



DEPENDENȚA DINTRE REGIMURILE TRANZITORII ȘI CELE NESIMETRICE ÎN SISTEMELE DE DISTRIBUȚIE

Erhan F., Lupușor I., Popescu V., Voinesco D.
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Rezumat. Apariția diferitor procese tranzitorii în sistemele de distribuție cu diverse niveluri de tensiune dispun de un caracter aleatoriu ce variază în mod discret și sunt funcție de o serie de factori atât determinați, cât și nedeterminați. Foarte des aceste procese tranzitorii dispun de un caracter nesimetric și se transformă în scurt circuite, care au o influență semnificativă asupra fiabilității de funcționare a echipamentelor electrice instalate. Pentru determinarea concordării dintre procesele tranzitorii simetrice și nesimetrice în sistemele de distribuție este necesar de a stabili influența lor cantitativă la trecerea în scurt circuite, care în dependență de locul de apariție și viteza de petrecere sunt însoțite de curenți de scurt circuit de diverse valori, care la rândul lor dispun de o influență semnificativă asupra fiabilității de funcționare al echipamentelor electrice instalate în sistemele de distribuție.
Cuvinte cheie: Sistem de distribuție, regim tranzitoriu simetric și nesimetric, scurt circuit, curenți de scurt circuit, fiabilitatea echipamentelor electrice.

RELATIONSHIP BETWEEN THE TRANSITION AND ASYMMETRICAL MODES IN THE DISTRIBUTION SYSTEM

Erhan F.; Lupushor I., Popescu V., Voinesco D.
State Agrarian University of Moldova

Abstract. The emergence of various transients processes in power distribution networks of various types class of tension have of probabilistic in nature, discrete change and depend on several factors such as certain and uncertain. Very often, these transients are asymmetric, and transformed into short circuits that have a significant impact on the functional safety of electrical equipment installed. Defining the relationship between symmetric and asymmetric transition modes in distribution systems is needed to establish a quantitative transfer them to a short circuit, which, depending on their place of origin and flow rate are accompanied by short-circuit currents of different magnitudes, which are essential to the functional reliability of the installed equipment.

Key-words: Systems of distributions, regimes symmetrical, ne symmetrical, sort circuit currents, reliability of the constituent elements of electric circuits

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПЕРЕХОДНЫМИ И НЕСИММЕТРИЧНЫМИ РЕЖИМАМИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Ерхан Ф.М., Лупушор И., Войнеско Д.А., Попеску В.С.
Государственный Аграрный Университет Молдовы

Реферат. Возникновение различных переходных процессов в распределительных электрических сетях различного класса напряжений носят вероятностный характер, дискретно изменяются и зависят от ряда факторов как определенных, так и неопределенных. Очень часто такие переходные процессы являются несимметричными и переходят в коротких замыканиях, которые оказывают существенное влияние на функциональную надежность установленного электрического оборудования. Определение взаимосвязи между симметричными и несимметричными переходными режимами в распределительных системах необходимо для установления количественного перехода их в коротких замыканиях, которые в зависимости от места их возникновения и скорости протекания сопровождаются токами короткого замыкания различных величин, которые имеют определяющее значение на функциональную надежность установленного оборудования.

Ключевые слова: распределительные системы, симметричные и несимметричные режимы, токи короткого замыкания, надежность установленного электрического оборудования.

INTRODUCERE

Regimurile nesimetrice în circuitele electrice, de regulă, pot avea la bază diverse fenomene de apariție și anume:

a) dacă sarcina este ne echilibrată ori se îndeplinesc una din cele câteva condiții cunoscute conform [1, p.225].

b) în rezultatul apariției diferitor tipuri de scurtcircuite (mono-, bi- sau trifazate), iar echipamentele electrice conectate în zona respectivă, indiferent de locul și timpul

scurtcircuitului direct sunt supuse acțiunilor curentului de scurtcircuit.

PROBLEMA ȘI MODUL DE SOLUȚIONARE

La precăutarea regimurilor sistemelor nesimetrice conform sistemul nesimetric se descompune în trei consecutivități simetrice (consecutivitatea directă, indirectă și cea nulă) pentru toate consecutivitățile date

trebuie să fie cunoscute impedanțele respective. În așa caz calculele circuitelor electrice în regim nesimetric poate fi efectuat pentru fiecare consecutivitate în parte folosind metodele descrise. Cunoscând valorile calculate pentru fiecare consecutivitate valoarea echivalentă se determină ca suma algebrică a valorilor consecutivităților respective [1, p.192].

Dacă regimul nesimetric apare ca rezultat al apariției diferitor tipuri de scurtcircuite, apoi valoarea sumară a curentului de scurtcircuit constă din câteva componente și anume:

a) componenta curentului de scurtcircuit din partea sursei de energie $(di_{sc} / dt)_S$;

b) componenta curentului de scurtcircuit din partea rețelei unde au loc scurtcircuitul. $(di_{sc} / dt)_R$.

E cunoscut faptul, că cea mai dificilă fază și acțiune la echipamentele electroenergetice apare la declanșarea regimurilor tranzitorii, care de cele mai dese ori sunt însoțite de scurtcircuite [2, p.21]. De cele mai dese ori în nodurile electrice unde apar regimurile nesimetrice acțiunea curenților tranzitorii și a celor de scurt o suportă întrerupătoarele, fiabilitatea de funcționare a cărora depinde nu numai de valoarea așteptată a curenților de scurtcircuit precum și de variația tensiunii tranzitorii la barele întrerupătorului în timpul scurtcircuitului și modul ei de schimb în timp, care de cele mai dese ori sunt însoțite de apariția și dezvoltarea arcului voltaic [3, p.81]. Variația tensiunii tranzitorii la barele întrerupătorului, precum și de formarea a arcului voltaic și durata lui, au o dependență pătrată de valoarea curentului de scurtcircuit [4, p.303].

Analogic curentului de scurtcircuit, valoarea sumară a tensiunii tranzitorii constă din:

- componenta din partea sursei de energie $(du / dt)_S$
- componenta din partea rețelei unde are loc scurtcircuitul $(du / dt)_R$;

Valorile mai sus nominalizate se determină prin expresiile (1,2,3).

$$(du_i / dt)_S = \left(\frac{Z}{n-1} \right) \frac{di_{s.c.}}{dt} ; \quad (1)$$

$$(du_i / dt)_R = Z \frac{di_{s.c.}}{dt} ; \quad (2)$$

$$du_i / dt = (du_i / dt)_S + (du_i / dt)_R = \frac{n}{n+1} Z \frac{di_{s.c.}}{dt} \quad (3)$$

unde: **n** – numărul de rețele electrice conectate în nodul electric al sistemului unde are loc procesul tranzitoriu; **Z** – impedanța ondulară a conturului căpătat unde are loc scurtcircuitul însoțit de arcul voltaic.

Este cunoscut fenomenul, că fiabilitatea de funcționare a întrerupătorului se schimbă invers proporțional pătratului curentului de scurtcircuit întrerupt ($i_{s.c.}^2$), iar posibilitatea de întrerupere a scurtcircuitului de către întrerupător se determină de valoarea curentului de scurtcircuit întrerupt și de variația tensiunii tranzitorii la barele întrerupătorului [3, p.81].

Dacă $0 < (di_{sc} / dt)_S < 10, A / msc$, atunci durata de existență a arcului voltaic la bornele întrerupătorului este minimală, iar întrerupătorul poate întrerupe orice scurtcircuit.

Dacă $(di_{sc} / dt)_S > 30, A / msc$, atunci arcul voltaic are o durată mai îndelungată și deconectarea devine destul de dificilă. Ca rezultat nu toate întrerupătoarele sunt în stare să întrerupă scurtcircuitul (în deosebi cele cu ulei).

În funcție de valorile așteptate ale curenților de scurtcircuit, locul de apariție a scurtcircuitului în raport de barele de alimentare, tipul scurtcircuitului și durata lui modul de desfășurare a procesului tranzitoriu de cele mai dese ori poartă un caracter neliniar care în spațiu poate fi prezentat prin intermediul curbelor din fig.1., care dispune de câteva componente.

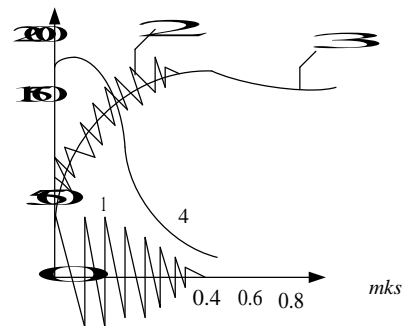


Fig.1. Modul de variație în timp a componentelor proceselor tranzitorii

1.- modul de variație în timp a tensiunii tranzitorii din partea sursei de alimentare ;

2. - modul de variație în timp a tensiunii tranzitorii din rețea;

3.- modul de variație în timp a tensiunii tranzitorii integrale.

4.- modul de variație în timp a curentului electric.

În așa caz procesului tranzitoriu și modul de deconectarea a lui de cel mai dese ori poate fi caracterizat prin factorul de deconectare (**K_D**) [5-6]. Acest factor poate caracteriza numărul de cicluri depline efectuate de întrerupător până la următoarea revizie tehnică sau reparație a întrerupătorului dat.

Pentru a determina modul de influență a proceselor tranzitorii însoțite de arcul voltaic asupra elementelor sistemului electroenergetic apare necesitatea de a elabora un model matematic ce va descrie modul de decurgere a acestui proces și curba neliniară a acestui fenomen poate fi înlocuită cu segmente liniare echivalente.

La baza modelului matematic elaborat în lucrarea dată stau principiile de analiză a proceselor tranzitorii însoțite de arcul voltaic prin intermediul ecuațiilor diferențiale ce descriu procesul de conservare a impulsului și a energiei, indisolubilității acestora și legea lui Ohm. Pentru a descrie arcul voltaic în așa caz, se reiese din presupunerea, că el dispune de simetrie axială [4, p.303]. În așa caz procesele tranzitorii pot fi descrise numai prin intermediul ecuațiilor diferențiale ce descriu următoarele fenomene:

- a) ecuația ce descrie principiul de conservare impulsului pe proiecția axială are forma ecuației (4):

$$\begin{aligned} & [\rho \frac{\partial v_z}{\partial t} + \rho v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} + \rho v_r \frac{\partial v_z}{\partial r}] = \\ & = -\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial z} + \frac{\partial}{r \partial r} [(\eta + \eta_r) \frac{\partial v_z}{\partial r}] \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

b) ecuația ce descrie principiul de indisolubilitate a impulsului arcului voltaic are forma ecuației (5):

$$\begin{aligned} & [\rho \frac{\partial h_0}{\partial t} + \rho v_z \frac{\partial h_0}{\partial z} + \rho v_r \frac{\partial h_0}{\partial r}] = \\ & = \sigma E^2 - U + \frac{\partial}{r \partial r} [(k + k_T) \frac{\partial T}{\partial r}] \end{aligned} \quad (5)$$

c) ecuația ce descrie principiul de conservare a energiei arcului voltaic are forma ecuației (6):

$$\begin{aligned} & [\rho \frac{\partial h_0}{\partial t} + \rho v_z \frac{\partial h_0}{\partial z} + \rho v_r \frac{\partial h_0}{\partial r}] = \\ & = \sigma E^2 - U + \frac{\partial}{r \partial r} [(k + k_T) \frac{\partial T}{\partial r}] \end{aligned} \quad (6)$$

d) ecuația ce descrie legea lui Ohm pentru arcul voltaic are forma ecuației (7):

$$I = E \int_0^r 2\pi \sigma r dr = 2\pi E \int_0^r \sigma r dr \quad (7)$$

$$\eta_T = \rho \cdot v_T \quad (8)$$

$$k_T = \rho \cdot c_p \cdot \alpha_T \quad (9)$$

În ecuațiile date: ρ - reprezintă densitatea gazului unde are lor arcul voltaic;

v_z componenta axială, iar v_r cea radială a vitezei gazului; p - presiunea;

η - viscozitatea; η_T - viscozitatea turbulentă a gazului, care se determină din expresia (8); v_T - viscozitatea turbulentă cinematică; E - intensitatea câmpului electromagnetic;

σ - conductibilitatea electrică; U - coeficientul efectiv de iradiere; h_0 - entalpia deplină;

k - coeficientul de conductibilitate termică; k_T - conductibilitate termică turbulentă ce se determină din expresia (9); r - raza arcului; c_p - căldura specifică la presiune constantă;

α_T - termoconductibilitatea turbulentă.

Dacă ecuațiile (4-6) vor fi integrate după valoarea razei arcului în limitele de la **a** până la **b**, apoi ele vor obține forma ecuațiilor (10 - 12).

- ecuația ce descrie principiul de conservare impulsului pe proiecția axială are forma ecuației (10):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \int_a^b 2\pi \rho v_z r \frac{dr}{dt} + \frac{\partial}{\partial z} \int_a^b 2\pi \rho v_r^2 r \frac{dr}{dt} + \\ & + q(b) - q(a) - \lambda(b) + \lambda(a) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

- după efectuarea procesului de integrare ecuația ce descrie principiul de indisolubilitate a impulsului arcului voltaic are forma (12):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \int_a^b 2\pi \rho h_0 r dr + \frac{\partial}{\partial z} \int_a^b 2\pi \rho v_r^2 h_0 r dr - \Phi(b) + \Phi(a) + \\ & + q(b)v_z(b) - q(a)v_z(a) = \\ & = \frac{\partial}{\partial z} \rho \pi^2 (b^2 - a^2) - 2\pi [bS(b) - aS(a)] \end{aligned} \quad (11)$$

- ecuația ce descrie principiul de conservare a energiei arcului voltaic are forma (12):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \int_a^b 2\pi \rho v_z r dr + \frac{\partial}{\partial z} \int_a^b 2\pi \rho v_r h_0 r dr - \Psi(b) + \\ & + \Psi(a) + q(b)h_0(b) - q(a)h_0(a) = \\ & = \int_a^b 2\pi r [\sigma E^2 - U] dr - 2\pi [W(a) - W(b)] \end{aligned} \quad (12)$$

În ecuațiile date de fluxurile de masă și energia ce se mișcă în direcția radială ce ajung la limitele de hotare **a** și **b** vor fi desemnate respectiv prin valorile $q(a)$ și $q(b)$;

valorile λ , Φ , Ψ și γ - reprezintă funcțiile de variație a valorilor ($r, \rho; v_z; h_0$) și se exprimă prin vitezele de

variație a variabilelor $\frac{\partial r}{\partial t}$; $\frac{\partial \rho}{\partial t}$; $\frac{\partial v_z}{\partial t}$; $\frac{\partial h_0}{\partial t}$ la hotarul de deviere ce poartă un caracter determinat.

Funcția $S(b)$ caracterizează fluxul radial al impulsului la hotar dacă ($r = b$).

Funcția $W(b)$ caracterizează fluxul radial al energiei totale la hotar dacă ($r = b$).

Valorile funcțiilor date se determină din expresiile (13 și 14).

$$S(b) = [(\eta + \eta_r) \frac{\partial v_z}{\partial r}]_{r=b} \quad (13)$$

$$W(b) = [(k + k_r) \frac{\partial T}{\partial r}]_{r=b} \quad (14)$$

În mod asemănător se determină valorile funcțiilor respective la hotar dacă ($r = a$) în așa caz valorile date vor avea forma expresiilor (15 și 16).

$$S(a) = [(\eta + \eta_r) \frac{\partial v_z}{\partial r}]_{r=a} \quad (15)$$

$$W(a) = [(k + k_r) \frac{\partial T}{\partial r}]_{r=a} \quad (16)$$

Prin urmare regimurile ne simetrice ce pot apărea în circuitele electrice indiferent de locul unde se petrec de cele mai dese ori sunt însoțite de procesele tranzitorii, care dispun de apariția arcului voltaic.

Arcul voltaic poate fi descris analitic prin intermediul ecuațiilor diferențiale ce oglindesc viteza de scurgere a procesului precăutat, durata și modul de petrecere a proceselor tranzitorii.

În procesul de funcționare a sistemelor electroenergetice deseori apar procese tranzitorii, care de cele mai deseori sunt însoțite de arcul voltaic. La analiza influenței diferitor regimuri de funcționare a echipamentelor electrice și în deosebi a întrerupătoarelor e necesar de ținut cont de

influența negativă a curenților de scurtcircuit și a arcului voltaic ce aduc la micșorarea nivelului de fiabilitate de funcționare a echipamentelor electroenergetice.

CONCLUZII

În procesul de funcționare al sistemelor de distribuție de diverse niveluri de tensiuni dese ori apar procese tranzitorii, care poartă un caracter aleatoriu și sunt funcții de o serie de factori și de cele mai dese ori se transformă în procese tranzitorii nesimetrice însoțite de regimuri de scurtcircuit și de arc voltaic, care au o influență semnificativă asupra fiabilității de funcționare a echipamentelor electrice instalate.

La determinarea concordării dintre procesele tranzitorii simetrice și nesimetrice în sistemele de distribuție este necesar de a stabili influența lor cantitativă la trecerea în scurtcircuite, care în dependență de locul de apariție și viteza de petrecere sunt însoțite de curenți de scurtcircuit de diverse valori, care la rândul lor dispun de o influență semnificativă asupra fiabilității de funcționare al echipamentelor electrice instalate în sistemele de distribuție.

La analiza influenței diferitor regimuri de funcționare a echipamentelor electrice și în deosebi a întrerupătoarelor este necesar de ținut cont de influența negativă a curenților de scurtcircuit și a arcului voltaic ce aduc la micșorarea nivelului de fiabilitate de funcționare a echipamentelor electroenergetice.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Erhan F. *Bazele teoretice ale electrotehnicii*: Chiș., 2009, M, UASM, 675p.
- [2]. Ерхан Ф.М., Неклпаев Б.Н. *Токи короткого замыкания и надежность энергосистем*, 1985. Кишинев, Штиинца, 217 с.

- [3]. Erhan T., Melnic S. 1988, *Short-circuit current level effect on the electric power systems reliability*. The 3-International Symposium " Short-circuit currents in power system" Poland, Sulejow Vol. I, p.81-89.
- [4]. Erhan T. *Major factors, which influence on levels value of short circuit currents in electrical power systems*. Bulletin of the Politechnical Institute of Iassy, Romania, Tom XLVIII (LII) Fasc. 5A. 2002, p.303-311.
- [5]. Frind G., Rich J.- IEEE, Trans., PAS., 1974. 1675 p.

Erhan Fiodor Mihail, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, șef catedrei „Electricizarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova.

Interesele științifice se află în planul fiabilității sistemelor de distribuție și alimentare cu energie a consumatorilor și a auditului energetic al întreprinderilor agricole și de prelucrare a produselor agricole și analizei și determinării intensității energetice la producerea și prelucrarea primară a produselor agricole.

Autor și coautor a mai mult de 170 lucrări științifice și metodico-didactice dintre care se pot evidenția 2 manuale, 3 brevete de invenție, 2 monografii științifice, și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la diverse Conferințe Științifice Internaționale. E-mail: terhan@mail.ru

Popescu Victor Serghei, lector superior universitar al catedrei „ Electricizarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Interesele științifice se află în planul determinării fiabilității sistemelor de distribuție, auditul energetic al consumatorilor din sectorul agrar și al întreprinderilor de prelucrare primară a producției agricole. Autor și coautor a 27 de lucrări științifice și metodico-didactice și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la Conferințe Științifice Internaționale. E-mail: vspopescu@mail.ru

Voinesco Dinu Anatoli, doctorand, lector superior universitar al catedrei „Electricizarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova.

Interesele științifice se află în planul determinării fiabilității sistemelor de distribuție.

Autor și coautor a 12 lucrări științifice și metodico-didactice și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la Conferințe Științifice Internaționale.