ASPECTE ALE UTILIZĂRII METODEI SENSIBILITĂȚII ÎN OPTIMIZAREA REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE A REȚELELOR ELECTRICE

Radu Sacaliuc

Conducător științific: conf. univ.Ilie Macovei

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract:*Un sistem electroenergetic conține un număr foarte mare de elemente, cum ar fi centrale electrice, linii, transformatoare, sarcini generalizate, ș.a. Fiecare dintre ele poate influența sau chiar afecta funcționarea întregului sistem. Pentru a identifica elementele mai sensibile poate fi utilizată ideea descompunerii singulare a matricii inverse Jacobi. Descompunerea poate fi efectuată utilizînd metoda QR, QL sau alte metode. În urma descompunerii se obțin „punctele slabe” ale rețelei.*

Cuvinte-cheie: *metodasensibilității, descompunerea singulară, metoda QR și QL, „puncte slabe”.*

Experiența de exploatare a SEE arată că el este neomogen și nesimetric. În particular, aceasta se reflectă prin parametrii de regim. Perturbațiile, aplicate în diferite locuri ale SEE, provocă o reacție considerabilă a unor parametri de regim. Elementele schemei rețelei, parametrii de regim ai cărora se modifică mai esențial la diferite perturbații, se numesc senzori.

Pentru identificarea elementelor mai sensibile la diferite perturbații a fost utilizată o schemă-test.

În figura 2 este prezentată diagrama fluxurilor de putere și a curenților într-o schemă-test la variația sarcinilor în sistem.

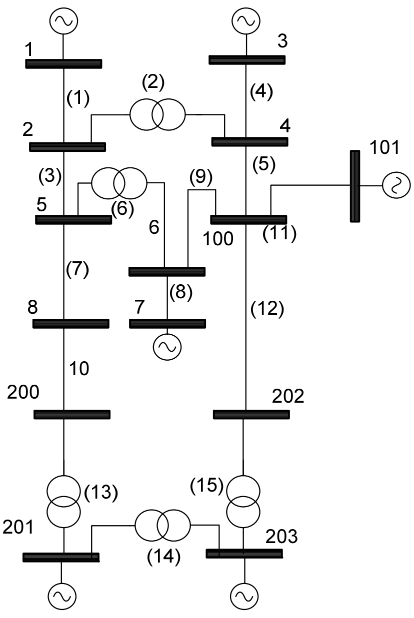

Figura1. Schemă-test a unui SEE

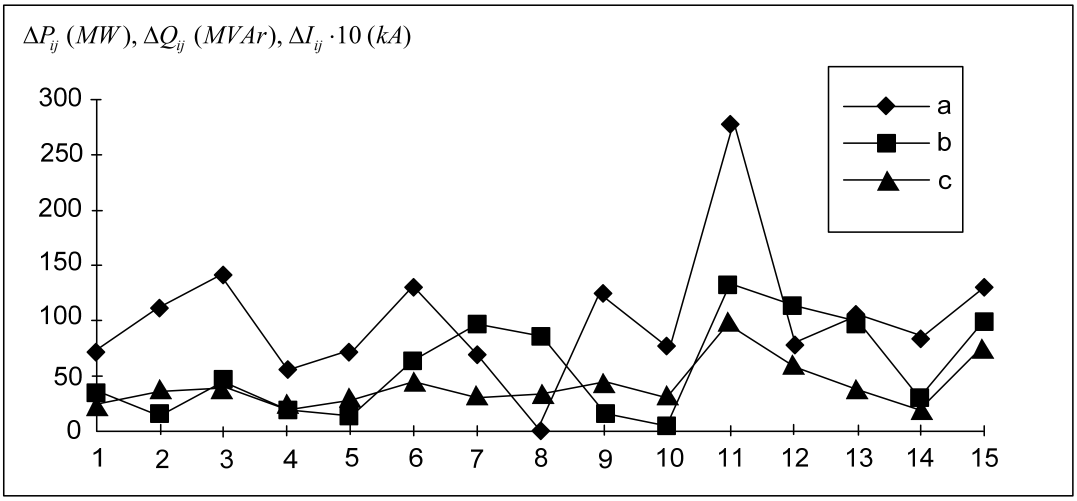

Figura 2. Diagrama fluxurilor de putere şi curent la variația sarcinilor în sistem

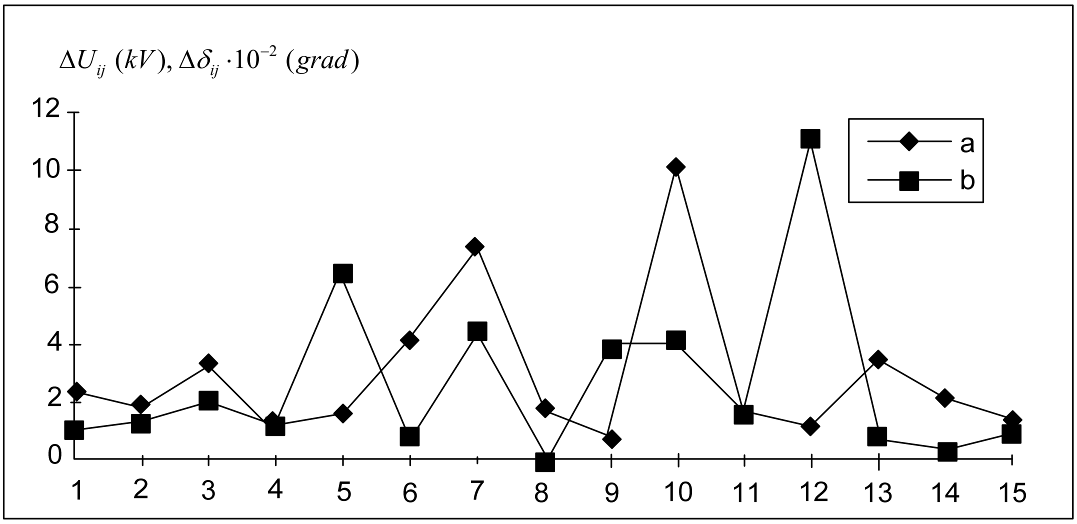

Figura 3. Diagrama tensiunilor la variația sarcinilor

Sensori din punct de vedere a fluxului de putere reactivă sunt liniile (5) şi (10) din figura 2. Din punct de vedere al tensiunilor sensor va fi nodul 8 din figura 3.

La rîndul său aceste linii şi noduri sunt locuri slabe în sistemul energetic.

Element de cercetare pentru determinarea locurilor slabe este matricea Jacobi, care poate fi scrisă sub forma:

$$J = [Y] + \begin{bmatrix} -B & -G \\ G & -B \end{bmatrix}, \tag{1}$$

unde [Y] este matricea admitanțelor proprii şi mutuale a parametrilor pasivi ai rețelei, iar [B] şi [G] sunt matrici diagonale elementele cărora sunt $b_{ij} = \dfrac{Q_i}{U_i^2}$ $g_{ij} = \dfrac{P_i}{U_i^2}$, iar P_işi $Q_i$sunt sarcinile în nodul „i”. În coordonate polare matricea Jacobi poate fi prezentată în forma:

$$J = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial P}{\partial \delta} & \dfrac{\partial P}{\partial U} \\ \dfrac{\partial Q}{\partial \delta} & \dfrac{\partial Q}{\partial U} \end{bmatrix} \tag{2}$$

Elementele matricii Jacobi inversate vor caracteriza gradul de influenţă al variaţiilor puterilor active şi reactive, cît şi a parametrilor pasivi ai reţelei asupra modulului şi fazei tensiunilor din noduri.

Deci determinarea elementelor mai sensibile din reţea din punct de vedere al influenţei asupra regimurilor de tensiuni se reduce la analiza proprietăţilor matricii Jacobi.

Matricea Jacobi este simetrică şi nenegativă şi pentru această matrice este valabilă descompunerea singulară:

$$J = [W] \cdot [\Sigma] \cdot [V^T] \tag{3}$$

unde $[W] = [w_1, w_2 ... w_k]$, $[V] = [v_1, v_2 ... v_k]$, $[\Sigma] = diag[\sigma_1, \sigma_2 ... \sigma_k]$. Aici $[W]$ şi $[V]$ sunt matrici ortogonale , iar $[\Sigma]$ este matrice diagonală din numere singulare.

Vom aminti unele noţiuni din matematică.

O matrice se numeşte singulară dacă determinantul ei este egal cu zero. De această noţiune este legată noţiunea de număr şi vector propriu a matricii. În matematică, un **vector propriu** al unei transformări liniare pe un spaţiu vectorial este un vector nenul a cărui direcţie rămîne neschimbată de către acea transformare. Factorul prin care mărimea vectorului este scalată se numeşte **valoare proprie** a acelui vector.

$$[A][x] = \lambda[x] \tag{4}$$

Aici $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix}$ este vector propriu, iar valorile $[\lambda] = diag[\lambda_1, \lambda_2 ...]$ sunt numere proprii ale matricii [A].

Număr singular δ se numeşte $\sqrt{\lambda}$ unde λ sunt numerele proprii ale matricii $[A][A]^T$. Aici $[A]^T$ este matricea transpusă.

Se poate demonstra din (3) că

$$J^{-1} = ([W] \cdot [\Sigma] \cdot [V]^T)^{-1} = \sum v_i \cdot w_j^T / \sigma_i \tag{5}$$

Din (5) este evident că cel mai sensibil din punct de vedere al regimului sistemului energetic este acela pentru care $\sigma_i = \min$. În relaţia (3) [*W*] şi [*V*] poartă denumirea de vectori proprii de stînga şi, respectiv, de dreapta ai matricii *J*.

Ca exemplu sunt prezentate rezultatele obţinute în [3]. Cel mai sensibil din punct de vedere al regimului tensiunilor a fost stabilit nodul 4 – Străşeni.

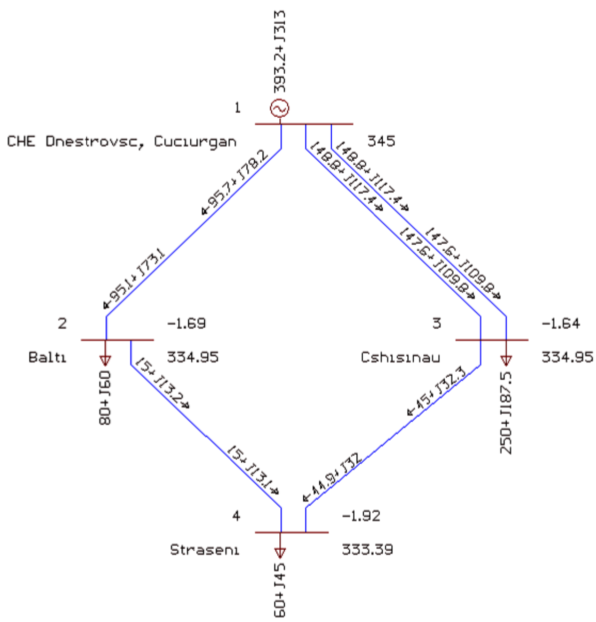

Figura 4. Regimul sistemului energetic pînă la conectarea sursei de putere reactivă în vreo unul din noduri

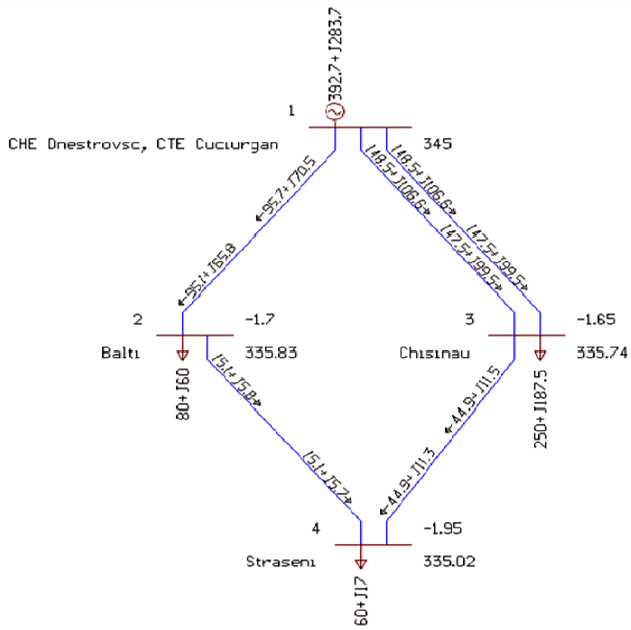

Figura 5. Regimul sistemului după conectarea sursei de putere reactivă în nodul 4.

Se observă o creştere a nivelului tensiunilor după conectarea sursei de putere reactivă în nodul 4.

Bibliografie

1. Gamm A., Golub I. *Sensorî i slabîe mesta v electroenergheticeschih sistemah.* SĂI SO RAN, Irkutsk, 1996
2. Golub J, Van Loun C. *Matricinîe vîcislenia.* Izdatelistvo „Mir", Moscva, 1999.
3. Spinei S. *Lucrarea de licență „Utilizarea sistemelor FACTS pentru optimizarea tensiunilor în SE al R. Moldova"*, conducător conf. univ. Macovei I., UTM, Chişinău 2012.