

REPARTIZAREA PIERDERILOR DE PUTERI ÎNTRE PARTICIPANȚII LA PIAȚA ENERGIEI ELECTRICE

Liudmila VASILICA
Conducător științific: prof. univ. Ion STRATAN

Universitatea Tehnică a Moldovei

Cuvinte cheie: Pierderi de putere, repartizarea pierderilor de putere, coeficienții de distribuție, trasabilitate, factori de pondere, coeficienți de repartiție, matricea de impedanță nodală.

Abstract: Dezvoltarea relațiilor de piață în energetică necesită identificarea reală a tuturor cheltuielilor legate de producerea și transportul energiei electrice de la producător la consumator. Cea mai mare dificultate reprezintă pierderile de putere și energie în rețelele electrice. Pierderile sunt un fapt inevitabil, apare problema "responsabilității financiare". Una dintre abordările existente a acestei probleme implică repartizare a pierderilor între producători și consumatori de energie electrică, dar de regulă această distribuție este neuniformă.

Introducere

În multe țări, industria energiei electrice este în curs de schimbare, schimbarea denumită dereglementarea și restructurare. Ele aduc schimbări semnificative, introduc concurența în domeniul producerii și comerțului cu amănuntul și necesită acces liber la rețeaua de transport. Concurența în industria energiei electrice cauzează multe probleme, printre care separarea serviciului de transport este cel mai complicat deoarece este un sector unic și integrat. Dacă cunoaștem ce cotă de putere generatorul furnizează consumatorului sau cât de mult fiecare generator (sarcină) utilizează rețelele de transport, putem rezolva cu ușurință multe probleme legate de dereglementare. Procedura utilizată în acest scop este repartizarea pierderilor de puteri între participanții la piața energiei electrice.

Au fost propuși mai mulți algoritmi pentru urmărirea fluxului de puteri. Metode bazate pe fluxul de curent alternativ poate reprezenta impactul unui anumit generator / sarcină asupra fluxurilor de putere, dar nu pot determina partea de putere a unei sarcini, asigurată de nodul generator. Unele metode de urmărire a fluxului utilizează teoria grafurilor, care este potrivită pentru sistemul de putere la scară largă. Metoda care introduce "noduri fictive" necesită un calcul matricial invers, care implică timp și complexitatea pentru sistemele de dimensiuni mari.

Dificultatea de a separa pierderile în rețeaua electrică prin transportul de energie electrică între participanții la piață, este o dependență neliniară de fluxul pierderilor de putere. Încercările de a separa dependența neliniară în suma unor elemente liniare, cu siguranță nu este concludentă, prin urmare există o mulțime de repartizări a responsabilității pentru pierderile în rândul participanților la piața energiei electrice.

În lucrare se propune utilizarea repartizarea pierderilor pentru a putea identifica și ilustra influența acestora asupra regimului de funcționare, capacitatea de încărcare a rețelei și într-un final estimarea costului energiei.

1. Algoritmul de repartizare a pierderilor cu utilizarea trasabilității energiei electrice

În continuare se exemplifică relațiile ce se utilizează la soluționarea repartizării pierderilor de puteri prin intermediul trasabilității fluxurilor de puteri. Soluționarea problemei aferente trasabilității fluxurilor de putere se începe cu efectuarea calcului regimului permanent în scopul determinării fluxurilor de putere la extremitățile laturilor.

De asemenea la soluționarea problemei de trasabilitate a fluxurilor de puteri sub formă complexă este necesar de efectuat următoarele:

- determinarea sarcinilor de calcul atât pentru nodurile generatoare, cât și consumatoare, inclusiv și pentru nodul de echilibru, utilizând rezultatele calculului regimului permanent de funcționare al rețelei analizate;
- identificarea liniilor electrice, în care fluxurile de putere de la extremitățile lor sunt îndreptate în linie. Dacă sunt astfel de linii, atunci la mijlocul lor se introduce un nod suplimentar, sarcina căruia este egală cu valoarea pierderilor de putere.

Relațiile ce definesc repartiția prin intermediul trasabilitatea circulațiilor de puteri sunt:

- ❖ Determinarea puterii primite de nodul i de la sursa j :

$$[S''_{ij}] = [A'']^{-1} [S_g]_d, \quad (1)$$

unde $[A''] = \|[u] + [M_{\Sigma}^-] [S'_i]_d [M_{\Sigma}^+]_t [S]_d^{-1}\|$.

$[S''_{ij}]$ este o matrice pătrată de rangul n , elementul ij al acestei matrice reprezintă cota puterii ce vine în nodul i de la producătorul j .

- ❖ Determinarea puterii expediate de la sursa j spre nodul i

$$[S'_{ij}] = [B']^{-1} [S_g]_d, \quad (2)$$

unde $[B'] = \|[u] + [M_{\Sigma}^-] [S'_i]_d [M_{\Sigma}^+]_t [S]_d^{-1}\|$.

Matricea $[S'_{ij}]$ este o matrice pătrată de rangul n , elementul ij este numeric egal cu puterea expedită de producătorul j către nodul i .

- ❖ Determinarea puterii expediate de la nodul i spre consumatorul k

$$[S'_{ik}] = [A']^{-1} [S_c]_d, \quad (3)$$

unde $[A'] = \|[u] + [M_{\Sigma}^+]_t [S'_i]_d [M_{\Sigma}^-]_t [S]_d^{-1}\|$.

Matricea $[S'_{ik}]$ este o matrice pătrată de rangul n , elementul ik al acestei matrice este numeric egal cu puterea expedită de la nodul i spre consumatorul k .

- ❖ Determinarea puterii primite de consumatorul k de la nodul i

$$[S''_{ik}] = [B'']^{-1} [S_c]_d, \quad (4)$$

unde $[B''] = \|[u] + [M_{\Sigma}^-] [S''_i]_d [M_{\Sigma}^+]_t [S]_d^{-1}\|$.

Matricea $[S''_{ik}]$ este o matrice pătrată de rangul n , elementul ki este numeric egal cu puterea primită de nodul k de la nodul i .

- ❖ Determinarea puterii primite de consumatorul k de la sursa j

$$[S''_{kj}] = [S_c]_d [S]_d^{-1} [A'']^{-1} [S_g]_d, \quad (5)$$

Elementul kj este numeric egal cu puterea primită de sarcina k de la sursă j .

- ❖ Determinarea puterii expediate de la sursa j consumatorului k

$$[S'_{jk}] = [S_g]_d \cdot [S]_d^{-1} [A']^{-1} [S_c]_d, \quad (6)$$

Matricea $[S'_{jk}]$ este o matrice pătrată de rangul n , elementul jk este numeric egal cu puterea expedită de la sursa j spre consumatorul k .

- ❖ Determinarea puterilor de la extremitățile liniei l , condiționate de sarcina k

$$[S'_{lk}] = [S'_l]_d [M_{\Sigma}^+]_t [S]_d^{-1} [A']^{-1} [S_c]_d, \quad (7)$$

2. Repartizarea pierderilor cu utilizarea coeficienților de distribuție

Vom analiza, în continuare, procedura de repartizare a pierderilor cu utilizarea coeficienților de distribuție.

Pierderile de putere în rețelele electrice, descrise de modelul de curent continuu, pot fi prezentate prin matricea admitanțelor nodale Y . Expresia pentru determinarea pierderilor este prezentată în formula 8.

$$\Delta S = U_n^T \cdot C_d \cdot U_d^{-1} \cdot S_n, \quad (8)$$

unde ΔS reprezintă pierderile de puteri în liniile rețelei electrice;

U_n^T – matricea linie a tensiunilor în noduri;

S_n – puterile în nodurile rețelei electrice;

C_d – matricea coeficienților de distribuție.

La rândul său coeficienții de distribuție se definesc cu expresia:

$$C_d = Y_l \cdot M \cdot Y_l^{-1}, \quad (9)$$

unde Y_l reprezintă matricea admitanțelor în liniile rețelei electrice;

Y_n – matricea admitanțelor nodale;

M – matricea de incidență.

3. Studiul de caz

Funcționalitatea alocării pierderilor de puteri se va ilustra pentru o rețea electrică test, graful careia este prezentată în figura 1.

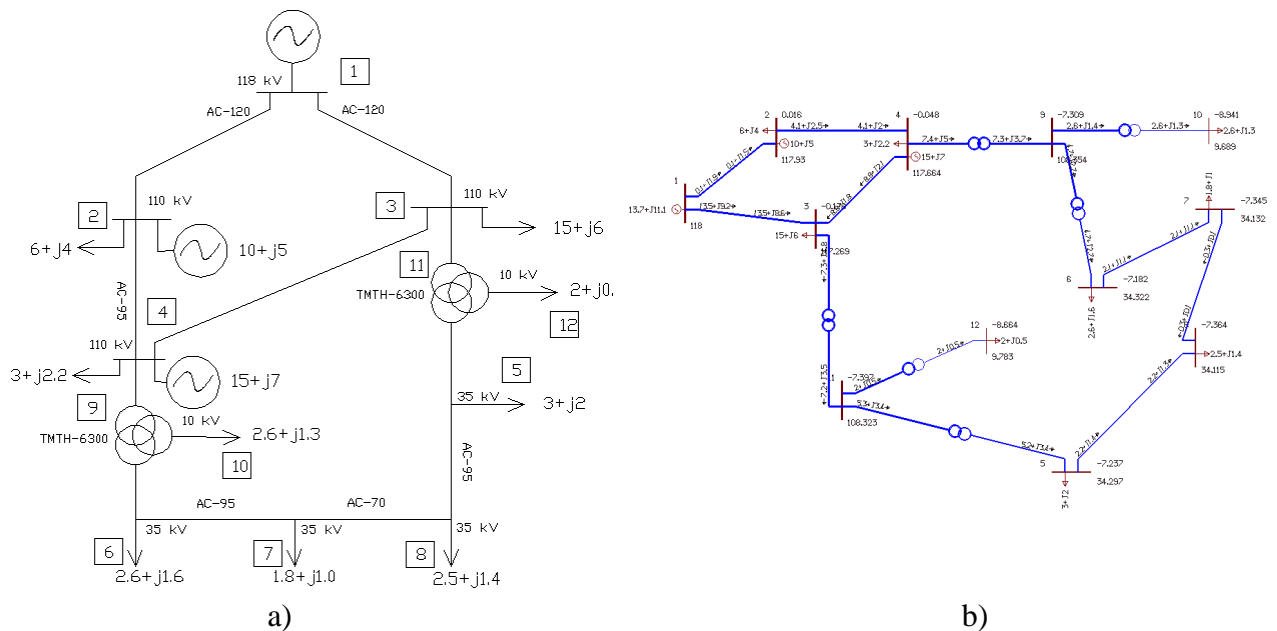
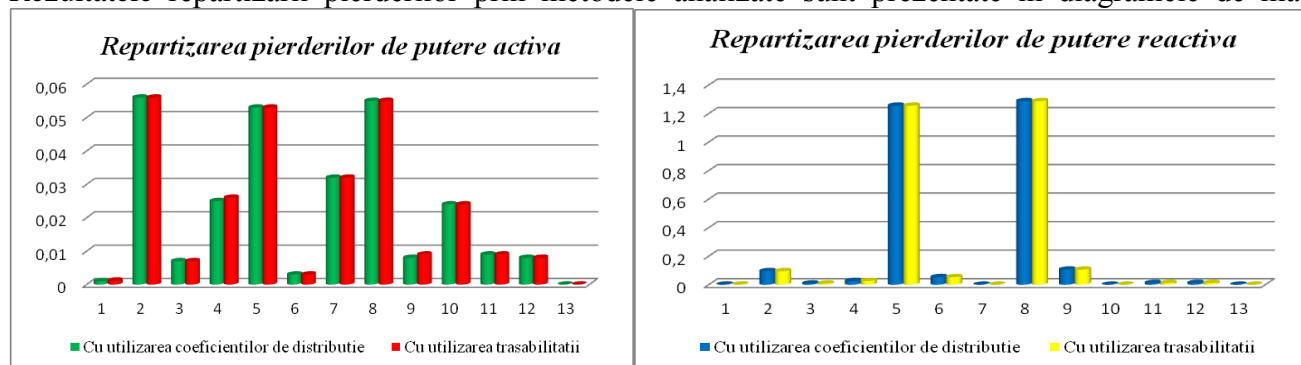


Figura 1 – Graful rețelei electrice, formată din 12 noduri
a) graful rețelei electrice test; b) schema obținută în programul RASTRWIN

Rezultatele repartizării pierderilor prin metodele analizate sunt prezentate în diagramele de mai jos.



4. Concluzii

În urma analizelor prezentate putem evidenția următoarele concluzii:

- Eficientizarea relațiilor de piață în sectorul electroenergetic este direct dictată de soluționarea problemei repartizării pierderilor de puteri între participanții la piața energiei electrice;
- Trasabilitatea fluxurilor de puteri oferă rezultate în corespundere cu metoda cu utilizarea a coeficienților de distribuție, ceea ce vorbește de corectitudinea procedeelelor alese;
- Rețelele de transport nu au o capacitate nelimitată de transport a energiei, de aceea orice încărcare a rețelei este măsurată de distribuitor și taxată după tarife reglementate. Prin intermediul trasabilității circulațiilor de puteri se poate depista și estima tronsoanele aflate la limita capacității de transport și de asemenea se poate realiza o repartiție echitabilă a pierderilor de puteri. Se pot identifica măsuri privind diminuarea pierderile de puteri în tronsoanele încărcate.

Bibliografie

1. Choong-Kyo Han, Sang-Ho Lee, Sang-Won Min and Jong-Keun Park *Power Tracing Method considering Reactive Power* International Conference on Electrical Engineering 2004/63.
2. Daniel Kirschen, Ron Allan, Goran Strbac, "Contributions of Individual Generator to Loads and Flows," IEEE Trans. On Power Systems, Vol. 12, No 1, February. 1997.
3. Клипков С.И., Ришкевич А.И., Семенюк А.В. *Особенности определения адресности передачи электроэнергии в электроэнергетических системах переменного тока*(ГИВЦ НЭК "Укрэнерго")
4. Гамм А.З., Голуб И.И. *Адресность передачи активных и реактивных мощностей в электроэнергетической системе*, "Электричество", №3, 2003.
5. Starostiuc A., *Contribuții privind trasabilitatea fluxurilor de energie în sisteme electroenergetice. Teză de doctor în științe tehnice*. Chișinău 2007. – 180 p.
6. Гамм А.З., Голуб И.И. *Апостериорный анализ потоков распределения для построения финансово-технологических моделей ЭЭС*. Управление электроэнергетическими системами – новые технологии и рынок.-Сыктывкар: Изд-во Коминанучного центра УрО РАН, 2004.
7. Leonardo-Geo Mănescu, Ciontu M., *La trasabilitate de l'energie dans les reseaux electriques*. Revue internationale de Genie Electrique, vol.6 nr 3-4, 2003