

CALCULUL CIRCUITELOR ELECTRICE NELINIARE COMPUSE DE CONFIGURAȚII DIFERITE PRIN METODA GRAFO-ANALITICĂ – METODA CU DOUĂ NODURI

Sergiu MAZILU; Vasile CERBU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Ideea de bază este calculul circuitelor electrice neliniare compuse de curent continuu, de configurații diferite. Se analizează metodele de calcul pentru circuite electrice neliniare simple și compuse. O atenție deosebită se acordă metodei cuadripolului pasiv. Metoda cuadripolului pasiv permite transformarea circuitelor electrice compuse de diferite configurații la un circuit cu legarea în paralel ale ramurilor. Ceea ce ne dă posibilitatea aplicării metodei grafo-analitice, metoda cu două noduri.

Cuvinte cheie: Element neliniar (EN), circuit electric de configurații diferite, circuit simplu, circuit compus, metoda regimurilor mers la gol și scurtcircuit, metoda intersecției caracteristicilor, caracteristica volt-amperică, metoda grafo-analitică.

1. Introducere

Circuitul electric de curent continuu cu EN se consideră circuit electric neliniar. Deosebim circuit electric neliniar simplu și circuit electric neliniar compus.

La calculul circuitelor electrice neliniare simple se aplică metoda grafică și metoda intersecției caracteristicilor.

La calculul circuitelor electrice neliniare compuse se aplică: metoda regimurilor mers la gol și scurtcircuit (metoda GET), metoda grafo-analitică (metoda grafică), metoda cuadripolului activ.

- Metoda regimurilor mers la gol și scurt-circuit se aplică în cazul circuitului compus ce conține unul sau mai multe elemente neliniare legate în serie, în paralel sau mixt.
- Metoda grafo-analitică se aplică la calculul mărimilor circuitului cu legarea în paralel ale ramurilor ce conțin sursa de energie și elementul neliniar.

Metodele enumerate pot fi aplicate doar în anumite cazuri. Problema calculului circuitelor electrice neliniare se complică în cazul când avem un circuit electric compus constituit din elemente liniare, surse de energie și elemente neliniare care nu pot fi grupate în serie, în paralel sau mixt.

În lucrarea de față se propune metoda cuadripolului activ ce poate fi aplicată la calculul circuitelor electrice neliniare compuse cu două EN, cu trei EN și cu patru EN conectate izolat.

Ideea de bază a metodei constă în aceea ca partea circuitului compus, constituit din surse de energie și elemente liniare, se prezintă printr-un cuadripol activ, iar elementele neliniare se conectează la bornele (de intrare și de ieșire) a cuadripolului. Aplicând metoda de superpoziție circuitul din fig.1 se reprezintă sub forma a două circuite (fig.2 și fig.3)

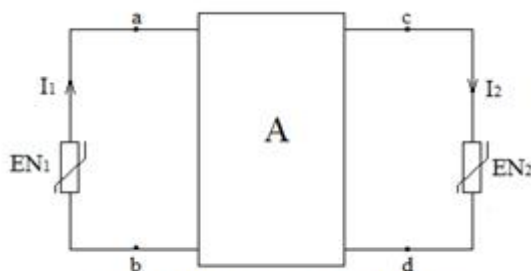


Fig.1 Cuadripol cu două EN

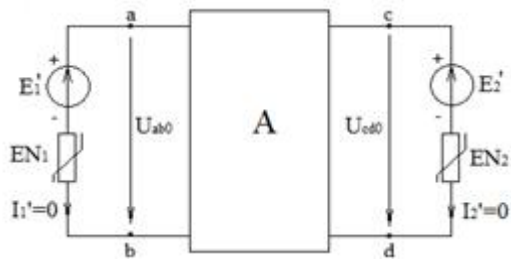


Fig.2 Cuadripolul în regim mers la gol

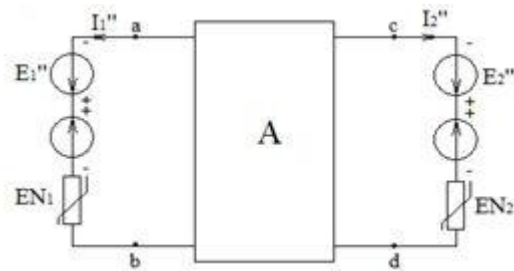


Fig.3 Cuadripolul în regim normal

Cuadripolul în regim mers la gol este prezentat în Fig.2, deci avem:

$$E_1' = U_{ab0}; E_2' = U_{cd0}.$$

Deoarece circuitul trebuie să se afle în regim normal de funcționare la menținerea acestui regim este necesar de introdus în ramurile respective E_1'' , E_2'' de aceleași valori cu E_1' și E_2' , dar de sens opus (fig.3).

Deoarece E_1' , E_2' și sursele cuadripolului active nu creează curenți în EN, atunci cele pot fi scurtcircuitate. Deci circuitul dat se prezintă sub formă de cuadripol pasiv conectat la ramurile ce conțin sursele de energie și EN, respective în ramura "a-b", $E_1'' = U_{ab0}$ și EN_1 , iar în ramura "c-d", $E_2'' = U_{cd0}$ și EN_2 (fig.4).

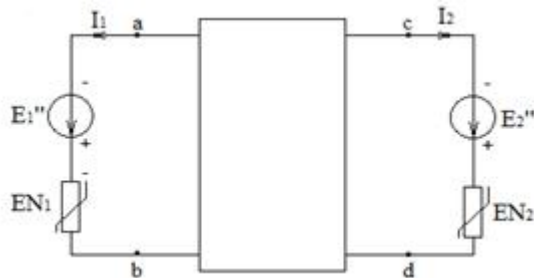


Fig.4 Cuadripol pasiv

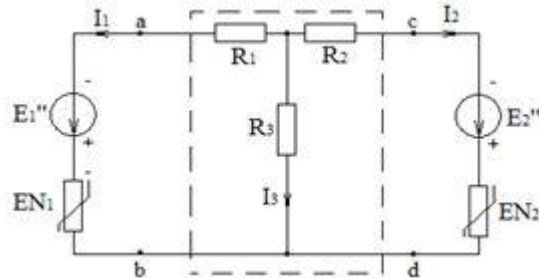


Fig.5 Schema echivalentă

Din punct de vedere structural, cuadripolul pasiv reprezintă un circuit echivalent de tip "T" sau "Π".

Circuitul din fig.5 reprezintă un circuit electric neliniar compus cu două noduri. La calculul curenților I_1, I_2, I_3 se aplică metoda grafică-analitică (metoda cu două noduri).

Conform acestei metode este necesar de construit caracteristicile tensiune-curent ale elementelor neliniare în funcție de unul și același parametru U_{21} , adică:

$$I_1 = f(U_{21}'); I_2 = f(U_{21}'''); I_3 = f(U_{21}'''), \text{ unde:}$$

$$U_{21}' = E_1'' - U_1(I_1); U_{21}'' = E_2'' - U_2(I_2)$$

Având caracteristicile reconstruite și depuse cu luarea în considerație a deplasării cu E_1'' și E_2'' și aplicând prima teoremă a lui Kirchhoff se construiește caracteristica rezultantă:

$$I_1(U_{21}') + I_2(U_{21}''') + I_3(U_{21}''') = f(U_{21}).$$

Punctul de intersecție a caracteristicii rezultante cu axa absciselor și va determina punctul regimului de funcționare a circuitului dat, adică U_{21}, I_1, I_2, I_3 .

2. Exemplu de calcul

În lucrarea de față sau efectuat calcule pentru determinarea curenților în EN din fig.7 ce conțin 3EN. Pentru circuitul din fig.9 se consideră cunoscute:

$$R_1 = 6\Omega; \quad R_2 = 14\Omega; \quad R_3 = 20\Omega;$$

$$E_1 = 70V; \quad E_2 = 160V;$$

C.V.A ale elementelor neliniare cunoscute sunt prezentate în fig.6.

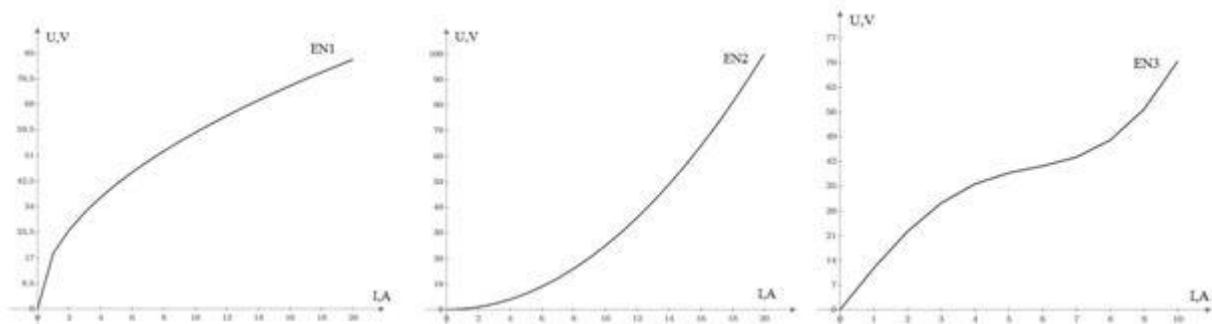


Fig.6 Carcteristicile volt amperice ale elementelornelineare.

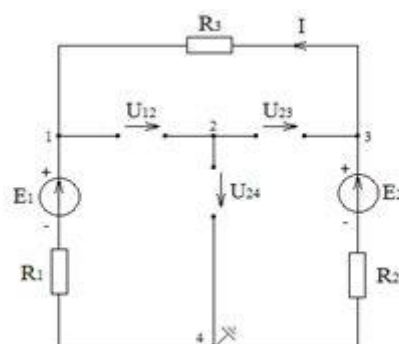
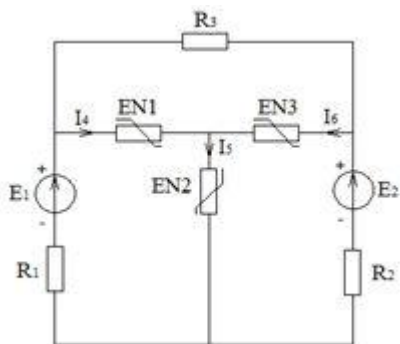


Fig.7 Circuit electric neliniarcompus Fig.8 Regimmersîngolpenturamurile cu EN

Circuitul electric neliniarcompusestereprezentatîn fig.7. Calcululcurenților I_4 , I_5 , I_6 înelementelaneliniare.

Ordinea:

1. Se considerăregimmers la golpenturamurile cu EN reprezentatîn fig.8.
2. Aplicândmetodarespectivă se determinătensiunile U_{12} , U_{24} și U_{23}

$$I = \frac{E_2 - E_1}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{160 - 70}{40} = 2.25, A$$

$$U_{34} = E_2 - IR_2 = 160 - 2.25 \cdot 14 = 128.5, V$$

$$U_{14} = E_1 + IR_1 = 70 - 2.25 \cdot 6 = 83.5, V$$

$$U_{34} = U_{42} - U_{23}$$

$$U_{14} = U_{24} + U_{12}$$

În cazul dat vom presupune $U_{34}=20, V$

$$U_{24} = U_{34} + U_{23} = 128.5 + 20 = 148.5, V$$

$$U_{12} = U_{14} - U_{24} = 83.5 - 148.5 = -65, V$$

3. Se alcătuieste schema alternativă din fig.9.

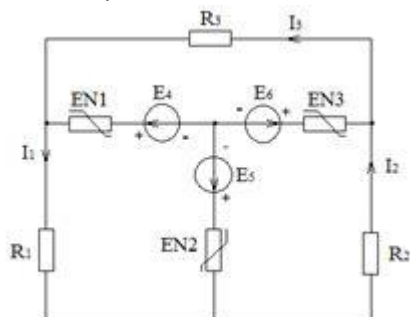


Fig.9 Schema modificată

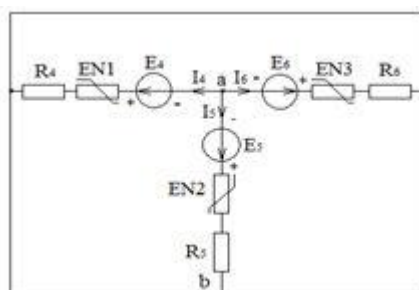


Fig.10 Schema echivalentă

4. Se transformă schema din fig.9printransformareatriunghiului de rezistențeînstea de rezistențe. Înrezultatultransformărilor se obține fig.10sau fig.11.

$$R_4 = \frac{R_3 \cdot R_1}{R_3 + R_2 + R_1} = \frac{20 \cdot 6}{40} = 3, \Omega$$

$$R_5 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3 + R_2 + R_1} = \frac{6 \cdot 14}{40} = 2,1, \Omega$$

$$R_6 = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_3 + R_2 + R_1} = \frac{20 \cdot 14}{40} = 7, \Omega$$

5. Pentru fig.11 se aplică metoda grafo-analitică la determinarea curenților I_4, I_5, I_6

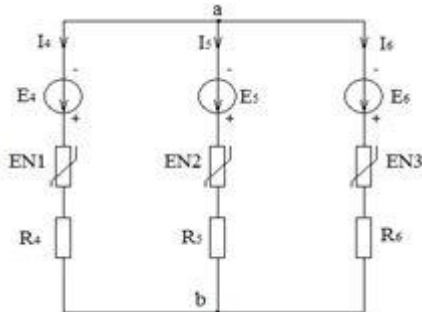


Fig.11 Schema cu două noduri

Se adăunează pentru fiecare ramură caracteristicile elementelor legate în serie (fig.12).

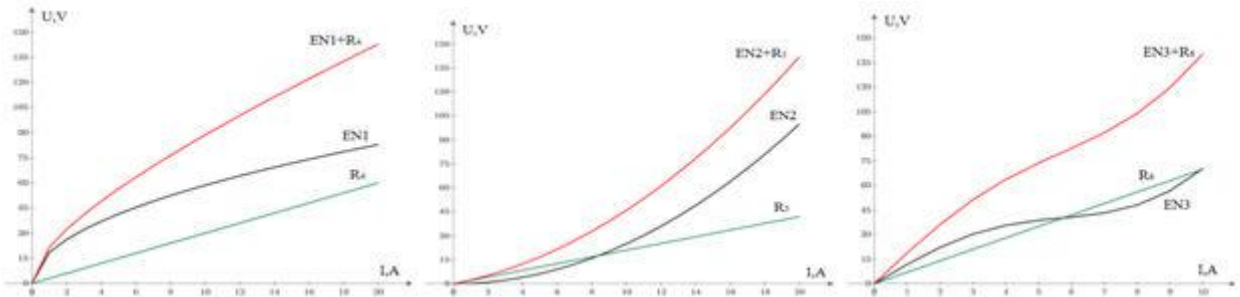


Fig.12 Adăunarea caracteristicilor elementelor din fiecare ramură a circuitului.

În urma aplicării metodei grafo-analitice se obține:

$$U_{ab} = 106,3, V; I_4 = -3, A; I_5 = 9,4, A; I_6 = -6,4, A$$

6. La calculul curenților I_1, I_2, I_3 se aplică teoremele lui Kirchhoff și schema din fig.11.

Concluzii :

1. La calculul circuitelor electrice neliniare pot fi aplicate diferite metode de calcul în dependență de structura schemei circuitului.
2. Cu creșterea complexității structurii circuitului cresc dificultățile legate de metoda respectivă aplicată.
3. Metoda cuadripolului active propus în lucrare permite reducerea circuitului compus la aplicarea metodei grafo-analitice (metoda cu două noduri).
4. Metoda cuadripolului active este o metodă laborioasă și poate fi aplicată pentru circuitele electrice neliniare compuse cu 4 EN legate separate între ele, ca un caz cel mai dificil.

Bibliografie:

1. A.Bessonov .Circuite electrice neliniare M .1980
2. K.Simioni. Electrotehnica teoretică, „Mir”, M, 1973.
3. A.Felidbaum. Introducere în teoria circuitelor neliniare.
4. C.Sora . Bazele electrotehnicii I, București