Repartizarea surselor de putere reactivă

Reducerea puterii reactive care circulă pe liniile sistemelor de transport a energiei electrice reprezintă una dintre metodele de bază pentru reducerea pierderilor de putere activă datorită contribuției tranzitului puterii reactive la creşterea curentului efectiv care circulă prin elementele sistemului şi, implicit, la creşterea pierderilor de putere activă.

Optimizarea repartizării surselor de energie reactivă urmăreşte:

-exploatarea rațională a surselor de putere astfel încât să se asigure optimizarea schimbului de putere reactivă între acestea şi consumatori şi a nivelului de tensiune în nodurile rețelei;

-amplasarea optimă a surselor suplimentare de energie reactivă şi reducerea cheltuielilor de investiții;

-realizarea unui factor de putere optim pentru schimburile de energie între sistemul de putere şi consumatori.

Problema de optimizare impune minimizarea pierderilor totale de putere activă pentru producerea şi transportul puterii reactive:

$$\begin{aligned}\min(\Delta P) = \sum_{i=1}^{n}\left(a_i Q_i^2 + b_i Q_i\right) + \sum_{i=2}^{n}\sum_{k=2}^{n} B_{ik}\left(P_i P_k + Q_i Q_k\right) + \\ + \sum_{i=2}^{n}\sum_{k=2}^{n} B'_{ik}\left(P_i Q_k + Q_i P_k\right) + \sum_{i=2}^{n} B_i P_i + \sum_{i=2}^{n} B'_i Q_i + B_0 U_1^2\end{aligned} \qquad (12.1)$$

Dacă se consideră puterile active constante, această relație poate fi pusă sub forma:

$$\min(\Delta P) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij} Q_i Q_j + \sum_{i=1}^{n} D_i Q_i + E \qquad (12.2)$$

unde coeficienții C_{ij}, D_i şi E pot fi obținuți simplu, prin egalarea celor două funcții obiectiv şi identificare.

Variabilele acestei probleme sunt puterile reactive din fiecare nod al rețelei.

Astfel se obține puterea care trebuie produsă de fiecare sursă sau, cunoscând puterea consumată în fiecare nod consumator, prin diferență, puterea surselor de reactiv care trebuie instalate în aceste noduri pentru compensare locală.

Restricțiile acestei probleme impun ca, în fiecare nod, puterea reactivă să se încadreze între limitele maximă şi minimă:

$$Q_{i\min} \le Q_i \le Q_{i\max} \quad i = \overline{1,n} \tag{12.3}$$

Această limitare a puterii reactive rezultă din următoarele considerente:

-generatoarele pot produce şi consuma putere reactivă, dar valorile admisibile în fiecare caz sunt finite ($Q_{i\,\min}$<0; $Q_{i\,\max}$>0);

-motoarele sincrone nu se folosesc, în general, subexcitate pentru a nu se produce încălziri ale zonelor frontale ($Q_{i\,\min}$=0; $Q_{i\,\max}$>0);

-bateriile de condensatoarele din nodurile sistemului pot doar injecta putere reactivă ($Q_{i\,\min}$=0; $Q_{i\,\max}$>0);

-reactoarele şunt consumă energie reactivă ($Q_{i\,\min}$<0; $Q_{i\,\max}$=0);

-condiția ca tensiunea să se mențină în limitele admisibile în fiecare nod conduce şi ea la limitarea puterii reactive din fiecare nod.

Dacă se consideră că puterea reactivă modifică doar modulul tensiunii nu şi faza acesteia, pornind de la expresia puterii aparente injectate în nodul unui sistem:

$$\underline{S}_i = P_i + \mathrm{j}Q_i = \underline{U}_i \underline{I}_i^* = \underline{U}_i \sum_{k=1}^{n} \underline{Y}_{ik}^* \underline{U}_k^* \tag{12.4}$$

se poate obține puterea reactivă a acestui nod:

$$Q_i = \mathrm{Im}\left(\underline{Y}_{ii}^* U_i^2 + \underline{U}_i \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n} \underline{Y}_{ik}^* \underline{U}_k^* \right) \tag{12.5}$$

şi, în final, valorile maximă şi minimă a puterii reactive din nod:

$$
\begin{aligned}
Q_{i\min} &\cong \mathrm{Im}\left(\underline{Y}_{ii}^{*} U_{i\min}^{2} + \frac{U_{i\min}}{U_i} \underline{U}_i \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} \underline{Y}_{ik}^{*} \underline{U}_k^{*} \right) \\
Q_{i\max} &\cong \mathrm{Im}\left(\underline{Y}_{ii}^{*} U_{i\max}^{2} + \frac{U_{i\max}}{U_i} \underline{U}_i \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} \underline{Y}_{ik}^{*} \underline{U}_k^{*} \right)
\end{aligned}
\qquad (12.6)
$$

Rezolvarea problemei (12.2) cu luarea în consideraţie a restricţiilor (12.3) poate fi făcută prin una din metodele programării neliniare, cele mai utilizate fiind metoda multiplicatorilor lui Lagrange, metode de gradient conjugat sau metoda gradientului proiectat. În cazul reţelelor radiale pot fi utilizate şi variante ale metodei de optimizare ciclică de-a lungul axelor d e coordonate.