SISTEME ELECTROENERGETICE

Capitolul 3

CALCULUL REGIMULUI PERMANENT DE FUNCTIONARE AL SEE

METODA SEIDEL-GAUSS

Sisteme de ecuatii liniare

Sistemul de ecuatii liniare: $[A]\cdot[x]=[b]$

Desfacerea matricei [A] in 2 matrice: $[A]=[N]-[P]$

$[N]\cdot[x]=[P]\cdot[x]+[b]$

Relatia generica de recurenta: $[N]\cdot[x]^{t+1}=[P]\cdot[x]^{t}+[b]$

$[x]^{t+1}=[N]^{-1}\cdot[P]\cdot[x]^{t}+[N]^{-1}\cdot[b]$

Sirul aproximatiilor succesive: $[x]^{0} \rightarrow [x]^{1}, [x]^{2}, [x]^{3}, \ldots \rightarrow [x]^{*}$

Sisteme de ecuatii liniare

Desfacerea standard:

$[A]=[L]+[D]+[R]$

Sisteme de ecuatii liniare

Metoda Jacobi

$$[N]=[D] \qquad [P]=-[L]-[R]$$

$$[D]\cdot[x]^{t+1}=[b]-([L]+[R])\cdot[x]^{t}$$

$$x_i^{t+1}=\frac{b_i}{a_{ii}}-\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n}\frac{a_{ij}}{a_{ii}}\cdot x_j^{t} \qquad i=1,\ldots,n$$

Sisteme de ecuatii liniare

Metoda Seidel-Gauss

$$[P]=-[R] \qquad [N]=[D]+[L]$$

$$([D]+[L])\cdot[x]^{t+1}=[b]-[R]\cdot[x]^{t}$$

$$x_i^{t+1}=\frac{b_i}{a_{ii}}-\sum_{j=1}^{i-1}\frac{a_{ij}}{a_{ii}}\cdot x_j^{t+1}-\sum_{j=i+1}^{n}\frac{a_{ij}}{a_{ii}}\cdot x_j^{t}$$
$$i=1,\ldots,n$$

Metoda Seidel-Gauss pentru calculul regimului permanent

$$[\underline{Y}_n]\cdot[\underline{U}_n]=[\underline{J}_n]$$

$$\underline{J}_i=\underline{Y}_{ii}\cdot\underline{U}_i-\sum_{\substack{k=1\\ k\neq i}}^{n}\underline{Y}_{ik}\cdot\underline{U}_k \qquad i=1,\ldots n; \quad i\neq e$$

$$\underline{J}_i=\frac{\underline{S}_i^*}{\underline{U}_i^*}=\frac{P_i-j\cdot Q_i}{\underline{U}_i^*} \qquad i=1,\ldots,n; \quad i\neq e$$

Metoda Seidel-Gauss pentru calculul regimului permanent

$$\underline{U}_i = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \cdot \left(\frac{P_i - j \cdot Q_i}{\underline{U}_i^*} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{N} \underline{Y}_{ik} \cdot \underline{U}_k \right) \qquad i = 1,\ldots,n; \quad i \neq e$$

$$\underline{U}_i^{t+1} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \cdot \left(\frac{P_i - j \cdot Q_i^{t+1}}{(\underline{U}_i^t)^*} + \sum_{k=1}^{i-1} \underline{Y}_{ik} \cdot \underline{U}_k^{t+1} + \sum_{k=i+1}^{N} \underline{Y}_{ik} \cdot \underline{U}_k^t \right)$$

$$i = 1,\ldots,n; \quad i \neq e$$

Metoda Seidel-Gauss pentru calculul regimului permanent

Criterii de oprire

- Abaterea puterii aparente in NE:

$$\Delta S_e = \left| \underline{S}_e^{t+1} - \underline{S}_e^t \right| \leq \varepsilon$$

- Abaterea maxima a tensiunilor in noduri:

$$\Delta U_{\max} = \max_{\substack{i=1,\ldots,N \\ i \neq e}} \left| \underline{U}_i^{t+1} - \underline{U}_i^t \right| \leq \varepsilon$$

- Abaterea tuturor tensiunilor in noduri:

$$\left| \underline{U}_i^{t+1} - \underline{U}_i^t \right| \quad \leq \quad \varepsilon, \qquad \forall i = 1,..,n$$

Metoda Seidel-Gauss - algoritm

1. Precizarea datelor de intrare.
2. Stabilirea aproximației inițiale pentru tensiunile nodale $\underline{U}_i^0$, $i=1..N$, $i \neq e$ şi inițializarea procesului iterativ ($t=0$);
3. Calculul injecției de putere aparentă în nodul de echilibru, la începutul iterației:

$$\underline{S}_e^{init} = U_e \cdot \underline{J}_e^* = U_e^2 \cdot \underline{Y}_{ee}^* - U_e \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^{N} \underline{Y}_{ek}^* \cdot (\underline{U}_k^0)^*$$

Metoda Seidel-Gauss - algoritm

4. Tratarea nodurilor de tip PU (i=1,…, N şi i nod de tip PU).

   4.1. Calculul valorii corectate a potențialelor $\underline{U}_i^0$:

$$\underline{U}_i^{cor} = \frac{U_i^{impus} \cdot \underline{U}_i^0}{U_i^0}$$

   4.2. Calculul injecției de putere reactivă în nod:

$$Q_i^0 = \operatorname{Im}\left(\underline{U}_i^{cor} \cdot \underline{J}_i^*\right) = \operatorname{Im}\left(\left(U_i^{cor}\right)^2 \cdot \underline{Y}_{ii}^* - \underline{U}_i^{cor} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{N} \underline{Y}_{ik}^* \cdot (\underline{U}_k^0)^*\right)$$

Metoda Seidel-Gauss - algoritm

4.3. Verificarea încadrării puterii reactive nodale între limitele impuse:

- dacă $Q_i^{min} \leq Q_i^0 \leq Q_i^{max}$, nodul *i* rămâne nod de tip PU, în calcule folosindu-se valoarea corectată a tensiunii: $\underline{U}_i^0 = \underline{U}_i^{cor}$.
- dacă $Q_i^0 \leq Q_i^{min}$, nodul *i* se transformă în iterația curenta în nod de tip PQ, pentru care $Q_i^0 = Q_i^{min}$, şi se menține valoarea necorectată a tensiunii $\underline{U}_i^0$.
- dacă $Q_i^0 > Q_i^{max}$, nodul *i* se transformă în iterația curenta în nod de tip PQ, pentru care $Q_i^0 = Q_i^{max}$, şi se menține valoarea necorectată a tensiunii $\underline{U}_i^0$.

Metoda Seidel-Gauss - algoritm

5. Calculul potențialelor nodale din iterația curentă:

$$\underline{U}_i^1 = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \cdot \left(\frac{P_i - j \cdot Q_i^0}{(\underline{U}_i^0)^*} + \sum_{k=1}^{i-1} \underline{Y}_{ik} \cdot \underline{U}_k^1 + \sum_{k=i+1}^{N} \underline{Y}_{ik} \cdot \underline{U}_k^0 \right) \quad i = 1,\ldots,n;\ i \neq e$$

6. Calculul puterii aparente în nodul de echilibru la finalul iterației::

$$\underline{S}_e^{final} = U_e \cdot \underline{J}_e^* = U_e^2 \cdot \underline{Y}_{ee}^* - U_e \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^{N} \underline{Y}_{ek}^* \cdot (\underline{U}_k^1)^*$$

Metoda Seidel-Gauss - algoritm

7. Verificarea condiției de oprire:
   - dacă $|\underline{S}_e^{final} - \underline{S}_e^{init}| \le \varepsilon$, s-a atins precizia impusă şi se încheie procesul iterativ (salt la pasul 8);
   - în caz contrar, se revine la pasul 4, folosind ca aproximații inițiale ale tensiunilor nodale noile valori calculate ($\underline{U}_i^0 \leftarrow \underline{U}_i^1$) şi ca injecție inițială în nodul de echilibru valoarea nou calculată ($\underline{S}_e^{init} \leftarrow \underline{S}_e^{final}$);
8. Tensiunile nodale sunt cele calculate în ultima iterație Ui1, i = 1,…,N şi i □ e. Injecția de putere în nodul de echilibru corespunde ultimii valori calculate, Sefinal.
9. Calculul circulațiilor de puteri şi al pierderilor de putere pe laturi cu relațiile (3.41) şi (3.42).

Metoda Seidel-Gauss modificata

Convergența metodei Seidel – Gauss poate fi îmbunătățită prin utilizarea procedeului de accelerare. Se obține astfel metoda ***Seidel – Gauss modificată***, numită şi *metoda **suprarelaxării succesive***:

$$\underline{U}_i^{t+1} \leftarrow \underline{U}_i^t + \alpha \cdot (\underline{U}_i^{t+1} - \underline{U}_i^t)$$

unde factorul de accelerare α ia valori în intervalul:

$$0 < \alpha < 2$$

SFARSIT