

MODELAREA LA CALCULATOR A SCURTCIRCUITELOR NESIMETRICE ȘI A RUPERILOR DE FAZĂ ÎN LINIILE ELECTRICE HEXAFAZATE

Mihail CHIORSAC¹, Lilia TURCUMAN², Victoria BURCENCO¹

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, ²Institutul de Energetică al A.Ș.M.

Abstract: *Lucrarea este consacrată modelării la calculator a scurtcircuitelor nesimetrice și a ruperilor de fază în liniile electrice hexafazate în baza utilizării metodei componentelor simetrice la determinarea curenților și tensiunilor.*

Cuvinte cheie: *liniile electrice hexafazate, metoda componentelor simetrice, scurtcircuite nesimetrice și ruperi de fază, modelarea la calculator.*

În [1, 2] a fost demonstrată posibilitatea calculării scurtcircuitelor nesimetrice și a ruperilor de fază, ce pot avea loc în liniile electrice hexafazate (LEA) cu autocompensare, folosind descompunerea sistemelor de vectori nesimetrice ale tensiunilor și curenților în șase sisteme de componente simetrice 0,1,2,3,4,5, fig.1.

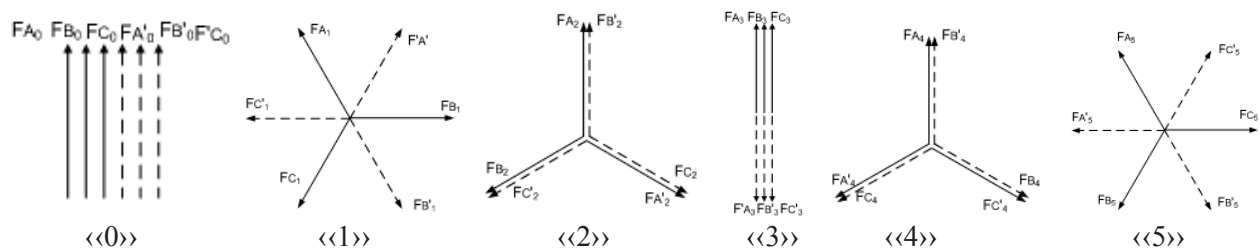


Figura 1. Componentele simetrice hexafazate a unui sistem nesimetric hexafazat de curenți (tensiuni)

Reieșind din condițiile de frontieră în locul de deteriorare a fazelor avariate la diferite scurtcircuite nesimetrice și ruperi de fază în coordonatele de fază, au fost obținute condițiile de frontieră în coordonatele componentelor simetrice hexafazate și schemele de substituire a LEA cu autocompensare în aceste coordonate: 0,1,2,3,4,5.

Trecerea de la coordonatele de fază A,A', B,B', C,C' (matricea \dot{F}_f) a liniei hexafazate la coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 (matricea \dot{F}_s) și invers poate fi efectuată după formulele:

$$\dot{F}_s = \mathbf{S}_6^{-1} \dot{F}_f \quad (1)$$

$$\dot{F}_f = \mathbf{S}_6 \dot{F}_s, \quad (2)$$

unde

$$\mathbf{S}_6^{-1} = \frac{1}{6} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{j60^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j300^\circ} \\ 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} & 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} \\ 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} \\ 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} & 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} \\ 1 & e^{j300^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j60^\circ} \end{vmatrix} - \text{matricea inversă a matricei } \mathbf{S}_6 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-60j} & e^{-120j} & -1 & e^{-240j} & e^{-300j} \\ 1 & e^{-120j} & e^{-240j} & 1 & e^{-120j} & e^{-240j} \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & e^{-240j} & e^{-120j} & 1 & e^{-120j} & e^{-60j} \\ 1 & e^{-300j} & e^{-120j} & -1 & e^{-60j} & 1 \end{vmatrix}$$

Spre exemplu, la circuit nesimetric bifazat dintre fazele apropiate a A, B' (fig.2) avem:

- Condițiile de frontieră în locul de s.c. dintre fazele A și B', exprimate în coordonatele de fază A,A',B,B',C,C':

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{B'}; \quad \dot{I}_{KA} = -\dot{I}_{KB'}; \quad \dot{I}_{KB} = \dot{I}_{KC} = \dot{I}_{KA'} = \dot{I}_{KC'} = 0;$$

- În coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 condițiile de mai sus reieșind din formulele (1,2) pot fi retranscrise în felul următor:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 + \dot{U}_3 + \dot{U}_5 &= 0; \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_3 = \dot{I}_5 &= \frac{1}{3} \dot{I}_{KA} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

unde $\dot{U}_1, \dot{U}_3, \dot{U}_5$ și $\dot{I}_1, \dot{I}_3, \dot{I}_5$ sunt componentele simetrice ale tensiunilor și curenților fazei A.

Din condițiile de frontieră (3) în coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 reieșă, că la așa scurtcircuit nesimetric sunt prezente numai componentele simetrice 1,3,5 ale tensiunilor și curenților.

Pentru LEA cu autocompensare, schemele de substituie în coordonatele simetrice 0,1,2,3,4,5 pentru calculul scurtcircuitului nesimetric dintre fazele A și B' în acord cu condițiile de frontieră (3) sunt prezentate în figura 2.

$$Z_s = S_3^{-1} Z S_3, \quad (4)$$

unde

$$Z_f = \begin{bmatrix} Z & Z_{M'} & Z_M & Z_{\dot{M}} & Z_M & Z_M' \\ Z_M' & Z & Z_{M'} & Z_M & Z_{\dot{M}} & Z_M \\ Z_M & Z_{M'} & Z & Z_{M'} & Z_{BC} & Z_{\dot{M}} \\ Z_{\dot{M}} & Z_M & Z_{M'} & Z & Z_{M'} & Z_{B'C'} \\ Z_M & Z_{\dot{M}} & Z_M & Z_{M'} & Z & Z_{M'} \\ Z_{M'} & Z_M & Z_{\dot{M}} & Z_M & Z_{M'} & Z \end{bmatrix}$$

În fig.2, reieșind din formula (4), $Z_1 = Z_5 = Z - Z_M$ și $Z_3 = Z + 2Z_M - 3Z_M'$.

Schemele de substituie din fig.2 pot fi reprezentate ca o singură schemă complexă, fig.3, ce poate fi ușor modelată la calculatorul electronic, folosind pachetul MULTISIM sau Simulink.

Modelarea scurtcircuitului la calculator permite de-a măsura direct curenții și tensiunile componentelor simetrice și de exprima prin ele curenții și tensiunile de fază.

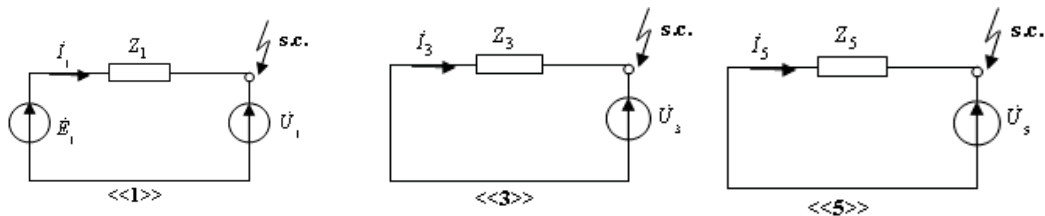


Figura 2 Schema de substituie în coordonatele componentelor simetrice 1,3,5 la s.c. bifazat dintre fazele A și B'

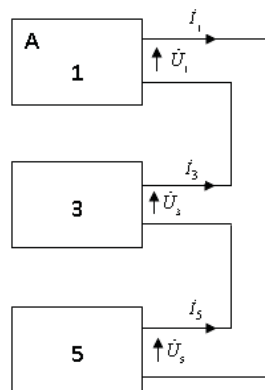


Figura 3 Schema complexă a LEA cu autocompensare în coordonatele componentelor simetrice 1,3,5 la s.c. bifazat dintre fazele A și B'

Analogic, la ruperea fazei A a LEA cu autocompensare, condițiile de frontieră în locul în locul ruperii fazei A, exprimate în coordonatele de fază A,A',B,B',C,C' (fig. 4, a):

$$\begin{aligned} \dot{I}_{MN_A} &= 0; \\ \dot{U}_{MN_{B'}} &= \dot{U}_{MN_B} = \dot{U}_{MN_{C'}} = \dot{U}_{MN_C} = \dot{U}_{MN_{A'}} = 0. \end{aligned}$$

- În coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 condițiile de mai sus reieșind din formulele (1,2) pot fi retranscrise în felul următor:

$$\begin{aligned} \dot{I}_0 + \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 + \dot{I}_5 &= 0; \\ \dot{U}_{MN_0} = \dot{U}_{MN_1} = \dot{U}_{MN_2} = \dot{U}_{MN_3} = \dot{U}_{MN_4} = \dot{U}_{MN_5} &= \frac{1}{6} \dot{U}_{MN_A}, \end{aligned}$$

unde $\dot{U}_0, \dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3, \dot{U}_4, \dot{U}_5$ și $\dot{I}_0, \dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3, \dot{I}_4, \dot{I}_5$ sunt componentele simetrice ale tensiunii și curentului fazei A.

Schemele de substituire pot fi reprezentate deasemenea ca o singură schemă complexă, fig.4, ce poate fi ușor modelată la calculatorul electronic, folosind MULTISIM sau Simulink.

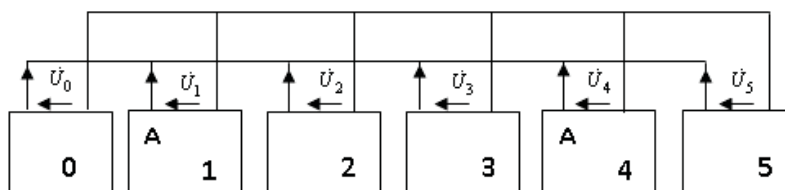


Figura 4 Schema complexă a LEA cu autocompensare în coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 la ruperea fazei A

În același mod pot fi obținute și modelate la computer schemele complexe a LEA cu autocompensare în coordonatele componentelor simetrice 0,1,2,3,4,5 pentru alte s.c. nesimetrice și rupturi de fază.

Concluzii

1. Utilizarea componentelor simetrice hexafazate pentru calculul s.c. nesimetrice și a ruperilor de faze în LEA cu autocompensare permite de-a obține schemele echivalente complexe de substituire a LEA cu autocompensare la diferite s.c. și ruperi de fază ce pot fi ușor modelate la calculator.
2. În baza modelării la calculator a schemelor echivalente complexe de substituire a LEA cu autocompensare la diferite s.c. și ruperi de fază pot fi măsurați direct curenții și tensiunile de fază la aceste deteriorări, necesari pentru protecția prin relele a LEA cu autocompensare.

Bibliografie

- [1] Chiorsac M., Turcuman L., Turturica N. Principiul de elaborare a protecției prin relele a liniilor electrice aeriene cu autocompensare la scurtcircuite nesimetrice dintre fazele apropiate. *Sursa electronică: Problemele energiei regionale. Electroenergetică.* 3 (29) 2015, pp.63-66.
- [2] Calculul mărimilor electrice pentru protecția prin relele a liniilor electrice multifazate” (Chiorsac M., Turcuman L., Turturica N.) la Conferința internațională „Energetica Moldovei-2016”. Aspecte regionale de dezvoltare. Ediția III, 29.09.2016 - 2-10-2016, Chișinău, pag.226-231.