

بررسی سیستم های قدرت

۱ - ماتریس ادمیتانس شبکه ای به صورت زیر داده شده است. اگر خط جدیدی با راکتانس $j0.2\Omega$ بین باس های (۲) و (۳) اضافه شده و مولد سنکرونی نیز با راکتانس $j0.5\Omega$ به باس (۲) متصل گردد ماتریس ادمیتانس جدید این شبکه چگونه خواهد بود؟

$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 10 & -15 & 5 \\ 4 & 5 & -9 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} (1) \quad j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 10 & -14/5 & 2/5 \\ 4 & 2/5 & -6/5 \end{bmatrix} \quad (2) \quad j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 10 & -22 & 10 \\ 4 & 10 & -14 \end{bmatrix} \\ (3) \quad j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 4 & -10 & 14 \\ 10 & 22 & -10 \end{bmatrix} \quad (4) \quad j \begin{bmatrix} -18 & 10 & 4 \\ 10 & -14/5 & 2/5 \\ 4 & 10 & -14 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

۲ - در یک شبکه دوشینه که توسط یک خط متوسط به یکدیگر متصل شده اند در باس (۱) مولد سنکرونی به راکتانس $j2/5\Omega$ متصل شده و باس (۲) نیز از نوع PQ است. اگر ماتریس انتقال این خط به صورت زیر باشد. ماتریس ادمیتانس این شبکه کدام است؟

$$T = \begin{bmatrix} 4 & j10 \\ -j1/5 & 4 \end{bmatrix}$$

$$(1) \quad j \begin{bmatrix} -0.8 & 0.1 \\ 0.1 & -0.4 \end{bmatrix} \quad (2) \quad j \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 \end{bmatrix} \quad (3) \quad j \begin{bmatrix} -0.4 & 0.1 \\ 0.1 & -0.4 \end{bmatrix} \quad (4) \quad j \begin{bmatrix} -0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 \end{bmatrix}$$

۳ - در شبکه زیر ماتریس امپدانس به صورت داده شده است. اگر به جهت تقویت پایداری شبکه خطی با راکتانس $j0.9$ بین دو باس ۱ و ۴ (که تا قبل به یکدیگر متصل نبوده اند) احداث کنیم درایه Z_{32} ماتریس امپدانس جدید شبکه کدام است؟

$$Z_{bus} = j \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1/5 \end{bmatrix}$$

$$(1) \quad j \frac{2}{3} \quad (2) \quad \frac{j}{2} \quad (3) \quad j \quad (4) \quad \frac{j}{3}$$

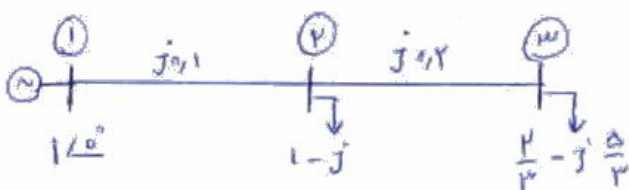
۴ - در شبکه سه باسه شکل زیر ولتاژ شین (۳) در تکرار اول به روش گوس سایدل کدام است؟ (به عنوان حدس اولیه

$$V_r^{(0)} = V_r^{(0)} = 1 \angle 0^\circ \quad (1) \quad 0.6 - j0.2$$

$$(2) \quad \frac{2}{3} - j \frac{2}{15}$$

$$(3) \quad 0.6 + j0.2$$

$$(4) \quad \frac{2}{3} + j \frac{2}{15}$$



۵ - ماتریس امپدانس و نتایج پخش بار یک سیستم قدرت ۴ باسه به صورت زیر داده شده است. اگر به منظور جبران افت ولتاژ در باس (۴) خازن جبرائسازی با راکتانس $j0.7 \text{ p.u.}$ به این باس اضافه گردد. جریان اتصال کوتاه سه فاز متقارن در باس (۲) چند درصد نسبت به حالتی که خازن جبرائسازی در باس (۴) نصب نشده است تغییر می‌کند؟

$$Z_{bus} = j \begin{bmatrix} 0.2 & 0.15 & 0.25 & 0.34 \\ 0.15 & 0.3 & 0.13 & 0.2 \\ 0.25 & 0.13 & 0.5 & 0.25 \\ 0.34 & 0.2 & 0.25 & 0.4 \end{bmatrix}$$

| Bus | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| $V(\text{pu})$ | $1.02 \angle 15^\circ$ | $0.98 \angle 0^\circ$ | $1.05 \angle 15^\circ$ | $0.9 \angle 0^\circ$ |

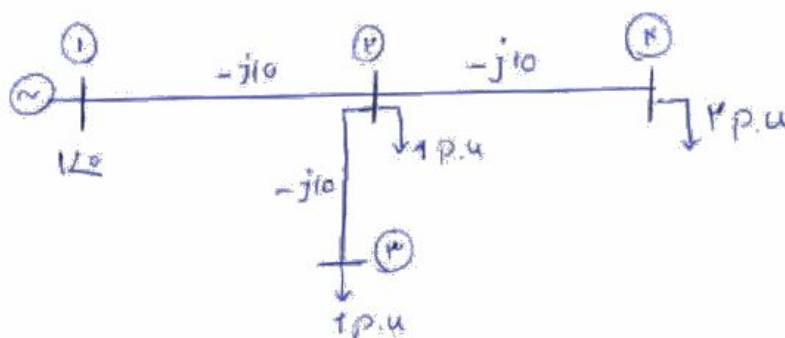
(۴) ۶۰٪ کاهش

(۳) ۶۰٪ افزایش

(۲) ۳۰٪ کاهش

(۱) ۳۰٪ افزایش

۶ - در شبکه ۴ باسه شکل زیر اگر از پخش بار DC استفاده گردد زاویه ولتاژ شین (۳) چند درجه خواهد بود؟ ($\pi = 3$ فرض شود)



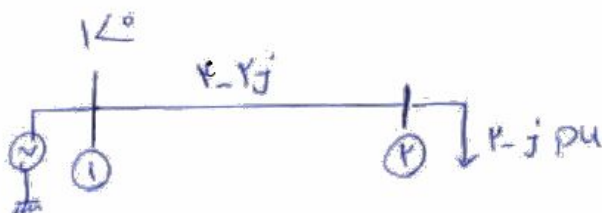
(۱) -15°

(۲) -30°

(۳) $-22/5^\circ$

(۴) $-7/5^\circ$

۷ - اگر در شبکه دو باسه شکل زیر از پخش بار مجزای سریع استفاده گردد در تکرار k ام $Q_r^{(k)} = 3$ و $|V_r|^k = 1/2$ به دست می‌آید. در این صورت V_r^{k+1} کدام است؟



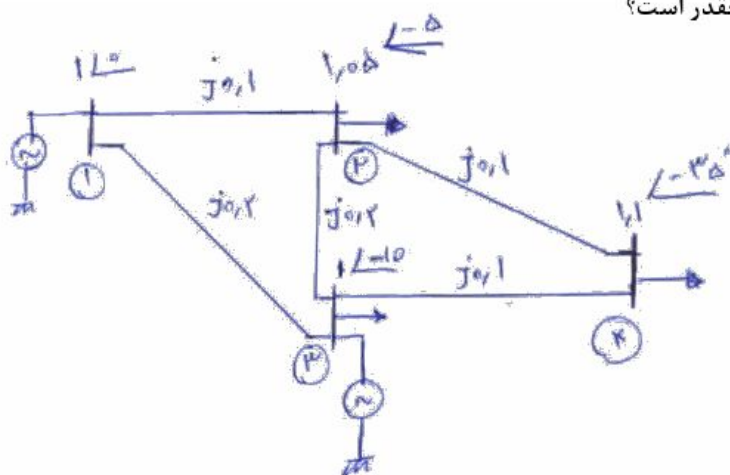
(۴) ۱

(۳) $1/5$

(۲) $1/2$

(۱) $1/8$

۸ - در شبکه سه باسه شکل زیر نتایج پخش بار به روش G.S در تکرار اول روی باس‌ها مشخص شده است. می‌خواهیم از این نتایج به عنوان حدس‌های اولیه استفاده و در ادامه حل از روش N.R استفاده کنیم در این صورت درایه سطر چهارم ستون پنجم ماتریس ژاکوبین در اولین تکرار حل به روش N.R چقدر است؟



(۱) $-5/5$

(۲) $\frac{-1.0\sqrt{3}}{2}$

(۳) $\frac{-1.1\sqrt{3}}{2}$

(۴) -5

- ۹ - یک سیستم قدرت دارای ۲۰ باس است. باس‌های ۵ و ۷ و ۱۱ از این سیستم دارای جبرانساز توان راکتیو، باس‌های ۱ و ۶ و ۹ دارای مولد سنکرون و سایر باس‌ها دارای معرف هستند اگر در تکرار k ام از پخش بار به روش N.R توان راکتیو شین‌های ۵ و ۹ خارج از محدوده مشخص شده آنها باشد، ابعاد زیر ماتریس J_7 در ماتریس پخش بار این شبکه کدام است؟

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 & j_2 \\ j_3 & j_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

(۴) 16×16

(۳) 19×16

(۲) 19×14

(۱) 16×19

- ۱۰ - در مطالعات پخش بار به روش نیوتن رافسون اگر معادلات را به فرم زیر خطی کنیم برای محاسبه عناصر قطری ماتریس J_7 به چه کمیت‌ای نیاز داریم:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 & j_2 \\ j_3 & j_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

(۱) توان‌های راکتیو و اندازه ولتاژ شین‌ها

(۲) توان‌های اکتیو و اندازه ولتاژ شین‌ها

(۳) توان‌های راکتیو و دامنه و فاز ولتاژ شین‌ها

(۴) توان‌های اکتیو و دامنه و فاز ولتاژ شین‌ها

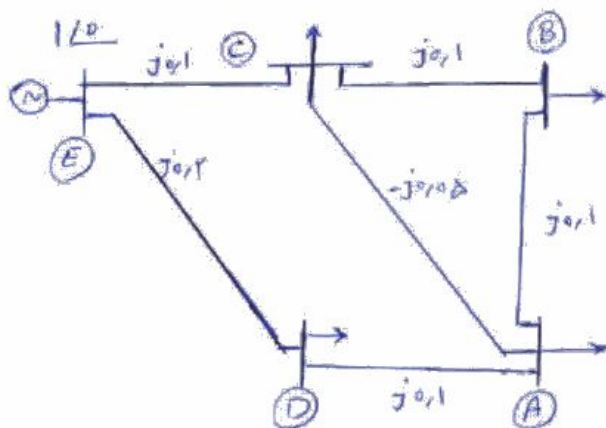
- ۱۱ - در شبکه زیر اگر بخواهیم از روش G.S جهت تحلیل پخش توان استفاده کنیم ادمیتانس خودی باس A در ماتریس ادمیتانس در کدام گزینه صحیح‌تر بیان شده است؟ (مقادیر امپدانس خطوط روی شکل مشخص شده‌اند)

(۱) 20 j

(۲) صفر

(۳) 10 -j

(۴) 15 -j



- ۱۲ - کدام گزینه زیر در خصوص روش‌های پخش بار در سیستم‌های قدرت صحیح نیست؟

(۱) در پخش بار مجزای سریع ماتریس ژاکوبین ثابت بوده و تکرار نمی‌گردد.

(۲) در پخش بار DC نیاز به حدس اولیه نداریم.

(۳) اگر بار موجود در باس‌های PQ به جای مدل توانی به صورت امپدانسی مدل گردد نمی‌توان از روش N.R مسئله را حل نمود.

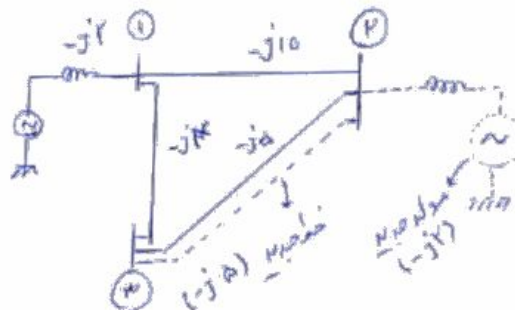
(۴) در پخش بار DC نمی‌توان توان راکتیو جاری شده در خطوط را محاسبه نمود.

بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۲» صحیح است.

طبق اطلاعات مسئله تغییر ایجاد شده روی سطرهای (۲) و (۳) تأثیر دارد. جهت درک بهتر این تست، شبکه را به صورت زیر ترسیم می‌کنیم:

$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 10 & -22 & 10 \\ 4 & 10 & -14 \end{bmatrix}$$



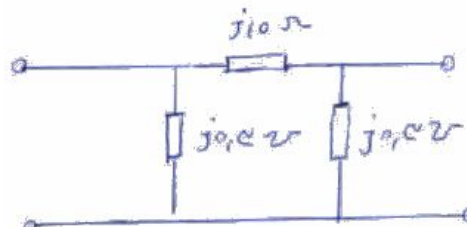
۲- گزینه «۴» صحیح است.

با توجه به ماتریس انتقال داده شده مدار معادل π بین دو باس مفروض به صورت زیر قابل ترسیم است:

$$A = 1 + \frac{YZ}{2} = 4$$

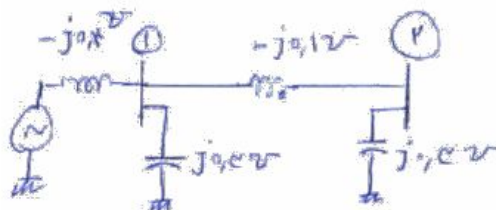
$$B = Z = j10$$

$$\Rightarrow \frac{Y}{2} = -j0.3$$



با توجه به مدل به دست آمده و توجه به این نکته که در باس (۱) نیز مولد سنکرون با راکتانس $2/5 \Omega$ قرار دارد داریم:

$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 \end{bmatrix}$$



۳- گزینه «۴» صحیح است.

ابتدا باید ماتریس Z_{bus} را به صورت 5×5 نوشت:

$$j \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1/5 & -1 \\ 1/2 & 1/2 & -1 & -1 & 3/6 \end{bmatrix}$$

در حالت کلی برای به دست آوردن Z_{bus}^{new} باید ماتریس حاصل از حذف سطر و ستون (۵) را نوشت اما چون در این تست فقط Z_{33} خواسته شده داریم:

$$Z_{33}^{(new)} = Z_{33}^{(old)} - \frac{Z_{35} \cdot Z_{53}}{Z_{55}} = 0 - \frac{-j \times j1/2}{j3/6} = j\frac{1}{3}$$

۴- گزینه «۱» صحیح است.

با اینکه ولتاژ شین (۳) خواسته شده اما چون روش حل پیشنهادی گوس سایدل است باید ابتدا ولتاژ شین (۲) را محاسبه کنیم زیرا در هنگام محاسبه ولتاژ شین (۳) مقدار به روز شده یا آخرین تکرار شین‌های قبلی را به کار برد.

$$V_r^{(1)} = \frac{1}{y_{rr}} \left(\frac{P_r - jQ_r}{V_r^{*(0)}} - y_{r1} V_1^{(0)} - y_{rr} V_r^{(0)} \right) = \frac{1}{-j15} \left(\frac{-1+j}{1} - (j1 \times 1) - (j5 \times 1) \right) = \frac{-1-j14}{-j15} = \frac{14}{15} - j \frac{1}{15}$$

$$V_r^{(1)} = \frac{1}{y_{rr}} \left(\frac{P_r - Q_r}{V_r^{*(0)}} - y_{rr} V_r^{(1)} \right) = \frac{1}{-j5} \left(\frac{-\frac{2}{3} + j\frac{5}{3}}{1} - j5 \left(\frac{14}{15} - j\frac{1}{15} \right) \right)$$

$$= \frac{1}{-j5} (-1 - j3) = 0.2 - j0.2 \text{ P.U}$$

۵- گزینه «۳» صحیح است.

در صورت نصب جبران ساز در باس (۴) داریم:

$$I_f^f = \frac{-V_f}{Z_{ff} + Z_f} = \frac{-0.9 \angle 0^\circ}{j0.4 - j0.7} = 3 \angle -90^\circ \text{ P.U} = -j3$$

ولتاژ باس (۲) پس از نصب این جبران ساز برابر است با:

$$V_r^{\text{new}} = V_r^{\text{old}} + Z_{fr} I_f^f = 0.98 + j0.2 \times (-j3) = 1.058 \text{ P.U}$$

نسبت جریان اتصال کوتاه جدید به قدیم برابر است با:

$$\frac{I_{SC_r}^{\text{new}}}{I_{SC_r}^{\text{old}}} = \frac{\frac{V_r^{\text{new}}}{Z_{rr}}}{\frac{V_r^{\text{old}}}{Z_{rr}}} = \frac{V_r^{\text{new}}}{V_r^{\text{old}}} = \frac{1.058}{0.98} = \frac{1.08}{0.98} = 1.1$$

یعنی ۱۰٪ بیشتر می گردد.

۶- گزینه «۲» صحیح است.

در پخش بار DC توان تزریقی هر شین به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$P_i = \sum_{j=1}^N B_{ij} (\delta_i - \delta_j)$$

$$P_r = B_{rr} (\delta_r - \delta_r) \Rightarrow -1 = 10 (\delta_r - \delta_r) \Rightarrow \delta_r - \delta_r = -0.1$$

$$P_f = B_{fr} (\delta_f - \delta_r) \Rightarrow -2 = 10 (\delta_f - \delta_r) \Rightarrow \delta_f - \delta_r = -0.2$$

حال معادله توان شین (۲) را نوشته و به جای تفاضل زاویه شین ها از مقادیر به دست آمده در فوق استفاده می کنیم:

$$P_r = B_{r1} (\delta_r - \delta_1) + B_{rr} (\delta_r - \delta_r) + B_{rf} (\delta_r - \delta_f) \Rightarrow -1 = 10 \delta_r + 10 (0.1) + 10 (0.2)$$

$$\Rightarrow \delta_r = -0.4 \text{ rad} \Rightarrow \delta_r = -0.1 - 0.4 = -0.5 \text{ rad}$$

$$\delta_r = -0.5 \text{ rad} = -30^\circ$$

۷- گزینه «۱» صحیح است.

در پخش بار به روش مجزای سریع داریم:

$$[\Delta Q_r] = -[B'']^{-1} [\Delta |V|] \Rightarrow [\Delta |V_r|^k] = -[B''] [\Delta Q_r^k]$$

ماتریس B'' ماتریس جزء موهومی ادمیتانس شبکه است که در آن سطر و ستون اول و سطر و ستون مربوط به درایه شین های P.V (که در اینجا نداریم)

حذف شده است لذا:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 4-j2 & -4+j2 \\ -4+j2 & 4-j2 \end{bmatrix} \Rightarrow B = \begin{bmatrix} -j2 & j2 \\ j2 & -j2 \end{bmatrix} \Rightarrow B'' = -2$$

$$|V_r|^{k+1} - |V_r|^k = -[B''] [Q_r - Q_r^k]$$

$$|V_r|^{k+1} = -(-2)(1-3) + 1/2 \Rightarrow |V_r|^{k+1} = 1/8 \text{ P.U.}$$

۸- گزینه «۳» صحیح است.

با اینکه سیستم ۴ باسه است اما چون باس (۳) از نوع PV است لذا سطر و ستون ۵ از ماتریس ژاکوبین اصلی حذف می‌گردد. از این رو درایه سطر چهارم ستون پنجم ماتریس ژاکوبین مورد بحث برابر است با:

$$J_{45} = \frac{\partial Q_r}{\partial |V_f|} = |V_f| (G_{rf} \sin(\delta_r - \delta_f) - B_{rf} \cos(\delta_r - \delta_f))$$

$$= 1/1 (0 - (10 \cos(-5 - (-35)))) = \frac{-11}{2} \sqrt{3}$$

۹- گزینه «۳» صحیح است.

طبق اطلاعات مسئله در ابتدا ۵ شین PV داریم (۵ و ۷ و ۱۱ و ۶ و ۹) لذا ابعاد ابتدایی ماتریس J برابر $(20-1) \times (20-1)$ یعنی 19×19 است اما چون در تکرار k ان شین‌های ۵ و ۹ نتوانسته‌اند عمل کنترل ولتاژ را انجام دهند تبدیل به PQ می‌شوند لذا تعداد شین‌های P.V در این تکرار ۳ عدد می‌گردد پس ابعاد J برابر $(20-1) \times (20-1)$ یا 19×19 است.

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

در ماتریس J داریم:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = P_i - |V_i|^2 G_{ii}$$

طبق این روابط جهت محاسبه عناصر قوای ماتریس J نیاز به توان‌های اکتیو و اندازه ولتاژ شین‌ها داریم.

۱۱- گزینه «۱» صحیح است.

با اینکه مجموع ادمیتانس‌های متصل به باس A برابر $0 = j20 - j10 - j10$ است

اما چون هدف مسئله به روش G.S است با تعریف یک باس مجازی در یکی از خطوط

خروجی باید مسئله را حداقل به صورت ۶ باسه تحلیل نمود. بهترین حالت که موجب می‌شود

ابعاد مسئله زیاد بزرگ نشود تعریف باس مجازی در خط واصل بین دو باس A و C است

زیرا با این کار مشکل باس C نیز رفع می‌گردد لذا:

$$Y_{AA} = -j10 - j10 + j40 = j20$$

دقت شود که در حالتی که میتوان باس مجازی را در هر جای از خط واصل بین دو شینه فرض نمود

یعنی Y_{AA} بدست آمده در فوق جواب یکتا ندارد و اما معمولاً در محاسبات باس مجازی در وسط خط فرض میشود.

۱۲- گزینه «۳» صحیح است.

چنانچه بار موجود در باس‌های PQ به صورت امدانس مدل شده باشد یعنی به جای Q_{Di}, P_{Di} مقدار Z_{Di} داده شود باید $Y_{Di} = \frac{1}{Z_{Di}}$ را

محاسبه و به ماتریس ادمیتانس شبکه اضافه نموده و در این حالت ماشیه DQ را به صورت یک شین با تزریق صفر مدل نموده و مسئله را حل مینماید. لذا در بارهای امدانس نیز به راحتی می‌توان از روش‌های N.R و G.S استفاده نمود.

