

CURS 8

Metode de analiză a circuitelor electrice

3. Metoda curenților ciclici (metoda curenților de ochiuri)

Method of loop (mesh)currents

Metoda curenților ciclici se aplică ochiurilor de circuit, la fel ca și teorema a doua a lui Kirchhoff. Numărul de ecuații este egal cu numărul ochiurilor de circuit.

The method of loop (mesh) currents is applied to the circuit loops, the same as Kirchhoff's voltage law. Number of equations is equal with the number of circuit loops.

În analiza metodei, necunoscute se consideră curenții ce străbat ochiurile circuitului. Dacă la teorema a doua a lui Kirchhoff se alegea arbitrar un sens de parcurgere prin fiecare ochi, în cazul acestei metode, acest sens de parcurgere reprezintă de fapt un curent imaginar (fictiv), numit curent ciclic, care străbate fiecare latură a ochiului respectiv.

In the analysis of the method, the unknowns quantities are considered the currents that flow through the circuit loops. If, in the KVL, a sense through each loop was arbitraly chosen, in this method, this sense represents actually an imaginary (fictive) current, called loop or mesh current, which flows on each brach of the respective loop.

În general, curenții ciclici îi notăm cu I sau J .

Curenții ciclici pot fi de două feluri:

- Curenți ciclici necunoscuți, ale căror valori urmează să fie determinate în urma rezolvării metodei curenților ciclici;
- Curenți ciclici injectați de sursele de curent din ochiul respectiv, și care sunt egali cu valoarea acestora.

The loop currents can be of two types:

- The unknown loop currents, whose values are to be calculated using the method of loop currents;
- The loop currents injected by the current sources from the respective loop. The value of the loop current is equal with the value of the source current.

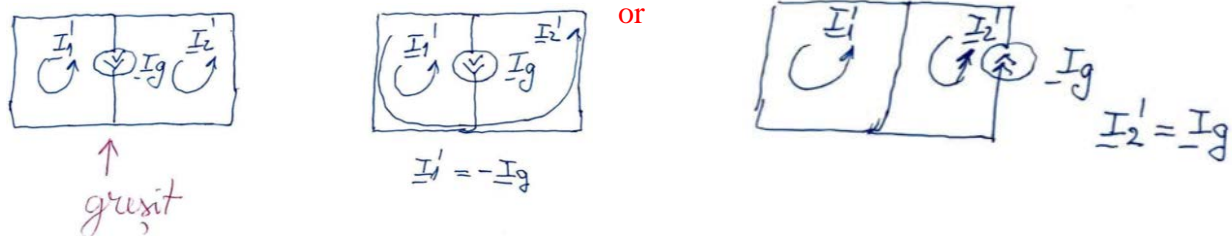
La rezolvarea unui circuit prin metoda curenților ciclici se urmăresc pașii descriși mai jos:

When solving a circuit using the method of loop currents, the following steps are followed:

1. Se verifică dacă circuitul conține surse de curent. Dacă da, curenții ciclici se aleg astfel încât prin latura cu sursa de curent să treacă un singur curent ciclic (conform figurii). Valoarea acestuia va fi egală cu valoarea sursei de curent, dacă cei doi curenți (ciclic și cel al sursei) au același sens, sau va fi egală cu minus valoarea sursei de curent, dacă cei doi curenți nu au același sens.

Check if the circuit has current sources. If so, the loop currents are chosen such that only one loop current passes through the branch with the current source (see the below

figure). Its value will be equal to the value of the current source, if the two currents (the loop current and that of the source) have the same sense, or will be equal to minus the value of the current source, if the two currents do not have the same sense.



2. Se formează sistemul de ecuații corespunzător metodei. Acesta conține un număr de ecuații egal cu numărul de curenți ciclici (numărul de ochiuri independente ale circuitului). Dacă există sursă de curent în circuit, având în vedere că se cunoaște deja un curent ciclic, atunci una dintre ecuații (corespunzătoare ochiului în care se află sursa independentă de curent), nu mai este necesar a fi scrisă. Deci numărul de ecuații din sistem devine egal cu numărul de ochiuri - 1.

System of equations according to the method is written. Number of equations equal is equal to the number of loop currents (the number of independent meshes of the circuit). If there is a current source in the circuit, given that a loop current is already known, then one of the equations (corresponding to the mesh where we have the independent current source), the number of equations in the system becomes equal to the number of meshes - 1.

$$\begin{cases} \underline{Z}_{11} \cdot \underline{I}_1' + \underline{Z}_{12} \cdot \underline{I}_2' + \dots + \underline{Z}_{1B} \cdot \underline{I}_B' = \underline{E}_1 \\ \underline{Z}_{21} \cdot \underline{I}_1' + \underline{Z}_{22} \cdot \underline{I}_2' + \dots + \underline{Z}_{2B} \cdot \underline{I}_B' = \underline{E}_2 \\ \vdots \\ \underline{Z}_{B1} \cdot \underline{I}_1' + \underline{Z}_{B2} \cdot \underline{I}_2' + \dots + \underline{Z}_{BB} \cdot \underline{I}_B' = \underline{E}_B \end{cases}, \text{ unde B reprezintă un ochi de circuit.}$$

În sistemul de ecuații specific metodei, membrul drept reprezintă suma surselor de tensiune electromotoare aparținând buclei respective (semnul sursei poate fi + sau -, în funcție de sensul său față de sensul curentului de buclă ales).

In the system of equations specific to the method, the right member represents the sum of the electromotive voltage sources belonging to the respective loop (the source sign can be + or -, depending on its sense versus the chosen loop current direction).

3. Determinarea impedanțelor din sistem. Determination of the impedances from the system.

$$\underline{Z}_{pp}' = \sum_{\substack{k \in (p) \\ m \in (p)}} \underline{Z}_{km} = \sum_{k \in (p)} \underline{Z}_k + \sum_{\substack{L_k \in (p) \\ L_m \in (p) \\ k \neq m}} \epsilon_{km} \cdot 2j\omega L_{km}$$

\underline{Z}_{pp}' – impedanța proprie buclei p și ea reprezintă suma tuturor impedanțelor de pe laturile ce aparțin buclei p, plus suma algebrică a impedanțelor mutuale dintre laturile k și m, ambele aparținând buclei p. (proper impedance of the p loop, is the sum of all the impedances of braches in mesh p, plus the algebraic sum of the mutual impedance between braches k and m, both of them belonging to the mesh p).

Observații:

- în suma $\sum_{k \in (p)} Z_k$, toți termenii sunt pozitivi;
- deoarece $L_{km}=L_{mk}$, în cel de-al doilea termen al ecuației impedanța mutuală se ia de două ori. ϵ_{km} se referă la semnul impedanței mutuale.

$$\text{unde } \epsilon_{km} = \begin{cases} 0, \text{ dacă în bucla } p \text{ nu există două bobine cuplate mutual;} \\ 1, \text{ pentru cazul în care } \underline{I}_p' \text{ are același sens față de bornele marcate ale} \\ \text{ bobinelor } L_k \text{ și } L_m \text{ aparținând buclei } p; \\ -1, \text{ în caz contrar.} \end{cases}$$

Remarks:

- in the sum $\sum_{k \in (p)} Z_k$, all terms are positive;
- because $L_{km}=L_{mk}$, the mutual impedance from the second term of the equation is taken twice. ϵ_{km} represents the sign of the mutual impedance.

where

$$\epsilon_{km} = \begin{cases} 0, \text{ if in the loop } p \text{ there are no magnetically coupled coils;} \\ 1, \text{ if the loop current } \underline{I}_p' \text{ has the same orientation against the marked terminals of the} \\ L_k \text{ and } L_m \text{ coils, both belonging to the loop } p; \\ -1, \text{ otherwise.} \end{cases}$$

Impedanța de legătură între buclele p și q:

The mutual impedance between the loop p and loop q:

$$\underline{Z}_{pq}' = \sum_{\substack{k \in (p) \\ m \in (q)}} Z_{km} = \sum_{\substack{k \in (p) \\ k \in (q)}} \alpha_{pq} \cdot Z_k + \sum_{\substack{L_k \in (p) \\ L_m \in (q) \\ k \neq m}} \eta_{pq} \cdot j\omega L_{km}$$

\underline{Z}_{pq}' – reprezintă suma algebrică a tuturor impedanțelor laturilor comune ochiurilor p și q, plus suma algebrică a impedanțelor mutuale dintre latura $k \in (p)$ și latura $m \in (q)$. (is the algebraic sum of all impedances of the branches which are in common with meshes p and q, plus the algebraic sum of the mutual impedances between the branch $k \in (p)$ and the branch $m \in (q)$).

Observații:

$$\alpha_{pq} = \begin{cases} 0, \text{ dacă nu există impedanța pe latura comună dintre ochiurile } p \text{ și } q \\ \text{ sau nu există latura comună;} \\ 1, \text{ pentru cazul în care } \underline{I}_p' \text{ și } \underline{I}_q' \text{ au același sens prin latura comună;} \\ -1, \text{ în caz contrar.} \end{cases}$$

$$\bullet \quad \eta_{pq} = \begin{cases} 0, & \text{dacă nu există bobine cuplate mutual între buclele p și q;} \\ 1, & \text{dacă } \underline{I}_p' \text{ și } \underline{I}_q' \text{ sunt la fel orientate față de bornele marcate ale bobinelor } L_k \text{ și } L_m; \\ -1, & \text{în caz contrar.} \end{cases}$$

Remarks:

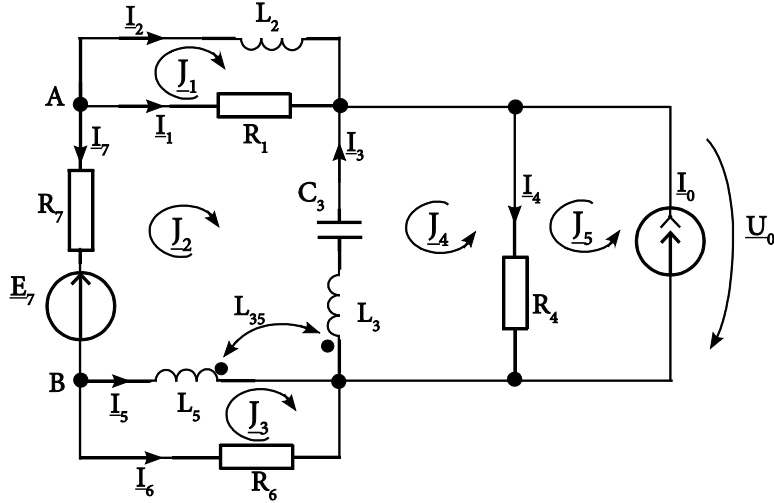
$$\bullet \quad \alpha_{pq} = \begin{cases} 0, & \text{if there is no mutual impedance between the loop p and the loop q} \\ & \text{or there is no common branch;} \\ 1, & \text{when the loop currents } \underline{I}_p' \text{ and } \underline{I}_q' \text{ have the same orientation through the common branch;} \\ -1, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$\bullet \quad \eta_{pq} = \begin{cases} 0, & \text{if there is no mutual coupling between the loops p and q;} \\ 1, & \text{if the loop currents } \underline{I}_p' \text{ și } \underline{I}_q' \text{ have the same orientation against the marked} \\ & \text{terminals of the coupled coils } L_k \text{ and } L_m; \\ -1, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

4. Se rezolvă sistemul și se determină curenții ciclici. (Solve the system and find the loop currents.)

5. Se determină curenții reali din circuit în funcție de curenții ciclici, după cum urmează: Se adună toți curenții ciclici ce parcurg latura pentru care se calculează curentul. Semnul curentului ciclic este (+) dacă acesta parcurge latura în același sens ca și curentul laturii și (-) în caz contrar. The real currents from the circuit are determined according to the loop currents, as follows: Add all the loop currents that flow along the branch for which the current is calculated. The sign of the loop current is (+) if it flows the branch in the same direction as the branch current and (-) otherwise.

Exemplu 1: Se consideră circuitul din figură, cu următoarele date numerice: $R_1 = 2[\Omega]$, $\omega L_2 = 2[\Omega]$, $\omega L_3 = 2[\Omega]$, $\frac{1}{\omega C_3} = 1[\Omega]$, $R_4 = 1[\Omega]$, $\omega L_5 = 1[\Omega]$, $R_6 = 1[\Omega]$, $R_7 = 1[\Omega]$, $\omega L_{35} = 1[\Omega]$, $\underline{I}_0 = 20 - 10j$ [A] și $\underline{E}_7 = 20 + 10j$ [V]. Să se rezolve circuitul prin metoda curenților ciclici.



Soluție:

Problema de față conține o sursă de current, prin urmare, $\underline{J}_5 = \underline{I}_0$

$$\begin{cases} \underline{J}_1 \cdot \underline{Z}_{11} + \underline{J}_2 \cdot \underline{Z}_{12} + \underline{J}_3 \cdot \underline{Z}_{13} + \underline{J}_4 \cdot \underline{Z}_{14} + \underline{J}_5 \cdot \underline{Z}_{15} = 0 \\ \underline{J}_1 \cdot \underline{Z}_{21} + \underline{J}_2 \cdot \underline{Z}_{22} + \underline{J}_3 \cdot \underline{Z}_{23} + \underline{J}_4 \cdot \underline{Z}_{24} + \underline{J}_5 \cdot \underline{Z}_{25} = \underline{E}_7 \\ \underline{J}_1 \cdot \underline{Z}_{31} + \underline{J}_2 \cdot \underline{Z}_{32} + \underline{J}_3 \cdot \underline{Z}_{33} + \underline{J}_4 \cdot \underline{Z}_{34} + \underline{J}_5 \cdot \underline{Z}_{35} = 0 \\ \underline{J}_1 \cdot \underline{Z}_{41} + \underline{J}_2 \cdot \underline{Z}_{42} + \underline{J}_3 \cdot \underline{Z}_{43} + \underline{J}_4 \cdot \underline{Z}_{44} + \underline{J}_5 \cdot \underline{Z}_{45} = 0 \end{cases}$$

Valorile impedanțelor pentru circuitul aferent problemei sunt:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{11} &= R_1 + j\omega L_2 = 2 + 2j[\Omega]; \quad \underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = -R_1 = -2[\Omega]; \quad \underline{Z}_{13} = \underline{Z}_{31} = 0[\Omega]; \quad \underline{Z}_{14} = \underline{Z}_{41} = 0[\Omega]; \\ \underline{Z}_{15} &= 0[\Omega]; \quad \underline{Z}_{22} = R_7 + R_1 + \frac{1}{j\omega C_3} + j\omega L_3 + j\omega L_5 - 2j\omega L_{35} = 3[\Omega]; \\ \underline{Z}_{32} &= \underline{Z}_{23} = -j\omega L_5 + j\omega L_{35} = 0[\Omega]; \quad \underline{Z}_{42} = \underline{Z}_{24} = j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega C_3} - j\omega L_{35} = 0[\Omega]; \quad \underline{Z}_{25} = 0[\Omega]; \\ \underline{Z}_{33} &= j\omega L_5 + R_6 = 1 + j[\Omega]; \quad \underline{Z}_{34} = \underline{Z}_{43} = j\omega L_{35} = j[\Omega]; \quad \underline{Z}_{35} = 0[\Omega]; \\ \underline{Z}_{44} &= R_4 + \frac{1}{j\omega C_3} + j\omega L_3 = 1 + j[\Omega]; \quad \underline{Z}_{45} = -R_4 = -1[\Omega]. \end{aligned}$$

Sistemul devine:
$$\begin{cases} \underline{J}_1 \cdot (2 + 2j) - 2\underline{J}_2 = 0 \\ -2\underline{J}_1 + 3\underline{J}_2 = 20 + 10j \\ (1 + j)\underline{J}_3 + j \cdot \underline{J}_4 = 0 \\ j \cdot \underline{J}_3 + (1 + j)\underline{J}_4 - 1 \cdot (20 - 10j) = 0 \end{cases}$$

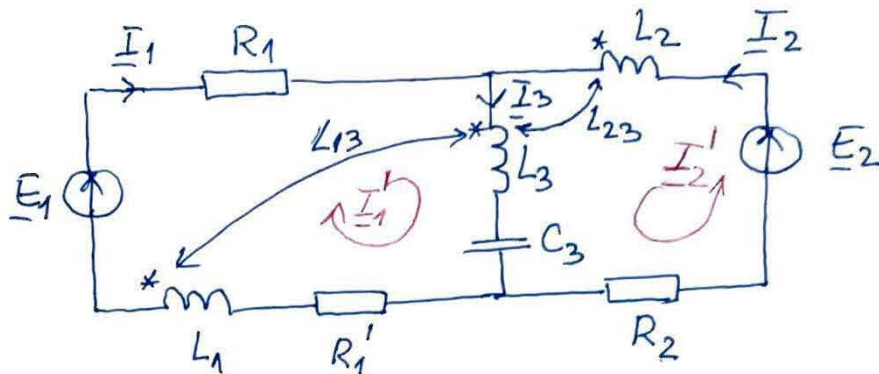
cu soluțiile: $\underline{J}_1 = 5 - 5j[\text{A}]; \underline{J}_2 = 10[\text{A}]; \underline{J}_3 = -10[\text{A}]; \underline{J}_4 = 10 - 10j[\text{A}].$

Curenții din laturi se determină după cum urmează:

$$\begin{aligned} \underline{I}_1 &= \underline{J}_2 - \underline{J}_1 = 5 + 5j[\text{A}] & \underline{I}_5 &= \underline{J}_3 - \underline{J}_2 = -20[\text{A}]; \\ \underline{I}_2 &= \underline{J}_1 = 5 - 5j[\text{A}]; & \underline{I}_6 &= -\underline{J}_3 = 10[\text{A}]; \\ \underline{I}_3 &= -\underline{J}_2 - \underline{J}_4 = -20 + 10j[\text{A}]; & \underline{I}_7 &= -\underline{J}_2 = -10[\text{A}]; \\ \underline{I}_4 &= \underline{J}_5 - \underline{J}_4 = 10[\text{A}]; \end{aligned}$$

Exemplul 2

să se rezolve circuitul prin metoda curenților ciclici:



$$\begin{cases} \underline{Z}_{11}' \cdot \underline{I}_1' + \underline{Z}_{12}' \cdot \underline{I}_2' = \underline{E}_1 \\ \underline{Z}_{21}' \cdot \underline{I}_1' + \underline{Z}_{22}' \cdot \underline{I}_2' = \underline{E}_2 \end{cases}$$

$$\underline{Z}_{11}' = R_1 + R_1' + j\omega L_1 + j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega C_3} - 2j\omega L_{13}$$

$$\underline{Z}_{12}' = \underline{Z}_{21}' = j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega C_3} - j\omega L_{13} - j\omega L_{23}$$

$$\underline{Z}_{22}' = R_2 + j\omega L_2 + j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega C_3} - 2j\omega L_{23}$$

$$\begin{cases} \underline{I}_1 = \underline{I}_1' \\ \underline{I}_3 = \underline{I}_1' + \underline{I}_2' \\ \underline{I}_2 = \underline{I}_2' \end{cases}$$

Node analysis of linear network

Pasul 1 (Step 1):

Se identifică nodurile circuitului. Vor exista N noduri. Se alege un nod al circuitului ca origine de potențial - i se atribuie valoarea de 0[V]. Potentialele celorlalte noduri vor deveni noile variabile utilizate pentru rezolvarea problemei. We identify the nodes of the circuit. There will be N nodes for a circuit. We select a particular node as reference node. The potential of the reference node is ZERO (ground node). We then call the voltages from all other nodes to the reference node NODE VOLTAGE, and they will be the new network variables.

Pasul 2 (Step 2):

Se formează un sistem de ecuații pentru a determina potențialele celorlalte noduri ale circuitului, numărul de ecuații fiind egal cu numărul de noduri ale căror potențiale sunt necunoscute: $N-1$. We form the system of equations associated with this method. Since the number of nodes is N , and one node has a known potential $0[V]$, we are left with $N-1$ variables.

[illegible]

Termenii \underline{Y}_{kk} reprezintă suma, cu semnul (+), admitanțelor laturilor adiacente nodului (k). The terms \underline{Y}_{kk} represent the sum, with the sign (+), of the admittances of the branches adjacent to node (k).

Termenii \underline{Y}_{kj} reprezintă suma, cu semnul (-), a admitanțelor laturilor care leagă nodurile (k) și (j).
The terms \underline{Y}_{kj} represent the sum, with the sign (-), of the admittances of the branches adjacent to both nodes (k) and (j).

Termenul drept al ecuațiilor reprezintă curentul de scurt circuit al nodului (k). Se calculează ca suma curenților de scurtcircuit ai laturilor adiacente nodului (k). I_{sck} represents the short circuit current of node (k). It is computed as the sum of short circuit currents of the branches adjacent to node (k)

Pasul 3 (Step 3):

Se rezolvă sistemul de ecuații și se obțin potențialele nodurilor necunoscute V_1, V_2, \dots, V_{N-1} . We solve the system of equations and obtain the unknown node voltages V_1, V_2, \dots, V_{N-1} .

Pasul 4 (Step 4):

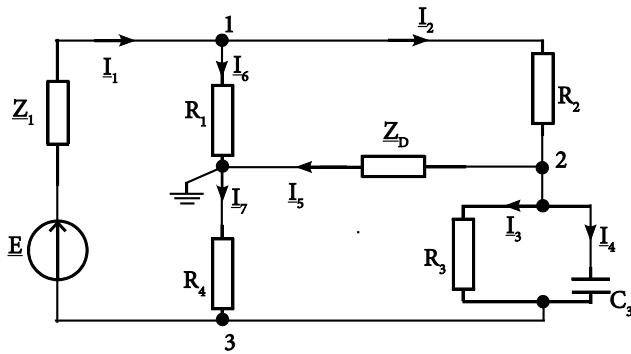
Se determina curenții laturilor circuitului. **We compute the branches currents.**

Excepție (Exception):

Dacă în circuit există o sursă ideală de tensiune, nodul de referință trebuie ales ca unul dintre nodurile adiacente laturii ce conține respectiva sursă. Potențialul celuilalt nod adiacent acestei laturi se determină direct, deci ecuația ce îi corespunde va fi eliminată din sistemul de ecuații. **If there is an ideal voltage source on the circuit, the reference node must be selected as one of the nodes adjacent to the branch with this source. The potential of the other node adjacent to this branch will be computed directly, and therefore the equation corresponding to this node will be eliminated from the system of equations.**

Exemple (Examples):

1. Circuitul prezentat în figura de mai jos este o punte Wien. Să se scrie ecuațiile de rezolvare a circuitului prin metoda potențialelor nodurilor.



Soluție:

Se alege un nod al circuitului ca origine de potențial (i se atribuie valoarea de 0[V]);

Se formează sistemul de ecuații

$$\begin{cases} \underline{V}_1 \cdot \underline{Y}_{11} + \underline{V}_2 \cdot \underline{Y}_{12} + \underline{V}_3 \cdot \underline{Y}_{13} = \sum I_{sc1} \\ \underline{V}_1 \cdot \underline{Y}_{21} + \underline{V}_2 \cdot \underline{Y}_{22} + \underline{V}_3 \cdot \underline{Y}_{23} = \sum I_{sc2} \\ \underline{V}_1 \cdot \underline{Y}_{31} + \underline{V}_2 \cdot \underline{Y}_{32} + \underline{V}_3 \cdot \underline{Y}_{33} = \sum I_{sc3} \end{cases}$$

$$\text{Unde: } \underline{Y}_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{R_2}; \quad \underline{Y}_{22} = \frac{1}{Z_D} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + j\omega C_3;$$

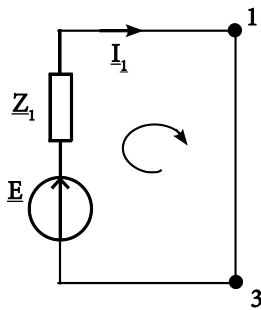
$$\underline{Y}_{12} = -\frac{1}{R_2} = \underline{Y}_{21}; \quad \underline{Y}_{23} = \underline{Y}_{32} = -\left(\frac{1}{R_3} + j\omega C_3\right);$$

$$\underline{Y}_{13} = \underline{Y}_{31} = -\frac{1}{Z_1}; \quad \underline{Y}_{33} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} + j\omega C_3 + \frac{1}{Z_1}.$$

Termenul drept al ecuațiilor reprezintă suma curenților de scurtcircuit ai laturilor adiacente în nodul aferent ecuației scrise.

$$\sum I_{sc_1} = \frac{E}{Z_1}; \quad \sum I_{sc_2} = 0; \quad \sum I_{sc_3} = -\frac{E}{Z_1}.$$

Observație: Curenții de scurtcircuit ai laturilor se calculează scurtcircuitând cu un fir extremitățile acestora. Pentru laturile care nu conțin surse, curenții de scurtcircuit sunt nuli. Dacă latura adiacentă nodului conține o sursă îndreptată către acesta (nod), curențul de scurtcircuit se ia cu semnul (+) și cu (-) în caz contrar.

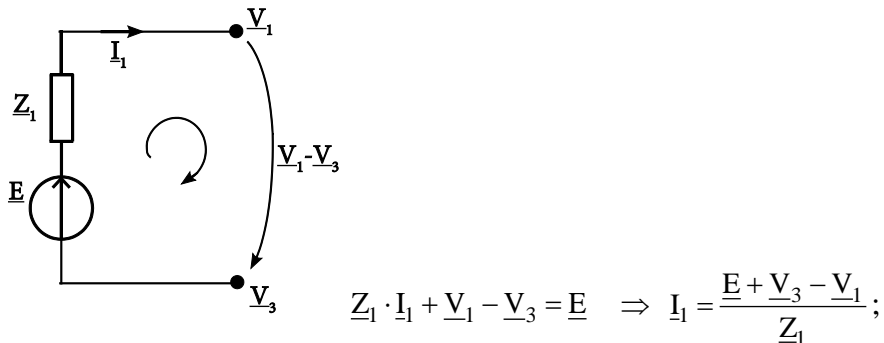


De exemplu, dacă latura cuprinsă între nodurile 1 și 3, este legată în scurtcircuit:

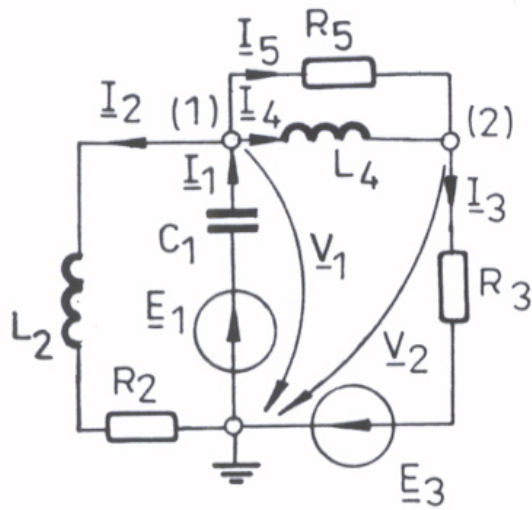
$$I_1 = \frac{E}{Z_1}.$$

Rezolvarea sistemului conduce la determinarea potențialelor necunoscute \underline{V}_1 , \underline{V}_2 și \underline{V}_3 .

Se calculează curenții laturilor :



$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{V}_1 - \underline{V}_2}{R_2}; \underline{I}_3 = \frac{\underline{V}_2 - \underline{V}_3}{R_3}; \underline{I}_4 = j\omega C_3(\underline{V}_2 - \underline{V}_3); \underline{I}_5 = \frac{\underline{V}_2}{Z_D}; \underline{I}_6 = \frac{\underline{V}_1}{R_1} \text{ și } \underline{I}_7 = -\frac{\underline{V}_3}{R_4}.$$



$$\underline{I}_{sc1} = \underline{E}_1 j\omega C$$

$$\underline{I}_{sc2} = -\frac{\underline{E}_3}{R_3}$$

$$\Rightarrow \underline{V}_1, \underline{V}_2$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{E}_1 - \underline{V}_1}{1/j\omega C_1}; \underline{I}_2 = \frac{\underline{V}_1}{R_2 + j\omega L_2}; \underline{I}_3 = \frac{\underline{E}_3 + \underline{V}_3}{R_3}$$

$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{V}_1 - \underline{V}_2}{j\omega L_4}; \underline{I}_5 = \frac{\underline{V}_1 - \underline{V}_2}{R_5}$$

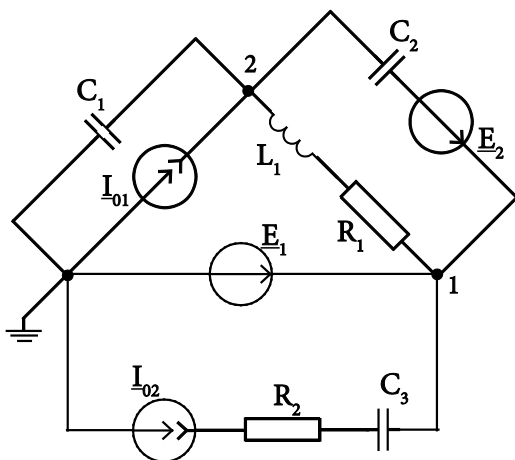
$$\begin{cases} \underline{Y}_{11}\underline{V}_1 + \underline{Y}_{12}\underline{V}_2 = \underline{I}_{sc1} \\ \underline{Y}_{21}\underline{V}_1 + \underline{Y}_{22}\underline{V}_2 = \underline{I}_{sc2} \end{cases}$$

$$\underline{Y}_{11} = j\omega C_1 + \frac{1}{R_2 + j\omega L_2} + \frac{1}{j\omega L_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\underline{Y}_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{j\omega L_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = -\left(\frac{1}{j\omega L_4} + \frac{1}{R_5}\right)$$

Exemplul 3:



Să se scrie sistemul de ecuații corespunzător metodei potențialelor nodurilor pentru circuitul din figura alăturată.

Soluție:

Se remarcă faptul că circuitul conține o sursă ideală de tensiune (\underline{E}_1). În acest caz, nodul ales ca origine de potențial trebuie să fie adiacent laturii care conține sursa respectivă.

Regula rămâne valabilă și pentru un circuit care conține mai multe surse ideale de tensiune, plasate pe laturi ce au un nod comun (nodul referință trebuie să fie adiacent unei laturi ce conține o sursă ideală de tensiune).

Potențialul nodului 1 se poate astfel calcula direct : $\underline{V}_1 = \underline{E}_1$ (Căderea de tensiune pe sursa ideală de tensiune ($\underline{V}_1=0$) este egală și de sens contrar tensiunii electromotoare).

Ecuția corespunzătoare nodului 1 din metoda potențialelor nodurilor devine inutilă.

Se scrie deci doar ecuația pentru nodul 2:

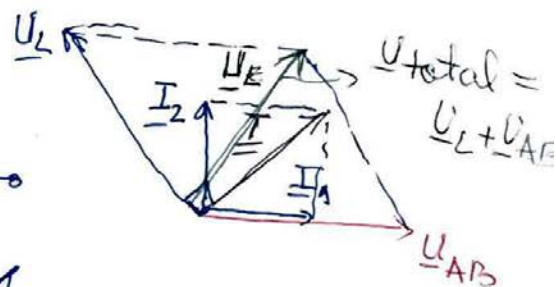
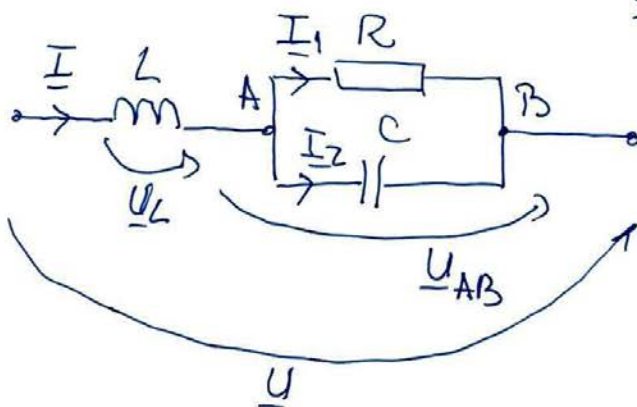
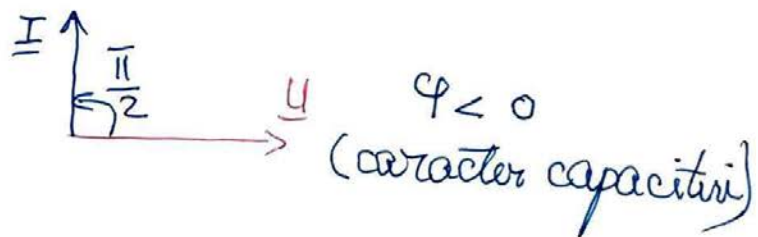
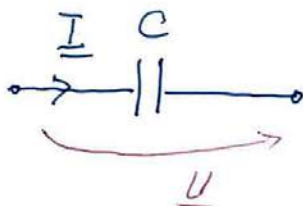
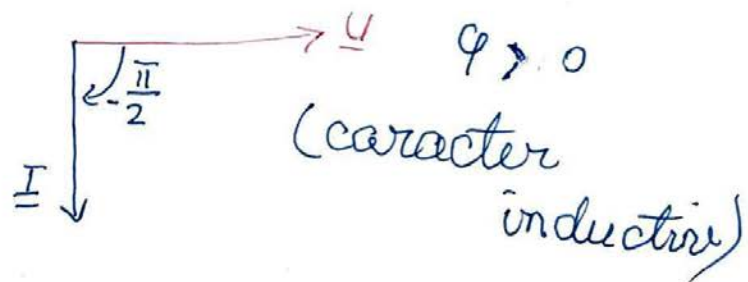
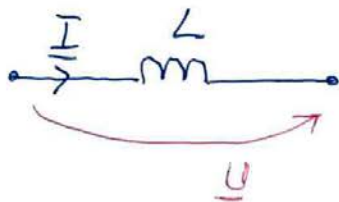
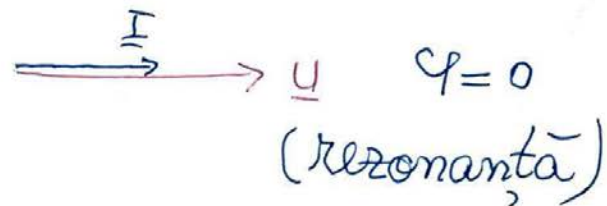
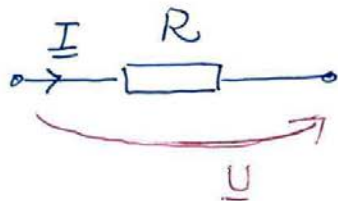
$$\begin{cases} \underline{V}_1 = \underline{E}_1 \\ \underline{V}_1 \cdot \underline{Y}_{21} + \underline{V}_2 \cdot \underline{Y}_{22} = \sum \underline{I}_{sc_2} \end{cases}$$

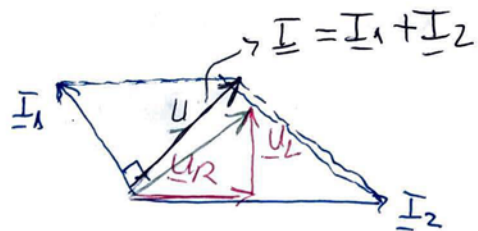
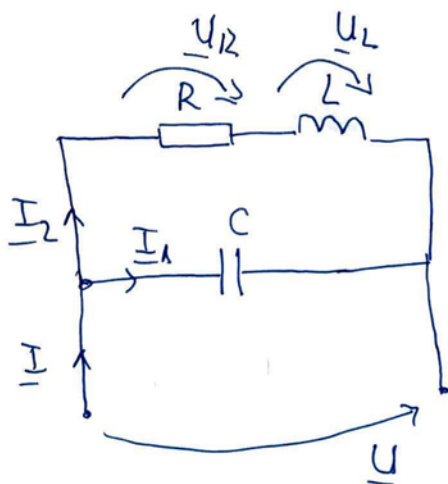
$$\underline{Y}_{21} = -\left(\frac{1}{\underline{R}_1 + j\omega L_1} + j\omega C_2 \right); \quad \underline{Y}_{22} = j\omega C_1 + j\omega C_2 + \frac{1}{\underline{R}_1 + j\omega L_1};$$

$$\sum \underline{I}_{sc_2} = -\underline{E}_2 \cdot j\omega C_2 + \underline{I}_{01}.$$

Se determina \underline{V}_2 și apoi curenții laturilor.

Exemple de reprezentare a circuitelor prin diagrame fazoriale:





Temă

