

# ANALIZA REGIMULUI NESIMETRIC ÎN REȚELELE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE ASUPRA CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE

Dumitru VIERU

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

**Abstract:** În lucrare se prezintă modelarea în mediul MATHCAD a unei rețele electrice de joasă tensiune, la dispariția unei faze cu prezentarea grafică a fazoarelor întru determinării influenței regimului nesimetric asupra calității energiei electrice.

**Cuvinte cheie:** calitatea energiei electrice, regim nesimetric, scurt circuit.

## 1. Introducere

Regimul nesimetric are un impact negativ asupra receptorilor de energie și este caracteristic în rețelele polifazate. Pentru ca rețeaua electrică să devină dezechilibrată este necesar ca cel puțin o impedanță din circuitul acestei rețele să fie complet dezechilibrată. Regimul de funcționare este caracterizat prin mărimi de fază (tensiune, curent electric) diferite în modul și/sau defazate cu un unghi diferit de  $2\pi/3$ . [0]

## 2. Formularea problemei

Se propune ca în baza modelului matematic a rețelei electrice de joasă tensiune cu lungimea  $L=850$  m alimentată de la un post de transformare cu  $P=160$  kVA să se determine parametrii regimului influența de caracterul dezechilibrat al sarcinilor pentru realizarea calculului vom considera ca puterea receptorului conectat la o fază este de  $P=4$  kW.

## 3. Aspectele teoretice privind calcularea regimului nesimetric

Conform [1, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] regimul nesimetric poate avea diferite particularități esențiale pentru realizarea calculului:

- regim nesimetric temporar, care este determinat de defecte ale unei faze, apariția unor scurtcircuite, sau apariția unor defecte la consumator;
- regim nesimetric permanent, care este determinat de inegalitatea valorilor sarcinilor conectate pe cele trei faze ale rețelei electrice, (consumatori monofazați, bifazați) sau cu diferite impedanțe ale liniilor electrice.

Rețeaua electrică de joasă tensiune, de regulă, reprezintă un număr mare de consumatori monofazați conectați la linia electrică racordată la o sursă de generare trifazată. În așa mod partea de joasă tensiune a transformatorului este conectată în Y (stea) cu conductorul nul (neutru circuitului).

Pentru aceste condiții sistemul se va considera simetric în caz că pe fiecare fază a rețelei se va asigura aceeași tensiune. Nesimetria tensiunilor poate apărea în cazul deconectării conductorului nul.

Vom examina o rețea cu trei faze de joasă tensiune [0] prezentată în fig.1. În calculi cel mai frecvent se utilizează metoda succesiunilor directe, inverse și homopolare pentru ce se poate utiliza schema echivalentă prezentată în fig. 2.

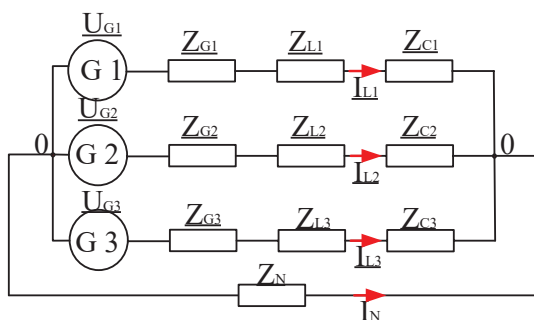


Figura 1 - Schema electrică a unei rețele de joasă tensiune

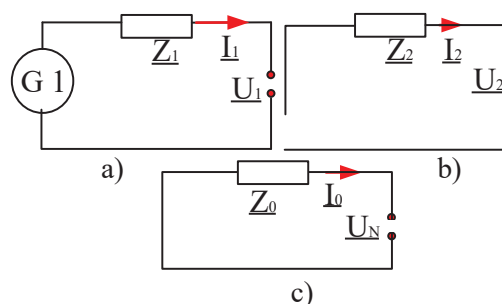


Figura 2 - Schema de calcul a succesiunii

a) directe b) inverse și c) homopolare

Impedanțele sunt calculate în dependență de lungimea liniei electrice ( $\underline{Z}_{L1}, \underline{Z}_{L2}, \underline{Z}_{L3}, \underline{Z}_N$ ), impedanța transformatorului se va considera ( $\underline{Z}_{G1}, \underline{Z}_{G2}, \underline{Z}_{G3}$ ).  $\underline{Z}_N$  - impedanța firului nul, iar  $\underline{Z}_{C1}, \underline{Z}_{C2}, \underline{Z}_{C3}$  - impedanța consumatorului.

Pentru regimul de calcul vom deconectă faza B (considerăm faza accidentată). În urma transformărilor obținem schemele de succesiune directă, inversă și homopolară conform fig.2.

În baza schemelor echivalente din fig. 2, alcătuim un sistem de ecuații: trei conform teoremei lui Kirchhoff și trei conform condițiilor de nesimetrie în punctul de scurt circuit (1). ( $\underline{U}_0 = \underline{U}_N$ ).

Ecuția matricială alcătuită în baza ecuației (1) va corespunde matricei (2).

$$\begin{cases} \underline{Z}_1 \cdot \underline{I}_1 + \underline{U}_1 = \underline{E}_1; \\ \underline{Z}_2 \cdot \underline{I}_2 + \underline{U}_2 = 0; \\ \underline{Z}_0 \cdot \underline{I}_0 + \underline{U}_0 = 0; \\ \underline{U}_1 + \underline{U}_2 + \underline{U}_0 = 0; \\ a^2 \cdot \underline{I}_1 + a \cdot \underline{I}_2 \cdot \underline{I}_0 = 0; \\ a \cdot \underline{U}_1 + a^2 \cdot \underline{U}_2 \cdot \underline{U}_0 = 0. \end{cases} ; (1) \quad A = \begin{bmatrix} \underline{Z}_1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a & a^2 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} ; \quad B = \begin{bmatrix} \underline{E} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} (2)$$

Pentru a calcula curenții și tensiunile din locul nesimetriei este necesar de aplicat teorema Fortescue's.

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} ; \quad I = \begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \underline{I}_0 \end{bmatrix} ; \quad U = \begin{bmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \\ \underline{U}_0 \end{bmatrix} (3).$$

### 1. Rezultatele calculului

Tabelul 1

	Tensiunile (V)	Curenții (A)
<b>Componentele simetrice în locul s.c</b>		
Succesiunea directă	109.474	1.026
Succesiunea inversă	109.474	1.025
Succesiunea homopolară	109.474	0
<b>Componentele nesimetrice în locul deconectării fazei B</b>		
Succesiunea directă	0	1.776
Succesiunea inversă	328.42	0
Succesiunea homopolară	0	1.776

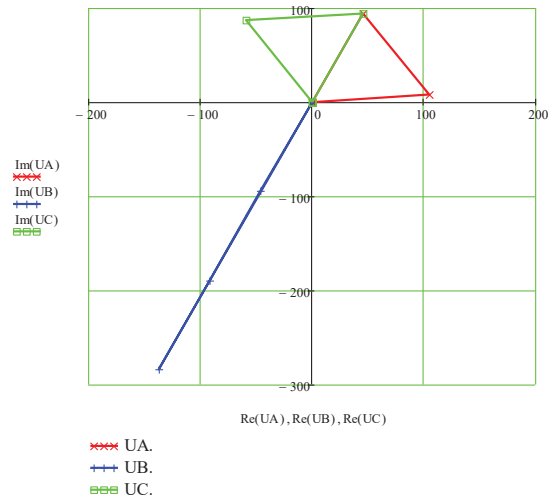


Figura – 3 – Diagrama fazorială în punctul de dispariției a fazei B

### Bibliografie

1. Ушакова Н.Ю., Быковская Л.В.. *Метод симметричных составляющих* //Оренбург ИПК ГОУ ОГУ 2010.
2. *Servicii de revizuire PE 143/1994 Normativ privind limitarea regimului nesimetric și deformant în rețelele electrice.* Normă Tehnică Energetică Privind Limitarea Regimului Datorat Conectării Instalațiilor Nesimetrice În Rețelele Electrice De Transport și De Distribuție – Faza I//8145/2014-1.2-S0075646-D0.

3. Golovanov N. *Calitatea energiei electrice în microrețele*. PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 1 (30) 2016. pp.32-38. ISSN 1857-0070.

## **INVERTOR MONOFAZAT PENTRU RACORDAREA MODULELOR PV LA REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE A ENERGIEI ELECTRICE**

**Iurie ERMURACHI, IUERIE Iu. ERMURACHI, Nicolae ANDRONATI**

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

**Abstract:** *Se propune soluția de realizare a unui invertor apt să asigure funcționarea injecția energiei electrice în rețeaua de distribuție centralizată în regim de fluctuație aleatorie a puterii de generare a modulelor fotovoltaice. Tranzistorii invertorului funcționează în regim de comutații ZVS cu realizarea principiului TCM (Triangular Current Mode). S-a propus un algoritm nou de dirijare cu tranzistorii invertorului care asigură regimul lor comutație la frecvență variabilă. Frecvența de comutație este determinată de valoarea curentă instantanee a tensiunii rețelei de distribuție. S-a confecționat și testat mostra de laborator a invertorului cu puterea de 2 kW. Pentru sarcina activă s-a obținut randamentul de 98% și densitatea specifică a puterii peste 10 kW/dm<sup>3</sup>.*

**Cuvinte cheie:** *invertor DC/AC, comutație ZVS, frecvență variabilă de comutație.*

### **1. Introducere**

Valorificarea surselor de energie regenerabilă (SER) prezintă o prioritate pe plan internațional în domeniul asigurării cu energie a consumatorilor și este un obiectiv strategic pentru Republica Moldova stipulat în documentele de politici energetice adoptate în prezent în țară [1,2]. Producerea energiei electrice prin conversia radiației solare de către centralele PV este o soluție avantajoasă pentru Moldova, inclusiv și prin extinderea centralelor PV de mică putere, proprietarii cărora sunt consumatorii individuali. Stimularea extinderii producerii energiei de centrale PV de mică putere poate avea un impact benefic pentru sistemul electroenergetic și sporirea investițiilor în sector efectuate de persoane particulare.

Problema accelerării dezvoltării acestui segment de producere a energiei electrice se poate rezolva prin asigurarea unor condiții de racordare a centralelor PV de mică putere la rețeaua centralizată de joasă tensiune, utilizând adaptoare de tipul DC/AC.

Caracterul intermitent al densității energiei surselor regenerabile are influență asupra eficienței producerii energiei electrice, deci și a duratei de recuperare a investiției. Adaptorul, care prezintă un invertor de tensiune de tipul DC/AC, are destinația și de asigurare a funcționării eficiente a modulelor PV prin menținerea regimului de generare în punctul maxim de putere (PMP).

### **2. Avantaje și dezavantaje a soluțiilor de confecționare a invertoarelor de tip DC/AC**

Analiza soluțiilor de realizare ale invertoarelor de tensiune arată, că schemele funcționale utilizate includ multe elemente pasive, ce are ca urmare sporirea consumului de consumabile și materiale active, inclusiv, și majorarea costului invertoarelor, care poate limita aria lor de utilizare în schema de producere distribuită a energiei electrice de către consumatorii privați. Ridicarea indicilor energetici și de cost a invertoarelor DC/AC se poate face prin ridicarea frecvenței de comutație a cheilor electronice în ciclul de lucru, cumulara funcțiilor îndeplinite de diferite elemente unitare într-un singur element de construcție specială, de exemplu, amplasarea elementelor inductive pe un singur miez feromagnetic, ridicarea eficienței transferului de energie dintr-un circuit în altul, micșorarea pierderilor prin optimizarea regimului de comutație a tranzistoarelor-utilizarea regimului de ușoară comutație.

Regimul de ușoară comutație se realizează la o frecvență mai ridicată în comparare cu regimul de comutație dură (hard switching) prin ce se diminuează și intensitatea emisiilor electromagnetice (EMI) cu sporirea compatibilității electromagnetice a invertorului. În invertoarele cu topologie tradițională filtrul EMI ocupa până la o treime din volumul invertorului [3].

În rezultatul analizelor invertoarelor cu topologia transformatorless [4] s-a constatat, că întru micșorarea pierderile în circuitele de forță se folosește un număr minimal de tranzistori cu valoarea minimală a rezistenței interne. Ca dezavantaj al convertorului [4] se indică coeficientul ridicat de distorsiune al curentului, ce necesită