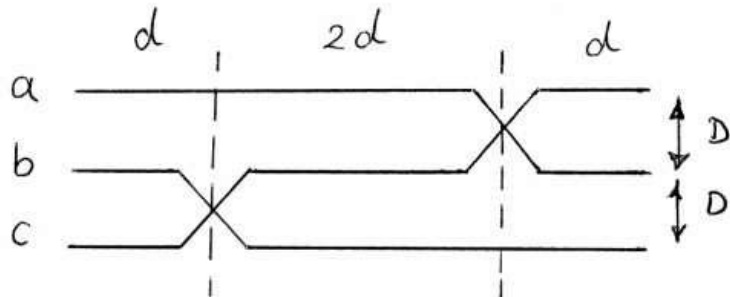


بررسی سیستم‌های قدرت ۱

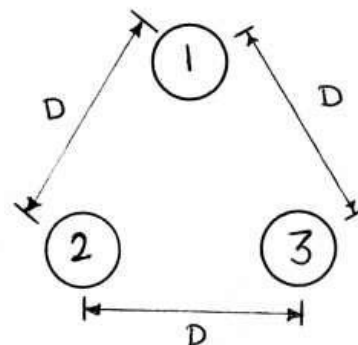
- ۱- در خط شکل زیر جابجایی فازها در فواصل یکسان انجام نشده است. اندوکتانس فاز C کدام گزینه است؟



$$\begin{aligned} (1) \quad & 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt{2}}{r'} \\ (2) \quad & 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt[4]{2}}{r'} \\ (3) \quad & 2 \times 10^{-7} \left( \ln \frac{D}{r'} - \ln 2 \right) \\ (4) \quad & 2 \times 10^{-7} \left( \ln \frac{D}{r'} + \ln 2 \right) \end{aligned}$$

- ۲- اندوکتانس واحد طول خط انتقال تکفاز به شکل زیر چقدر است؟  
هادی توپر ۱ هادی رفت، هادی‌های توپر ۲ و ۳، هادی‌های برگشت هستند. شعاع هر هادی r و فاصله بین هادی‌ها با هم برابر و برابر با D می‌باشد.

$$D_s = re^{-\frac{1}{4}}$$



$$\begin{aligned} (1) \quad & 6 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \\ (2) \quad & 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \\ (3) \quad & 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \\ (4) \quad & 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \end{aligned}$$

۳- در یک خط انتقال انرژی سه فاز بلند و بدون تلفات، برای فاز  $a$  و در نقطه‌ای به فاصله  $x$  از انتهای خط، کدام یک از روابط زیر صحیح است به شرطی که خط به باری با امپدانس برابر با امپدانس مشخصه ختم شده باشد.

ظرفیت واحد طول خط بر حسب فاراد:  $C$

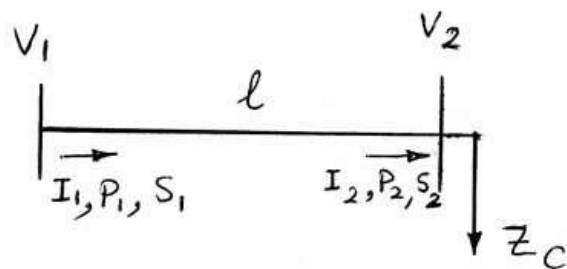
اندوکتانس واحد طول خط بر حسب هانری:  $L$

فرکانس نامی:  $\omega$

$$|V_x|^2 \omega L = |I_x|^2 \omega C \quad (۲) \quad |V_x|^2 \omega C = |I_x|^2 \omega L \quad (۱)$$

$$|V_x| \omega^2 L^2 = |I_x| \omega^2 C^2 \quad (۴) \quad |V_x| \omega^2 C^2 = |I_x| \omega^2 L^2 \quad (۳)$$

۴- فرض کنید که یک خط انتقال به طول  $\ell$  به صورت شعاعی برای تغذیه باری به اندازه امپدانس مشخصه خط ( $Z_c$ ) به صورت شکل زیر به کار گرفته شده است. کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ ( $\gamma = \alpha + j\beta$  ثابت انتشار خط)



$$\frac{|P_r|}{|P_i|} = e^{\alpha \ell} \quad (۲) \quad \frac{|V_r|}{|V_i|} = e^{\alpha \ell} \quad (۱)$$

$$\frac{|V_r| |I_i|}{|V_i| |I_r|} = 1 \quad (۴) \quad \frac{|I_r|}{|I_i|} = e^{\alpha \ell} \quad (۳)$$

۵ - یک خط انتقال انرژی سه فاز بلند به طول  $\ell$  و بدون تلفات مفروض است. یکبار فرض کنید خط بی بار است (NL) و یکبار فرض کنید انتهای خط اتصال کوتاه (SC) است. برای فاز a نسبت ولتاژها در نقطه‌ای به فاصله x از انتهای خط در دو حالت فوق، به شرطی که در هر دو حالت ولتاژ ابتدای خط ثابت فرض شود، چقدر می‌باشد؟

ثابت فاز:  $\beta$

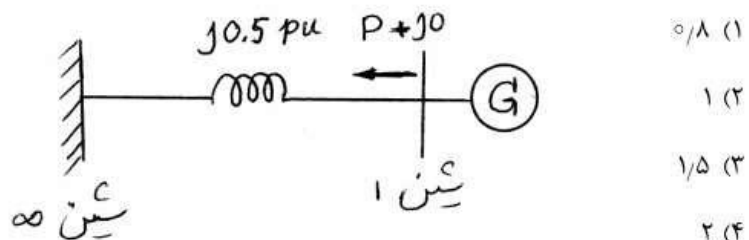
$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \sin \beta \ell \sin \beta x \cos \beta \ell \cos \beta x \quad (1)$$

$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \left( \frac{\cos \beta x}{\cos \beta \ell} \right) \left( \frac{\sin \beta \ell}{\sin \beta x} \right) \quad (2)$$

$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \left( \frac{\cos \beta x}{\cos \beta \ell} \right) \left( \frac{\sin \beta x}{\sin \beta \ell} \right) \quad (3)$$

$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \left( \frac{\cos \beta \ell}{\cos \beta x} \right) \left( \frac{\sin \beta x}{\sin \beta \ell} \right) \quad (4)$$

۶ - در شبکه زیر، اندازه ولتاژ شین بی نهایت ۱ p.u. است. حداکثر توان اکتیو تولیدی ژنراتور متصل به شین ۱ با فرض صفر بودن توان راکتیو تولیدی آن چقدر p.u. است؟



- ۷ - در صورتی که در یک شبکه با سه باس بار، یک بانک خازنی به امپدانس  $j5^\circ$  - به باس شماره ۳ وصل و همزمان یک راکتور به امپدانس  $j5^\circ$  از باس شماره ۱ قطع شود، ماتریس  $\Delta Y_{bus}$  برابر است با:

$$(Y_{bus}^{New} = Y_{bus}^{old} + \Delta Y_{bus})$$

$$\begin{bmatrix} -j0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j0.02 \end{bmatrix} \quad (2) \quad \begin{bmatrix} -j0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j0.02 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} j0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j0.02 \end{bmatrix} \quad (4) \quad \begin{bmatrix} j0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j0.02 \end{bmatrix} \quad (3)$$

- ۸ - ثابت‌های یک خط انتقال بلند سه فاز برابر است با:  $A = D = 0.8 \angle 0^\circ$  و  $B = 200 \angle 90^\circ$ . در صورتی که اندازه ولتاژ سمت گیرنده در شرایط بار کامل  $80\%$  اندازه ولتاژ سمت فرستنده باشد، رگولاسیون ولتاژ خط چند درصد است؟

- (۱) حدود ۳۶  
(۲) حدود ۴۴  
(۳) حدود ۵۶  
(۴) حدود ۶۴

- ۹ - در یک خط انتقال  $50 \text{ Hz}$ ، با طول  $200 \text{ km}$ ، ولتاژ در سمت فرستنده  $220 \text{ kV}$  می‌باشد، پارامترهای خط  $A = 1 \angle 0^\circ$  و  $B = 10 \sqrt{2} \angle 45^\circ$  هستند. انتهای خط به یک ترانسفورماتور بی‌بار ختم شده است که حداکثر ولتاژ قابل تحمل آن  $200 \text{ kV}$  است. در هنگام وصل منبع به ابتدای خط، اندوکتانس راکتوری که باید در سمت اولیه ترانسفورماتور قرار دهیم تا از صدمه دیدن آن ممانعت شود چقدر است؟

- (۱)  $\frac{1}{\pi}$   
(۲)  $\frac{2}{\pi}$   
(۳)  $\frac{10}{\pi}$   
(۴)  $\frac{20}{\pi}$

۱۰- یک خط انتقال انرژی سه فاز مفروض است و داریم:

بارگذاری طبیعی وقتی که از تلفات صرفنظر نشود  $\rightarrow \text{SIL}_1$

بارگذاری طبیعی وقتی که از تلفات صرفنظر شود  $\rightarrow \text{SIL}_2$

نسبت  $\frac{\text{SIL}_1}{\text{SIL}_2}$  چیست؟

مقاومت در واحد طول خط در هر فاز:  $R$

اندوکتانس در واحد طول خط در هر فاز:  $L$

کاپاسیتانس در واحد طول خط در هر فاز:  $C$

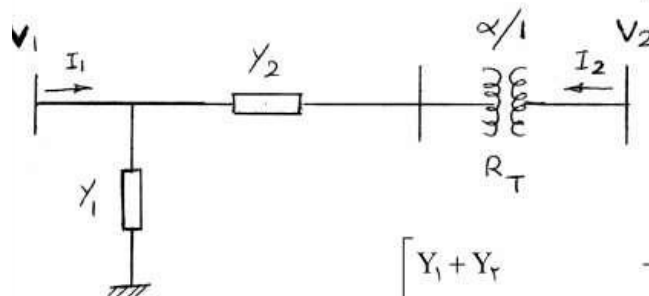
هدایت در واحد طول خط در هر فاز:  $G = 0$

$$(1) \quad \sqrt{\frac{j\omega L}{R + j\omega L}} \quad (2) \quad \sqrt{\frac{j\omega C}{R + j\omega C}}$$

$$(3) \quad \sqrt{\frac{R + j\omega L}{j\omega L}} \quad (4) \quad \sqrt{\frac{R + j\omega C}{j\omega C}}$$

۱۱- در شبکه شکل زیر tap ترانسفور ماتور، ایده آل در نظر گرفته می شود  $\text{Y}_{\text{BUS}}$

این شبکه کدام است؟



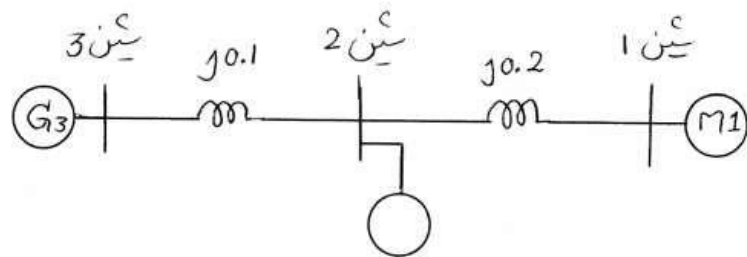
$$(1) \quad \begin{bmatrix} Y_1 + Y_r & -\alpha^* Y_r \\ -\alpha Y_r & |\alpha|^2 Y_r \end{bmatrix}$$

$$(2) \quad \begin{bmatrix} Y_1 + Y_r & -\alpha Y_r \\ -\alpha^* Y_r & |\alpha|^2 Y_r \end{bmatrix}$$

$$(3) \quad \begin{bmatrix} Y_1 + Y_r & -\frac{1}{\alpha} Y_r \\ -\frac{1}{\alpha} Y_r & \frac{1}{|\alpha|^2} Y_r \end{bmatrix}$$

$$(4) \quad \begin{bmatrix} Y_1 + Y_r & -\frac{1}{\alpha} Y_r \\ -\frac{Y_r}{\alpha^*} & \frac{Y_r}{|\alpha|^2} \end{bmatrix}$$

۱۲- در شبکه شکل زیر، اندازه ولتاژ شین‌های ۱ و ۳، برابر با ۱ p.u. است. همچنین موتور سنکرون متصل به شین ۱، توان راکتیوی برابر با نصف توان راکتیو تولیدی ژنراتور شین ۳، تولید می‌کند. کدام یک از عبارات زیر در مورد توان اکتیو ماشین متصل به شین ۲ صحیح است؟



- (۱) این ماشین توان اکتیوی برابر با توان اکتیو موتور شین ۱، مصرف می‌کند.
- (۲) این ماشین توان اکتیوی برابر با نصف توان اکتیو موتور شین ۱، مصرف می‌کند.
- (۳) این ماشین توان اکتیوی برابر با نصف توان اکتیو مولد شین ۳ تولید می‌کند.
- (۴) این ماشین توان اکتیوی برابر با توان اکتیو مولد شین ۳ تولید می‌کند.

## پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ درست است.

ابتدا شار پراکندگی در سه ناحیه را برای فاز C محاسبه کرده و با توجه به طول هر ناحیه از آن میانگین می‌گیریم.

$$\lambda_{c1} = 2 \times 10^{-7} \left( I_a \ln \frac{1}{2D} + I_b \ln \frac{1}{D} + I_c \ln \frac{1}{D_s} \right)$$

$$\lambda_{c2} = 2 \times 10^{-7} \left( I_a \ln \frac{1}{D} + I_b \ln \frac{1}{D} + I_c \ln \frac{1}{D_s} \right)$$

$$\lambda_{c1} = 2 \times 10^{-7} \left( I_a \ln \frac{1}{D} + I_b \ln \frac{1}{2D} + I_c \ln \frac{1}{D_s} \right)$$

$$\lambda_{c(av)} = \frac{d\lambda_{c1} + 2d\lambda_{c2} + d\lambda_{c3}}{4} = \frac{1}{4} (\lambda_{c1} + 2\lambda_{c2} + \lambda_{c3}) = \frac{2 \times 10^{-7}}{4} \left( I_a \ln \frac{1}{2D^4} + I_b \ln \frac{1}{2D^4} + I_c \ln \frac{1}{D_s^4} \right)$$

$$D_s = r'$$

$$I_a + I_b = -I_c$$

$$\Rightarrow \lambda_{c(av)} = \frac{2 \times 10^{-7}}{4} \left( (I_a + I_b) \ln \frac{1}{2D^4} + I_c \ln \frac{1}{D_s^4} \right) = \frac{2 \times 10^{-7}}{4} I_c \ln \frac{2D^4}{r'^4}$$

$$L_c = \frac{\lambda_{c(av)}}{I_c} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[4]{2} D}{r'}$$

۲. گزینه ۳ درست است.

هادی برگشت: y هادی رفت: x

$$GMR_x = re^{-\frac{1}{4}} \quad GMR_y = \sqrt{D \left( re^{-\frac{1}{4}} \right)}$$

$$GMD_{xy} = D$$

$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\text{GMD}_{xy}}{\text{GMR}_x} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\text{re}^{-\frac{1}{4}}} \quad L_y = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{\text{re}^{-\frac{1}{4}} \times D}} = 2 \times 10^{-7} \ln \sqrt{\frac{D}{\text{re}^{-\frac{1}{4}}}}$$

$$L = L_x + L_y = 2 \times 10^{-7} \ln \left( \frac{D}{\text{re}^{-\frac{1}{4}}} \right)^{\frac{3}{2}} = 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s}$$

۳. گزینه ۱ درست است.

با توجه به بارگذاری با امپدانس طبیعی در هر نقطه توان راکتیو سلفی با توان راکتیو خازنی برابر است در نتیجه:

$$Q_c = Q_L \rightarrow \omega L |I_x|^2 = \omega C |V_x|^2$$

۴. گزینه ۴ درست است.

در خطوط انتقال بلند داریم:

$$V(x) = \frac{V_R + z_c I_R}{2} e^{\alpha x} e^{j\beta x} + \frac{V_R - z_c I_R}{2} e^{-\alpha x} e^{-j\beta x}$$

$$I(x) = \frac{\frac{V_R}{z_c} + I_R}{2} e^{\alpha x} e^{j\beta x} + \frac{\frac{V_R}{z_c} - I_R}{2} e^{-\alpha x} e^{-j\beta x}$$

$$V_1 = \frac{V_2 + z_c \frac{V_2}{z_c}}{2} e^{\alpha \ell} e^{j\beta \ell} + \frac{V_2 - z_c \frac{V_2}{z_c}}{2} e^{-\alpha \ell} e^{-j\beta \ell} = V_2 e^{\alpha \ell}$$

$$I_1 = I_2 e^{\alpha \ell}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2 I_1}{V_1 I_2} = 1$$

۵. گزینه ۲ درست است.

با توجه به سوال قبل

$$V^{NL}(x) = \frac{V_R}{2} (e^{j\beta x} + e^{-j\beta x}) = V_R \cos \beta x$$

$$V^{SC}(x) = \frac{z_c I_R}{2} (e^{j\beta x} - e^{-j\beta x}) = j z_c I_R \sin \beta x$$

$$V_S^{NL} = V_S^{SC} \Rightarrow V_R \cos \beta \ell = j z_c I_R \sin \beta \ell \Rightarrow I_R = \frac{V_R \cos \beta \ell}{j z_c \sin \beta \ell}$$

$$\frac{V^{NL}(x)}{V^{SC}(x)} = \frac{V_R \cos \beta x}{j z_c I_R \sin \beta x} = \frac{\cos \beta x}{\sin \beta x} \cdot \frac{\sin \beta \ell}{\cos \beta \ell}$$

۶. گزینه ۲ درست است.

$$|V_\infty| = 1$$

$$Q_\infty = 0 \Rightarrow Q_\infty = \frac{|V_1|}{x} (|V_1| - |V_\infty| \cos \delta) = 2 |V_1| (|V_1| - \cos \delta) = 0 \rightarrow |V_1| = \cos \delta$$



$$P_{\infty} = \frac{|V_1||V_2|}{x} \sin \delta = 2|V_1| \sin \delta = 2|V_1| \sqrt{1-|V_1|^2}$$

$$\frac{dP_{\infty}}{d|V_1|} = 0 \rightarrow \frac{dP_{\infty}}{d|V_1|} = 2\sqrt{1-|V_1|^2} - \frac{4|V_1|^2}{2\sqrt{1-|V_1|^2}} = 0 \Rightarrow 4 \left( \frac{1-|V_1|^2-|V_1|^2}{2\sqrt{1-|V_1|^2}} \right) = 0$$

$$|V_1| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$P_{\infty(\max)} = 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{1}{2}} = 1$$

۷. گزینه ۳ درست است.

ابتدا امپدانس را تبدیل به ادمیتانس می‌کنیم.

$$Y_C = \frac{1}{-j50} = j0.02$$

$$Y_L = \frac{1}{j50} = -j0.02$$

بار  $Y_C$  اضافه شده و بار  $Y_L$  قطع شده است در نتیجه  $Y_{bus}$  برابر است با:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} j0.02 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j0.02 \end{bmatrix}$$

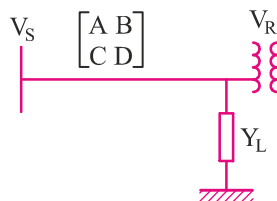
۸. گزینه ۳ درست است.

$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$\rightarrow V_{R(NL)} = \frac{V_S}{|A|} \quad V_{R(FL)} = 0.8 V_S$$

$$\%VR = \frac{V_{R(NL)} - V_{R(FL)}}{V_{R(FL)}} \times 100 = \frac{\frac{V_S}{0.8} - 0.8 V_S}{0.8 V_S} = \left( \frac{1}{0.64} - 1 \right) \times 100 = \%56$$

۹. گزینه ۱ درست است.



$$A = 1 \angle 0^\circ$$

$$B = 10\sqrt{2} \angle 45^\circ$$

$$V_S = 220 \text{ kV} \quad V_R = 200 \text{ kV}$$

$$|V_S| = |A^{new}| |V_R| \quad |A|^{new} = A + Y_L B \quad \leftarrow \text{2 ماتریس انتقال درهم ضرب می‌شوند}$$

$$|A|^{new} = \frac{220}{200} = 1.1 \quad |1 + (10 + j10) Y_L| = 1.1 \rightarrow Y_L \approx 0.01$$

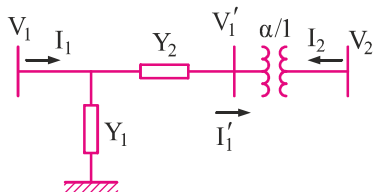
$$\omega L = 100 \rightarrow 2\pi f L = 100 \rightarrow L = \frac{1}{\pi}$$

۱۰. گزینه ۱ درست است.

$$SIL_1 = \frac{V_R^2}{\sqrt{\frac{R + j\omega L}{j\omega C}}} \quad SIL_2 = \frac{V_R^2}{\sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}}}$$

$$\frac{SIL_1}{SIL_2} = \sqrt{\frac{j\omega L}{R + j\omega L}}$$

۱۱. گزینه ۲ درست است.



$$\left. \begin{aligned} \frac{I_2}{I_1'} &= -\alpha^* \Rightarrow I_2 = -\alpha^* I_1' \\ I_1' &= Y_2 (V_1 - V_1') \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_2 = -\alpha^* Y_2 (V_1 - V_1') \quad (I)$$

$$\frac{V_1'}{V_2} = \alpha \Rightarrow V_1' = \alpha V_2 \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow I_2 = -\alpha^* Y_2 V_1 + (\alpha)^2 Y_2 V_2$$

۱۲. گزینه ۲ درست است.

با توجه به راکتانس خطوط و برقراری در توان‌های اکتیو و راکتیو

$$P_{12} = \frac{1}{2} P_{23}$$