فصل سوم: پخش بار AC

انواع روش‌های پخش بار

- AC
  - گوس سایدل
  - نیوتن رافسون
  - Decoupled
  - Fast-Decoupled
- DC

پخش بار AC به روش گوس سایدل: GSLF

روش عددی متکی بر تکرار برای معادلات غیرخطی

$$\begin{cases} S = VI^* \\ I = YV \end{cases} \rightarrow \quad I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \qquad I_i = \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j$$

$$\Rightarrow P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j$$

$V_i = |V_i| \angle \delta_i$

$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij}$

$$\Rightarrow P_i - jQ_i = V_i^* \left[Y_{ii} V_i + \sum_{\substack{j=1 \\ \neq i}}^{n} Y_{ij} V_j \right]$$

$$\Rightarrow V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ \neq i}}^{n} Y_{ij} V_j \right]$$

GSLF در پخش ما

PQ

در پخش ما ۳ تا ابتدا Q را بررسی می‌کنیم: $Q_{Gi_{min}} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi_{max}}$

$$Q_i = -I_{mag} \left[V_i^* \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j \right] \qquad Q_{i_{min}} \leq Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di} \leq Q_{i_{max}}$$

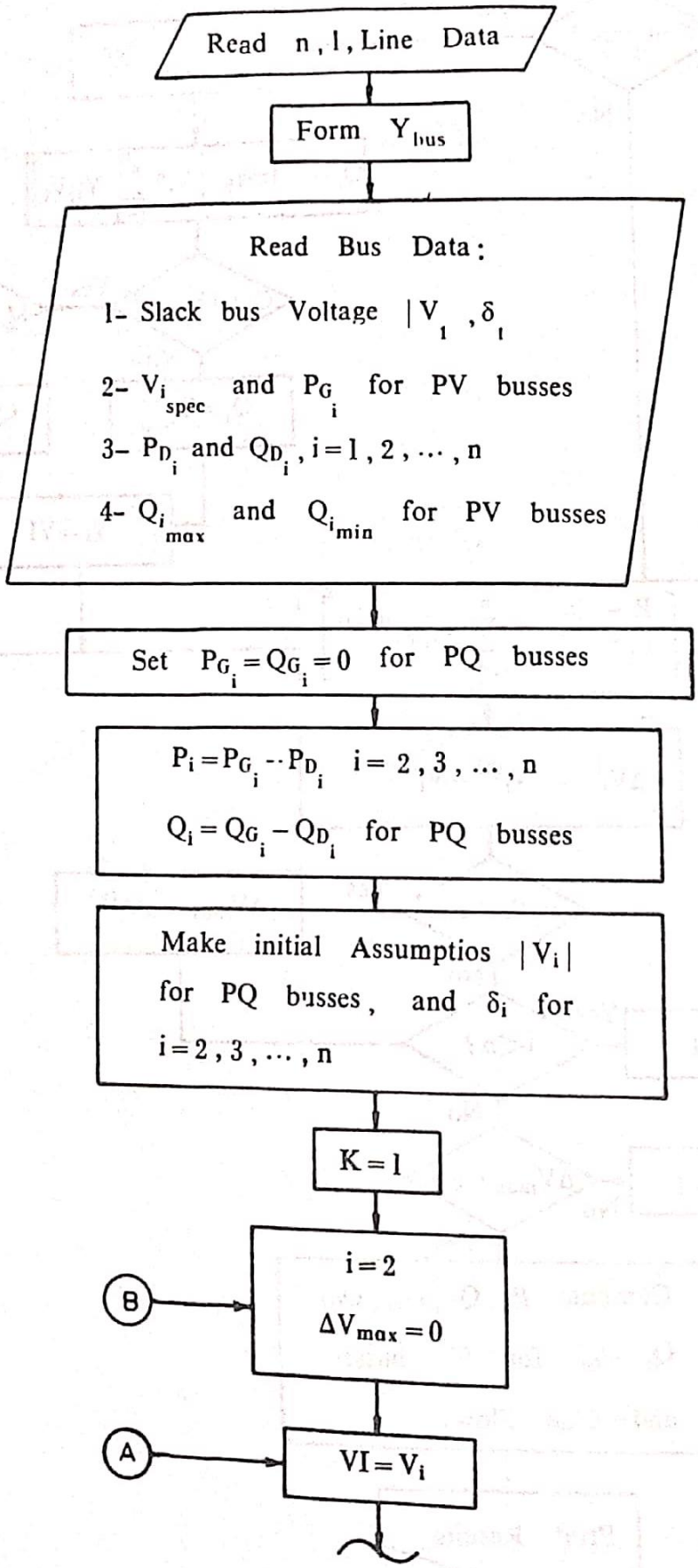
اگر این نامعادله برقرار باشد و لتاژ خود پخش PV را قرار می‌دهیم.

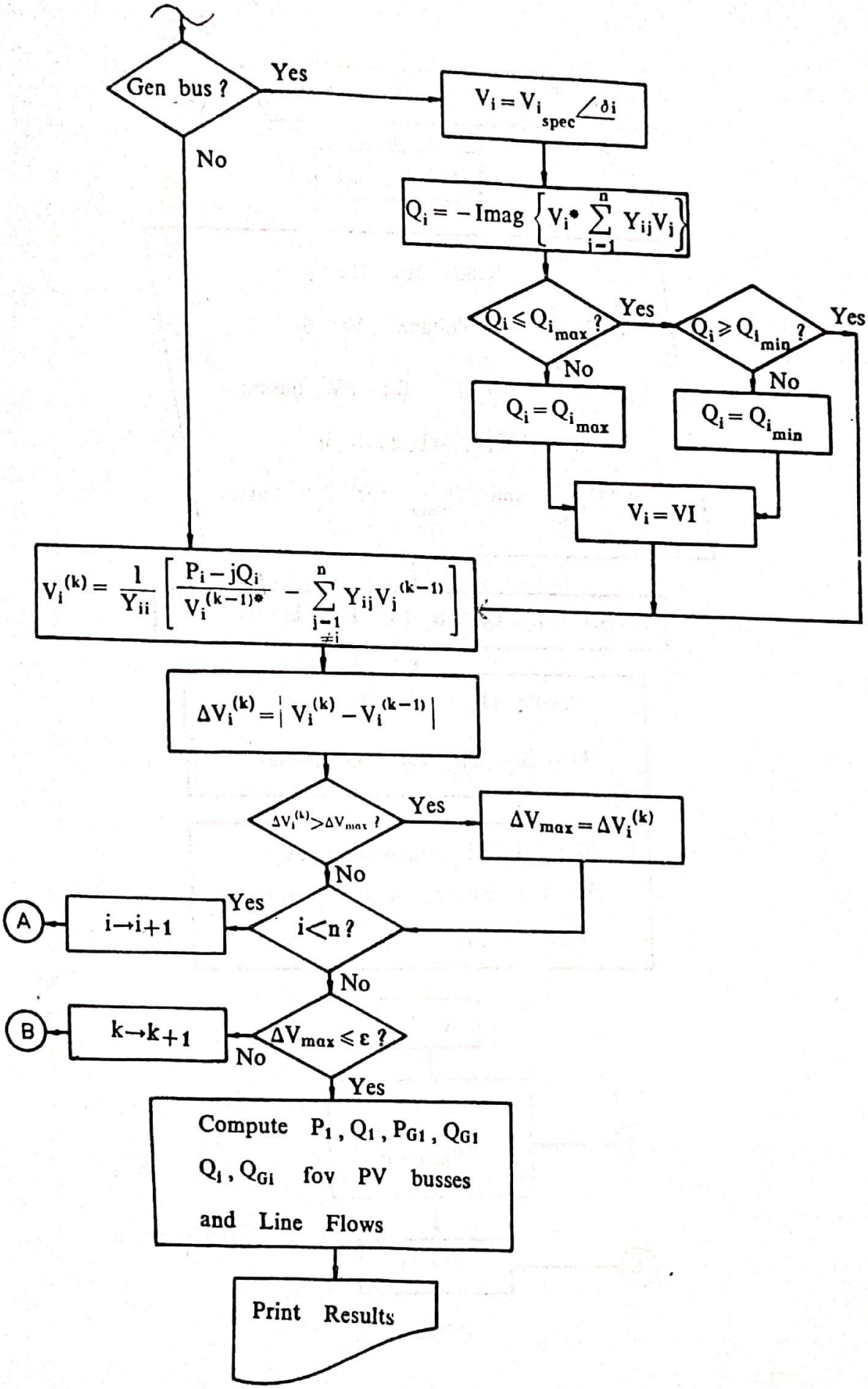
اگر
- $Q_i > Q_{i_{max}} \rightarrow Q_i = Q_{i_{max}}$
- $Q_i < Q_{i_{min}} \rightarrow Q_i = Q_{i_{min}}$

← با معلوم شدن Q مانند پخش PQ رفتار شده و V_i را بدست می‌آوریم.

تکرار محاسبات تا جایی که $|\Delta V| < \varepsilon$ ← در هر پاس بین ۲ تکرار

الگوریتم GSLF:




Gen bus ?
Yes
No
$V_i = V_{i_{spec}} \angle \delta_i$
$Q_i = -\mathrm{Imag}\left\{V_i^* \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j\right\}$
$Q_i \leq Q_{i_{max}}$?
Yes
No
$Q_i \geq Q_{i_{min}}$?
Yes
No
$Q_i = Q_{i_{max}}$
$Q_i = Q_{i_{min}}$
$V_i = VI$
$V_i^{(k)} = \frac{1}{Y_{ii}}\left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^{(k-1)*}} - \sum_{\substack{j=1 \\ \neq i}}^{n} Y_{ij} V_j^{(k-1)}\right]$
$\Delta V_i^{(k)} = \left| V_i^{(k)} - V_i^{(k-1)} \right|$
$\Delta V_i^{(k)} > \Delta V_{max}$?
Yes
$\Delta V_{max} = \Delta V_i^{(k)}$
No
$i < n$?
Yes
A
$i \rightarrow i+1$
No
$\Delta V_{max} \leq \varepsilon$?
No
B
$k \rightarrow k+1$
Yes
Compute P_1, Q_1, P_{G1}, Q_{G1}
Q_i, Q_{Gi} fov PV busses
and Line Flows
Print Results

نحوه انتخاب مقادیر پیش فرض اولیه ولتاژ برای هر دو روش GS و NR :

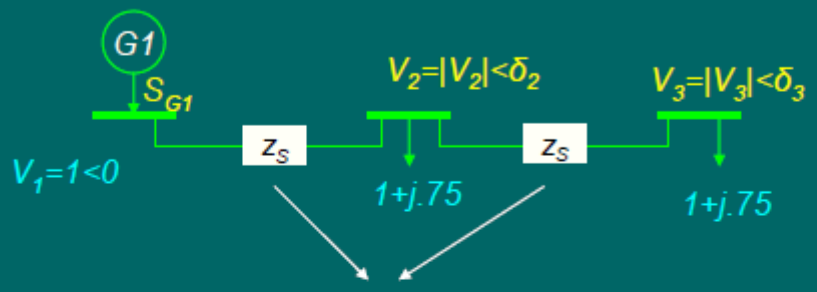
برای باس مبنا : $V_1 = |V_1|^{spec} < 0$

برای باسهای کنترل ولتاژ (PV): $V_i = |V_i|^{spec} < 0$

برای باسهای مصرفی (PQ): $V_i = 1 < 0$

مثال:

مثال 1-2 : پخش بار به روش گوس سایدل



$$z_s = .0132 + j.0662 \quad pu\Omega$$

ولتاژ باسهای 2 و 3 را پس از دو مرحله تکرار به روش گوس-سایدل پیدا کنید؟

حل:

محاسبه توانهای تزریقی باسها:

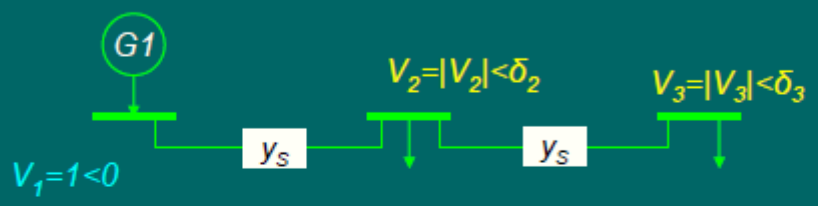
$P_2^{sch} = P_{G2} - P_{D2} = 0 - 1 = -1$

$Q_2^{sch} = Q_{G2} - Q_{D2} = 0 - .75 = -.75$

$P_3^{sch} = P_{G3} - P_{D3} = 0 - 1 = -1$

$Q_3^{sch} = Q_{G3} - Q_{D3} = 0 - .75 = -.75$

ادامه حل مثال 1-2(محاسبه ماتریس ادمیتانس باسها) :



$y_s = 1 / z_s = 1 / (.0132+j.0662) = 14.81 < -78.7$

عناصر قطری:

$y_{11} = y_{33} = y_s = 14.81 < -78.7$

$y_{22} = 2\, y_s = 29.62 < -78.7$

عناصر غیر قطری:

$y_{12} = y_{21} = y_{23} = y_{32} = -y_s = 14.81 < (-78.7+180) = 14.81 < 101.3$

$y_{13} = y_{31} = 0$

ادامه حل مثال 1-2(تکرار اول) :

مقادیر پیش فرض ولتاژ: $V_2=V_3=1<0$ $V_1=|V_1|^{spec}<0=1<0$

$$V_i = \frac{1}{y_{ii}}\left(\frac{P_i^{sch} - jQ_i^{sch}}{V_i^*} - \sum_{\substack{k=1\\k\neq i}}^{n} y_{ik}.V_k\right)$$

$$V_2 = \frac{1}{y_{22}}\left(\frac{P_2^{sch} - jQ_2^{sch}}{V_2^*} - \sum_{\substack{k=1\\k\neq 2}}^{3} y_{2k}.V_k\right) = \frac{1}{y_{22}}\left(\frac{P_2^{sch} - jQ_2^{sch}}{V_2^*} - y_{21}.V_1 - y_{23}.V_3\right)$$

$$V_2 = \frac{1}{29.64<-78.69}\left(\frac{-1-j(-.75)}{(1<0)^*} - (14.81<101.3).(1<0) - (14.81<101.3).(1<0)\right) = 0.96897<-1.66$$

$$V_3 = \frac{1}{y_{33}}\left(\frac{P_3^{sch} - jQ_3^{sch}}{V_3^*} - \sum_{\substack{k=1\\k\neq 3}}^{3} y_{3k}.V_k\right) = \frac{1}{y_{33}}\left(\frac{P_3^{sch} - jQ_3^{sch}}{V_3^*} - y_{31}.V_1 - y_{32}.V_2\right)$$

$$V_3 = \frac{1}{14.81<-78.71}\left(\frac{-1-j(-.75)}{(1<0)^*} - (0\times(1<0) - (14.81<101.3).(0.96897<-1.66)\right) = 0.909616<-5.32$$

ادامه حل مثال 1-2 :

بررسی همگرائی:

$$\Delta V_2 = \left|V_2^{new}\right| - \left|V_2^{old}\right| = 0.96897 - 1 = -.03103$$

$$\Delta V_3 = \left|V_3^{new}\right| - \left|V_3^{old}\right| = 0.909616 - 1 = -.09038$$

$$\left\|\Delta V\right\| = 0.09038 > \varepsilon = 0.0005$$

تکرار دوم :

مقادیر ولتاژها: $V_2=0.96897<-1.66$ $V_1=|V_1|^{spec}<0=1<0$

$V_3=0.909616<-5.32$

جواب های نهائی بعد از 22 تکرار :

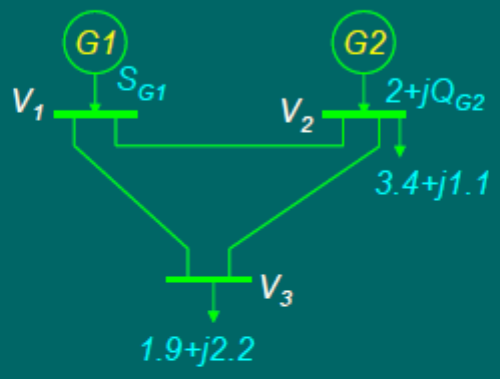
$V_1=|V_1|^{spec}<0=1<0$ $V_2=0.8214<-7.8779°$ $V_3=0.7319<-13.2509°$

تمرین ۲:

این مثال را با فرض دو برابر شدن مقدار امپدانس خطوط و نصف شدن توان مصرفی بارها (هم P هم Q) تکرار کنید.

ارسال پاسخ به m.heshmati.znu@gmail.com

مثال 1-3: پخش بار به روش گوس سایدل با باس PV



در سیستم قدرت فوق ادمیتانسهای مدل پی تمام خطوط عبارتند از :

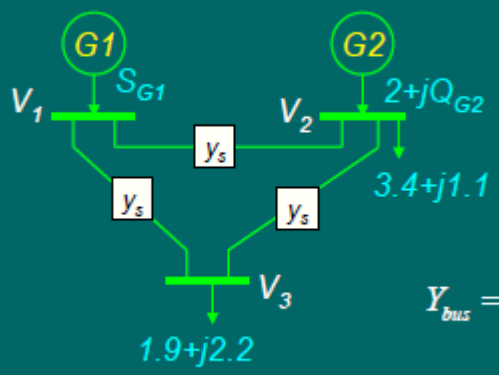
$y_s = -j8.7 \quad y_p = 0$

باس 1، باس مبنا با ولتاژ $V_1 = 1.02 < 0$

باس 2، از نوع PV با $|V_2|^{spec} = 1.01$ برای $1 \le Q_{G2} \le 2$

ولتاژ باسهای 2 و 3 را پس از یک مرحله تکرار به روش گوس-سایدل پیدا کنید؟

حل مثال 1-3 :



محاسبه ماتریس ادمیتانس باسها:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 2y_s & -y_s & -y_s \\ -y_s & 2y_s & -y_s \\ -y_s & -y_s & 2y_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j17.4 & j8.7 & j8.7 \\ j8.7 & -j17.4 & j8.7 \\ j8.7 & j8.7 & -j17.4 \end{bmatrix}$$

محاسبه توانهای تزریقی باسها:

$P_2^{sch} = P_{G2} - P_{D2} = 2 - 3.4 = -1.4$

$P_3^{sch} = P_{G3} - P_{D3} = 0 - 1.9 = -1.9$

$Q_3^{sch} = Q_{G3} - Q_{D3} = 0 - 2.2 = -2.2$

$$1 \le Q_{G2} \le 2$$

$$\downarrow$$

$$1 - 1.1 \le Q_2^{Sch} = Q_{G2} - Q_{D2} \le 2 - 1.1$$

$$\downarrow$$

$$-0.1 \le Q_2^{Sch} \le 0.9$$

ادامه حل مثال 1-3 : تکرار اول:

$V_1 = 1.02 < 0 \qquad V_2 = |V_2|^{spec} < 0 = 1.01<0 \qquad V_3 = 1 < 0$

$$f_{q2}^{(0)} = \sum_{k=1}^{n} |y_{2k}|.|V_2|.|V_k| \sin(\delta_2 - \delta_k - \theta_{2k})$$

$$= |y_{21}|.|V_2|.|V_1|.\sin(\delta_2 - \delta_1 - \theta_{21}) + |y_{22}|.|V_2|.|V_2|.\sin(\delta_2 - \delta_2 - \theta_{22}) + |y_{23}|.|V_2|.|V_3|.\sin(\delta_2 - \delta_3 - \theta_{23})$$

$$= 8.7 \times 1.01 \times 1.02 \times \sin(0-0-90) + 17.4 \times 1.01 \times 1.01 \times \sin(0-0+90) + 8.7 \times 1.01 \times 1 \times \sin(0-0-90)$$

$$= 0$$

چون $-0.1<f_{q2}=0<0.9$ در بازه Q_2^{sch} قرار دارد بنابراین: $Q_2^{sch}=f_{q2}^{(0)} = 0$

$$V_2 = \frac{1}{y_{22}}\left(\frac{P_2^{sch} - jQ_2^{sch}}{V_2^*} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq 2}}^{3} y_{2k}.V_k\right)$$

$$= \frac{1}{y_{22}}\left(\frac{P_2^{sch} - jQ_2^{sch}}{V_2^*} - y_{21}.V_1 - y_{23}.V_3\right)$$

$$= \frac{1}{-j17.4}\left(\frac{-1.4 - j0}{1.01 < 0} - (j8.7)(1.02 < 0) - (j8.7)(1 < 0)\right) = 1.0131 < -4.51^\circ$$

ادامه حل مثال 1-3 :

بنابراین $V_2 = |V_2|^{spec} < -4.51 = 1.01<-4.51$

$$V_3 = \frac{1}{y_{33}}\left(\frac{P_3^{sch} - jQ_3^{sch}}{V_3^*} - \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq 3}}^{3} y_{3k}.V_k\right)$$

$$= \frac{1}{y_{33}}\left(\frac{P_3^{sch} - jQ_3^{sch}}{V_3^*} - y_{31}.V_1 - y_{32}.V_2\right)$$

$$= \frac{1}{-j17.4}\left(\frac{-1.9 - j(-2.2)}{1.0 < 0} - (j8.7)(1.02 < 0) - (j8.7)(1.01 < -4.51)\right) = 0.8896 < -9.64^\circ$$

ولتاژ باسها پس از یک مرحله تکرار:

$V_1 = 1.02 < 0 \qquad V_2 = 1.01<-4.51 \qquad V_3 = 0.8896 < -9.64$