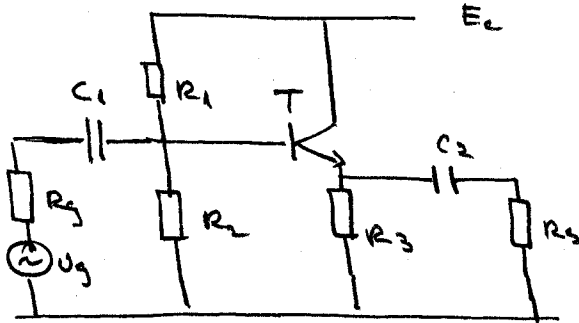


D) Obținerea circuitelor de regim staționar

1) Obținerea circuitelor prin metode diverse

În acest capitol, voi încerca să identifiu metoda-dologia generală pe exemplul din figura de mai jos:



-fig 22-

Circuitul de probei:

"

Repetarea pe emiter

Săi specificăm mai întâi ipotezele de constantă ca-ritative în care vom lucra

i. c. t : topologia circuitului este cea din fig 22, cu-de toate elementele cu topologia prescriși corespunzătoare (v par B2 - pag 52, B7 pag 65)

i. c. c - elementele $R_1, R_2, R_3, R_L, R_q, C_1, C_2$ sunt elementa lineare iar E_e surse de ~~curent~~ tensiune constantă

- tranzistorul este caracterizat standard, pentru simplitate, cu modelul simplu (fig 15, relațiile 25),

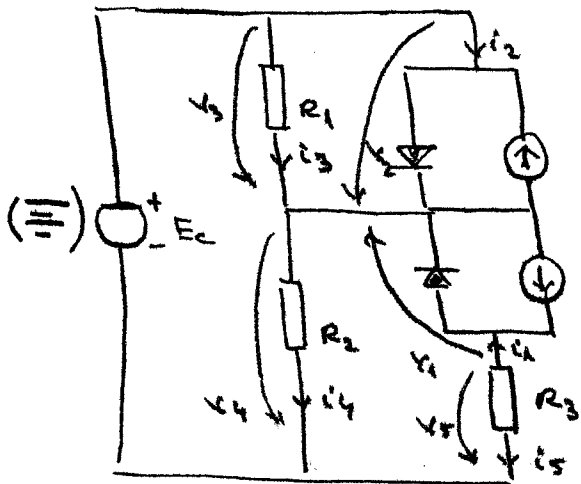
Deci :

$$(64) \begin{cases} i_1 = k_1(v_1) - \alpha k_2(v_2) \\ i_2 = -\alpha k_1(v_1) + k_2(v_2) \end{cases}$$

unde funcțiile k_1, k_2 pot (standard) sau nu să fie:

$$(65) \begin{cases} k_1(v_1) = m_1 [\exp(m_1 v_1) - 1] \\ k_2(v_2) = m_2 [\exp(m_2 v_2) - 1] \end{cases}$$

Cum pentru regimul staționar condensatorul devin
goluri, circuitul de calcul de vîine:



- fig 23 -

Modulul de calcul al
regimului staționar pentru
circuitul de fig 22

Varianta 1 (globală)

Vom considera pentru toate laturile, pe de o parte re-
latiile lor de definiție, iar pe de altă parte relațiile
impuse de legea lui Kirchhoff:

$$\left\{ \begin{aligned} i_1 &= k_1(u_1) - \alpha \tau k_2(u_2) \\ i_2 &= -\alpha k_1(u_1) + k_2(u_2) \\ i_3 &= G_1 u_3 \\ i_4 &= G_2 u_4 \\ i_5 &= G_3 u_5 \end{aligned} \right. \quad (66) \quad \begin{array}{l} \text{Relațiile} \\ \text{laturilor} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{aligned} i_3 + i_2 - i_4 &= 0 \\ i_1 + i_5 &= 0 \\ E_c &= u_3 + u_4 \\ u_3 &= u_2 \\ u_4 &= u_5 - u_1 \end{aligned} \right. \quad (67) \quad \begin{array}{l} \text{Relațiile impuse} \\ \text{de topologie} \end{array}$$

Varianta globală este cea mai simplă și este,
la conducere la un nivel prea ridicat al surse-

ținer liniare. Ea conține din a priori relațiile (66) (67) ca un set de 10 funcții de 10 variabile, adică:

$$\begin{aligned}
 (68) \quad & F_1(i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = i_1 - k_1(v_1) - k_1 k_2(v_2) = 0 \\
 & F_2(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = i_2 + k_1 k_2(v_1) - k_2(v_2) = 0 \\
 & F_3(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = i_3 - G_3 v_3 = 0 \\
 & F_4(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = i_4 - G_2 v_4 = 0 \\
 & \dots \\
 & F_8(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = v_4 + v_3 = E_c \\
 & F_9(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = v_3 - v_2 = 0 \\
 & F_{10}(i_1, \dots, i_5, v_1, \dots, v_5) = v_4 - v_5 + v_1 = 0
 \end{aligned}$$

Sau, pentru concizie, am notăm:

$$\begin{cases}
 y = (i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)^t \\
 b = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, E_c, 0, 0)^t
 \end{cases} \quad (69')$$

avem $F(y) = b$ cu $F: \mathbb{R}^{10} \rightarrow \mathbb{R}^{10}$ (69)

Variantă 2 (simplificată)

Folosind faptul că relațiile structurale (69) dau explicit o variabilă funcție de celelalte, ele se pot introduce în setul de relații (67) și obținem

$$(70) \quad \left\{ \begin{aligned}
 G_3 v_5 + k_1(v_1) - k_1 k_2(v_2) - G_2 v_4 &= \tilde{F}_1(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = 0 \\
 k_1(v_1) - k_1 k_2(v_2) + G_3 v_5 &= \tilde{F}_2(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = 0 \\
 v_3 + v_4 &= \tilde{F}_3(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = E_c \\
 v_3 - v_2 &= \tilde{F}_4(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = 0 \\
 v_4 - v_5 + v_1 &= \tilde{F}_5(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = 0
 \end{aligned} \right.$$

restul variabilelor fiind date de relația (68)

Problema se reduce acum la o ecuație (70) de ordin 5, echivalentă de un calcul direct (62). Mai putem scrie:

$$(71') \begin{cases} z = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) \\ c = (0, 0, E_c, 0, 0) \end{cases}$$

și (71) $\boxed{\tilde{F}(z) = c}$ cu $\tilde{F}: \mathbb{R}^5 \rightarrow \mathbb{R}^5$ a noulă ecuație

Varianta 3 (simplificată)

Ordinul ecuației obținute în varianta anterioară mai poate fi încă redus (până la doi derivate, din cauza tranzitorului). Aceasta se poate face operând asupra ecuațiilor obținute mai sus (eliminări de variabile) sau prin observatie directă. Din figura 23 se vede că:

$$(72) \begin{cases} v_2 G_1 + G_2 (R_3 i_1 + v_1) + c_1 + i_2 = 0 & (\text{ca, în modul } G_2) \\ E_c = v_2 - v_1 - R_3 i_1 & (\text{ca de tensiune pe oțelul } R_3) \end{cases}$$

La care adăugăm:

$$(64) \begin{cases} i_1 = k_1(v_1) - \alpha_c k_2(v_2) \\ i_2 = -\alpha_c k_1(v_1) + k_2(v_2) \end{cases}$$

Am putea acum vedea că dacă ca în sistem de ecuații de 4 necunoscute (v_1, v_2, i_1, i_2) , ținem totuși termenii în membrul drept și vom obține o relație

$$(73) \quad f(x) = a, \quad f: \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^4.$$

$$\text{cu } \begin{cases} x = (v_1, v_2, i_1, i_2) \\ a = (0, E_c, 0, 0) \end{cases} \quad (73)'$$

Dați ună vom introduce (64) în (72) alpinem :

$$(74) \begin{cases} v_2 G_1 + \frac{R_3}{\cdot} G_2 [k_1(u_1) - \alpha_1 k_2(u_2)] + v_1 G_2 + k_1(u_1) - \alpha_1 k_2(u_2) \\ \quad - \alpha_2 k_1(u_1) + k_2(u_2)] = 0 \\ v_2 - u_1 - R_3 [k_1(u_1) - \alpha_1 k_2(u_2)] = \epsilon c \end{cases}$$

$$(75) \begin{cases} \bar{k}_1(u_1, u_2) = 0 \\ \bar{k}_2(u_1, u_2) = \epsilon c \end{cases} \text{ și cu metoda}$$

$$(76) \begin{cases} x' = (u_1, u_2) \\ a' = (0, \epsilon c) \end{cases} \rightarrow \boxed{\bar{k}(x') = a'} \text{ cu } \bar{k} : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$$

Această este varianta de ordinul cel mai mic pe care
 îl putem obține, având în vedere prezența termenilor.
 Totuși, ar fi de dorit să avem o metodă care să ne ducă
 în mod cert la ecuația de rang minim. posibil. în cele ce
 urmează veți vedea metode standard, aplicabile unei
 sisteme de ecuații cu termeni (limitările vor fi discutate)

② Obținerea soluțiilor prin metoda lui Gauss

Să încercăm să utilizăm avantajele oferite de scrierea
 soluțiilor pentru termenii în formă :

$$(64) \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\alpha_1 \\ -\alpha_2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1(u_1) \\ k_2(u_2) \end{pmatrix}$$

Această ecuație nu reprezintă decât identitatea în (72) :

să expunem "conținutul" în două părți $\left\{ \begin{array}{l} \text{parte nelimitată} \\ \text{parte limitată (mai} \\ \text{măsurabilă în calcul)} \end{array} \right.$

care acționarea simultan și independent asupra „făpturii”
 generată cu T. în figura 25 s-a descompus circuitul pentru
 a face mai evidentă procedura.

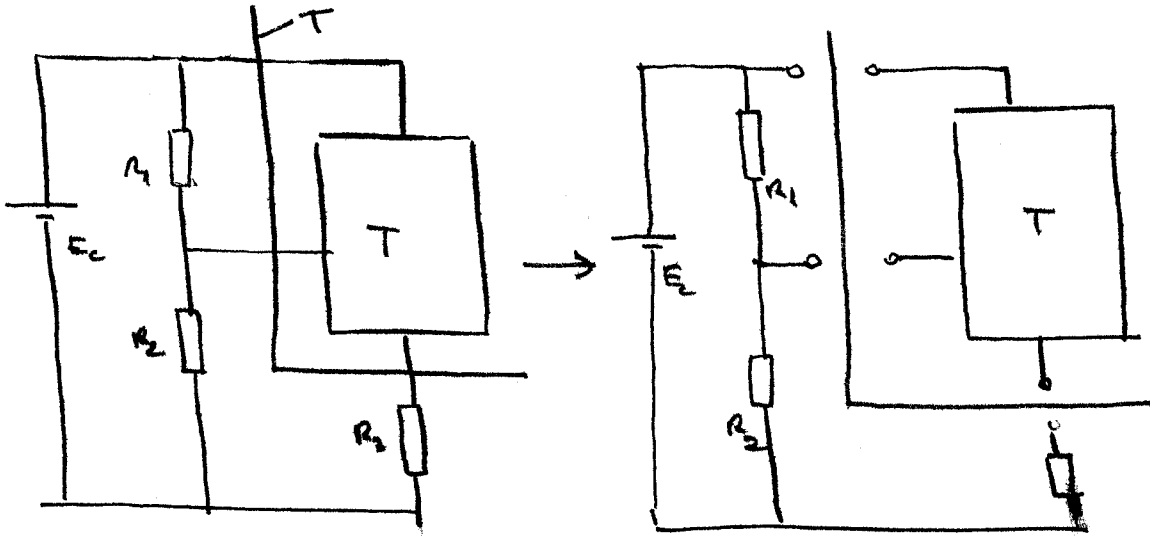
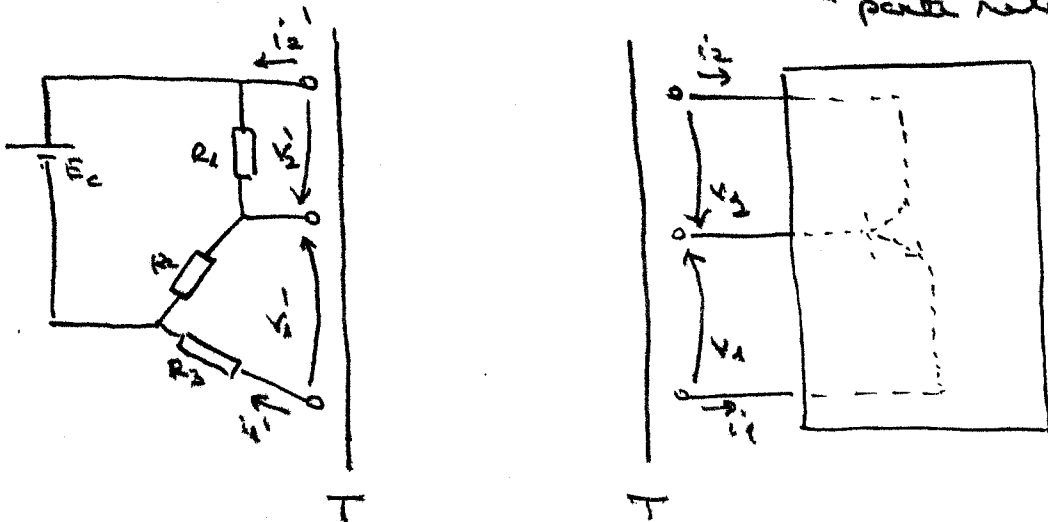


Fig-24 - Descompunerea circuitului
 în $\left\{ \begin{array}{l} \text{partea liniară} \\ \text{partea neliniară} \end{array} \right.$



a) Constrângerea
 „liniară”

b) Constrângerea
 „neliniară”

Fig 25 - Evidențierea celor două restricții
 asupra făpturii

Văși folosiți în expresii tip pentru relațiile care se
 pot scrie parțial de aici.

Așfel, prima relație este evidentă, egalitatea dintre

maximale portiloror :

$$\begin{cases} v_2' = v_2 \\ v_1' = v_1 \\ -i_2' = i_2 \\ -i_1' = i_1 \end{cases} \quad (77) \rightarrow \underline{\text{relațiile "ogință"}}$$

La care adăugăm :

$$(78) \begin{cases} i_1 = k_1(v_1) - k_2(v_2) \\ i_2 = -k_1(v_1) + k_2(v_2) \end{cases} : \underline{\text{"relația nelineară"}}$$

Așcum este evident că am avea nevoie de o expresie convergență dinspre partea liniară, deci o caracterizare a multiporțului liniar la porți de forma :

$$(79) \begin{cases} i_1' = F_1(v_1', v_2') \\ i_2' = F_2(v_1', v_2') \end{cases}$$

Multiporțul fiind activ, ne vom putea găsi o ex-

presie de forma

$$(80) \begin{pmatrix} i_1' \\ i_2' \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix}$$

și reținem reținem că putem găsi o expresie de forma :

$$(81) \begin{pmatrix} i_1' \\ i_2' \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} j_1' \\ j_2' \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix}$$

$$\text{(deci } \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} j_1' \\ j_2' \end{pmatrix} \text{, care la rândul său este$$

cont de prezența sursei independente)

Vom acorda în par. următoră un grup pentru această expresie (81). Și vom pune "relația liniară"

Să rezumăm:

$$(82) \begin{cases} \begin{pmatrix} i_1' \\ i_2' \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad (0) \\ \begin{pmatrix} i_1' \\ i_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\alpha_T \\ -\alpha_T & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1(v_1) \\ t_2(v_2) \end{pmatrix} \quad (N) \\ \begin{pmatrix} i_1' \\ i_2' \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \end{pmatrix} \quad (L) \end{cases}$$

$$\text{dacă } \begin{cases} i_1' = -i_1 \quad v_1' = v_1 \\ i_2' = -i_2 \quad v_2' = v_2 \end{cases} \quad (82')$$

(sens vectorial)

$$\text{(cu } B = \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \end{pmatrix}) \quad (83)$$

Dați care extragem:

$$TF(v) = i = -i' = -Gv' + B, \text{ de unde:}$$

$$\boxed{TF(v) + Gv = B} \quad (84) \quad \text{sau pe lung}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -\alpha_T \\ -\alpha_T & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1(v_1) \\ t_2(v_2) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \end{pmatrix} \quad (84')$$

unde $-\alpha_T, \alpha_T \in (0, 1)$ (i.c.c)

- G - matricea admittanțelor de recurență a multipoleului înșir perimțat

B - vector ce ține cont de prezenta sursei.

③ Calculul matricei G . Explicativ:

Dacă vom scrie relația (81) pe lung:

$$(85) \begin{cases} i_1' = G_{11} v_1' + G_{12} v_2' + J_1 \\ i_2' = G_{21} v_1' + G_{22} v_2' + J_2 \end{cases}$$

vor putea deduce imediat modul de calcul a tuturor elementelor. Pentru aceasta să observăm că dacă:

$$(86) \begin{pmatrix} J_1' \\ J_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

— ceea ce coincide cu penalizarea "unilaterală" liniară : — sursele de tensiune și la restructurarea, cele g de curent galvici

reacțiile devin :

$$(87) \begin{cases} i_1' = G_{11} v_1 + G_{12} v_2 \\ i_2' = G_{21} v_1 + G_{22} v_2 \end{cases} \quad (\text{valabile pentru multiplicitate penalizată})$$

Dacă în (87) lașem $v_2 = 0$ (puncta 2 restructurată) și în

apoi $v_1 = 0$ (puncta 1 restructurată) obținem :

$$(88) \begin{cases} G_{11} = \frac{i_1}{v_1} \Big|_{v_2=0} & G_{21} = \frac{i_2}{v_1} \Big|_{v_2=0} \\ G_{12} = \frac{i_1}{v_2} \Big|_{v_1=0} & G_{22} = \frac{i_2}{v_2} \Big|_{v_1=0} \end{cases}$$

cu interpretări evidente.

Observații

1) Dacă vrem de cazul general cele de mai sus se scriu

anturmul 87 devine :

$$(87') \begin{cases} i_1 = G_{11} v_1 + \dots + G_{1m} v_m \\ \dots \\ i_n = G_{n1} v_1 + \dots + G_{nm} v_m \end{cases}$$

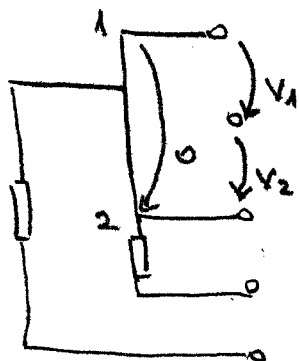
$$(88') \text{ și } \boxed{G_{ik} = \frac{i_k}{v_k} \text{ , } G_{ki} = \frac{i_i}{v_k} \text{ (când } v_1, \dots, v_{k-1}, v_{k+1}, \dots, v_m \text{ sunt egale cu 0)}$$

2) Ne vom uita la rândul său procedura de mai sus. (unde este matricea G ?). Rezultă de mai sus că cu sursele $v_k = 0$ (G_{ik} definiți în lipsă), este a înțelegi că restructurarea constantă parte impune restructurarea la puncta k

Așadar, matricea G nu va exista atunci când există

o buclă numai din terminii de poarta, formată prin intermediul multipartului liniar (cazul cel mai simplu: reducerea la o poartă)

Un exemplu de astfel de situație este dat în figura



- Fig. 26 - - Exemplu de circuit liniar care nu admite o matrice G pentru bucla de curent din figură

Atrageți atenția că sunt „bucle nepermise” pot

apare direct în circuitul liniar (1-2 seriat) sau

prin procesul de paritate vizare, ~~etc.~~ (1-2 seriate

o serie de terminii). De asemenea buclele interzise pot

fi formate în limbajul circuitului inițial (n.p.s. revers).

Bucle permise relativ din terminii de

poarta și serie independente de terminii (van con-

sidera și un eventual reducere la o serie de

terminii mult)

3) Matricea G va fi inversabilă, dacă există,

pentru multipartul liniar

4) Nu va exista cazul când $\boxed{\det G = 0}$, și

observăm interpretarea de circuit a acestei rețele. Se știe că ecuația (87') va putea apărea pe v_1, \dots, v_n în funcție de i_1, \dots, i_n , dacă și numai dacă $\det G \neq 0$. În cazul căruia va fi posibilă scrierea

$$(89) \begin{cases} v_1 = R_{11} i_1 + \dots + R_{1n} i_n \\ \dots \\ v_m = R_{m1} i_1 + \dots + R_{mn} i_n \end{cases}$$

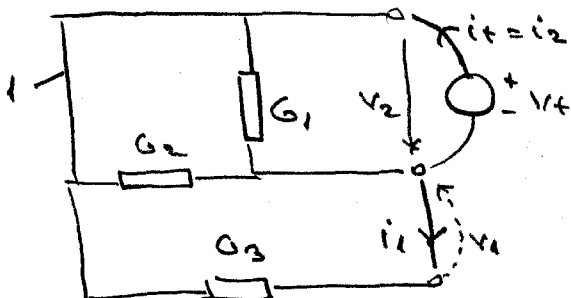
sau
$$V = R I$$

↓
matricea impedanțelor
sau de adm.

Dacă $\det G = 0$, atunci există un număr de reprezentare prin matricea R.

4) Calculul matricei G. Exemplificarea

a) La poarta 2



- fig 27 -

Explicatii

- 1 - apare prin succesiunea sursei
- sursele variabilelor la parti de la care alina putem a se rezulta consecutiv (i_1, i_2 intru in dipart)

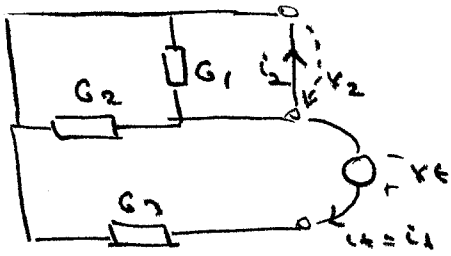
- sursele „-“ din expresia lui i_1 apare din cauza sursei schimbate cu care it pareaza, rezultu 1.

$$i_2 = V_t [G_1 + G_2 + G_3] \Rightarrow G_{22} = \frac{i_2}{V_t} = G_1 + G_2 + G_3$$

$$i_1 = i_{G3} = - \frac{G_3}{G_1 + G_2 + G_3} \cdot i_2 = - \frac{G_3}{G_1 + G_2 + G_3} (G_1 + G_2 + G_3) V_t$$

$$\Rightarrow G_{12} = \frac{i_1}{V_t} = - G_3$$

b) La poarta 1



$$i_1 = Vt \cdot G_3 \Rightarrow G_{11} = G_3$$

$$i_2 = -i_1 \Rightarrow G_{21} = -G_3$$

- fig 28 -

In concluzii

$$(90) \quad G = \begin{pmatrix} G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_1 + G_2 + G_3 \end{pmatrix}$$

5) Calculul lui B si relatia finala

Explicatia o dati lat relatia P5, in care de data

crearea laora si reventuri de ambele parti (pe care se general de toate partile) Va ramine in acest caz

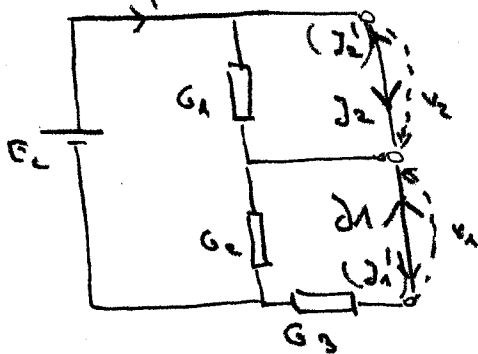
$$(91') \quad \begin{cases} i_1 = J_1' \\ i_2 = J_2' \end{cases} \quad (\text{in general } i = J')$$

Ar trebui deci sa consideram J_1', J_2' intrand in

dipart. Noi vom considera $J_1 = -J_1', J_2 = -J_2'$ (unsi in-

vers) (J_1 si J_2 apar in formula finala B4). Deci avem

figura:



de unde

$$i = Ec (G_2 + G_3)$$

$$J_2 = i = (G_2 + G_3) Ec$$

$$J_1 = -i_{G_3} = -i \cdot \frac{G_3}{G_2 + G_3} = -G_3 Ec$$

sau

$$B = \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -G_3 \\ G_2 + G_3 \end{pmatrix} Ec \quad (91)$$

- fig 29 -

Calculul lui B

Amem acum (90), (91) toate ecuațiile "care trebuie să
introducă în (84). Obținem deci:

$$\boxed{\begin{pmatrix} 1 & -\alpha r \\ -\alpha t & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1(u_1) \\ t_2(u_2) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_1 + G_2 + G_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -G_3 \\ G_2 + G_3 \end{pmatrix} E_c} \quad (92)$$

sau pe scurt

$$\boxed{TF(v) + Gv = B} \quad (84) \quad (\text{cu } (90), (91) \text{ și } \tau \text{ și } G)$$

Aceasta este o formă standard pentru ecuațiile cir-
cuitorilor cu tranzențari de punct static. La ea se a-
jungă introducându-se, atunci când există matricea G a "porții
liniare" a circuitului. Pentru cazul când G nu există,
se va obține totuși o ecuație similară (v. cap IV - D)
De aici vom face directia alternativă a ecuației (52) scrisă
în forma (84) fapt care face ca, metodele care vor fi des-
crise în paragraful următor, pe exemplul de problemă să
poată fi aplicate de fapt oricărui circuit, se admite o
scriere (84).