

The principle of elaboration of the relay protection against short circuits between the closely placed phases of high voltage electrical line

Kiorsak M.¹, Turcuman L.², Turturica N.²

¹Technical University of Moldova, Chisinau

²Institute of Power Engineering of the ASM, Chisinau

Abstract. The article is devoted to the elaboration of the principle of relay protection against short circuits between the closely placed phases of higher voltage electrical line with self-compensation, based on the six phase's symmetrical components. It is shown that the unsymmetrical short circuits between the closely placed phases are characterized by appearance of zero and tertiary sequences of symmetrical components. This fact can be used to choose them for relay protection. The electrical basic circuits and formulas for calculation of the passive parameters of zero and tertiary filters of currents (voltages) are done. It is presented the structural-functional basic circuit scheme for relay protection against short circuits between the closely placed phases of higher voltage electrical line with self-compensation.

Keywords: high voltage electric line with self-compensation, unsymmetrical short circuits, zero and tertiary sequences of symmetrical components, filters, structural-functional basic circuit scheme, relay protection.

Principiul de elaborare a protecției prin relee a liniilor electrice aeriene cu autocompensare la scurtcircuite nesimetrice dintre fazele apropiate

¹Chiorsac M., ²Turcuman L., ²Turturica N.

¹ Universitatea Tehnică din Moldova, Chisinau, Moldova

² Institutul de Energetică al A.Ș.M., Chisinau, Moldova

Rezumat. Articolul este consacrat analizei principiilor de elaborare a protecției prin relee la scurtcircuite dintre fazele apropiate ale liniilor electrice aeriene (LEA) cu autocompensare în baza componentelor simetrice hexafazate. Se demonstrează, că scurtcircuitelor nesimetrice dintre fazele apropiate le corespunde apariția componentelor simetrice de secvență homopolară și terțiară, ce poate servi ca factor de depistare a lor pentru realizarea protecției prin relee. Sunt prezentate schemele principale electrice și formulele de calcul a parametrilor pasivi a filtrelor de curent (tensiune) de secvență homopolară și terțiară și elaborată schema structural-funcțională a protecției prin relee la scurtcircuitele dintre fazele apropiate a liniilor electrice aeriene (LEA) cu autocompensare.

Cuvinte-cheie: linii electrice aeriene cu autocompensare, scurtcircuite nesimetrice, componente simetrice hexafazate, filtre, schema structural-funcțională a protecției prin relee.

Принцип разработки релейной защиты линий электропередач с самокомпенсацией от несимметричных коротких замыканий между сближенными фазами

¹Киорсак М., ²Туркуман Л., ²Туртурика Н.

¹ Технический университет Молдовы, Кишинев, Молдова

² Институт энергетики АНМ, Кишинев, Молдова

Аннотация. Статья посвящена анализу принципов выполнения реле защиты от короткого замыкания сближенных фаз ЛЭП, основанной на компенсирующихся шестифазных симметричных составляющих. Показано, что короткие замыкания между сближенными фазами соответствует появлению симметричных составляющих униполярной и третичной последовательности, которые могут служить в качестве фактора обнаружения короткого замыкания для реализации релейной защиты. Представлены принципиальные электрические схемы и формулы для расчета пассивных параметров фильтров тока (напряжения) униполярной и третичной последовательности и выполнена структурно-функциональная схема релейной защиты при коротких замыканиях между сближенными фазами ЛЭП с самокомпенсацией.

Ключевые слова: самокомпенсирующаяся ЛЭП, несимметричные короткие замыкания, шестифазные симметричные составляющие, фильтры, структурно-функциональная схема релейной защиты.

În [2] sa demonstrat, că la prezentarea LEA cu autocompensare ca o linie hexafazată sistemul nesimetric hexafazat de curenți și tensiuni la

diferite scurtcircuite nesimetrice poate fi descompus în șase sisteme de componente simetrice 0, 1, 2, 3, 4, 5.

De asemenea, s-a dovedit, că diferitor scurtcircuite nesimetrice pe LEA cu autocompensare le sunt caracteristice apariția anumitor componente simetrice, ce poate servi ca criteriu de depistare a acestor scurtcircuite.

Din toate scurtcircuitele nesimetrice ce pot apărea pe o LEA cu autocompensare cele mai probabile sunt circuitele nesimetrice bifazate dintre fazele apropiate A și C'; B și A', C și B'.

La scurtcircuit bifazat dintre fazele A și C', spre exemplu, apar componentele simetrice ale tensiunii: $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3, \dot{U}_4, \dot{U}_5$ și a curentului $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3, \dot{I}_4, \dot{I}_5$. Acest fapt se poate demonstra în felul următor. La s.c. nesimetric dintre A și C' condițiile de frontieră în locul de s.c. vor fi:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_{KA} &= -\dot{I}_{KC'} \\ \dot{U}_{KA} &= -\dot{U}_{KC'} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

În coordonatele componentelor nesimetrice 0, 1, 2, 3, 4, 5 în acord cu ecuațiile de matrice

$$\dot{I}_S = S_6^{-1} \times \dot{I}_F; \quad \text{și} \quad \dot{I}_F = S_6 \times \dot{I}_S, \quad (2)$$

unde

$$\dot{I}_S = \begin{pmatrix} \dot{I}_0 \\ \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \\ \dot{I}_5 \end{pmatrix}; \quad \dot{I}_F = \begin{pmatrix} \dot{I}_A \\ \dot{I}_{C'} \\ \dot{I}_B \\ \dot{I}_{A'} \\ \dot{I}_C \\ \dot{I}_{B'} \end{pmatrix};$$

$$\dot{S}_6 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{j300^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j60^\circ} \\ 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} & 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} \\ 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} \\ 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} & 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} \\ 1 & e^{j60^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j300^\circ} \end{pmatrix};$$

$$\dot{S}_6^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{j60^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j300^\circ} \\ 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} & 1 & e^{j120^\circ} & e^{j240^\circ} \\ 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} & 1 & e^{j180^\circ} \\ 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} & 1 & e^{j240^\circ} & e^{j120^\circ} \\ 1 & e^{j300^\circ} & e^{j240^\circ} & e^{j180^\circ} & e^{j120^\circ} & e^{j60^\circ} \end{pmatrix}$$

ele pot fi retranscrise în felul următor:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_0 &= 1; \quad \dot{I}_1 = \frac{1}{6} \dot{I}_{KA} e^{-j60^\circ}; \\ \dot{I}_2 &= \frac{\sqrt{3}}{6} \dot{I}_{KA} e^{-j30^\circ}; \quad \dot{I}_3 = \frac{1}{3} \dot{I}_{KA}; \\ \dot{I}_4 &= \frac{\sqrt{3}}{6} \dot{I}_{KA} e^{j30^\circ}; \quad \dot{I}_5 = \frac{1}{6} \dot{I}_{KA} e^{j60^\circ}; \\ \dot{U}_1 e^{j60^\circ} + \sqrt{3} \dot{U}_2 e^{j30^\circ} + 2\dot{U}_3 + \\ &+ \sqrt{3} \dot{U}_4 e^{j-30^\circ} + \dot{U}_5 e^{j-60^\circ} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Analogic se poate demonstra, că așa componente simetrice ale curenților și tensiunilor apar și la scurtcircuite bifazate fără pământ dintre fazele B, A' și C, B'.

Procedând analogic, cercetările au arătat, că la scurtcircuite nesimetrice dintre fazele A, C'; B, A' și C, B' și pământ, afară de componentele simetrice indicate de mai sus, apar componentele simetrice homopolare a curenților și tensiunilor LEA cu autocompensare.

Diagramele vectoriale ale curenților componentelor simetrice la scurtcircuit nesimetric fără pământ dintre fazele apropiate A, C' sunt prezentate în fig. 2. Diagramele vectoriale sunt constituie presupunând, că vectorul curentului fazei A: \dot{I}_{KA} coincide cu axa "+1" în sistemul coordonatelor complexe.

Reieșind din cele expuse, criteriul de distincție a circuitelor nesimetrice dintre fazele apropiate ale LEA cu autocompensare fără pământ este prezența componentelor simetrice 1,2,3,4 și 5 ale curenților și tensiunilor de fază.

La scurtcircuite nesimetrice ale LEA cu autocompensare cu pământ adăugător avem prezența componentelor simetrice de secvență 0 și 3.

Aceasta poate fi luată la baza elaborării protecției prin relee ce v-a reacționa numai la așa scurtcircuite.

Pentru depistarea apariției componentelor simetrice respective este necesar de a avea filtre ale componentelor simetrice hexafazate. Principiul teoretic general de elaborare a așa filtre este expus în [3]. În [4] au fost elaborate schemele filtrelor componentelor simetrice 1,2,4 și 5.

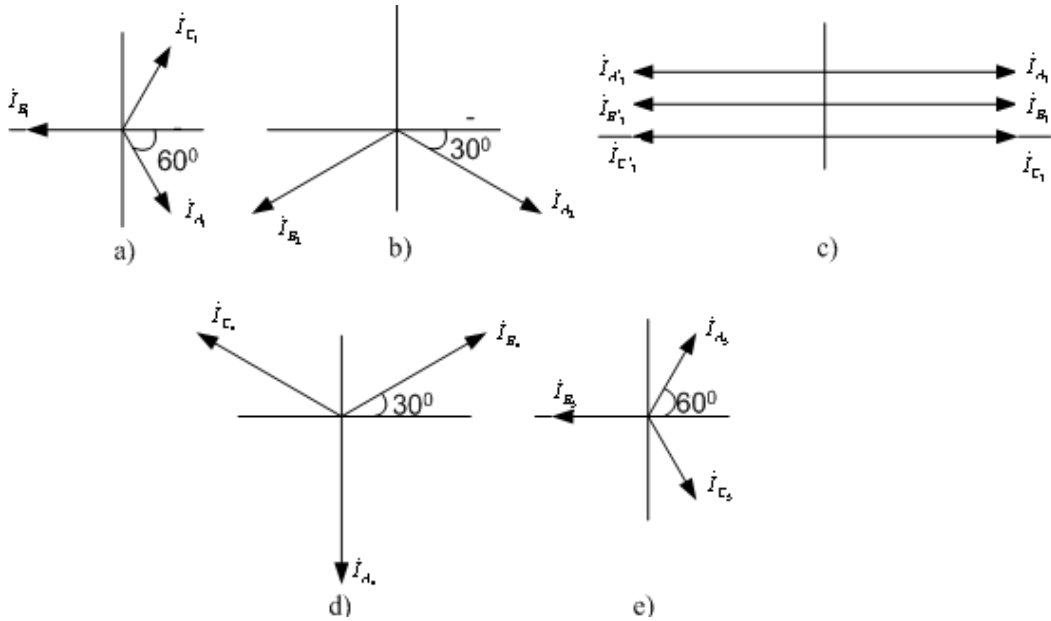
În figura 2 sunt reprezentate schemele principale ale filtrelor de secvență 0 (homopolară) și 3.

Pentru a asigura protecția prin relee la scurtcircuite nesimetrice dintre toate pereche de

faze apropiate ale LEA cu autocompensare scheme asemănătoare celor din figura 3, prin intermediul transformatoarelor de măsură a curentului, trebuie să fie conectate și celelalte perechi de faze B, A' și C, B', formând un filtru

unic ale componentelor simetrice ale curenților (tensiunilor) cu curentul la ieșire:

$$\dot{I}_{ies} = \dot{I}_{ca(AC')} + \dot{I}_{ca(BA')} + \dot{I}_{ca(CA')} \quad (4)$$



a) componentelor simetrice ale curenților de secvență 1; b) componentelor simetrice ale curenților de secvență 2; c) componentelor simetrice ale curenților de secvență 3; d) componentelor simetrice ale curenților de secvență 4; e) componentelor simetrice ale curenților de secvență 5.

Fig. 1 Diagramele vectoriale ale curenților componentelor simetrice ale curenților la scurtcircuit nesimetric bifazat fără pământ dintre fazele apropiate A, C'.

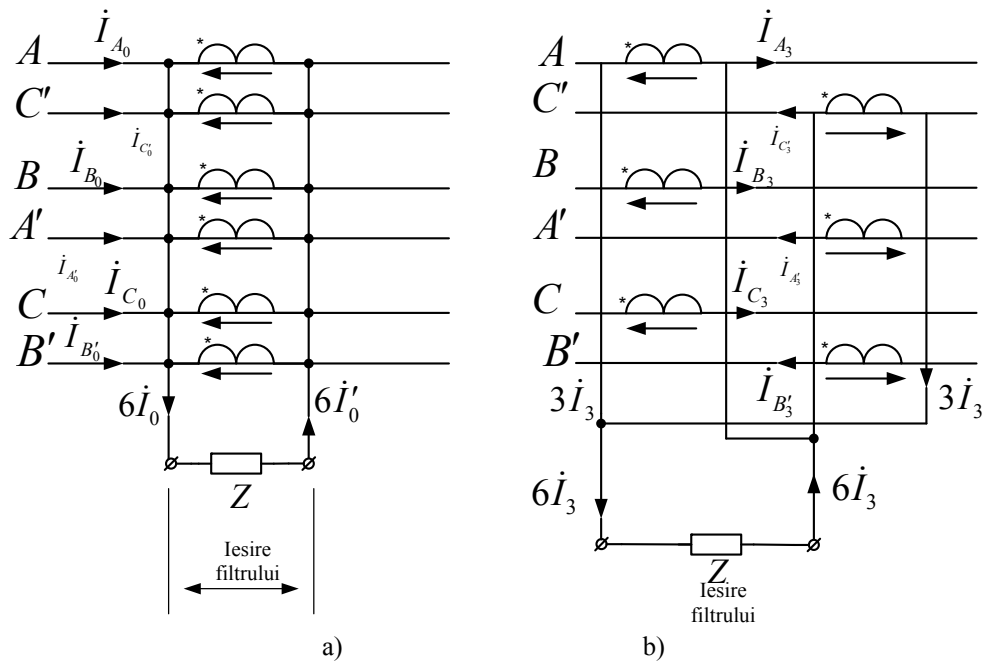


Fig. 2 Filtrele componentelor simetrice de secvență 0 (a) și 3 (b).

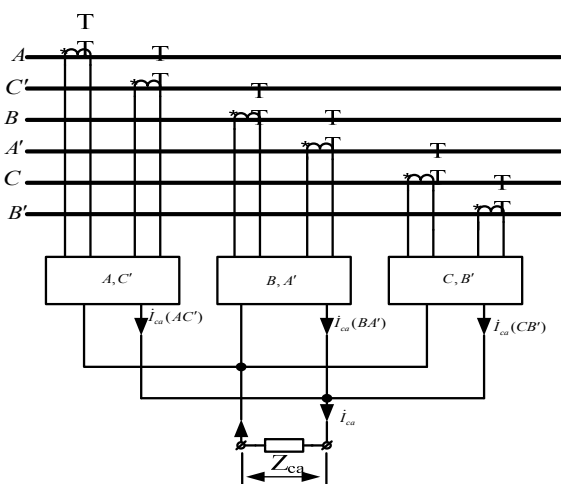


Fig.3 Schema structural-funcțională a filtrului complex cu semnalul de la ieșire proporțional componentelor simetrice ale curenților LEA cu autocompensare.

Schema structural-funcțională a protecției prin relee ce va reacționa la scurtcircuite nesimetrice dintre fazele apropiate ale LEA cu autocompensare este reprezentată în figura 4.

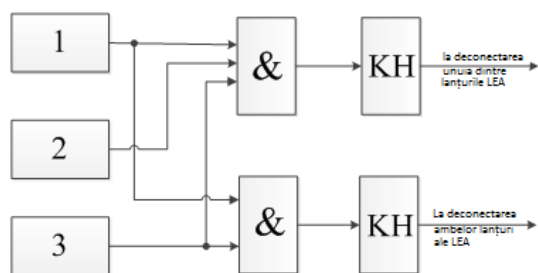


Fig.4 Schema structural-funcțională a protecției prin relee ce va reacționa la scurtcircuite nesimetrice dintre fazele apropiate ale LEA cu autocompensare.

Blocul 2 permite de-a efectua deconectarea numai unui singur lanț al LEA în cazul s.c. nesimetrice dintre fazele apropiate fără pământ, când deconectarea unui singur lanț a LEA

permite de-a menține unul dintre lanțuri în funcțiune.

Concluzii

1. Elaborarea protecției prin relee a LEA cu autocompensare, bazată pe apariția componentelor simetrice caracteristice scurtcircuitului nesimetric dat permite de-a proteja efectiv LEA la diferite scurtcircuite.
2. Filtrele componentelor simetrice de secvență 0 și 3 și schemele structural-funcționale elaborate permite de-a realiza efectiv protecția prin relee a LEA cu autocompensare la scurtcircuite dintre fazele apropiate cu sau fără pământ.

REFERINȚE (REFERENCES)

- [1] Venikov V.A., Astahov Iu.N., Postolati V.M. „Upravleemye electroperedachi peremennogo toka povyshenoi propusknoi sposobnosti” [Alternating current power transmission lines of high bandwidth]. - *Electrichestvo*, 1969, Nr. 12, p.7-11
- [2] Postolati V.M., Kiorsak M.V. „Teoreticheskie osnovy metodiki rascheta nesimetrichnyh korotkih zamykanii na upravleemyh samokompensiruiuschihsea liniyah electroperedach”. - *Izvestia AN MSSR. Seria fiziko-tekhnicheskikh i matematicheskikh nauk*. 1977, Nr. 3, s.56-68.
- [3] Chiorsac M., Feighis ș. *Filtry simetrichnyh sostavleaiuschih shestifaznogo razlozhenia*. V sb. „Rejimy samokompensiruiuschihsea linii electroperedach.” Kishinev: „Shtiintsa”, 1980, 0,35 c.a.
- [4] Chiorsac M., Potâng A., Sidelnicov V., Turcuman L. „Filtre componenta simetrice hexafazate.” Conferință științifică Jubiliară a studenților și colaboratorilor UTM, 20 octombrie 2014, Chișinău.

Сведения об авторах.



D.h.ș.t., profesor universitar.
Domeniul de activitate: Energetica, complexul energetic, planificarea, funcționarea.
E-mail: kiorsak@mail.ru



Cercetator stiintific. Domeniul de activitate: Energetica, Complexul Energetic.
E-mail: liliat2004@mail.ru