۲۰/۱/۱۳۹۱ : بررسی II :

(۷۷) slack چیست؟

در شبکه قدرت باسها بصورت $\begin{cases} PQ_{bus} \\ PV_{bus} \end{cases}$ هستند.

یعنی توان اکتیو نیروگاهها و توان اکتیو مصرفی بار معلوم است. این شدنی نیست چون باید جمع توان اکتیو بارها با جمع توان اکتیو نیروگاهها برابر شود (صنای تلفات خطها و ترانسها).

باس slack باسی است که P و Q آن معلوم نیست. در واقع نیروگاهی است که یک درجه آزادی برای P و Q درست می کند.

پس هر نیروگاه، توان خودش را تولید می‌کند و
مابقی را slack تولید می‌کند. معمولاً نیروگاهی با
توان بالاتر برای اینکار برگزیده می‌شود.

(۷۸) آیا می‌شود توان اکتیو slack منفی شود؟

خیر، روند به صورت زیر است:

۱) با توجه به سابقه بار، بار مورد نیاز ۱۵ min آینده حساب می‌شود.

۲) توانی که هر نیروگاه می‌تواند به هر از نیروگاه‌ها در یافت می‌شود

۳) توان slack حساب می‌شود.

۴) اگر slack منفی شد به نیروگاه‌ها می‌گوید کمتر تولید کنید تا slack=۰.

(۷۹) اگ

(۷۹) اگر توان اکسیژن‌دار را کسیژن اضافه باشد چه می‌شود؟

فرکانس تنفس زیاد می‌کند ⟸ توان اکسیژن اضافه تولید شود

فرکانس تنفس کم می‌شود ⟸ توان اکسیژن کم تولید شود

(۷) زیاد می‌شود ⟸ توان راکسیژن اضافه تولید شود

(۷۱) کم می‌شود ⟸ توان راکسیژن کم تولید شود

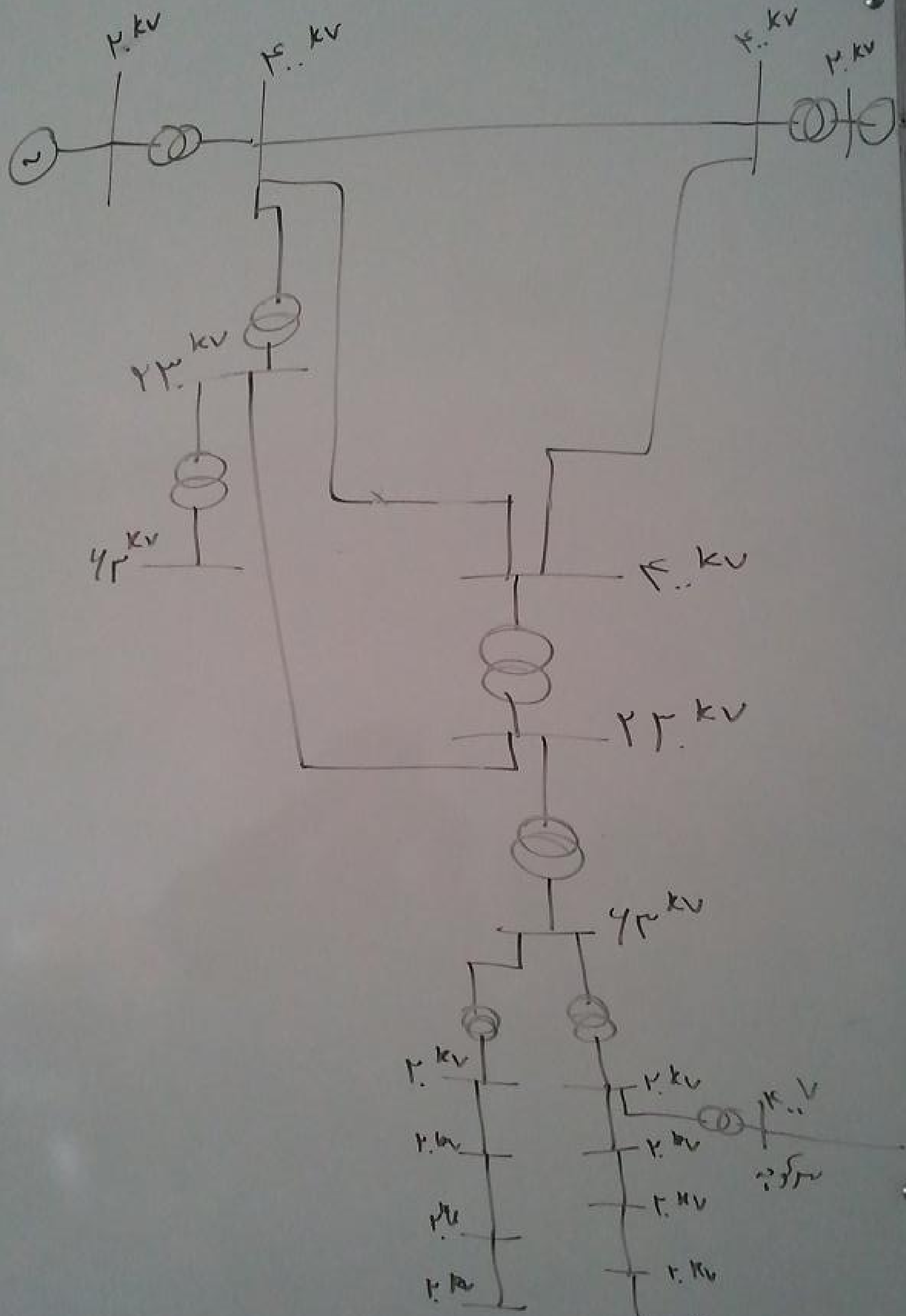
(۸۰) مربوط به درس سیزدهم فرض کنید یکدفعه یک بار از مدار خارج شود. فرکانس بالا می‌رود. قبل از قطع رله‌ها آیا می‌توان کاری کرد؟

ژنراتورها به کاری اختند و توان اکتیو خروجی شود
می کنند با این تفاوت که شیب کاهش توان
در نیروگاه های مختلف با هم فرق دارد. تا وقتی
این توانها کم می شود تا فرکانس به فرکانس
نامی برسد (این کنترل را droop control)
پس از رفع حالت بحرانی، دوباره کارهای
سؤال (۷۸) تکرار می شود.

---

(۸۱) درجه سطح ولتاژی شبکه های فشار بالای یا
خطوطی با رنگ هستند:

- رنگ ⟸ ۲۲۰ و ۴۰۰
- در حال رنگ شدن ۶۳
- عمدتاً شفاف
- شفاف ۲۰



۲۰ kv
۴۰۰ kv
۴۰۰ kv
۲۰ kv
۲۳۰ kv
۶۳ kv
۴۰۰ kv
۲۳۰ kv
۶۳ kv
۲۰ kv
۲۰ kv
۴۰۰ v

(۸۲) آیا می‌توان در یک شبکه بیش از یک slack داشت؟

می‌توان داشت. نمی‌دانم دقیقاً الآن کجا ما است. تقدیم یکی سه در بود و یکی

(۸۳) در slack ها چه چیزهایی ثابتند؟

δ : مرجع زاویه

$|V|$: جریان تحریک

(۸۴) حالت دو slack چه تفاوتی با حالت یک slack دارد؟

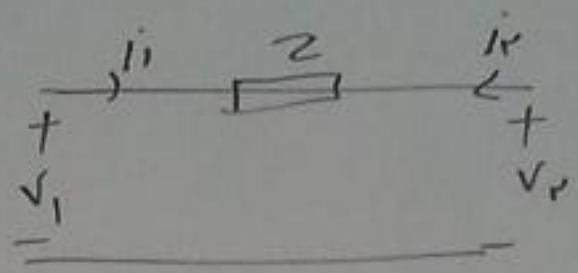
۱ slack $\Rightarrow$ δ مهم نیست

۲ slack $\Rightarrow$ $\begin{cases}\delta_1 \\ \delta_2\end{cases}$ مهم است

چون تفاوت زاویه تأثیر بیشتری توان دارد

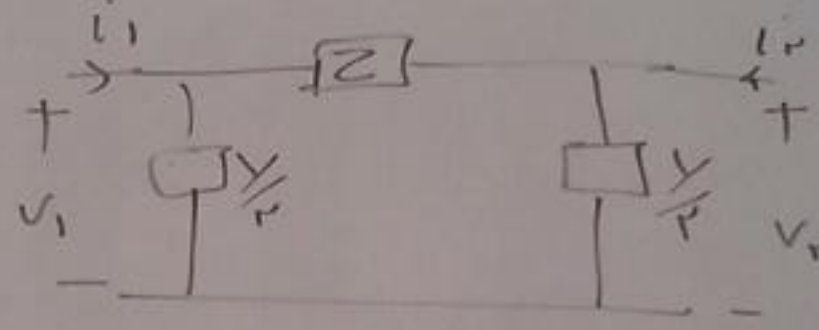
(۱۵) مدل خط انتقال در شبکه قدرت چگونه است؟

کوتاه: زیر ۸۰ km



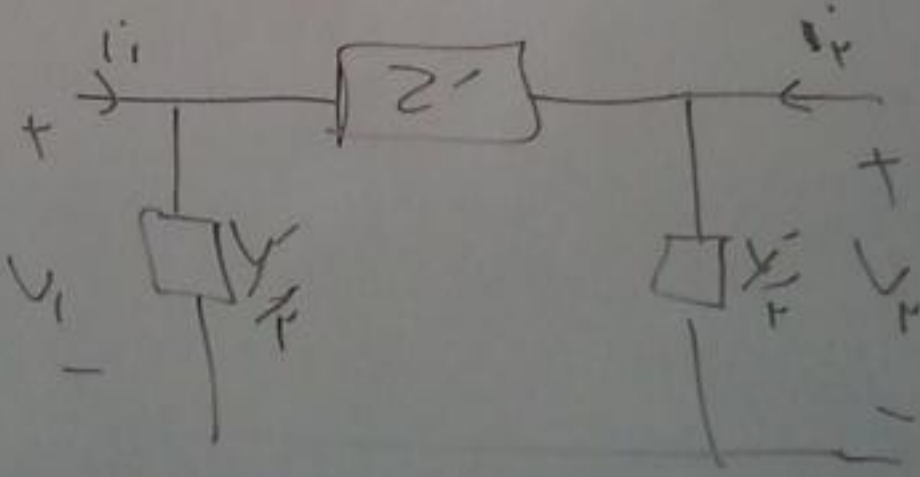
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -i_2 \end{bmatrix}$$

متوسط: زیر ۲۴۰ km



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\frac{ZY}{2} & Z \\ \left(1+\frac{YZ}{4}\right)Y & 1+\frac{ZY}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -i_2 \end{bmatrix}$$

بلند



$Z' = \cdots$

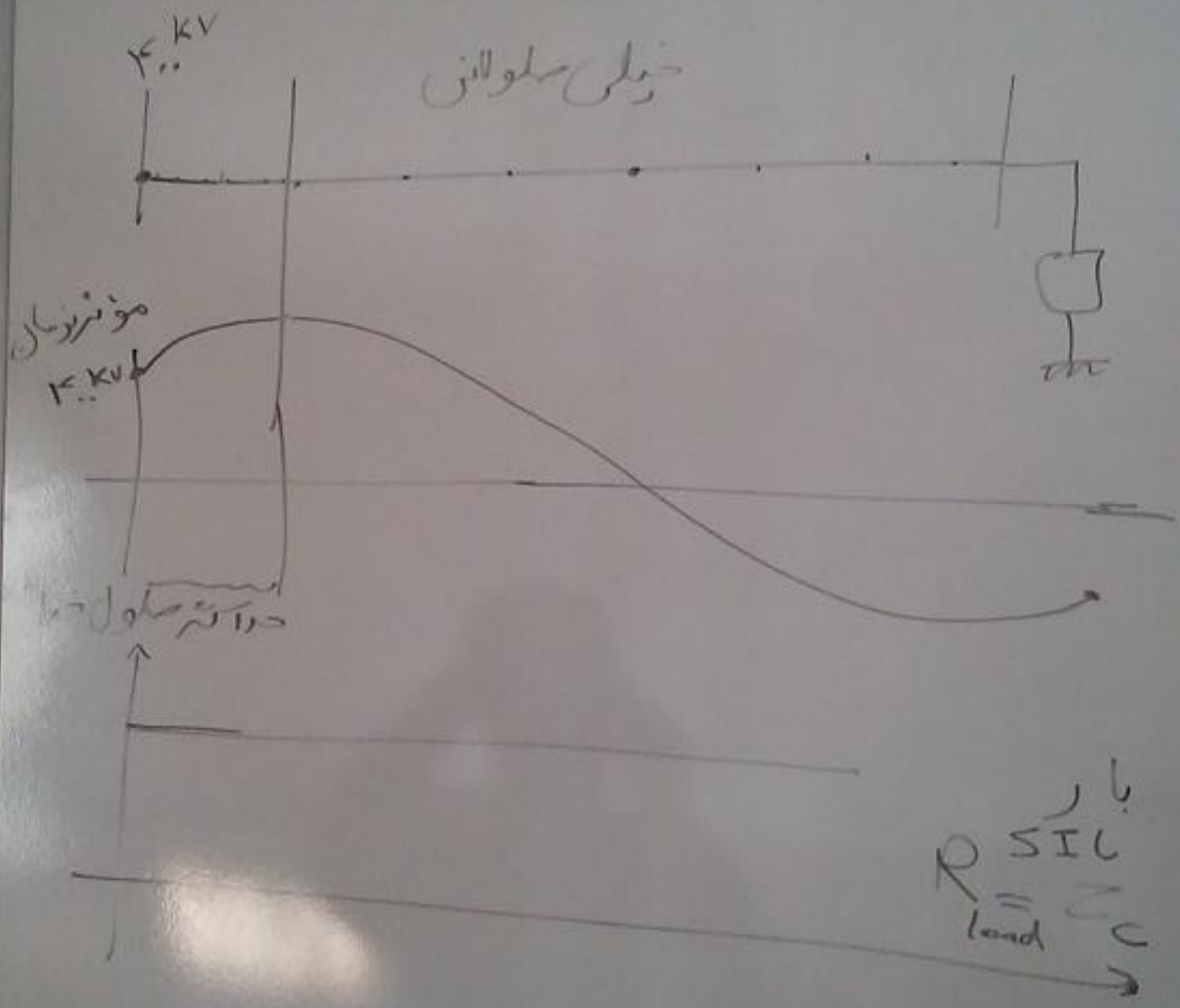
$\frac{Y'}{2} = \cdots$ برحسب Z, Y

(۸۶) یک خط انتقال بلند در نظر بگیرید. ولتاژ سر خط ۴۰۰ KV است. دامنه ولتاژ در طول خط انتقال چگونه است؟

چگونه است؟

کوتاه ۸۰ km زیر

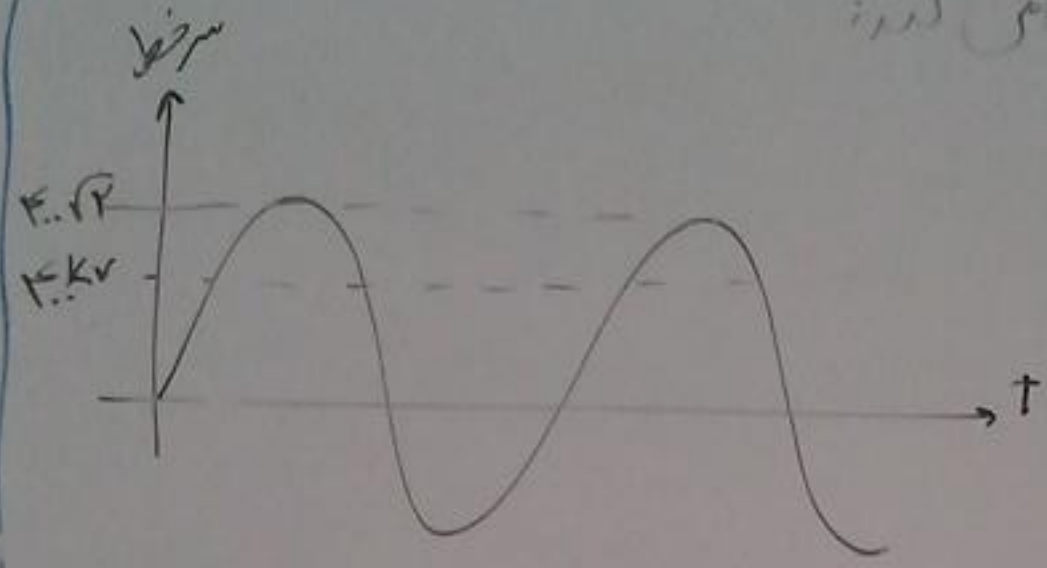
متوسط ۲۴۰ km زیر



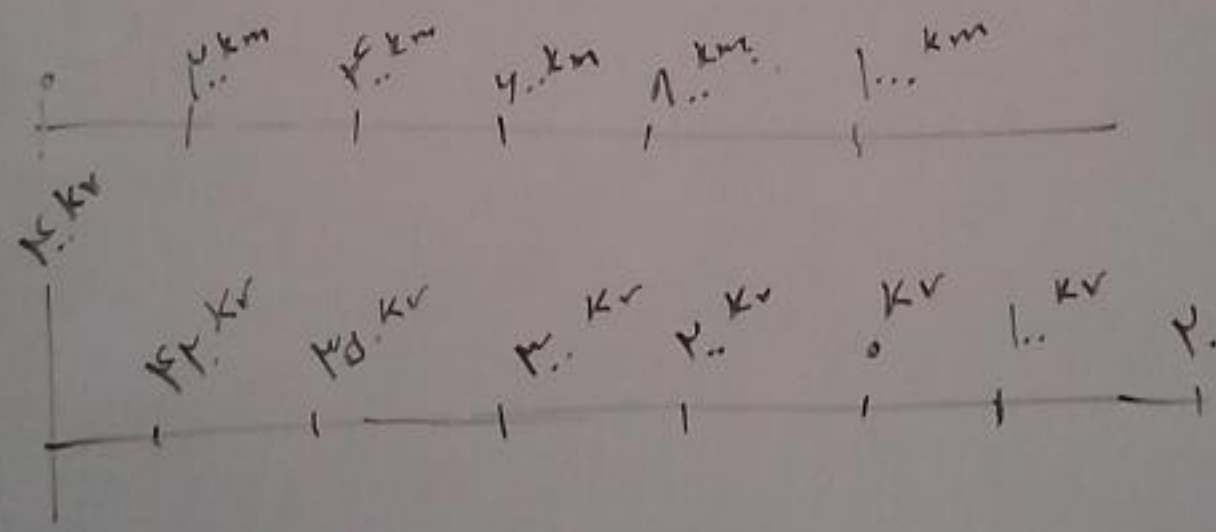
$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix}$

بلند

اگر خط طولانی داشته باشیم و فرض شود سر خط با مقدار ۱۴۰^{kV} تغذیه می کند.



هرچه جلوتری رویم، بسته به مقدار بار، دامنه ولتاژ آن تعدله تغییری کند.



البته این حالت در خطوط وجود ندارد چون نمودار بالا برای خطی به طول ۲۰۰۰^{km} است

اگر یک خط را حساب کنیم که یک صد است

(در صورتی که از تلفات صرف نظر شود)

(۷۹) اگر

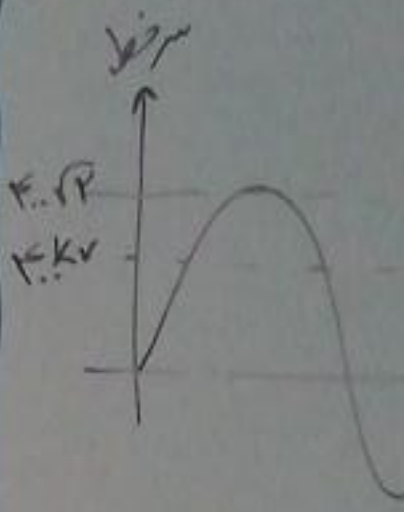
$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

و به خط مقاومتی بگذاریم مساوی Z_c. در اینصورت
بار

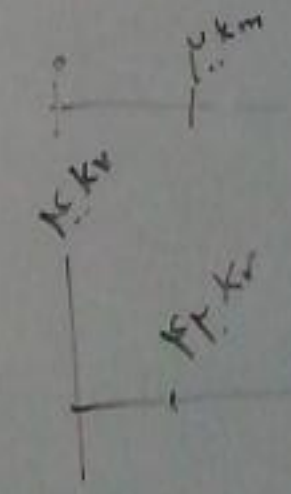
در تمام نقاط دامنه ولتاژ ثابت 220^{kV} است.

پس بایه خطوط انتقال بار مقاومتی برابر Z_c باشد. اگر نبود ← سلفی ← خازنی می گذاریم

خازنی ← $Z_c = R$



دامنه ولتاژ



(۸۰) مربو

یک با

از قطع

(۸۵) HVDC چه وقت خوب است؟

(AC → DC و DC → AC) ← بخاطر هزینه

خطوط طولانی ← خازن خط مشکل ساز است.
خطوط زیر دریا

(۱۸) برای حل معادلات غیرخطی چند روش اساسی داریم:

گوس- سایدل : $f(x)=0 \longrightarrow x_{k+1} = g(x_k)$

نیوتن رافسون : $f(x)=0 \longrightarrow x_{k+1} = x_k - (f'(x_k))^{-1}(f(x_k))$

شرط همگرایی گوس سایدل $|g'(x)| < 1$

شرط همگرایی نیوتن رافسون :

(۱۹) معادله $x^3 + 3x - 2 = 0$ را به دو روش حل کنید.

گوس سایدل $\Rightarrow x^3 = -3x + 2 \Longrightarrow$

$x = \sqrt[3]{-3x+2} \Longrightarrow x_{k+1} = \sqrt[3]{-3x_{k+1}+2}$

$x_0 = 1$

k	x_k
۰	$x_1 = \sqrt[3]{-2x_0 + 2} = -1$
۱	$x_2 = \sqrt[3]{-2x_1 + 2} = 1/7$
۲	$x_3 = \sqrt[3]{-2x_2 + 2} = -1/46$
۳	۱/۸۵
۴	-۱/۵۲
۵	۱/۸۷
۶	-۱/۵۳
۷	۱/۸۷
۸	-۱/۵۲

شد نوسانی

روش اساسی

گوس - سایدل

نیوتن رامسون

شرط همگرایی گوس سایدل

شرط همگرایی نیوتن رامسون

مثال نقطه شروع

$x_0 = 0$

k	x_k
۰	
۱	
۲	
۳	
۴	

(این معادله با روش گوس-سایدل حل نمی شود)

چون ←

(9: برای

و نیوتن

با مثال می

$$|g'(x)| = \left|\frac{-3}{3\sqrt[3]{(-3x+3)^2}}\right| > 1$$

↓ ۰/۶

نقطه شروع هم مهم است. ولی در بیشتر بار

ما می دانیم همه ولتاژها حول و حوش 1^{pu} هستند و

همه زوایا حول و حوش ۰ هستند.

می توان با معادله: $x = \frac{2 - x^3}{3}$ جواب گرفت.

نیوتن رافسون: $x_{k+1} = x_k - (3x_k^2+3)^{-1} \times (x_k^3+3x_k-2)$

$x_0 = 1$

k	x_k
۰	$x_1 = 0.666$
۱	$x_2 = 0.698$
۲	$x_3 = 0.69$
۳	$x_4 = 0.6956$
۴	$x_5 = 0.6956$ ← جواب

x را از

داشت با

x_0

k

(۹) برای حل دستگاه معادلات غیرخطی با گوس سایدل و نیوتن رافسون چه کاری انجام می دهیم؟

با مثال می گوییم:

$$\begin{cases} x + 2y = 4 \\ 3x + 2y = 5 \end{cases}$$

گوس سایدل:

$$\begin{cases} x_{k+1} = \dfrac{5 - 2y_k}{3} \\ y_{k+1} = \dfrac{4 - x_{k+1}}{2} \end{cases}$$

x را از معادله‌ای انتخاب می کنیم که ضریب بزرگتر داشته باشد و همچنین y.

k	x_{k+1}	y_{k+1}
۰	۱,۶۶	۱,۱۶
۱	۰,۸۹	۱,۰۳
۱	⋮	⋮
۱	۱	۱

$x_0 = 0$

$y_0 = 0$

k
۰
۱
۲
۳
۴

$$\begin{cases} x + 2y - 2 = 0 & -f \\ 3x + 2y - 5 = 0 & -g \end{cases}$$

نیوتن رافسون:

$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_k + 2y_k - 2 \\ 3x_k + 2y_k - 5 \end{bmatrix}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \\ \frac{\partial g}{\partial x} & \frac{\partial g}{\partial y} \end{bmatrix}^{-1}$$

k	x_{k+1}	y_{k+1}

$x_0 = 0$

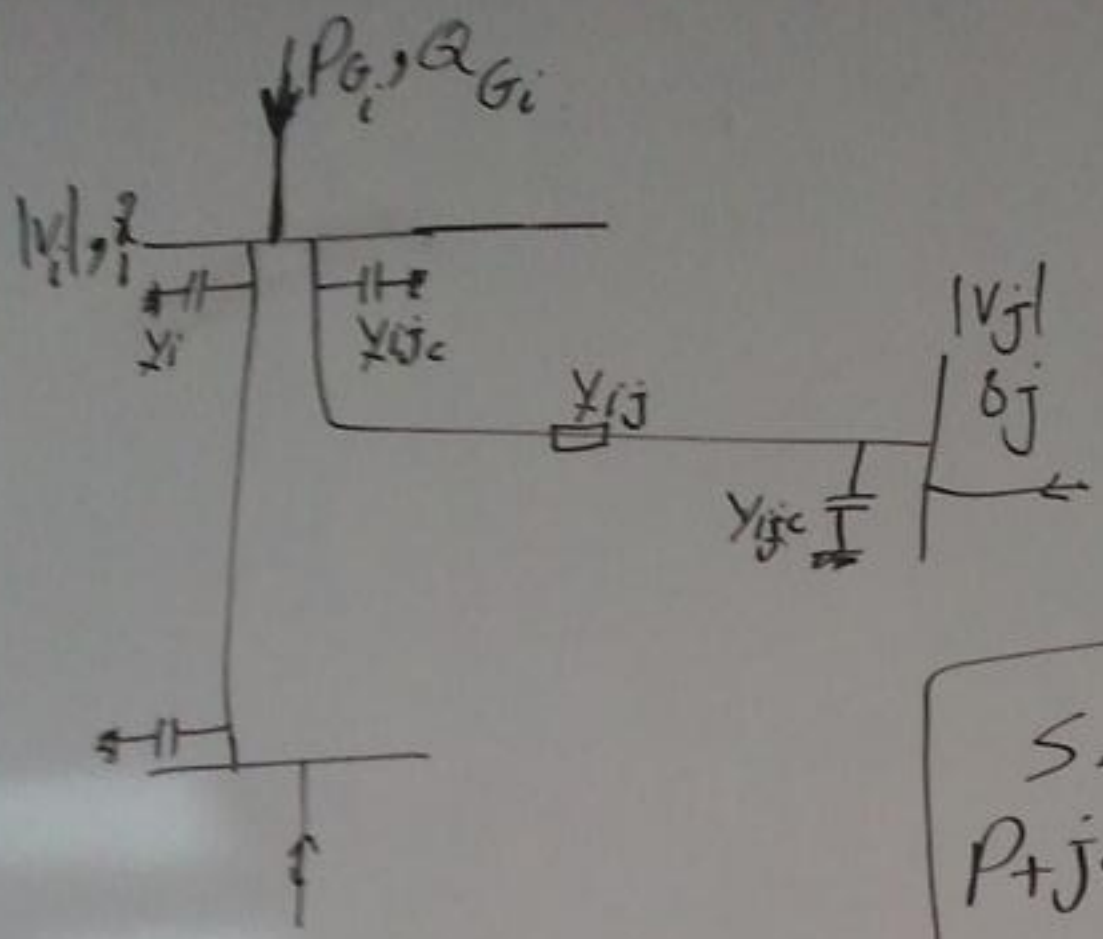
$y_0 = 0$

(91) معادله سیستم قدرت را بنویسید که بتوان با گوس سایدل یا نیوتن رافسون حل کرد؟

گوس سایدل

بزرگتر

k
0
1
1



$$S = V_i I_i^*$$

$$P + jQ = V_i I_i^*$$

$$I_i = \frac{P - jQ}{V^*}$$

$$I_{\text{تزریقی از ژنراتور}} = \sum I_{\text{خطوط}}$$

$$Q_{Gi}, P_{Gi}$$

$$\frac{P_{Gi} - jQ_{Gi}}{V_i^*} = Y_{i1}(V_i - V_1) + Y_{i2}(V_i - V_2) +$$

$$Y_{i(i-1)}(V_i - V_{i-1}) + Y_{i(i+1)}(V_i - V_{i+1}) +$$

$$\cdots + Y_{in}(V_i - V_n) + Y_{i1c} V_i + Y_{irc} V_i + \cdots$$

$$\frac{P_{Gi} - jQ_{Gi}}{V_{i*}} = -Y_{i1}V_1 - Y_{i2}V_2 - \cdots - Y_{in}V_n +$$

$$(Y_{i1} + Y_{i2} + \cdots + Y_{i(i-1)} + Y_{i(i+1)} + \cdots + Y_{in} +$$

$$Y_{i1c} + Y_{i2c} + \cdots + Y_{inc})\, V_i$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & -Y_{12} & -Y_{13} & \cdots & -Y_{1n} \\ -Y_{21} & Y_{22} & -Y_{23} & & -Y_{2n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ -Y_{n1} & -Y_{n2} & & & Y_{nn} \end{bmatrix}$$

$Y_{ij} = -($ جمع ادمیانس‌های بین $)$

$Y_{ii} =$ (جمع همه ادمیتانس‌هایی که به باس i وصلند)

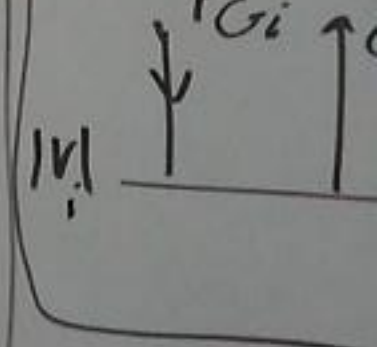
$$\frac{P_{Gi} - jQ_{Gi}}{V_{i*}} = \sum_{k=1}^{n} Y_{ik} V_k$$

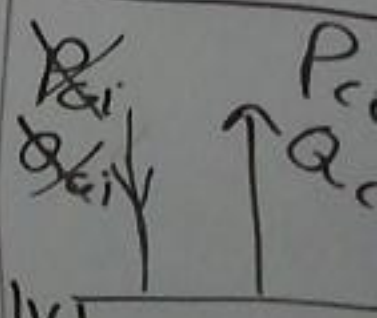
باس‌ها، چه‌جوری PQ_{bus} چه‌جوری می‌شوند؟

PQ_{bus} ←

PV_{bus} ←

slack →



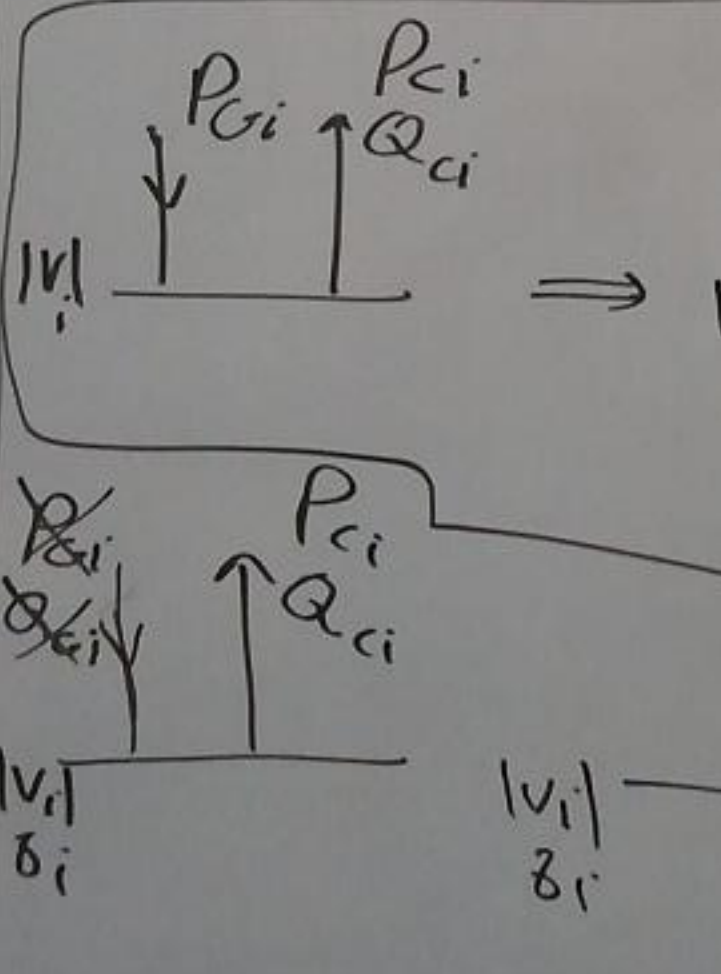


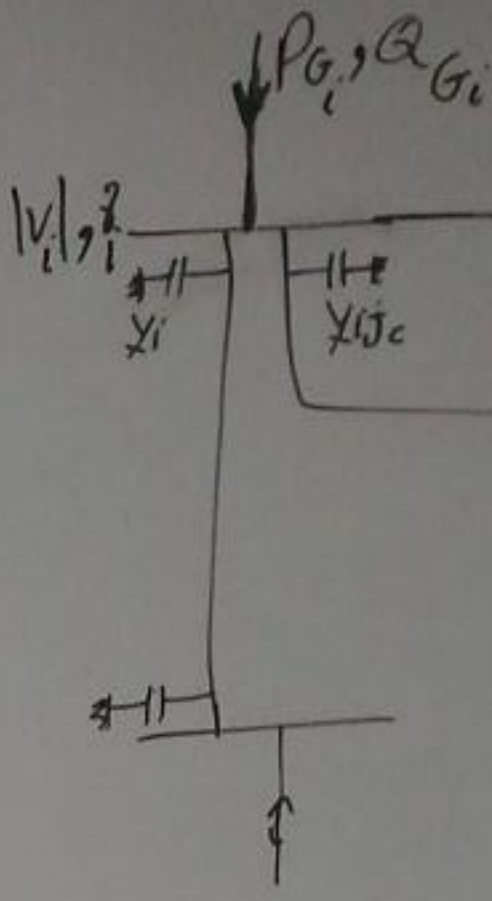
⑨ اگر باسی PV_{bus} باشد و PQ_{bus}، چه باسی حساب می‌شود؟ slack با PQ_{bus} چه می‌شود؟

$PQ_{bus} \rightarrow$ { P معلوم، Q معلوم } { مجهول $|V|$، مجهول δ }

$PV_{bus} \rightarrow$ { P معلوم، $|V|$ معلوم } { مجهول δ، مجهول Q }

slack $\rightarrow$ { δ معلوم، $|V|$ معلوم } { مجهول P، مجهول Q }



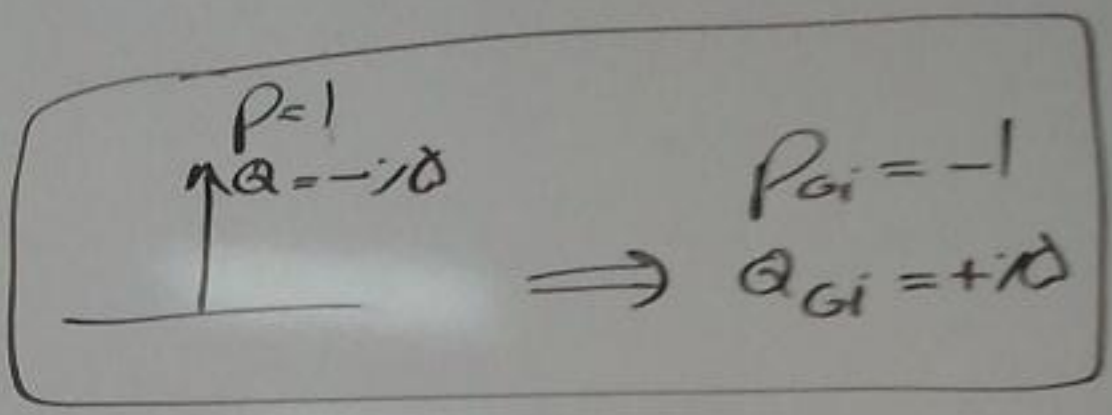


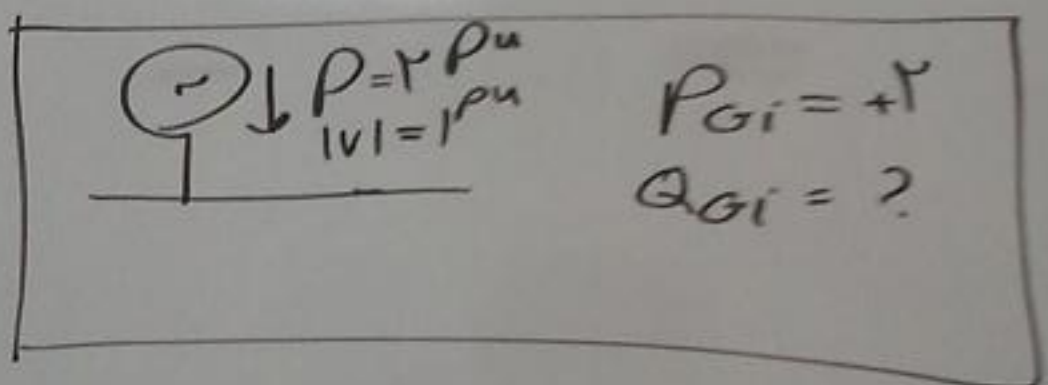
I_i = تزریقی از Q_{Gi} P_{Gi}

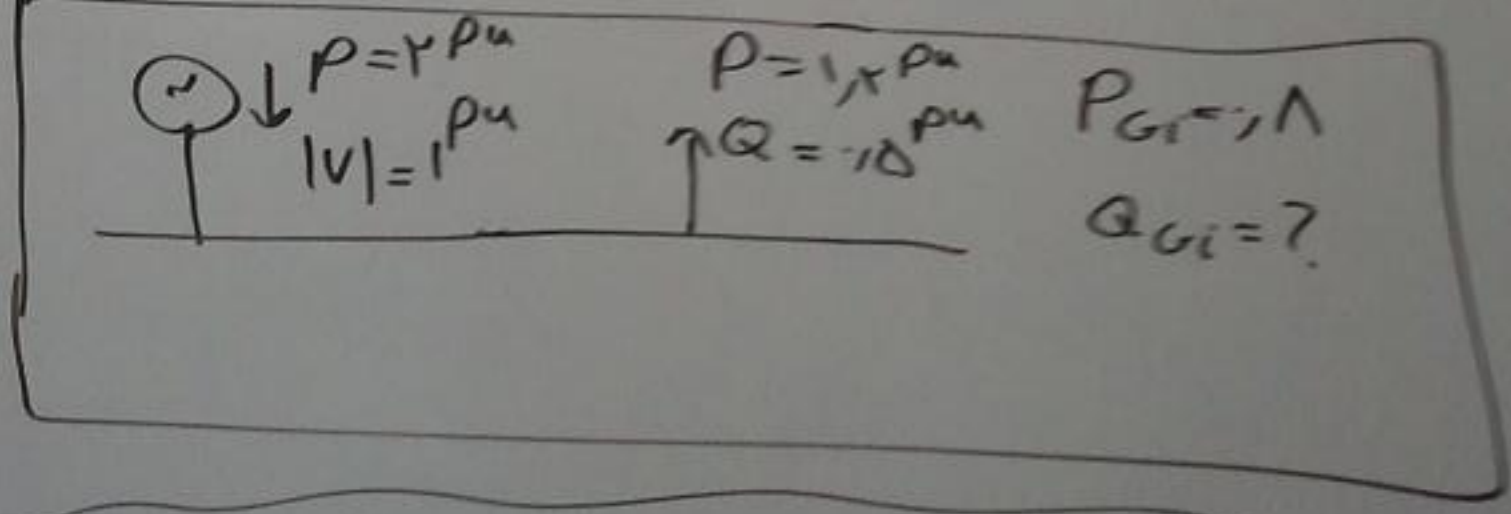
$$\frac{P_{Gi} - jQ_{Gi}}{V_i^*} - \cdots$$

۹۳. P_{Gi} و Q_{Gi} در فرمول اصلی چه است؟

توانایی تزریقی. مثلاً در حالتهای زیر







۹۴. برای حل پاورفلو گوس-سایدل یک الگوریتم بگذید.

① مقادیر مشخص معلوم

② برای تمامی باسها بجز slack و باسهای

$$\frac{P_{Gi}-jQ_{Gi}}{V_i^{*}}-\sum_{k=1}^{n}Y_{ik}V_k=\left(\sum_{\substack{k=1\\k\neq i}}^{n}Y_{ik}V_k\right)+Y_{ii}V_i$$

③ در مورد توابع زیر

$$P_{G_{bus}}\Big|_{|V|=1}^{\delta=?}$$

④ باید مقادیر P_G و Q_G و δ و $|V|$ مشخص شود

⑤ Q_i را حساب می‌کنیم

$$Q_i=-\mathrm{Im}\left\{V_i^{*}\sum_{k=1}^{n}Y_{ik}V_k\right\}$$

⑤ اگر Q بدست آمده، محدوده‌ی Q_{min} و Q_{max} نقض می‌کرد، Q را روی محدوده نگه می‌داریم و باس را PQ_{bus} می‌گیریم.

$$Q_{min} < Q < Q_{max}$$

⑥ ولتاژ را با توجه به رابطه

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left(\frac{P_{oi} - jQ_{ji}}{V_i^*} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} Y_{ik} V_k \right)$$

فرض کنید در رابطه بالا $V_i = 1.1\angle 10^\circ$ و چون باس i به صورت PV_{bus} است $|V_i| = 1$.

در اینحالت $V_i = 1\angle 10^\circ$

⑦ مرحله ⑥ را برای PQ_{bus} ها می‌رویم.

⑧ به مرحله ④ برمی‌گردیم و آنقدر تکرار تا همگرا شود.

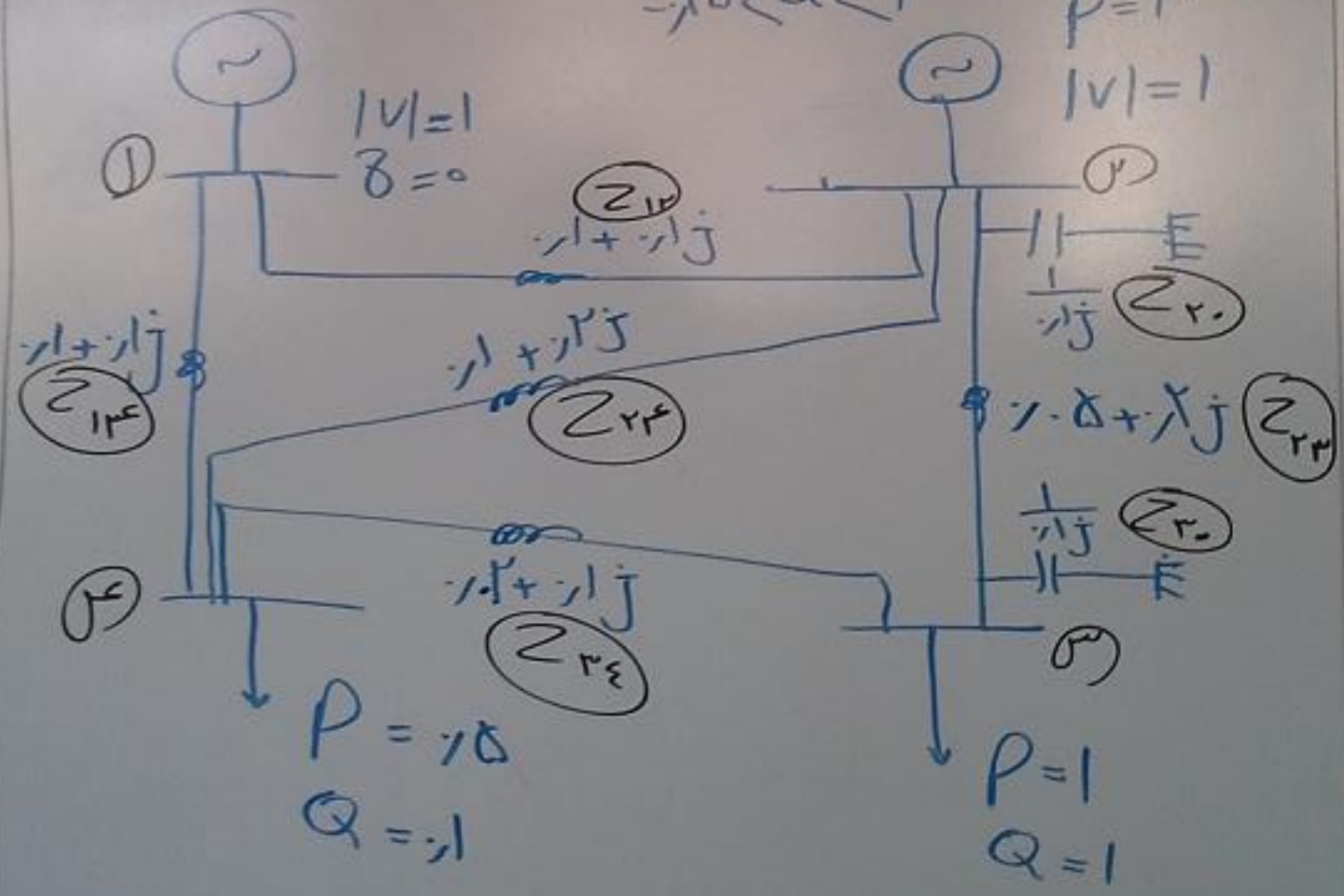
⑨ تمام ولتاژها و δها را در فرمول اصلی قدرت گذاشته و P و Q مربوط به Slack حساب می‌شود

۱۳۹۱/۱/۲۱ : بررسی II:

هفته بعد دوشنبه ۵/۵ تا ۶/۵ امتحان
کلیه کلاس ها

(۹۵) در صدارزیر بخش بارگوس-سایدل

حل کنید:



مرحله ① : شماره گذاری

مرحله ② :

مرحله ③:

$$Y_{bus}=\begin{bmatrix} \frac{1}{Z_{12}}+\frac{1}{Z_{14}} & -\frac{1}{Z_{12}} & 0 & -\frac{1}{Z_{14}} \\ -\frac{1}{Z_{12}} & \frac{1}{Z_{12}}+\frac{1}{Z_{23}}+\frac{1}{Z_{24}}+\frac{1}{Z_{20}} & -\frac{1}{Z_{23}} & -\frac{1}{Z_{24}} \\ 0 & -\frac{1}{Z_{23}} & \frac{1}{Z_{23}}+\frac{1}{Z_{34}}+\frac{1}{Z_{30}} & -\frac{1}{Z_{34}} \\ -\frac{1}{Z_{14}} & -\frac{1}{Z_{24}} & -\frac{1}{Z_{34}} & \frac{1}{Z_{14}}+\frac{1}{Z_{24}}+\frac{1}{Z_{34}} \end{bmatrix}$$

مرحله ④:

$$Y_{bus}=\begin{bmatrix} 10-10j & -5+5j & 0 & -5+5j \\ -5+5j & 8.17-13.6j & -1.17+4.7j & -2+4j \\ 0 & -1.17+4.7j & 3.9-15.23j & -2.73+8.2j \\ -5+5j & -2+4j & -1.92+10.6j & 8.92-19.6j \end{bmatrix}$$

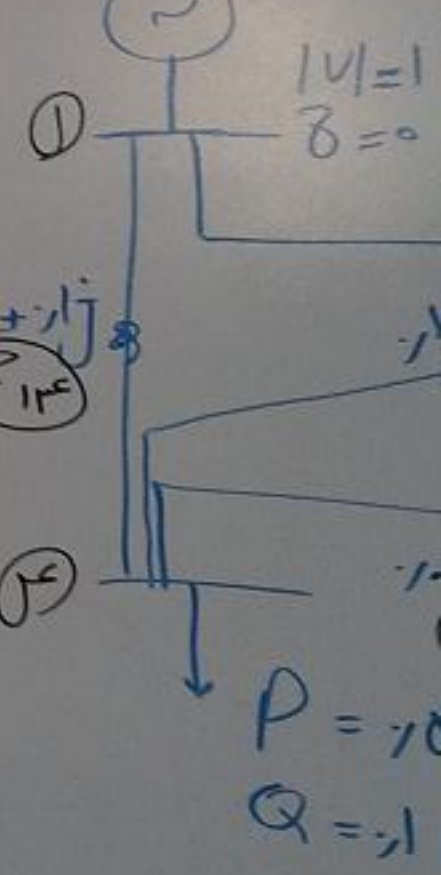
$$\frac{P_1-jQ_1}{V_1^*}=Y_{11}V_1+Y_{12}V_2+Y_{13}V_3+Y_{14}V_4$$

$$\frac{P_2-jQ_2}{V_2^*}=Y_{21}V_1+Y_{22}V_2+Y_{23}V_3+Y_{24}V_4$$

$$\frac{P_3-jQ_3}{V_3^*}=Y_{31}V_1+Y_{32}V_2+Y_{33}V_3+Y_{34}V_4$$

$$\frac{P_4-jQ_4}{V_4^*}=Y_{41}V_1+Y_{42}V_2+Y_{43}V_3+Y_{44}V_4$$

گوس-سایدل



مرحله ۵

$0.95\angle -j0.32$

مرحله ۵:

جواب این

مرحله ③ : داریم:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_{12}} + \frac{1}{Z} & & & \\ -\frac{1}{Z_{12}} & & & \\ 0 & & & \\ -\frac{1}{Z_{14}} & & & \end{bmatrix}$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 1.0-1.0 & & & \\ -5+ & & & \\ 0 & & & \\ -5+ & & & \end{bmatrix}$$

حدس

$$\begin{cases} |V_3| = 1 \\ |V_4| = 1 \\ \delta_2 = 0 \\ \delta_3 = 0 \\ \delta_4 = 0 \end{cases}$$

داریم

$$\begin{cases} P_2 = 1 \\ P_3 = 0 - 1 = -1 \\ P_4 = -0.5 \\ Q_3 = -1 \\ Q_4 = -0.1 \\ |V_1| = 1 \\ \delta_1 = 0 \\ |V_2| = 1 \end{cases}$$

مرحله ④ : در PV_{bus} ، Q را حساب می‌کنیم

$$Q_2 = -\operatorname{Im}\{V_2^*(Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3 + Y_{24}V_4)\}$$

V_1: $1\angle 0$ — Y_{21}: $-5+5j$ — V_2: $1\angle 0$ — Y_{23}: $-1.17+4.7j$ — V_3: $1\angle 0$ — Y_{24}: $-2+4j$ — V_4: $1\angle 0$

Y_{22}: $8.17-13.7j$

$$Q_2 = -0.1 \Longrightarrow V_2 = \frac{1}{Y_{22}}\left(\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} - (Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{24}V_4)\right)$$

(P_2: ۱ — Q_2: -0.1 — V_2^*: $1\angle 0$ — $Y_{21}V_1$: $-5+5j$ — $Y_{22}V_2$: $8.17-13.7j$ — $Y_{24}V_4$: $-2+4j$)

معادله

$$V_2 = 1.02\angle 0.36 \xrightarrow[PV_{bus}]{\text{چون}} V_2 = 1\angle 0.36$$

(*) اگر $Q_2 = -2 \Leftarrow Q_2 = -0.98$ و در آخر $|V_2|$ را تغییر نمی‌دادیم چون Q_{bus} P می‌شد

$$\frac{P_1 - jQ_1}{V_1^*} = Y_{11}$$

$$\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} = Y_{2}$$

$$\frac{P_3 - jQ_3}{V_3^*} =$$

$$\frac{P_4 - jQ_4}{V_4^*} =$$

دارم

$$\begin{cases} P_2 = 1 \\ P_3 = 0 - 1 = -1 \\ P_4 = -0.5 \\ Q_3 = -1 \\ Q_4 = -0.1 \\ |V_1| = 1 \\ \delta_1 = 0 \\ |V_2| = 1 \end{cases}$$

مرحله ۵:

$$V_3 = \frac{1}{Y_{33}}\left(\frac{P_3 - jQ_3}{V_3^*} - (Y_{31}V_1 + Y_{32}V_2 + Y_{34}V_4)\right) = 0.95\angle -0.03$$

(-1) (-1) (1∠0) (1∠-0.34) (1∠0)

$$V_4 = \frac{1}{Y_{44}}(\text{- - - -}) = 0.95\angle -0.32$$

مرحله ۴ : مرحله ۴

$$\begin{cases} Q_2 = -0.13 \\ V_2 = 1\angle 0.020 \\ V_3 = 0.92\angle -0.83 \\ V_4 = 0.94\angle -0.45 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ چند بار ادامه می دهیم تا ثابت شود

$$Q_2 = -\mathrm{Im}\{$$

(1∠)

$$Q_2 = -0.1$$

$$V_2 = \frac{1}{Y_{22}}($$

$$V_2 = 1.02\angle$$

(آخر V_2 را تغییر می‌دهد Q_{bus})

جواب آخر پس از ۳۰ تکرار این می شود

$$\begin{cases} Q_2 = 0.71 \\ V_2 = 1\angle -0.3 \\ V_3 = 0.89\angle -0.12 \\ V_4 = 0.92\angle -0.72 \end{cases}$$

(۹۷) در آخر P_1 و Q_1 مربوط به slack حساب می‌شوند:

$$P_1 = Re\{V_1^*(Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + Y_{13}V_3 + Y_{14}V_4)\}$$

$$Q_1 = -Im\{V_1^*(Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + Y_{13}V_3 + Y_{14}V_4)\}$$

که

$$\begin{cases} P_1 = ?.9 \\ Q_1 = -?.V \end{cases}$$

(۹۸) که برای P و Q ها داریم:

$\sum P = ?.۴$ تلفات در مقاومت خطوط

$\sum Q = -?.۴۸$ مصرفی راکتیو سلف و خازن شبکه

---

(۹۶) اگر دوتا PV بود چه مراحلی بود؟

۱ تا slack ①

۲ تا PV ③ و ④

۲ تا PQ ④ و ⑤

تکرار می‌شود ⇒ $\begin{cases} Q_2 \\ V_2 \\ Q_3 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{cases}$

⇒ در آخر $\begin{cases} P_1 \\ Q_1 \end{cases}$

مرحله ۳

۹۷) اگر در ... slack و ۲ تا PV بود و ۲ تا PQ؟

۲ تا	slack	①, ④
۲ تا	PV	③, ④
۲ تا	PQ	⑤, ⑥

مرحله ۲

Q_2
V_3
Q_4 ⟹ تکرار ⟹ در آخر P_1, Q_1, P_2, Q_2
V_4
V_5
V_6

(۲۴ V_4)
(۱۲۰)
(۲+۴j)
(۱۲۰)
(۴)

۹۸) اگر Q خارج مصروده شد چکار می کنیم؟

فرض $-1 < Q < 1$

$Q = 2 \Rightarrow Q = 1$

$Q = -2 \Rightarrow Q = -1$

ب ی شود:

$P_1 = Re\{ V_1$

$Q_1 = -Im\{ V$

$\begin{cases} P_1 = \%9 \\ Q_1 = -\%1 \end{cases}$

$\sum P =$

$\sum Q =$

$\begin{cases} Q_2 \\ V_3 \\ Q_4 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{cases} \Rightarrow$