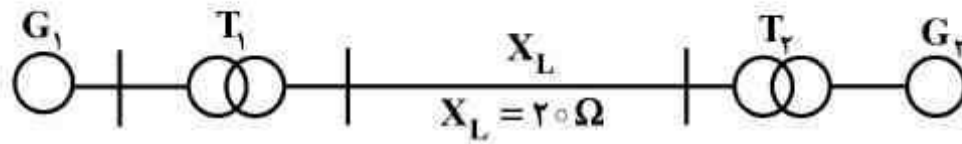


۱- در شکل زیر مقدار امپدانس ژنراتور G_2 و خط انتقال X_L در مبنای مقادیر پایه ژنراتور G_1 به ترتیب چند پریونیت است؟



$$G_1 \begin{cases} 100 \text{ MVA} \\ 20 \text{ kV} \\ 0.1 \end{cases}$$

$$T_1 \begin{cases} 100 \text{ MVA} \\ 20/400 \text{ kV} \\ 0.05 \end{cases}$$

$$G_2 \begin{cases} 60 \text{ MVA} \\ 18 \text{ kV} \\ 0.1 \end{cases}$$

$$T_2 \begin{cases} 50 \text{ MVA} \\ 20/400 \text{ kV} \\ 0.08 \end{cases}$$

(۱) ۰/۱۲۵ و ۱/۳۵

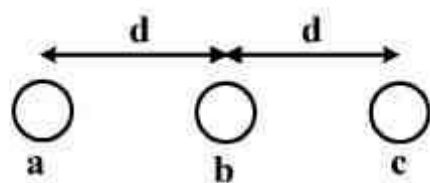
(۲) ۰/۰۱۲۵ و ۰/۱۳۵

(۳) ۱/۳۵ و ۱/۲۵

(۴) ۰/۱۳۵ و ۰/۱۲۵

۲- در خط سه فاز زیر اگر $r = e^4$ متر باشد و اندوکتانس خودی ناشی از فاز a ، $\frac{1}{4}$ اندوکتانس متقابل فازهای a

و c باشد، d چند متر است؟



(۱) ۰/۵

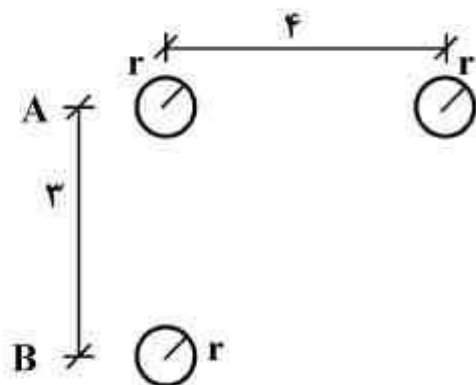
(۲) $8 \times e^{\frac{1}{4}}$

(۳) $16 \times e^{\frac{1}{4}}$

(۴) $32 \times e^{\frac{1}{4}}$

۳- در خط تک فاز شکل زیر، ظرفیت خازنی واحد طول (C_{AB}) بین مجموعه هادی‌های رفت A و هادی برگشت B چقدر است؟

شعاع هادی‌ها: $r = 1$



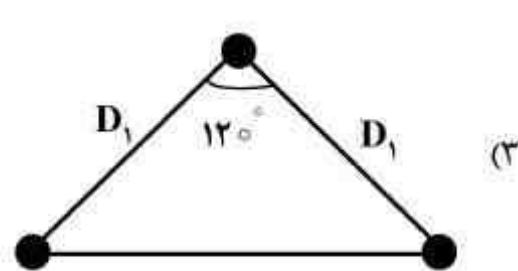
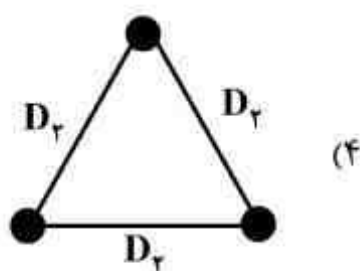
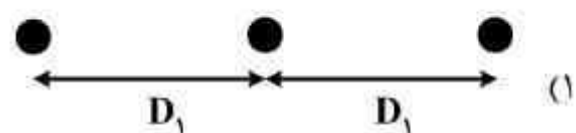
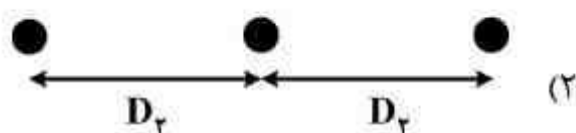
$$\frac{\pi\epsilon_0}{\ln \sqrt{\frac{15}{2}}} \quad (1)$$

$$\frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt{15}}{2}} \quad (2)$$

$$\frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{15}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \sqrt{15}} \quad (4)$$

۴- یک خط انتقال به طول ۱۰۰ کیلومتر، همواره بار زیادی را عبور می‌دهد. در صورتی که سطح مقطع هادی‌های مورد استفاده در طرح‌های زیر یکسان باشد، کدام طرح بهترین پیشنهاد است؟ ($D_2 = 1/5 D_1$)



۵ - در یک خط انتقال بلند به طول ℓ ، اگر داشته باشیم:

Z_{sc} = امپدانس دیده شده از ابتدای خط، وقتی انتهای خط، اتصال کوتاه باشد.

Z_{oc} = امپدانس دیده شده از ابتدای خط، وقتی انتهای خط، مدار باز باشد.

در این صورت، ثابت انتشار خط بر حسب ℓ و Z_{sc} و Z_{oc} کدام است؟

$$\gamma = \frac{1}{\ell} \ln \left[\frac{\sqrt{Z_{sc}} - \sqrt{Z_{oc}}}{\sqrt{Z_{oc}} + \sqrt{Z_{sc}}} \right] \quad (۱)$$

$$\gamma = \frac{1}{\ell} \tanh^{-1} \left[\sqrt{\frac{Z_{sc}}{Z_{oc}}} \right] \quad (۲)$$

$$\gamma = \ln \sqrt{Z_{sc} \cdot Z_{oc}} \quad (۳)$$

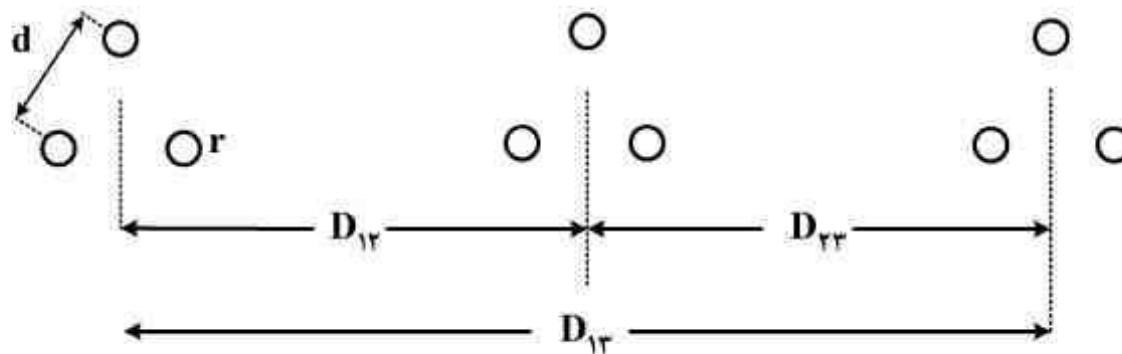
$$\gamma = \sqrt{Z_{sc} \cdot Z_{oc}} \quad (۴)$$

۶ - خط سه فاز شکل زیر با جابجایی کامل فازها را در نظر بگیرید. مشخصات «هر هادی» از این قرار است: توپر،

شعاع r متر و مقاومت R اهم بر متر.

اگر این خط به صورت یک خط کوتاه با طول a کیلومتر مدل سازی شود، ثابت B در ماتریس انتقال

$T = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ کدام است؟ فاصله هادی ها در باندل را d متر و فرکانس را ۵۰ هرتز در نظر بگیرید.



$$\frac{1}{3} Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} \cdot a \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{D_{1r} \cdot D_{2r} \cdot D_{1r}}}{\sqrt[3]{e^{-1} r d^2}} \quad (۱)$$

$$Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} \cdot a \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{D_{1r} \cdot D_{2r} \cdot D_{1r}}}{\sqrt[3]{e^{-1} \cdot r d^2}} \quad (۲)$$

$$Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} \cdot a \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{D_{1r} \cdot D_{2r} \cdot D_{1r}}}{\sqrt[3]{e^{-1} \cdot r d^2}} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{3} Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} \cdot a \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{D_{1r} \cdot D_{2r} \cdot D_{1r}}}{\sqrt[3]{e^{-1} \cdot r d^2}} \quad (۴)$$

۷ - یک خط انتقال با ضرایب عمومی ABCD را در نظر بگیرید، در ابتدای این خط انتقال یک خازن سری قرار داده می‌شود. سپس این خازن در انتهای خط انتقال قرار داده می‌شود. تحت این دو آزمایش، کدام یک از ضرایب عمومی کل خط انتقال تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد؟

A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

۸ - یک خط انتقال تک فاز با امپدانس $Z = R + jX^\Omega$ در هر فاز، دارای ولتاژهای ابتدا و انتها به ترتیب برابر با V_R و V_S است. کدام گزینه برای بیشینه توان انتقالی صحیح است؟ ($Z = \sqrt{R^2 + X^2}$)

$$\frac{V_R}{Z} \left[\frac{V_S}{V_R} R - Z \right] \quad (۱)$$

$$\frac{V_R}{Z} \left[\frac{Z V_S}{V_R} - R \right] \quad (۲)$$

$$\frac{V_R}{Z^2} \left[\frac{V_S}{V_R} R - Z \right] \quad (۳)$$

$$\frac{V_R}{Z^2} \left[\frac{Z V_S}{V_R} - R \right] \quad (۴)$$

۹ - در شبکه قدرت شکل زیر، اگر $\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = Y_{bus} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$ باشد، Y_{bus} کدام است؟ (مقادیر روی خطوط بر حسب

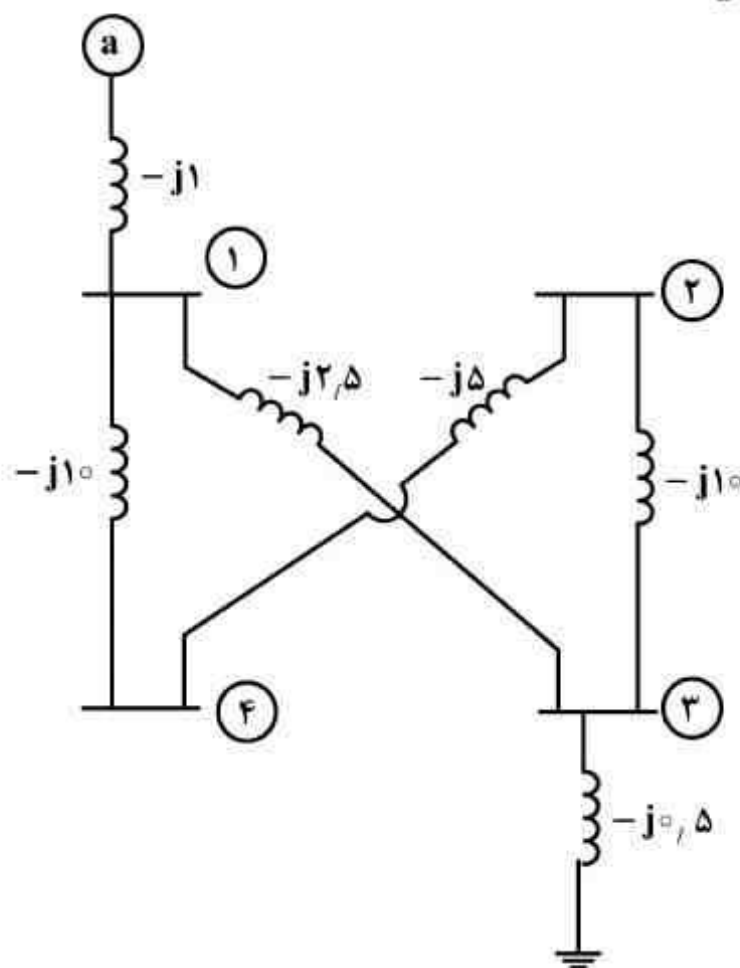
ادمیتانس نوشته شده‌اند.)

$$j \begin{bmatrix} -۱۵ & ۵ \\ ۵ & -۱۵ \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$j \begin{bmatrix} -۱۳/۵ & ۲/۵ \\ ۲/۵ & -۱۳ \end{bmatrix} \quad (۲)$$

$$j \begin{bmatrix} -۶ & ۵ \\ ۵ & -۵/۵ \end{bmatrix} \quad (۳)$$

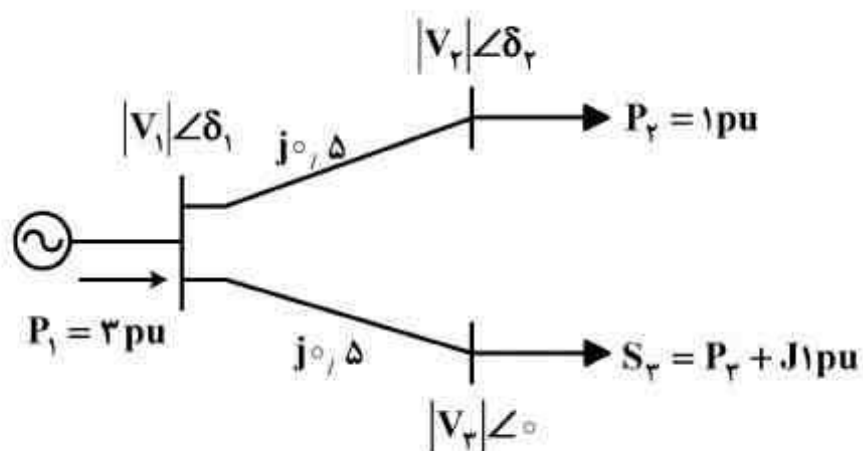
$$j \begin{bmatrix} ۰ & ۱۰ \\ ۱۰ & ۰ \end{bmatrix} \quad (۴)$$



۱۰ - مطالعات پخش بار در حالت‌های کم باری و پرباری، به ترتیب به چه منظورهایی انجام می‌گیرد؟

- (۱) نیاز خازن‌گذاری و تشخیص نقاط افت ولتاژ
- (۲) تشخیص اضافه ولتاژ باس‌ها و نیاز به خازن‌گذاری
- (۳) تشخیص اضافه ولتاژ و نیاز به راکتور جبران موازی
- (۴) نیاز به راکتور جبران موازی و تشخیص نقاط اضافه ولتاژ

۱۱ - در سیستم قدرت شکل زیر می‌خواهیم درصد تنظیم ولتاژ باس ۳ برابر 50% باشد، مقدار توان راکتیو مورد نیاز تزریقی این باس چقدر است؟ ولتاژ باس ۳ در بار کامل 1 pu فرض شود.



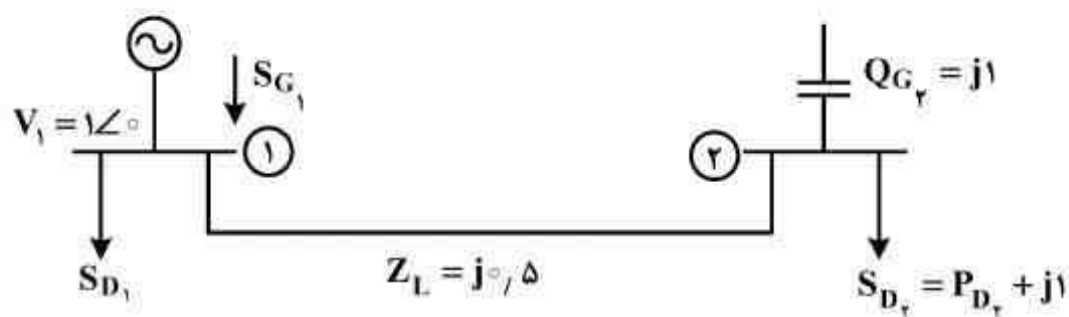
(۱) صفر

(۲) $\frac{1}{3}$

(۳) $3 - \sqrt{5}$

(۴) ۳

۱۲ - در شبکه شکل زیر مقدار ولتاژ باس ۲ کدام است؟



(۱) $\frac{-P_{D_2}}{(2 \sin \delta_2)}$

(۲) $\frac{-P_{D_2}}{(2 \tan \delta_2)}$

(۳) $\frac{-2P_{D_2}}{(\sin \delta_2)}$

(۴) $\frac{-2P_{D_2}}{(\tan \delta_2)}$

پاسخ تشریحی

۱. گزینه 2 درست است.

$$X_L^{pu} = \frac{X_L}{Z_{b_L}}, \quad Z_{b_L} = \frac{V_{b_L}^2}{S_b} = \frac{(400 \times 10^3)^2}{100 \times 10^6} = 1600 \Omega$$

$$\Rightarrow X_L^{pu} = \frac{20}{1600} \Rightarrow X_L^{pu} = 0.0125^{pu}$$

$$X_{G_2}^{new} = X_{G_2}^{old} \times \left(\frac{V_{old}}{V_{new}} \right)^2 \left(\frac{S_{new}}{S_{old}} \right) = 0.1 \times \left(\frac{18}{20} \right)^2 \times \left(\frac{100}{60} \right) \Rightarrow X_{G_2}^{pn} = 0.135^{pu}$$

۲. گزینه 1 درست است.

$$\begin{aligned} \text{طبق فرض} \quad a \quad \text{اندوکتانس خودی فاز} \quad &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r'} \\ \Rightarrow \quad &2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r'} = \frac{1}{4} \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{2d} \right) \Rightarrow \\ b, a \quad \text{اندوکتانس متقابل} \quad &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{2d} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r'^4} = \frac{1}{2d} \Rightarrow r' = 2d \xrightarrow{r' = re^{\frac{1}{2}}} d = 0.5$$

۳. گزینه 3 درست است.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{\text{کل}}} + \frac{1}{C_{\text{رفت}}}, \quad C_{\text{برگشت}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D_m}{D_s^x}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt{5} \times 3}{\sqrt{1} \times 4}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt{15}}{2}}$$

$$C_{\text{برگشت}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D_m}{D_s^y}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt{15}}{1}} \Rightarrow C_{\text{کل}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left(\frac{15}{2} \right)}$$

۴. گزینه 3 درست است.

چون خط انتقال کوتاه است، فقط خاصیت اندوکتیو خط مطرح است و بهترین گزینه، خطی است که دارای کمترین اندوکتانس باشد و به دلیل مشابه بودن هادی‌ها، خطی مناسب‌تر است که دارای کمترین GMD باشد که داریم:

گزینه 1: $GMD = \sqrt[3]{D_1 D_1 2D_1}$

گزینه 2: $GMD = \sqrt[3]{D_2 D_2 2D_2}$

همان طور که مشاهده می‌شود، گزینه 3 دارای کمترین مقدار GMD است (البته با فرض $D_1 < D_2$)

گزینه 3: $GMD = \sqrt[3]{D_1 D_1 D_1 \sqrt{3}}$

گزینه 4: $GMD = \sqrt[3]{D_2 D_2 D_2}$

۵. گزینه 2 درست است.

$$\begin{cases} V_s = \cosh \gamma l V_R + \sinh \gamma l Z_C I_R \\ I_s = \frac{1}{Z_C} \sinh \gamma l V_R + \cosh \gamma l I_R \end{cases} \Rightarrow (I_R = 0) \text{ در بی‌باری} : \begin{cases} V_s = \cosh \gamma l V_R \\ I_s = \frac{1}{Z_C} \sinh \gamma l V_R \end{cases} \Rightarrow Z_{nL} = Z_C \coth \gamma l$$

$$(V_R = 0) \text{ در اتصال کوتاه} \begin{cases} V_s : Z_C \cosh \gamma l I_R \\ I_s : \cosh \gamma l I_R \end{cases} \Rightarrow Z_{sc} = Z_C \tanh(\gamma l) \Rightarrow \frac{Z_{sc}}{Z_{oc}} = \tanh^2 \gamma l$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{1}{l} \tan^{-1} h \left(\sqrt{\frac{Z_{sc}}{Z_{oc}}} \right)$$

گزینه 2

۶. گزینه 4 درست است.

در خط انتقال کوتاه، عنصر B از ماتریس انتقال همان امپدانس خط یا Z می‌باشد که داریم:

$$Z_{\text{کل}} = Z \times \text{طول خط} = (R + jX) l = (R + j\omega L) l \Rightarrow \omega = 2\pi f = 100\pi, \quad l = a \times 10^3$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMF} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}}{\sqrt[3]{e^{-\frac{1}{4}} r \cdot d^2}}$$

طبق فرض سوال چون مقاومت هر هادی R می‌باشد بنابراین مقاومت هر فاز خط $\frac{R}{3}$ می‌شود (چون هادی‌ها موازی‌اند) بنابراین

داریم:

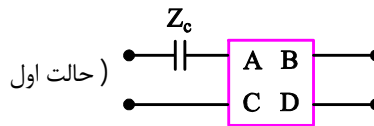
$$B = Z_{\text{کل}} = \frac{R}{3} a \times 10^3 + j \left(100\pi \times a \times 10^3 \times 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}}{\sqrt[3]{e^{-\frac{1}{4}} \gamma d^2}} \right) \Rightarrow$$

$$B = \frac{1}{3} R a \times 10^3 + j 2\pi a 10^{-2} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}}{\sqrt[3]{e^{-\frac{1}{4}} r d^2}}$$

۷. گزینه 3 درست است.

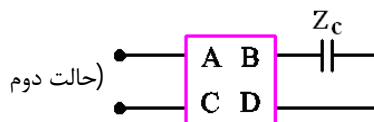
فرض کنیم پارامترهای اولیه خط انتقال به صورت $T = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ باشند، آنگاه داریم:

(حالت اول)



$$\Rightarrow T_{eq1} = \begin{bmatrix} 1 & Z_c \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + CZ_c & B + DZ_c \\ C & D \end{bmatrix}$$

(حالت دوم)



$$\Rightarrow T_{eq2} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & Z_c \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & AZ_c + B \\ C & CZ_c + D \end{bmatrix}$$

تنها عنصر C تغییر نمی‌کند.

۸. گزینه 4 درست است.

ماتریس انتقال یک خط، با امپدانس Z، برابر است با:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |A| \mathbf{R} \alpha & |B| \mathbf{R} \beta \\ |C| \mathbf{R} \theta & |A| \mathbf{R} \alpha \end{bmatrix}$$

توان اکتیو دریافت شده در انتقال خط برابر است با:

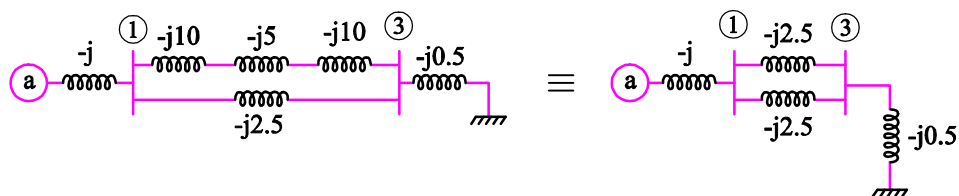
$$P_R = \frac{V_S V_R}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A| V_R^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha) \xrightarrow{\delta = \beta} P_R^{\max} = \frac{V_S V_R}{|B|} - \frac{|A| V_R^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

$$\begin{cases} |A| = 1, \alpha = 0 \\ |B| = Z, \beta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right) \end{cases} \Rightarrow P_R^{\max} = \frac{V_S V_R}{Z} - \frac{V_R^2}{Z} \cos \beta \xrightarrow{\cos \beta = \frac{R}{Z}}$$

$$\rightarrow P_R^{\max} = \frac{V_S V_R}{Z} - \frac{V_R^2}{Z} \cdot \frac{R}{Z} \Rightarrow P_R^{\max} = \frac{V_R^2}{Z^2} \left[\frac{V_S}{V_R} Z - R \right]$$

۹. گزینه 3 درست است.

با توجه به گزینه‌ها ابعاد Y_{bns} ، 2×2 می‌باشد، سپس باید از روش تقلیل باس استفاده کنیم و داریم:



$$\Rightarrow Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -6 & 5 \\ 5 & -5.5 \end{bmatrix}$$

۱۰. گزینه ۲ درست است.

در حالت کم باری خط، خاصیت خازنی پیدا کرده و ولتاژ انتهای خط افزایش می‌یابد که برای جلوگیری از این پدیده نیاز به راکتور شنت می‌باشد. همچنین در حالت پر باری، خط خاصیت سلفی پیدا کرده و افت ولتاژ در شبکه به وجود می‌آید که در این حالت نیاز به خازن گذاری می‌باشد.

۱۱. گزینه ۳ درست است.

مقدار توان تزریقی مورد نیاز به صورت زیر خواهد بود:

$$Q_x = Q_3^{\text{مصرفی}} + Q_{31}$$

$$Q = \frac{V}{X} (V - V \cos(\delta - \delta)) , \quad VR\% = 50\% \Rightarrow \frac{V - V}{V_4} = \frac{1}{2} \xrightarrow{V_3 = 1^{pu}} V = 1.5$$

طبق پخش توان‌های اکتیو در این سیستم داریم:

$$P_{13} = 2^{pu} \Rightarrow \frac{V_1 V_3}{X} \sin(\delta_1 - \delta_3) = 2 \Rightarrow$$

$$\frac{1.5 \times 1}{0.5} \sin(\delta_1 - \delta_3) = 2 \Rightarrow \sin(\delta_1 - \delta_3) = \frac{2}{3} \rightarrow \cos(\delta_1 - \delta_3) = \frac{\sqrt{5}}{3} \Rightarrow \cos(\delta_3 - \delta_1) = \frac{\sqrt{5}}{3} \Rightarrow$$

$$Q_x = 1 + \frac{1}{0.5} \left(1 - 1.5 \times \frac{\sqrt{5}}{3} \right) \Rightarrow Q_x = 3 - \sqrt{5}$$

۱۲. گزینه ۱ درست است.

$$P_{D_2} = P_{12} \Rightarrow P_{D_2} = \frac{V_1 V_2}{X} \sin(\delta_1 - \delta_2) \Rightarrow P_{D_2} = \frac{1 \times V_2}{0.5} \sin(0 - \delta_2)$$

$$\Rightarrow P_{D_2} = -2V_2 \sin \delta_2 \Rightarrow V_2 = \frac{-P_{D_2}}{2 \sin(\delta_2)}$$