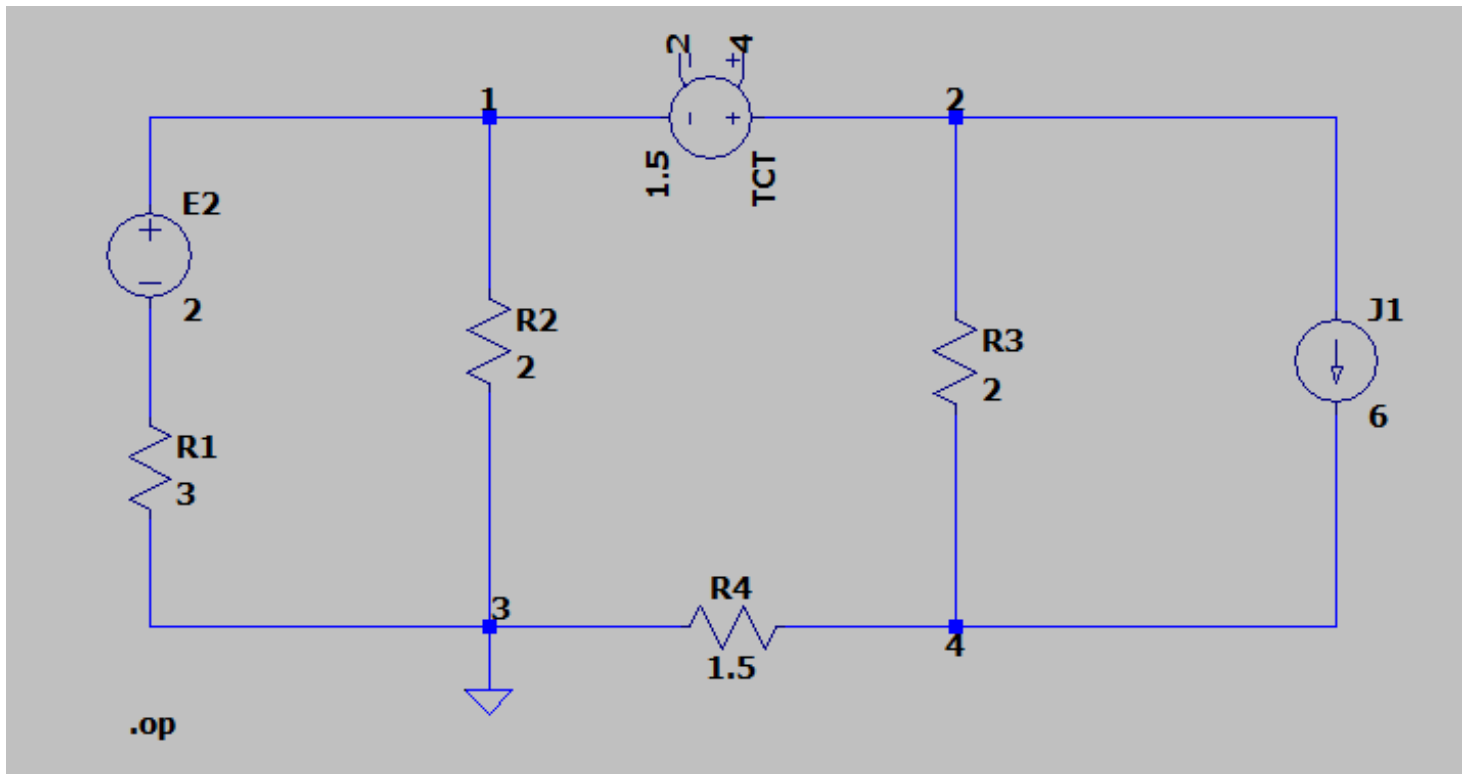
Mai sus avem circuitul in LTspice si rezultatele simularii. Putem observa ca in unele locuri intensitatea curentului sau Potentialul sunt negative, fapt datorat sensurilor (Negativ cand sensul este invers).

## 4.2 Sursa de tensiune comandata in tensiune

Voi inlocui sursa ideala de tensiune  $E_1$  cu o sursa de tensiune comandata in tensiune , TCT ce are valoarea egala cu tensiunea initiala a SIT-ului impartita la tensiunea de comanda din latura aleasa(cea dintre nodurile 4 si 2). Astfel, valoarea TCT-ului va fi  $E_1 / U_{2,4}$  , ->

$$TCT = 6V / 4V = 1.5 V$$





\* A:\Facultate\Cursuri\Bazele Electrotehnicii\Exercitiul 4\Circuitul Modificat.asc



--- Operating Point ---

V(2) :	2	voltage
V(4) :	6	voltage
V(1) :	-4	voltage
V(n001) :	-6	voltage
I(J1) :	6	device_current
I(R1) :	-2	device_current
I(R2) :	-2	device_current
I(R4) :	4	device_current
I(R3) :	-2	device_current
I(Tct) :	-4	device_current
I(E2) :	-2	device_current

Observam ca in ambele cazuri rezultatele numerice ale simularilor coincid, rezultand astfel ca am lucrat corect!

## 5. Rezolvarea circuitelor de Curent alternativ folosind instrumente software numerice

Primul pas ce trebuie facut este de adaugare al celor doua componente, respectiv o bobina in serie cu rezistorul  $R_1$  cu inductivitatea  $L = R_1 * 100 / \pi$  mH si un condensator in paralel cu  $R_2$  cu capacitatea  $C = R_2 * 100 / \pi$   $\mu$ F.

$$L = 3\text{ohmi} * 100 / 3.14 \text{ mH}$$

$$L = 95.541 \text{ mH}$$

$$C = 2\text{ohmi} * 100 / 3.14 \mu\text{F}$$

$$C = 63.694 \mu\text{F}$$

Al doilea pas este sa transformam toate SIC-urile si SIT-urile prezente in circuit in surse sinusoidale. (Singura fiind  $J_1$ )

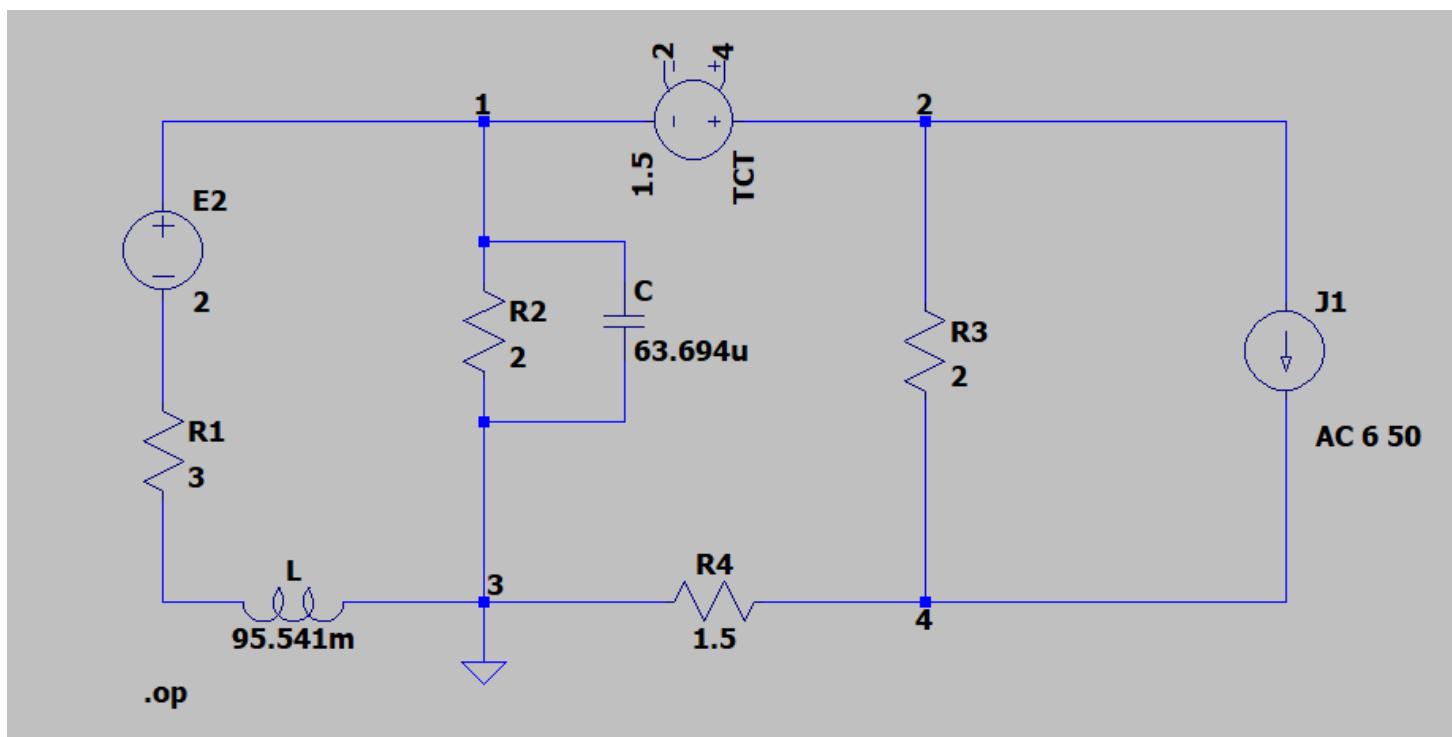
$$J_1 = X\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$$

Avem :

- $X = 6$
- $f = 50\text{Hz}$
- $\omega = 2 * \pi * f$  ,  $\rightarrow \omega = 314 \text{ rad/s}$
- $\varphi = 0$

$$J_1 = 6\sqrt{2}\sin(314t)$$

Astfel, in urma acestor pasi rezulta urmatorul circuit:



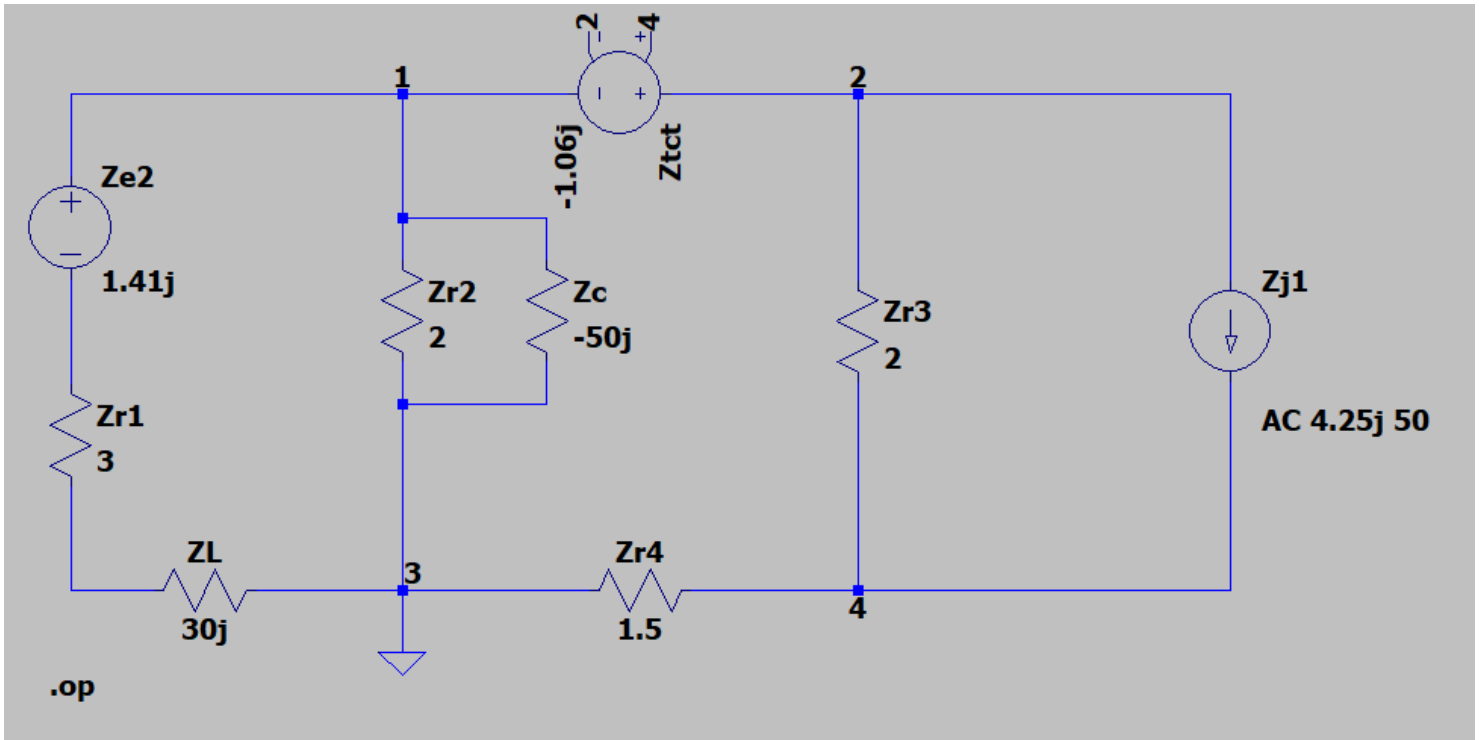
## 5.1 Reprezentarea in complex a circuitului

Vom transforma toate componentele circuitului in complex.

Vom nota  $Z_x$  ca fiind reprezentarea in complex a lui  $X$ , astfel avem:

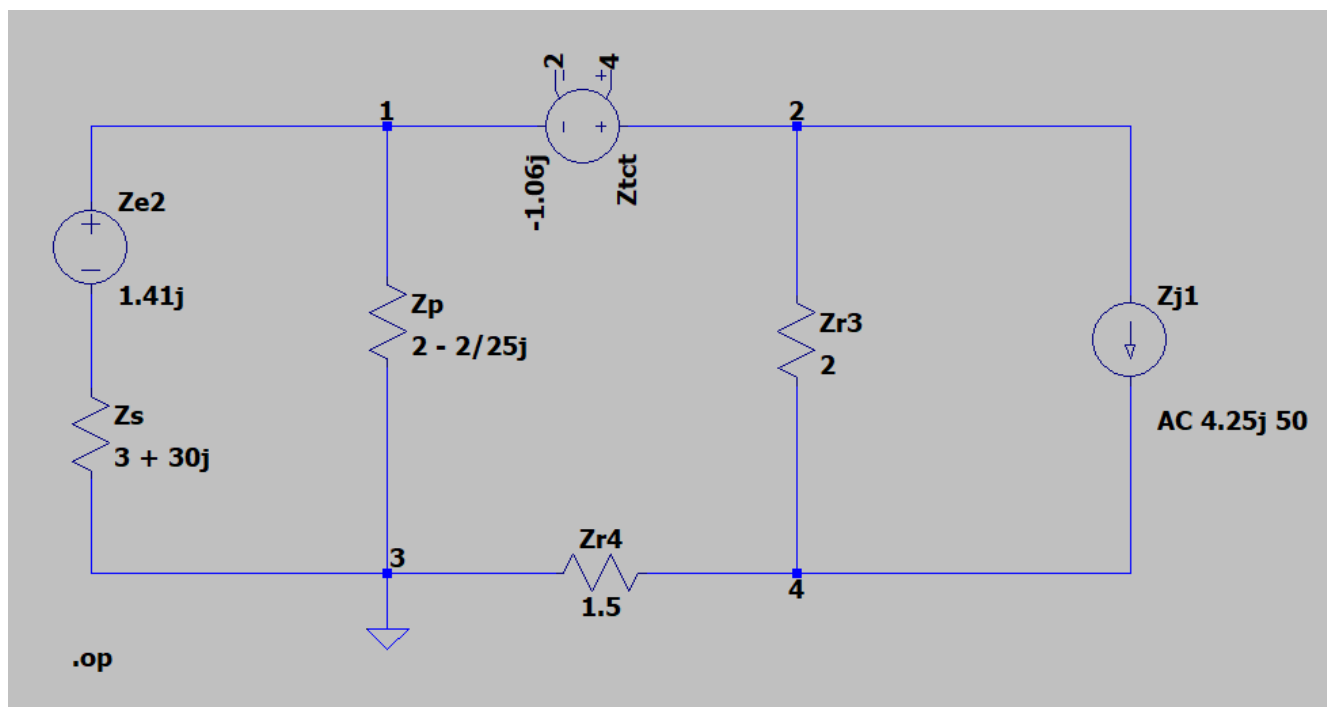
- $Z_{R1} = R_1 = 3 \text{ ohmi}$
- $Z_{R2} = R_2 = 2 \text{ ohmi}$
- $Z_{R3} = R_3 = 2 \text{ ohmi}$
- $Z_{R4} = R_4 = 1.5 \text{ ohmi}$
- $Z_{E2} = \frac{2}{\sqrt{2}} (\cos(\pi/2) + j * \sin(\pi/2)) = \sqrt{2} * j \text{ V}$
- $Z_{TCT} = \frac{1.5}{\sqrt{2}} (\cos(-\pi/2) + j * \sin(-\pi/2)) = -\frac{3}{2\sqrt{2}} * j \text{ V}$

- $Z_{J1} = 6 / \sqrt{2} (\cos(0) + j * \sin(0)) = 6 / \sqrt{2} \text{ A}$
- $Z_C = -j / (\omega * C) = -50 * j \text{ ohmi}$
- $Z_L = j * \omega * L = 30 * j \text{ ohmi}$



## 5.2 Sistemul de ecuatii in complex

Un prim pas este cel de optimizare al circuitului, astfel vom grupa rezistentele  $Z_{r2}$  si  $Z_c$  ce sunt in paralel intr-o rezistenta  $Z_p$  egala cu  $Z_{r2} * Z_c / (Z_{r2} + Z_c)$  si rezistentele  $Z_{r1}$  si  $Z_L$  ce se afla in serie intr-o rezistenta  $Z_s$  egala cu  $Z_{r1} + Z_L$ .



In continuare vom urma pasii de la exercitiul 2, incepand cu analiza eficientei metodelor sistematice.

$$N(\text{noduri}) = 4$$

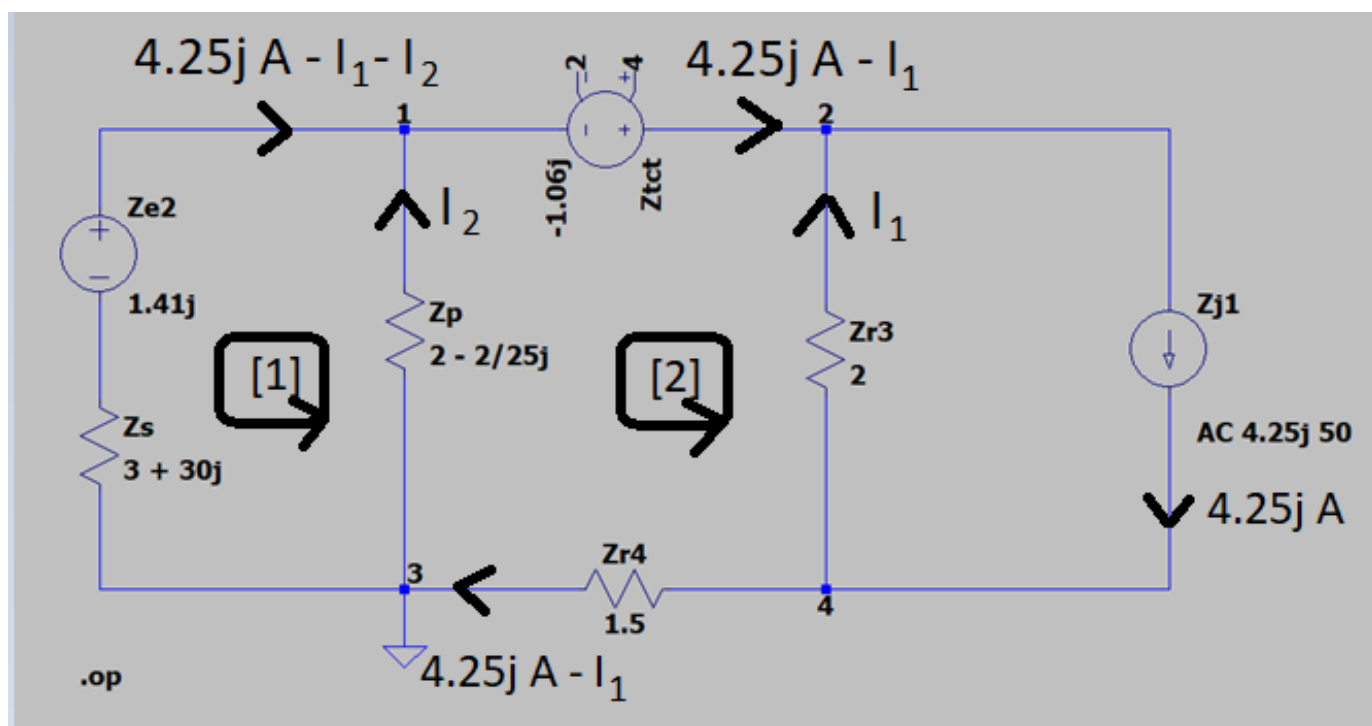
$$L(\text{laturi}) = 6$$

$$n_{SIC} = 1;$$

$$n_{SIT} = 1;$$

Metodă	Număr de ecuații
Kirchhoff clasic	$2L = 12$
Kirchhoff în curenți	$L - N + 1 = 3$
Kirchhoff în tensiuni	$N - 1 = 3$
Curenți de coarde (curenți de bucle/curenți ciclici)	$L - N + 1 - n_{SIC} = 2$
Tensiuni în ramuri (potențiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex)	$N - 1 - n_{SIT} = 2$

Voi alege ca anterior, metoda curenților în coarde, cea mai eficientă conform tabelului de mai sus.



Pentru Bucla [1] avem ecuația :

$$I_2 * Z_p - (4.25j \text{ A} - I_1 - I_2) * Z_s + Z_{e2} = 0$$

Pentru Bucla [2] avem ecuația :

$$(4.25j A - I_1) * Z_{r4} + I_1 * Z_{r3} - I_1 * Z_{r3} * Z_{tct} - I_2 * Z_p = 0$$

Din prima ecuatie obtinem pe rand:

$$I_2 * (2 - 2 / 25j) - 12.75j + 127.5 A - I_1 * 3 - I_1 * 30j - I_2 * 3 - I_2 * 30j + 1.41j = 0$$

$$-3 * I_1 - 30j * I_1 - I_2 - 30j * I_2 - 11.34j + 127.5 = 0$$

$$I_1 * (-3 - 30j) + I_2 * (-1 - 30j) - 11.34j + 127.5 = 0$$

Din a doua ecuatie obtinem pe rand:

$$6.375j - I_1 * 1.5 + I_1 * 2 - 2.12j * I_1 - I_2 * 2 + I_2 * 2/25j = 0$$

$$-I_1 * 0.5 - I_1 * 2.12j - I_2 * 2 + I_2 * 2/25j + 6.375j = 0$$

$$I_1 * (-0.5 - 2.12j) + I_2 * (-2 + 2/25j) + 6.375j = 0$$

Scoatem pe  $I_1$  din prima relatie si il inlocuim in cea de a doua, astfel obtinand solutiile sistemului final!