

Metode za proračun tokova snaga

1. Gauss-Seidelov metod

Gauss-Seidelov metod za proračun tokova snaga se sastoji od sljedećih koraka:

- Pretpostavljaju se početne vrijednosti modula i faznih stavova napona svih čvorova u skladu sa sprovedenom klasifikacijom čvorova.
- Ako je čvor i PQ čvor, kompleksna vrijednost napona čvora i u k – toj iteraciji se određuje primjenom relacije:

$$\underline{U}_i^{(k)} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{\underline{U}_i^{*(k-1)}} - \sum_{j=1}^{i-1} \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k)} - \sum_{j=i+1}^n \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k-1)} \right]$$

Ako je čvor i PV čvor, primjeni prethodne relacije prethodi određivanje injektiranja reaktivne snage u čvoru i primjenom relacije:

$$Q_i^{(k)} = -Im \left\{ \underline{U}_i^{*(k-1)} \left[\sum_{j=1}^{i-1} \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k)} + \sum_{j=i}^n \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k-1)} \right] \right\}$$

Ukoliko se izračunata vrijednost reaktivne snage generatora nalazi unutar dozvoljenih granica:

$$Q_{im} \leq Q_i^{(k)} \leq Q_{iM}$$

može se pristupiti ažuriranju kompleksne vrijednosti napona u čvoru i . Kako se u tom slučaju generator nalazi unutar svog regulacionog opsega u pogledu reaktivne snage, izračunata vrijednost napona se koristi samo za ažuriranje faznog stava napona u čvoru i .

Ukoliko se izračunata vrijednost reaktivne snage ne nalazi unutar dozvoljenih granica, injektiranje reaktivne snage u čvoru i se fiksira primjenom relacije:

$$Q_i^{(k)} = \begin{cases} Q_{im}, & Q_i^{(k)} < Q_{im} \\ Q_{iM}, & Q_i^{(k)} > Q_{iM} \end{cases}$$

- c) Ponavljanjem prethodnog koraka za sve čvorove se kompletira jedna iteracija Gauss-Seidelovog metoda za proračun tokova snaga.

Iterativni postupak se ponavlja dok za sve čvorove nije zadovoljeno:

$$\left| \underline{U}_i^{(k)} - \underline{U}_i^{(k-1)} \right| \leq \varepsilon$$

2. Newton-Raphsonov metod

Newton-Raphsonov metod za proračun tokova snaga se sastoji iz sljedećih koraka:

- a) Pretpostavljaju se početne vrijednosti modula i faznih stavova napona u skladu sa sprovedenom klasifikacijom čvorova.
- b) Proračun injektiranja aktivne i reaktivne snage u svim čvorovima sistema primjenom relacija:

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n U_i U_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)]$$
$$Q_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n U_i U_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)]$$

- c) Proračun odstupanja aktivne i reaktivne snage u svim čvorovima sistema:

$$\Delta P_i = P_i^s - P_i^{(k)}$$
$$\Delta Q_i = Q_i^s - Q_i^{(k)}$$

- d) Formiranje matrice Jakobijana primjenom relacije:

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & \frac{\partial P}{\partial U} \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial U} \end{bmatrix}$$

- e) Rješavanje sistema jednačina:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta U \end{bmatrix}$$

- f) Ažuriranje modula i faznih stavova napona:

$$U_i^{(k)} = U_i^{(k-1)} + \Delta U_i^{(k)}$$
$$\theta_i^{(k)} = \theta_i^{(k-1)} + \Delta \theta_i^{(k)}$$

g) Postupak opisan koracima b) – f) se ponavlja dok za sve čvorove u mreži nije zadovoljeno:

$$\left| \underline{U}_i^{(k)} - \underline{U}_i^{(k-1)} \right| \leq \varepsilon$$

Određivanje blok matrice J_1 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_i}{\partial \theta_j} &= U_i U_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \\ \frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} &= - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_i U_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \end{aligned}$$

Određivanje blok matrice J_2 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_i}{\partial U_j} &= U_i [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \\ \frac{\partial P_i}{\partial U_i} &= 2G_{ii}U_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \end{aligned}$$

Određivanje blok matrice J_3 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j} &= -U_i U_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \\ \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_i} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_i U_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \end{aligned}$$

Određivanje blok matrice J_4 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_i}{\partial U_j} &= U_i [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \\ \frac{\partial Q_i}{\partial U_i} &= -2B_{ii}U_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \end{aligned}$$