



www.

Bargh-Sanat.ir



بررسی سیستم‌های قدرت ۱

۱. ثابت‌های یک خط انتقال به شرح زیر است:

$$A = \frac{\sqrt{2}}{2} \angle 5^\circ, B = 100 \angle 50^\circ \Omega, D = \frac{\sqrt{2}}{2} \angle 5^\circ, C = 0.001 \angle 91^\circ S$$

اندازه‌ی ولتاژ خط به خط در ابتدای خط 400kV می‌باشد، در انتهای خط توان اکتیو 3 فاز 800MW با ضریب قدرت 0.8 پیش‌فاز مصرف می‌شود. اگر بخواهیم ولتاژ خط به خط انتهای خط نی 400kV باشد، مقدار توان راکتیو مصرفی یا تولیدی که باید به انتهای خط اضافه شود، کدام ویژگی را باید داشته باشد؟

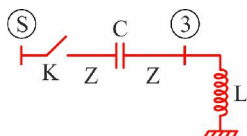
(۲) 200MVar، توان راکتیو مصرفی

(۱) 200MVar، توان راکتیو تولیدی

(۴) 600MVar، توان راکتیو تولیدی

(۳) 600MVar، توان راکتیو مصرفی

۲. خط انتقال طویل زیر، توسط خازن سری (C) جبران شده است. همچنین جهت کاهش اثر فرانتی، راکتور (L) در انتهای خط نصب شده است. بد از بستن کلید k یک موج سیار پله‌ای ($u_f = u_0$) در خط منتشر می‌شود. حداکثر دامنه‌ی ولتاژ در انتهای خط در لحظه‌ی رسیدن موج پله به انتهای خط (از انکاسات از ابتدای خط صرف‌نظر می‌شود). چند ولت است؟



(۲) $2u_0$

(۱) صفر

(۴) $-\frac{u_0}{2}$

(۳) u_0

۳. در خطوط انتقال سه فاز 1 و 2، شاع مؤثر هر هادی D_s می‌باشد. مقدار d چقدر باشد، تا اندوکتانس خطوط

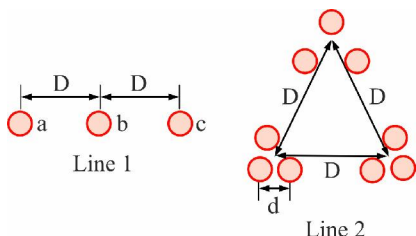
برابر شوند؟

(۱) $\frac{D_s}{\sqrt{2}}$

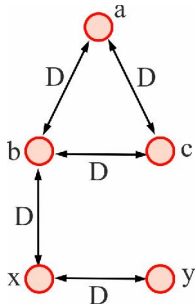
(۲) $2D_s$

(۳) $\sqrt{2}D_s$

(۴) برابری اندوکتانس این دو خط ممکن نیست.



۴. در پایین خط انتقال سه فاز a-b-c خط تلفن x-y قرار گرفته است. (شکل زیر) $V_x - V_y$ ناشی از القای الکترواستاتیک خط انتقال بر خط تلفن، چند ولت است؟ قطر تمامی هادیها را برابر r فرض کنید.



$$\frac{\frac{\text{Ln}\sqrt{2}}{\text{Ln}\frac{D}{r}}(V_b - V_c)}{\frac{\text{Ln}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{\text{Ln}\frac{D}{r}}(V_b - V_c)} \quad (2)$$

$$\frac{\frac{\text{Ln}\sqrt{2}}{\text{Ln}\frac{D}{r}}(V_c - V_b)}{\frac{\text{Ln}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{\text{Ln}\frac{D}{r}}(V_c - V_b)} \quad (3)$$

۵. یک خط توزیع، باری با ضریب قدرت واحد را تغذیه می‌کند. این خط دارای مقاومت R و راکتانس X است و از ظرفیت خازنی آن صرف‌نظر می‌شود. اگر ولتاژ انتهای خط برابر $\bar{V}_R = V_R \angle 0$ و ولتاژ ابتدای آن $\bar{V}_s = V_s \angle \delta$ باشد، تنظیم ولتاژ خط انتقال (V_R) برحسب δ ، کدام است؟

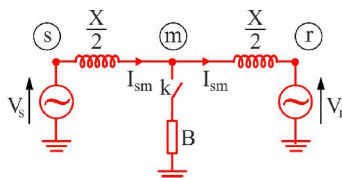
$$V_R = \frac{1 + \cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta}{\frac{R}{X} \sin \delta - \cos \delta} \quad (2)$$

$$V_R = \frac{\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta}{1 + \frac{R}{X} \sin \delta - \cos \delta} \quad (4)$$

$$V_R = \frac{\frac{R}{X} \sin \delta - \cos \delta}{1 + \cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta} \quad (1)$$

$$V_R = \frac{1 + \frac{R}{X} \sin \delta - \cos \delta}{\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta} \quad (3)$$

۶. در سیستم قدرت زیر، داریم: $V_r = V \angle -\frac{\delta}{2}$ و $V_s = V \angle +\frac{\delta}{2}$ در حالی که کلید K باز است توان انتقالی از خط برابر است با P_0 . بد از بستن کلید K سوسپتانس B وارد مدار می‌شود. در این حالت توان عبوری از خط با همان زوایای ماشین‌ها برابر با P_1 است. مقدار $\frac{P_0}{P_1}$ برابر کدام گزینه است؟



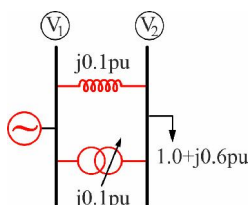
$$XB \quad (2)$$

$$\left(1 - \frac{XB}{4}\right) \quad (1)$$

$$\frac{XB}{4} \quad (3)$$

$$(1 - XB) \quad (4)$$

۷. در سیستم تغذیه‌ی بار زیر، اندازی ولتاژ $V_{2\%}$ برابر 1.02 pu است. میزان توان راکتیوی که از طریق ترانسفورماتور تپ چنجدار به بار منتقل می‌شود، چند پرونیت است؟



$$0.2 \quad (1)$$

$$0.6 \quad (2)$$

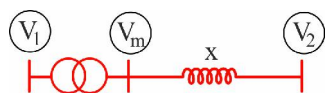
$$0.4 \quad (3)$$

$$0.3 \quad (4)$$



۸. در شکل زیر، ترانسفورماتور به گونه‌ای عمل می‌کند، که $\frac{V_m}{V_1} = e^{j\alpha}$ در صورتی که داشته باشیم:

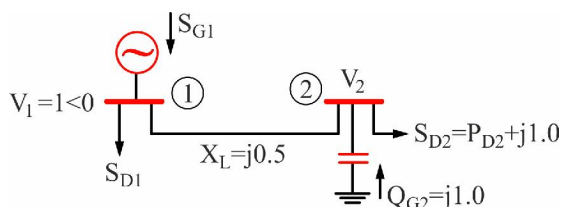
$$V_2 = V \angle -\frac{\delta}{2}, V_1 = V \angle \frac{\delta}{2}$$



$$P = \frac{V^2}{X} \sin \delta \quad (2) \quad P = \frac{V^2}{X} (\sin \delta + \sin \alpha) \quad (1)$$

$$P = \frac{V^2}{X} \sin(\delta + \alpha) \quad (4) \quad P = \frac{V^2}{X} \left(\frac{\sin \delta}{\sin \alpha} \right) \quad (3)$$

۹. در مدار زیر، مقدار P_{D2} بر حسب زاویه ولتاژ شین ۲، برابر کدام است؟



$$-\sin 2\delta_2 \quad (1)$$

$$\cos \delta_2 \quad (2)$$

$$\sin \delta_2 \quad (3)$$

$$\sin 2\delta_2 \quad (4)$$

۱۰. در سیستم قدرت زیر، داریم: $V_r = V_0 \angle -\frac{\delta}{2}, V_s = V \angle \frac{\delta}{2}$ باز است، توان عبوری از

خط برابر P_0 بوده است. زمانی که کلید K را می‌بندیم، منبع ولتاژ V_m با دامنه‌ی V وارد مدار می‌شود. در این

حالت توان عبوری از خط با همان زاویه ماشین‌ها برابر P_1 شده است. نسبت P_1 به P_0 کدام است؟



$$\cos \frac{\delta}{2} \quad (2) \quad \sin \delta \quad (1)$$

$$\sin \frac{\delta}{2} \quad (4) \quad \cos \delta \quad (3)$$

20kV 150MVA 176.33km
300MVA 20kV/230kV $X=1 \frac{\Omega}{km}$
 $X_s=20\%$ $X=0.1Pu$

۱۱. در دیاگرام تک خطی شکل زیر، یک ژنراتور سنکرون از طریق یک ترانسفورماتور به یک خط انتقال بی‌بار

متصل شده است. سیستم سه فاز متادل است. راکتانس مدار متادل تونن به صورت پریونیتی از دید انتهای خط،

کدام است؟ مقادیر نامی ژنراتور را به عنوان مقادیر مبنا در نظر بگیرید.



$$0.9 \quad (1)$$

$$1.2 \quad (2)$$

$$1.3 \quad (3)$$

$$1.4 \quad (4)$$

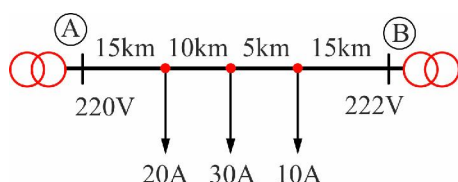
20kV 150MVA 176.33km
300MVA 20kV/230kV $X=1 \frac{\Omega}{km}$
 $X_s=20\%$ $X=0.1Pu$

۱۲. در شکل زیر اگر جریان تزریقی از طریق پست A i آمپر و مقاومت هر کیلومتر از خط توزیع 0.001Ω باشد،

جریان عبوری از i چند آمپر است؟

$$-14.4 \quad (2) \quad -8.73 \quad (1)$$

$$8.73 \quad (4) \quad 14.4 \quad (3)$$



پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۱ درست است.

توالی انتقال به مصرف کننده برابر است با:

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\theta_B - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\theta_B - \theta_A)$$

با توجه به صورت سوال $P_R = 800 \text{ MW}$

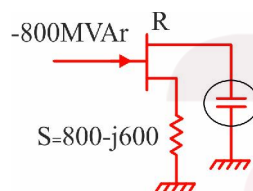
$$\Rightarrow 800 = \frac{400 \times 400}{100} \cos(50 - \delta) - \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \times 400^2}{100} \cos(50 - 5)$$

$$\rightarrow \delta = 50^\circ$$

توان راکتیو برابر است با:

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\theta_B - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\theta_B - \theta_A)$$

$$Q_R = \frac{400 \times 400}{100} \sin(50 - 50) - \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \times 400^2}{100} \sin(50 - 5) = -800 \text{ MVAr}$$

بار انتها به صورت $\delta = 800 - j600$ بوده است.

$$Q_C = 800 - 600 = 200 \text{ MVAr} \quad \text{تولیدی}$$



۲. گزینه ۲ درست است.

با توجه به حل مسئله در حالت گذرا، خازن خط را می توان به صورت اتصال کوتاه و سلف را مدار باز در نظر گرفت در نتیجه ولتاژ رسیده به انتهای خط $2u_0$ می شود.

$$u_t = \frac{2(SL)}{(SL) + z} u_0$$

$S \rightarrow \infty$ (در حوزه لاپلاس)

۳. گزینه ۴ درست است.

اندوکتانس را برای خطوط ۱ و ۲ با هم برابر قرار می دهیم.

$$L_1 = L_2$$

$$\rightarrow 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt[3]{2D}}{D_s} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt[3]{D_s d^2}} \rightarrow \frac{\sqrt[3]{2}}{D_s} = \frac{1}{\sqrt[3]{D_s d^2}} \rightarrow d = \frac{D_s}{\sqrt{2}}$$

$$D_s = e^{\frac{1}{4}} r \rightarrow d = 0.55r$$

اما می دانیم $d > 2r$ در نتیجه برابری اندوکتانس این ۲ خط ممکن نیست.

۴. گزینه ۲ درست است.

ابتدا ولتاژ القایی روی هریک از خطوط x و y را می نویسیم:

$$V_x = j\omega 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{D_{ax}} + I_b \ln \frac{1}{D_{bx}} + I_c \ln \frac{1}{D_{cx}} \right)$$

$$V_y = j\omega 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{D_{ay}} + I_b \ln \frac{1}{D_{by}} + I_c \ln \frac{1}{D_{cy}} \right)$$

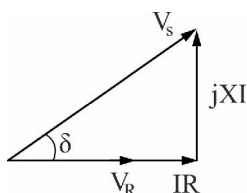
$$D_{ax} = D_{ay}$$

$$V_x - V_y = j\omega 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{D_{by}}{D_{bx}} + I_c \ln \frac{D_{cy}}{D_{cx}} \right) = j\omega 2 \times 10^{-7} (I_b - I_c) \ln \sqrt{2}$$

$$\left. \begin{aligned} V_b &= j\omega 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r} I_b = j\omega 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r} I_b \\ V_c &= j\omega 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r} I_c = j\omega 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r} I_c \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_b - V_c = 2 \times 10^{-4} j\omega (I_b - I_c) \ln \frac{D}{r}$$

$$\rightarrow V_x - V_y = \frac{\ln \sqrt{2}}{\ln \frac{D}{r}} (V_b - V_c)$$

۵. گزینه ۳ درست است.



$$VR = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|}$$

$$V_S \angle \delta = (V_R + IR) + jXI \rightarrow V_S (\cos \delta + j \sin \delta) = (V_R + IR) + jXI$$

$$V_S \cos \delta = V_R + IR \quad (I)$$

$$V_S \sin \delta = IX \rightarrow I = \frac{V_S}{X} \sin \delta \quad (II)$$

با جایگذاری م ادله II در I داریم:

$$V_S \cos \delta = V_R + V_S \sin \delta \frac{R}{X}$$

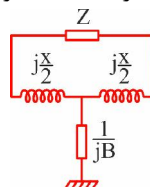
$$V_S \left(\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta \right) = V_R$$

$$\rightarrow VR = \frac{V_S \left(1 - \cos \delta + \frac{R}{X} \sin \delta \right)}{V_S \left(\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta \right)} = \frac{1 - \cos \delta + \frac{R}{X} \sin \delta}{\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta}$$

۶. گزینه ۱ درست است.

$$P_0 = \frac{V \times V}{X} \sin \delta = \frac{V^2}{X} \sin \delta$$

در صورت بسته بودن کلید K با در نظر گرفتن تبدیل ستاره به مثلث داریم:



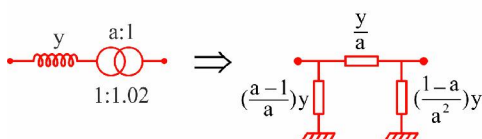
$$Z = \frac{\left(j\frac{X}{2} \right) \left(j\frac{X}{2} \right) + \left(j\frac{X}{2} \right) \left(\frac{1}{jB} \right) + \left(j\frac{X}{2} \right) \left(\frac{1}{jB} \right)}{\frac{1}{jB}} = jX \left(1 - \frac{XB}{4} \right)$$

$$P_1 = \frac{V^2}{Z} \sin \delta = \frac{V^2}{X \left(1 - \frac{XB}{4} \right)} \sin \delta$$

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{Z}{X} = 1 - \frac{XB}{4}$$

۷. گزینه ۳ درست است.

اگر ترانس تپ چنجر دار به صورت مدل π ، مدل کنیم داریم:



$$y = -j10 \\ a = 1.02 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} Q_1 + 2Q &= 0.6 \\ Q_1 &= BV^2 = \frac{(0.2)}{(1.02)^2} \times (1.02)^2 = 0.2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = 0.2$$

$$Q \text{ ترانس} = Q = 0.2 + 0.2 = 0.4$$

$$V_m = V_1 e^{j\alpha} = V \angle \left(\frac{\delta}{2} + \alpha \right)$$

$$V_2 = V \angle -\frac{\delta}{2} \rightarrow P = \frac{V^2}{X} \sin \left(\frac{\delta}{2} + \alpha + \frac{\delta}{2} \right) = \frac{V^2}{X} \sin(\delta + \alpha)$$

۸. گزینه ۴ درست است.

۹. گزینه ۱ درست است.

توان راکتیو انتقالی از شین ۲ برابر است با:

$$Q_g = Q_t + Q_D$$

$$1 = Q_t + 1 \rightarrow Q_t = 0 = \frac{V_2}{X} (V_2 - V_1 \cos \delta) \\ \Rightarrow V_2 - \cos \delta = 0 \Rightarrow V_2 = \cos \delta$$

$$P_{D_2} = \frac{V_1 V_2}{X} \sin(0 - \delta) = -2V_2 \sin \delta = -2 \cos \delta \sin \delta = -\sin 2\delta_2$$

۱۰. گزینه ۲ درست است.

چون جبران کننده ایده آل، در وسط خط انتقال نصب شده با توجه به تغییر یکنواخت زاویه از ابتدا تا انتهای خط زاویه ولتاژ برابر صفر درجه خواهد بود.

$$P_0 = \frac{V^2}{X} \sin \delta$$

$$P_1 = \frac{V^2}{X} \sin \frac{\delta}{2}$$

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{\sin \delta}{2 \sin \frac{\delta}{2}} = \cos \frac{\delta}{2}$$

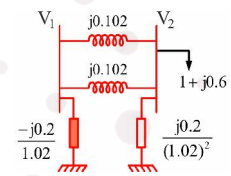
۱۱. گزینه ۴ درست است.

$$V_b = 20 \text{ kV}$$

$$V_b (\text{خط}) = 230 \text{ kV}$$

$$S_b = 300 \text{ MVA}$$

$$X^{(\text{new})} \text{ ترانس} = 0.1 \times \left(\frac{300}{150} \right) \left(\frac{20}{20} \right)^2 = 0.2$$



$$X = 176.33 \Omega \text{ خط}$$

$$Z^b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{230^2}{300} = 176.33 \rightarrow X_{pu} = 1pu$$

$$1 + 0.2 + 0.2 = 1.4pu$$

۱۲. گزینه ۲ درست است.

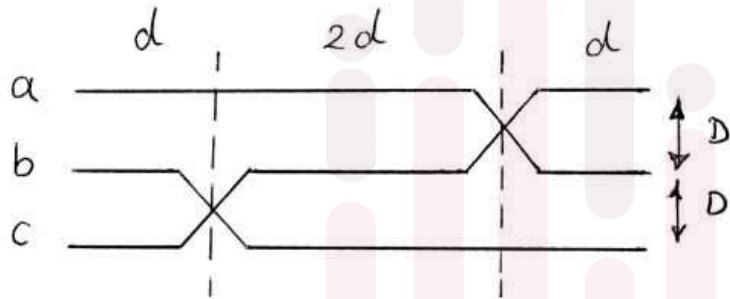
$$V_a - V_b = R(\ell_1 i + \ell_2(i - 20) + \ell_3(i - 50) + \ell_4(i - 60))$$

$$-2 = 0.001(45i - 1350) \rightarrow -2 = -1.35 + 0.045i \rightarrow i = -14.4$$



بررسی سیستم‌های قدرت ۱

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

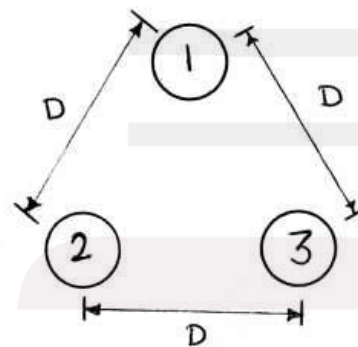


$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt{2}}{r'} \quad (2) \qquad 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt{2}}{r'} \quad (1)$$

$$2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r'} + \ln 2 \right) \quad (4) \qquad 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r'} - \ln 2 \right) \quad (3)$$

- 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.

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



$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (2) \qquad 6 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (1)$$

$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (4) \qquad 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (3)$$



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 امپدانسی برابر با امپدانس مشخصه ختم شده باشد.

ظرفیت واحد طول خط بر حسب فاراد: C

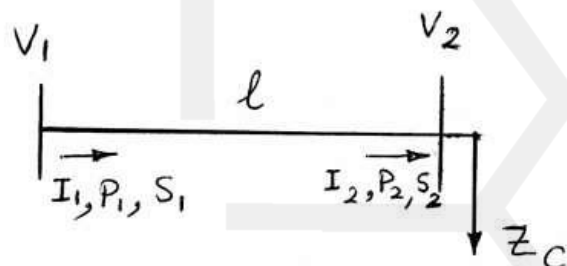
اندوکتانس واحد طول خط بر حسب هانری: L

فرکانس نامی: ω

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

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

۴- فرض کنید که یک خط انتقال به طول ℓ 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)



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

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



۵ - یک خط انتقال انرژی سه فاز بلند به طول ℓ 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 می باشد؟

ثابت فاز: β

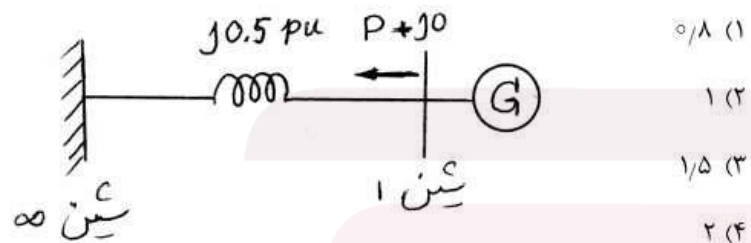
$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \sin \beta \ell \sin \beta x \cos \beta \ell \cos \beta x \quad (1)$$

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

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

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

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 ΔY_{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 Hz ، با طول 200 km ، ولتاژ در سمت فرستنده 220 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 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 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

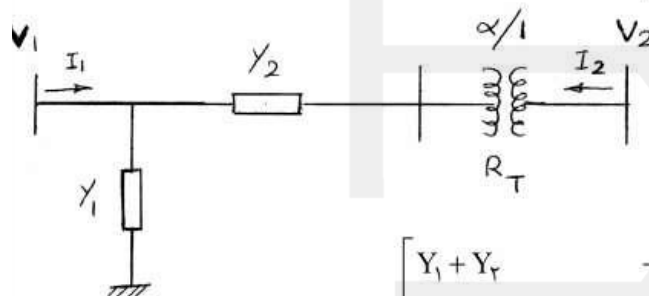
هدایت در واحد طول خط در هر فاز: $G = 0$

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

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

۱۱- در شبکه شکل زیر tap ترانسفور ماتور، ایده آل در نظر گرفته می شود Y_{BUS}

این شبکه کدام است؟



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

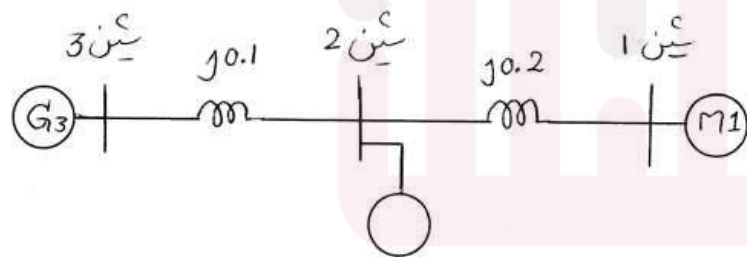
$$\begin{bmatrix} Y_1 + Y_r & -\alpha Y_r \\ -\alpha^* Y_r & |\alpha|^2 Y_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

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

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



۱۲- در شبکه شکل زیر، اندازه ولتاژ شین‌های ۱ و ۳، برابر با 1 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 می گیریم.

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

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

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

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

$$D_s = r'$$

$$I_a + I_b = -I_c$$

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

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

۲. گزینه ۳ درست است.

هادی برگشت y: هادی رفت x:

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

$$GMD_{xy} = D$$



$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD_{xy}}{GMR_x} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{re^{-\frac{1}{4}}} \quad L_y = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{re^{-\frac{1}{4}} \times D}} = 2 \times 10^{-7} \ln \sqrt{\frac{D}{re^{-\frac{1}{4}}}}$$

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

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:

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

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.

$$|V_\infty| = 1$$

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



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

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

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

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

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 در نتیجه Y_{bus} برابر است با:

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

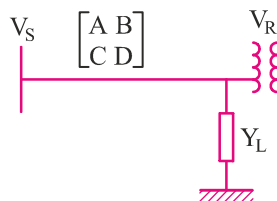
۸. گزینه ۳ درست است.

$$V_S = AV_R + BI_R$$

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

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

۹. گزینه ۱ درست است.



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

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

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

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

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

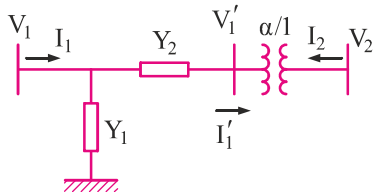


۱۰. گزینه ۱ درست است.

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

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

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.

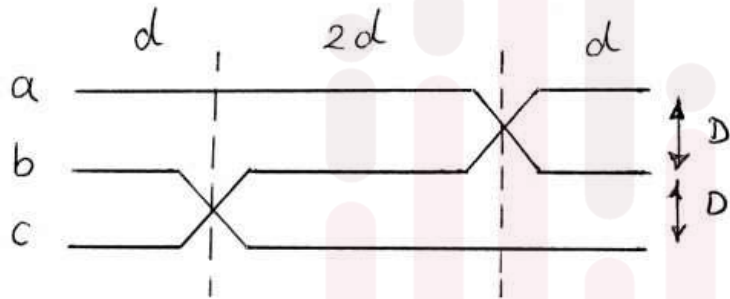
با توجه به راکتانس خطوط و برقراری در توان‌های اکتیو و راکتیو

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



بررسی سیستم‌های قدرت ۱

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

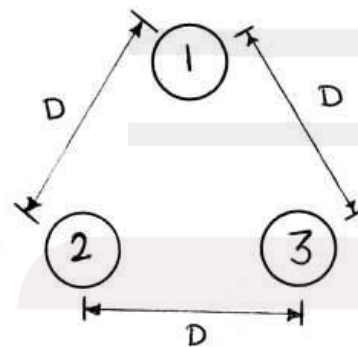


$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt{2}}{r'} \quad (2) \qquad 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D\sqrt{2}}{r'} \quad (1)$$

$$2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r'} + \ln 2 \right) \quad (4) \qquad 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{D}{r'} - \ln 2 \right) \quad (3)$$

- 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.

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



$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (2) \qquad 6 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (1)$$

$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (4) \qquad 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{D_s} \quad (3)$$



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 امپدانسی برابر با امپدانس مشخصه ختم شده باشد.

ظرفیت واحد طول خط بر حسب فاراد: C

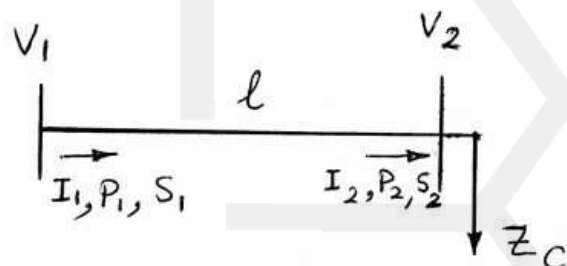
اندوکتانس واحد طول خط بر حسب هانری: L

فرکانس نامی: ω

$$|V_x|^2 \omega L = |I_x|^2 \omega C \quad (2) \quad |V_x|^2 \omega C = |I_x|^2 \omega L \quad (1)$$

$$|V_x| \omega^2 L^2 = |I_x| \omega^2 C^2 \quad (4) \quad |V_x| \omega^2 C^2 = |I_x| \omega^2 L^2 \quad (3)$$

۴- فرض کنید که یک خط انتقال به طول ℓ 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)



$$\frac{|P_r|}{|P_i|} = e^{\gamma \alpha \ell} \quad (2) \quad \frac{|V_r|}{|V_i|} = e^{\alpha \ell} \quad (1)$$

$$\frac{|V_r| |I_i|}{|V_i| |I_r|} = 1 \quad (4) \quad \frac{|I_r|}{|I_i|} = e^{\alpha \ell} \quad (3)$$



۵ - یک خط انتقال انرژی سه فاز بلند به طول ℓ 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: β

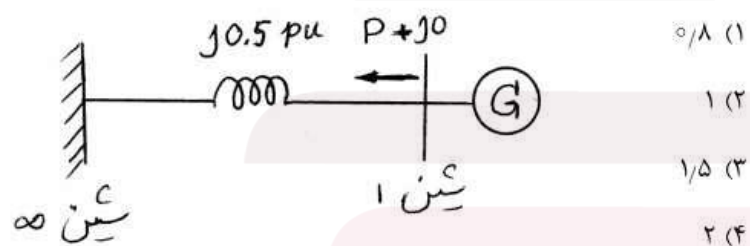
$$\frac{V_x^{NL}}{V_x^{SC}} = \sin \beta \ell \sin \beta x \cos \beta \ell \cos \beta x \quad (1)$$

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

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

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

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 ΔY_{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 Hz ، با طول 200 km ، ولتاژ در سمت فرستنده 220 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 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 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

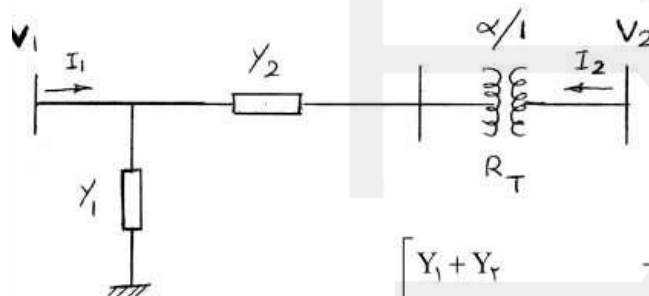
هدایت در واحد طول خط در هر فاز: $G = 0$

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

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

۱۱- در شبکه شکل زیر tap ترانسفور ماتور، ایده آل در نظر گرفته می شود Y_{BUS}

این شبکه کدام است؟



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

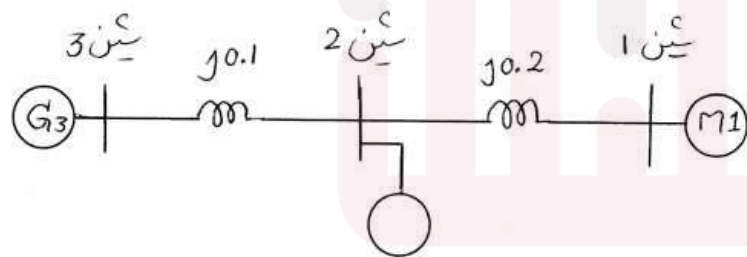
$$\begin{bmatrix} Y_1 + Y_T & -\alpha Y_T \\ -\alpha^* Y_T & |\alpha|^2 Y_T \end{bmatrix} \quad (2)$$

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

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



۱۲- در شبکه شکل زیر، اندازه ولتاژ شین‌های ۱ و ۳، برابر با 1 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 می گیریم.

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

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

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

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

$$D_s = r'$$

$$I_a + I_b = -I_c$$

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

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

۲. گزینه ۳ درست است.

هادی برگشت y: هادی رفت x:

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

$$GMD_{xy} = D$$



$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD_{xy}}{GMR_x} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{re^{-\frac{1}{4}}} \quad L_y = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{re^{-\frac{1}{4}} \times D}} = 2 \times 10^{-7} \ln \sqrt{\frac{D}{re^{-\frac{1}{4}}}}$$

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

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:

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

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.

$$|V_\infty| = 1$$

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



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

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

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

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

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 در نتیجه Y_{bus} برابر است با:

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

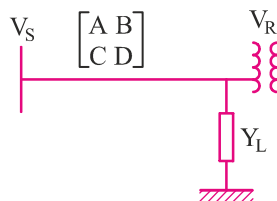
۸. گزینه ۳ درست است.

$$V_S = AV_R + BI_R$$

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

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

۹. گزینه ۱ درست است.



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

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

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

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

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

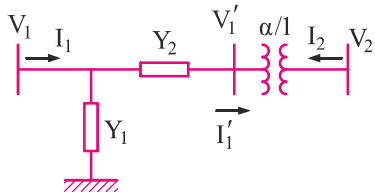


۱۰. گزینه ۱ درست است.

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

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

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.

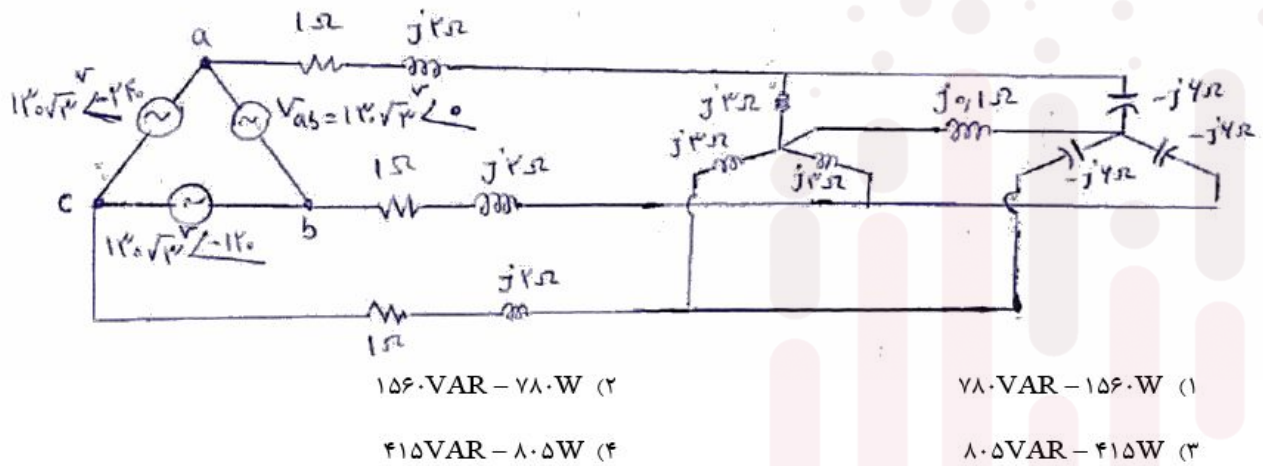
با توجه به راکتانس خطوط و برقراری در توان‌های اکتیو و راکتیو

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



بررسی سیستم های قدرت

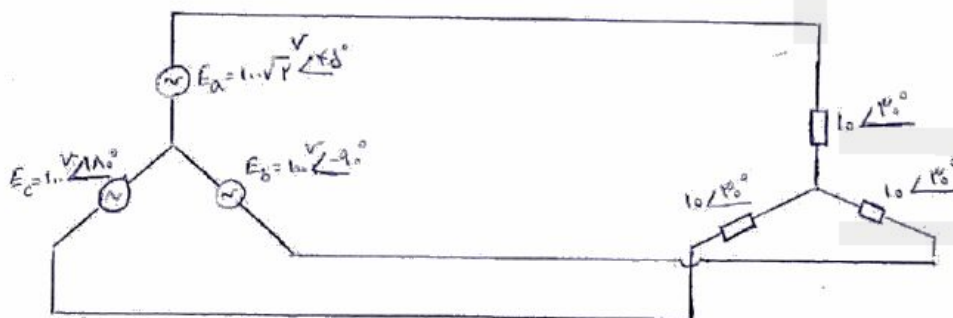
۱- در مدار سه فاز شکل زیر تلفات توان اکتیو و راکتیو در خط انتقال چقدر است؟



۲- در یک مجتمع صنعتی با شبکه 20 kV ، دو بار بزرگ یکی با توان حقیقی 600 kW و ضریب قدرت 0.8 پس فاز و دیگری دارای توان حقیقی 400 kW و راکتیو 150 KVAR سلفی به طور موازی با یکدیگر در حال کار هستند اگر بخواهیم ضریب قدرت خط ورودی به ۱ برسد ظرفیت هر خازن بانک خازنی مورد نیاز را که دارای اتصال ستاره است را محاسبه نمایید؟ ($f = 50 \text{ Hz}$ و $\pi = 3$ فرض شود)

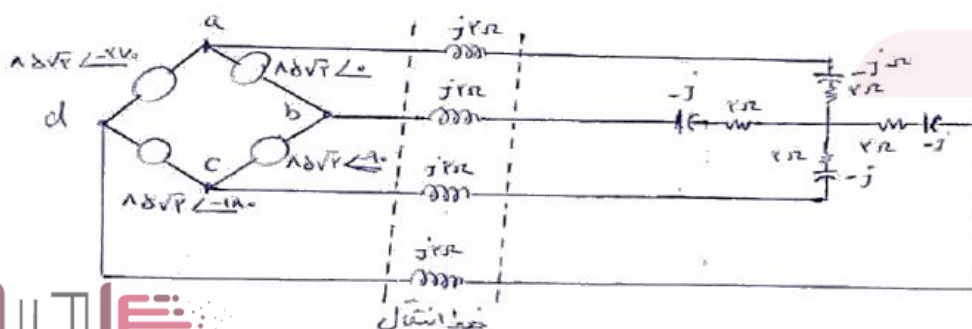
- (1) $5 \mu\text{F}$ (2) $30 \mu\text{F}$ (3) $15 \mu\text{F}$ (4) $45 \mu\text{F}$

۳- در مدار الکتریکی سه فاز شکل زیر ولتاژهای منبع سه فاز نامتعادل بوده اما بار متقارن است مجموع توان مصرفی سه فاز چند کیلو ولت آمپر است؟



- (1) $\sqrt{10}$ (2) $\sqrt{11}$ (3) $\sqrt{12}$ (4) $\sqrt{13}$

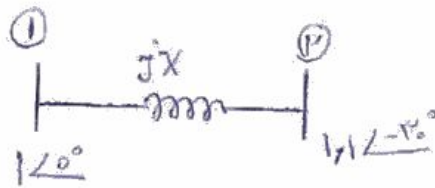
۴- در سیستم متعادل و چهار فاز شکل زیر درصد تنظیم ولتاژ خط انتقال کدام است؟



- (1) $20\sqrt{5}\%$ (2) $40\sqrt{5}\%$ (3) $30\sqrt{5}\%$ (4) $50\sqrt{5}\%$



۵ - در مورد شبکه دو با سه شکل زیر کدام گزینه صحیح تر است؟



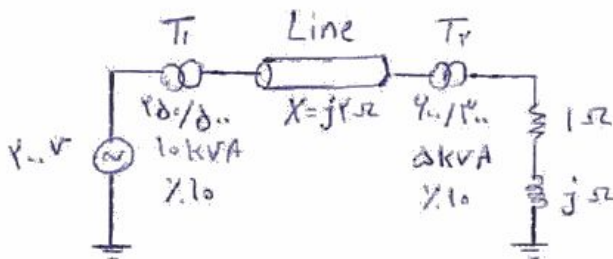
(۱) توان اکتیو از باس (۲) به باس (۱) منتقل می شود.

(۲) توان راکتیو از باس (۱) به باس (۲) منتقل می شود.

(۳) تبادل توان راکتیو بین دو باس صفر است.

(۴) باس (۱) مصرف کننده توان اکتیو و راکتیو است.

۶ - در سیستم قدرت شکل زیر امپدانس نسبی کل بین مولد و بار چقدر است؟ (ولتاژ مبنا را ولتاژ مولد ورودی در نظر بگیرید)



(۱) ۰.۵۰

(۲) ۰.۵۷۵

(۳) ۰.۶۰

(۴) ۰.۷۲۵

۷ - در یک خط انتقال سه فاز در کدام حالت زیر اندوکتانس فازها را می توان به صورت مستقل از یکدیگر محاسبه نمود:

(۱) فقط باید جمع برداری جریان سه فاز خط برابر صفر بوده و فاصله گذاری فازها منظم (مقارن) باشد.

(۲) اگر جریان فازها متعادل باشند در هر نوع فاصله گذاری (منظم و نامنظم) می توان اندوکتانس فازها را مستقل از یکدیگر محاسبه نمود.

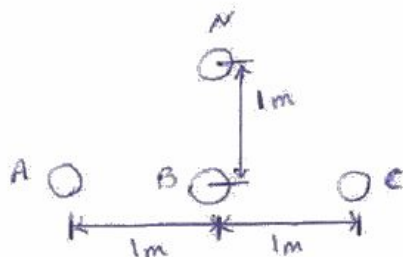
(۳) فقط باید جمع برداری جریان های سه فاز برابر صفر باشد.

(۴) در فاصله گذاری منظم فازها در تمامی حالات امکان جداسازی اندوکتانس فازها وجود دارد.

۸ - یک خط انتقال سه فاز ۴ سیم مطابق شکل زیر مفروض است بار این خط یک بار ستاره متعادل ۱ kA است اگر آرایش

هادی های این خط به صورت زیر باشد ولتاژ القایی در سیم نول هنگامی که طول خط ۲ km باشد کدام است؟ (سیستم را

۵-Hz فرض نموده و $\pi = 3$ و $\ln 2 \approx 0.7$)



(۱) ۲۱۷

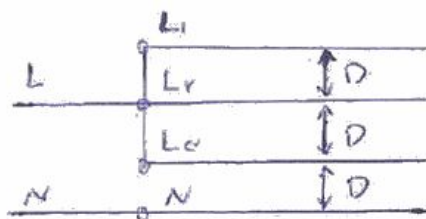
(۲) ۳۴۷

(۳) ۴۲۷

(۴) ۱۷۷



۹ - در یک شبکه سه فاز چهار سیمه مطابق شکل زیر سیم‌های مربوط به ۳ فاز را به یکدیگر اتصال کوتاه نموده و آنها را فقط به یک فاز متصل و سیم چهارم را نیز به عنوان سیم نول در نظر گرفته و مجموعه را به عنوان یک خط تکفاز مورد بهره‌برداری قرار می‌دهیم در این سیستم اندوکتانس سیم فاز کدام است؟ ($D = 8D_s$)



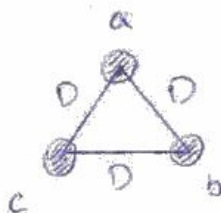
$$(1) \frac{\sqrt{36}}{16} \frac{D}{r'}$$

$$(2) \frac{\sqrt{36}}{8} \frac{D}{r'}$$

$$(3) \frac{\sqrt{49}}{8} \frac{D}{r'}$$

$$(4) \frac{\sqrt{49}}{2} \frac{D}{r'}$$

۱۰ - یک خط انتقال سه فاز دارای آرایش مثلثی مطابق شکل زیر را به عنوان یک خط تکفاز استفاده می‌کنیم. اگر هادی‌های b و c به عنوان برگشت و هادی a رفت باشد اندوکتانس کل خط چند هانری است؟ (شعاع هادی‌ها یکسان و برابر r است)



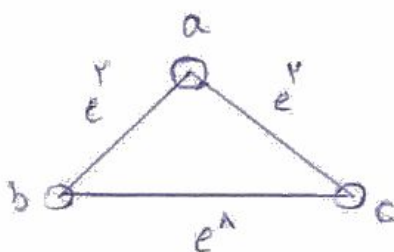
$$(1) 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'}$$

$$(2) 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'}$$

$$(3) 3 \times 10^{-7} \ln \frac{2D}{r'}$$

$$(4) 4 \times 10^{-7} \ln \frac{2D}{r'}$$

۱۱ - در خط سه فاز شکل زیر نسبت اندوکتانس فاز a در حالت ترانسپوز شده به حالت ترانسپوز نشده چقدر است در صورتی که جریان‌های خطوط متعادل بوده و $r = e^{-\frac{2}{3}}$ فرض شود.



$$(2) \frac{5}{3}$$

$$(4) \frac{5}{8}$$

$$(1) \frac{3}{5}$$

$$(3) \frac{8}{5}$$

۱۲ - در کدام یک از شرایط زیر ترانسپوز نمودن خط انتقال تأثیری بر ولتاژ القایی بر هادی‌های مجاور ندارد:

(۱) بار خط نامتعادل بوده و سیم برگشت موجود باشد.

(۲) بار خط متعادل بوده اما جمع برداری جریان‌ها صفر نباشد.

(۳) جریان عبوری از خط حاوی هارمونیک مضرب ۳ باشد.

(۴) موارد ۱ و ۳



بررسی سیستم‌های قدرت

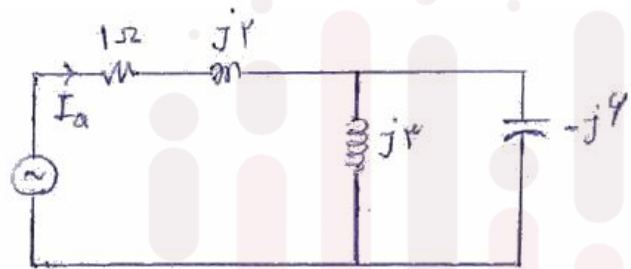
۱- گزینه «۲» صحیح است.

به دلیل تعادل منابع و بارها، قادریم از تحلیل فازی استفاده نماییم، برای این منظور باید منابع را به ستاره تبدیل نمود بارها نیز خود به صورت ستاره هستند. دقت شود که به دلیل برابری پتانسیل نقاط صفر بارها جریان عبوری از سلف $j\omega L = 1 \Omega$ صفر بوده و به صورت اتصال کوتاه مدل می‌شود لذا:

$$\vec{I}_a = \frac{130 \angle 30^\circ}{(-j6 \parallel j3) + 1 + j2} \Rightarrow |I_a| = \frac{130}{\sqrt{65}}$$

$$P_{Loss} = 3 \times 1 \times \left(\frac{130}{\sqrt{65}} \right)^2 = 780 \text{ W}$$

$$Q_{Loss} = 3 \times 2 \times \left(\frac{130}{\sqrt{65}} \right)^2 = 1560 \text{ VAR}$$



۲- گزینه «۱» صحیح است.

ابتدا باید ضریب قدرت بار موجود را محاسبه نمود:

$$\begin{cases} P_1 = 600 \text{ kW} \\ \cos \phi_1 = 0.8 \text{ lag} \end{cases} \Rightarrow Q_1 = P_1 \tan \phi_1 = 600 \times \frac{0.6}{0.8} = 450 \text{ KVAR}$$

$$\begin{cases} P_2 = 400 \text{ kW} \\ Q_2 = 150 \text{ KVAR} \end{cases}$$

$$S_L = (P_1 + P_2) + j(Q_1 + Q_2) = (1000 + j600) \Rightarrow \tan \phi_L = \frac{600}{1000} = 0.6$$

هدف این است که ضریب قدرت به ۰/۹ برسد لذا:

$$\cos \phi_{new} = 0.9 \Rightarrow \tan \phi_{new} = 0$$

$$Q_c = P(\tan \phi_{new} - \tan \phi_L) = 1000(-0.6) = -600 \text{ KVAR}$$

چون بانک سه فاز است پس توان هر فاز $\frac{600}{3} \text{ KVAR}$ است و چون اتصال بانک به صورت ستاره است ولتاژ هر خازن $\frac{33}{\sqrt{3}} \text{ KV}$ است لذا:

$$Q_{Ph} = \frac{I_{Ph}^2}{X_c} = C \omega V_{Ph} \Rightarrow C = \frac{200 \times 1000}{2\pi \times 50 \times \frac{33^2}{3}} = 5 \times 10^{-6} \text{ F} = 5 \mu\text{F}$$

۳- گزینه «۴» صحیح است.

با توجه به فازور ولتاژهای داده شده دیده می‌شود:

$$\vec{E}_a + \vec{E}_b + \vec{E}_c = 0$$

چون جمع سه ولتاژ صفر است پتانسیل نقطه ستاره منبع و بار با یکدیگر برابرند لذا می‌توان فازها را مستقل از هم تحلیل نمود:

$$\left. \begin{aligned} \vec{I}_a &= \frac{100 \angle 45^\circ}{10 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_a = 10 \angle 15^\circ \\ \vec{I}_b &= \frac{100 \angle -90^\circ}{10 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_b = 10 \angle -60^\circ \\ \vec{I}_c &= \frac{100 \angle 18^\circ}{10 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_c = 10 \angle 15^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{S} = (100 \angle 45^\circ)(10 \angle 15^\circ)^* + (100 \angle -90^\circ)(10 \angle -60^\circ)^* + (100 \angle 18^\circ)(10 \angle 15^\circ)^*$$

$$\vec{S} = 2000 \angle 30^\circ \Rightarrow |\vec{S}| = 2000 \text{ KVA}$$



۴- گزینه «۲» صحیح است.

به دلیل تعادل شبکه می توان از تحلیل فازی استفاده نمود. در این حالت باید اتصال منابع را از مربع به علاوه تبدیل نمود. در این حالت باید دقت نمود که برای تبدیل مقادیر خطی منابع به مقادیر فازی باید دامنه را بر $\sqrt{2}$ تقسیم نموده و فاز را 45° کم نمود لذا:

$$\vec{V}_{an} = \frac{185\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ$$

$$\vec{I}_a = \frac{185 \angle -45^\circ}{j2 + (2 - j1)} \Rightarrow |I_a| = \frac{185}{\sqrt{2^2 + 1^2}} = \frac{185}{\sqrt{5}}$$

$$\Delta V_{Ph} = |X_L| \cdot |I_a| = \frac{185}{\sqrt{5}} \times 2 \Rightarrow \% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100 = \frac{\frac{185}{\sqrt{5}} \times 2}{185} \times 100$$

$$\Rightarrow \% \Delta V = \frac{200}{\sqrt{5}} = 40\sqrt{5} \%$$

۵- گزینه «۲» صحیح است.

چون $\delta_1 > \delta_2$ است توان اکتیو از باس (۱) به باس (۲) منتقل می شود در خصوص جهت تبادل توان راکتیو داریم:

$$|V_1| - |V_2| \cos(\delta_1 - \delta_2) = 1 - 1/1 \cos 60^\circ = 0.5$$

چون حاصل (+) شده است پس منبع (۱) تولید کننده (۱) توان راکتیو است یعنی توان راکتیو از باس (۱) به (۲) منتقل می شود.

۶- گزینه «۴» صحیح است.

باید مجموع امپدانس های پیرونیتی ترانس ها و خط انتقال را محاسبه نمود:

$$V_{b_1} = 200 \text{ V}$$

$$V_{b_2} = 200 \times \frac{50}{250} = 40 \text{ V}$$

$$V_{b_3} = 40 \times \frac{300}{600} = 20 \text{ V}$$

$$Z_{b_2} = \frac{V_{b_2}^2}{S_{b_2}} = \frac{40^2}{1000} = 16 \Omega$$

$$X_{I_1}^{(new)} = X_{I_1}^{(old)} \left(\frac{V_{b_1}^{(old)}}{V_{b_1}^{(new)}} \right)^2 = 0.1 \times \left(\frac{200}{40} \right)^2 = 0.15 \text{ P.U}$$

$$X_{I_2}^{(new)} = X_{I_2}^{(old)} \frac{S_{b_1}^{(new)}}{S_{b_1}^{(old)}} \left(\frac{V_{b_1}^{(old)}}{V_{b_1}^{(new)}} \right)^2 = 0.1 \times \frac{10}{5} \times \left(\frac{200}{40} \right)^2 = 0.45 \text{ P.U}$$

$$X_{line} = \frac{X_{line}^{(\Omega)}}{Z_{b_1}} = \frac{2}{16} = 0.125 \text{ P.U}$$

$$X_{total} = j(0.15 + 0.45 + 0.125) = j0.725 \text{ P.U}$$

۷- گزینه «۲» صحیح است.

در حالتی که جریان فازها متعادل است همواره جمع برداری آنها نیز صفر می گردد در این صورت اگر فاصله گذاری فازها منظم (متقارن) باشد همواره اندوکتانس ها مستقل بوده و اگر فاصله گذاری فازها نامنظم (نامتقارن) باشد با انجام عمل ترانسپوز (جابجایی) می توان اندوکتانس ها را مستقل از یکدیگر محاسبه نمود.



۸- گزینه «۳» صحیح است.

$$\lambda_N = 2 \times 10^{-7} \left(I_A \ln \frac{1}{\sqrt{r}} + I_B \ln \frac{1}{1} + I_C \ln \frac{1}{\sqrt{r}} \right) = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{\sqrt{r}} \underbrace{(I_A + I_C)}_{=0}$$

$$\Delta V_N = \omega \lambda_N = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{\sqrt{r}} (1 \dots) \times 2\pi \times 50 = 0.021 \frac{V}{m}$$

چون طول خط ۲ km است داریم:

$$\Delta V_N = 2000 \times 0.021 = 42 \text{ V}$$

۹- گزینه «۱» صحیح است.

در این طرح سیستم فاز دارای یک GMR_L ناشی از سه هادی آن بوده اما در سیم نول $GMR_N = D_s$ آن است لذا:

$$GMR_L = \sqrt[3]{(D_s \cdot D \cdot \gamma D)(D_s \cdot D \cdot D)(D_s \cdot D \cdot \gamma D)} = \sqrt[3]{\gamma D_s^3 D^2}$$

$$GMR_N = D_s$$

$$GMD = \sqrt[3]{\gamma D \cdot \gamma D \cdot D} = D \sqrt[3]{\gamma}$$

$$L = L_L + L_N = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D \sqrt[3]{\gamma}}{\sqrt[3]{\gamma D_s^3 D^2}} + 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D \sqrt[3]{\gamma}}{D_s} \Rightarrow$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D \sqrt[3]{\gamma}}{D_s \sqrt[3]{\gamma D_s^3 D^2}} = 16 \frac{\sqrt[3]{\gamma}}{\sqrt[3]{9}}$$

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

هادی رفت تک رشته بوده لذا:

$$GMR_1 = r'$$

هادی برگشت دو رشته‌ای است لذا:

$$GMR_2 = \sqrt{(D_{bb} D_{ba})(D_{cc} D_{cb})} = \sqrt{r' D \cdot r' D} = \sqrt{r' \cdot D}$$

$$GMD = \sqrt[3]{D_{ab} D_{ac}} = \sqrt{D \cdot D} = D$$

$$L = L_1 + L_2 = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} + 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{r' \cdot D}} = 3 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'}$$



۱۱- گزینه «۲» صحیح است.

در حالت ترانسپوز نشده داریم:

$$L_a = 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{r'} + a \ln \frac{1}{D_{ab}} + a \ln \frac{1}{D_{ac}} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\ln \frac{1}{e^{-1}} + a \ln \frac{1}{e^2} + a \ln \frac{1}{e^2} \right) = 6 \times 10^{-7} \frac{H}{m}$$

در حالت ترانسپوز شده داریم:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{e^2 \cdot e^1 \cdot e^2} = e^2$$

$$L_{a_{tr}} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{r'} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{e^2}{e^{-1}} = 10^{-7} \frac{H}{m}$$

نسبت این دو اندوکتانس برابرند با:

$$\frac{L_{a_{tr}}}{L_a} = \frac{5}{3}$$

۱۲- گزینه «۳» صحیح است.

در دو حالت ترانسپوز کردن هر ولتاژ القایی بی‌تأثیر است.

الف) جمع جبری جریان‌ها صفر نباشد.

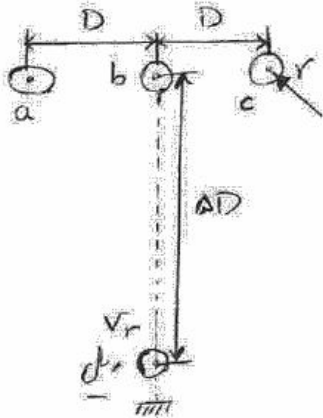
ب) جریان عبوری از خطوط حاوی هارمونیک مضرب ۳ باشد.



بررسی سیستم های قدرت

۱ - یک خط فشار قوی مطابق شکل زیر روی پایه ای قرار گرفته است. در زیر پایه ریل های وسط خیابان نصب شده اند. اگر بتوان این ریل ها را توسط یک هادی فرضی تقریب زد معادله ولتاژ القایی الکترواستاتیک در این ریل ها (V_r) کدامند؟ (جریان خط را

متعادل فرض نموده و $\frac{D}{r} \approx e^h$ بگیرد).



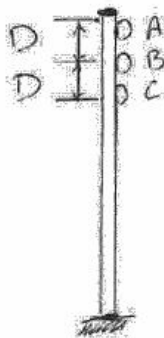
$$\ln \frac{\sqrt{26}}{5} \cdot V_b \quad (1)$$

$$\frac{1}{5} \ln \frac{\sqrt{30}}{5} \cdot V_b \quad (2)$$

$$\ln \frac{\sqrt{30}}{5} \cdot V_b \quad (3)$$

$$\frac{1}{5} \ln \frac{\sqrt{26}}{5} \cdot V_b \quad (4)$$

۲ - یک خط سه فاز دارای آرایش برجمی مطابق شکل زیر به عنوان یک خط تکفاز استفاده می گردد. اگر هادی های A,B به عنوان رفت و هادی C به عنوان برگشت استفاده شده و بتوانیم با تغییر فاصله هادی ها ظرفیت خازنی را تغییر دهیم مقدار ظرفیت بین خط رفت و برگشت کدام است؟ ($\ln 2 \approx 0.7$)



$$\frac{4\pi}{3} \epsilon_0 \left(\frac{F}{m} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{3} \epsilon_0 \left(\frac{F}{m} \right) \quad (2)$$

$$\frac{5}{6} \pi \epsilon_0 \left(\frac{F}{m} \right) \quad (3)$$

$$\frac{8}{9} \pi \epsilon_0 \left(\frac{F}{m} \right) \quad (4)$$

۳ - در خصوص خطوط انتقال جریان متناوب فشار قوی کدام گزینه زیر صحیح تر است؟

(۱) باندل کردن هادی های هر فاز موجب کاهش ظرفیت خازنی خط می گردد.

(۲) هر چه ارتفاع دکل کوتاه تر باشد اثر فرانتی در آن خط بیشتر است.

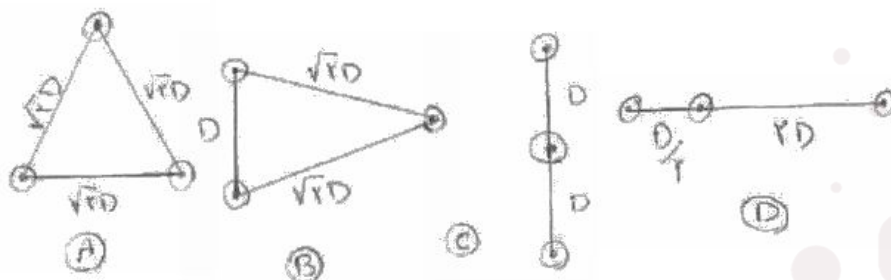
(۳) هر چه ارتفاع دکل کوتاه تر باشد تلفات توان در آن خط کمتر است.

(۴) باندل کردن هادی های هر فاز ضمن کاهش ظرفیت خازنی و موجب کاهش تلفات کرونا می گردد.



۴ - سه هادی مشابه با شعاع یکسان در دسترس است اگر بتوان این هادی‌ها را به طرق زیر نصب نمود در کدام آرایش ظرفیت

خازنی بیشتر است؟



(۱) طرح A و D

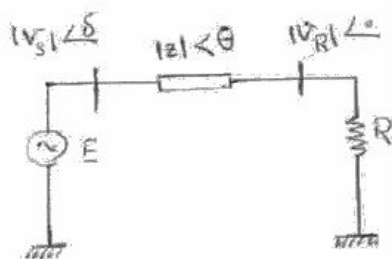
(۲) طرح A و B

(۳) طرح B و C

(۴) طرح A و C

۵ - یک خط انتقال کوتاه مطابق شکل زیر را به یک بار اهمی خالص متصل می‌کنیم اگر زاویه انتقال δ باشد کدام گزینه‌ی زیر درصد

تنظیم ولتاژ این خط را برحسب زاویه انتقال و زاویه خط درست نشان می‌دهد؟



$$\frac{2 \sin \theta}{\sin (\theta - \delta)} - 1 \quad (۳)$$

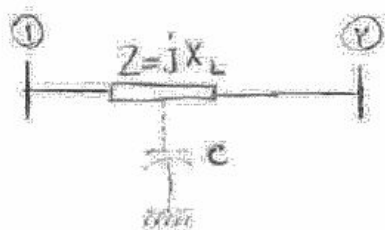
$$\frac{\sin (\theta - \delta)}{\sin 2 \theta} - 1 \quad (۴)$$

$$\frac{\sin \theta}{\sin (\theta - \delta)} - 1 \quad (۱)$$

$$\frac{\sin (\theta - \delta)}{\sin \theta} - 1 \quad (۲)$$

۶ - در شکل زیر یک خط انتقال کوتاه و بدون تلف با راکتانس jX_L بین دو باس (۱) و (۲) قرار دارد. اگر بجهت کنترل ولتاژ خط

خازنی با راکتانس $-jX_C$ در وسط خط نصب کنیم ماتریس انتقال جدید سیستم کدام است؟ (فرض کنید $\frac{|X_L|}{|X_C|} = \frac{1}{2}$ است)



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4} & j\frac{15}{8}X_L \\ j\frac{1}{X_C} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

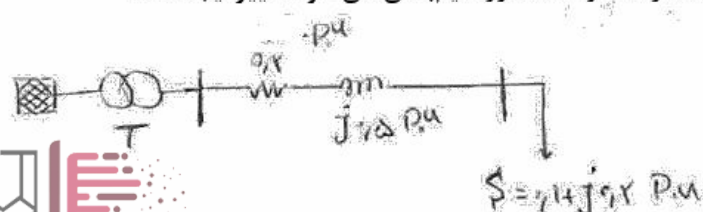
$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4} & j\frac{7}{8}X_L \\ j\frac{1}{X_C} & \frac{3}{4} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{3}{4} & j\frac{7}{8}X_L \\ j\frac{1}{X_C} & \frac{3}{4} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{3}{4} & j\frac{15}{8}X_L \\ j\frac{1}{X_C} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۷ - اگر بخواهیم سیستم شکل زیر که مصرف کننده را توسط خطی کوتاه به شبکه متصل نموده، ولتاژ انتهای خط در P.U تنظیم

گردد Tap changer ترانسفورماتور ابتدای خط باید چند درصد در تعداد دور سیم‌بندی‌های خود تغییر ایجاد کند؟



(۲) ۸

(۴) ۶

(۱) ۱۲

(۳) ۱۶

$$S = 1.4 j 9.8 \text{ pu}$$

۸- در یک خط انتقال با طول متوسط هنگامی که ابتدای خط به ولتاژ نامی متصل بوده و انتهای آن به صورت مدار باز است جریان 0.475 P.U جذب می‌گردد. در همین خط هنگامی که ابتدای خط به ولتاژ 2 P.U متصل و انتهای آن اتصال کوتاه شده است جریان 5 P.U جذب می‌کند. در این خط اندازه درایه A در ماتریس انتقال کدام است؟

(۱) $\frac{10}{9}$ (۲) $\frac{9}{10}$ (۳) $\frac{13}{9}$ (۴) $\frac{9}{13}$

۹- در یک خط انتقال کوتاه امپدانس سری خط $Z = 0.01 + j0.02 \frac{\text{PU}}{\text{Km}}$ اگر بخواهیم این خط در بار نامی با ضریب قدرت 0.8 پس فاز تنظیم ولتاژی برابر 5% داشته باشد، حداکثر طول خط باید چند کیلومتر باشد؟

(۱) ۱۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۵ (۴) ۷۵

۱۰- در یک خط انتقال کوتاه با امپدانس $Z = 3 + j4$ از راکتوری در ابتدای خط استفاده می‌کنیم تا در هنگام وقوع اتصال کوتاه در 80% ولتاژ نامی جریان اتصال کوتاه عبوری از خط نصف حالت نامی گردد. ماتریس انتقال این خط در حضور چنین راکتوری کدام

است؟

(۱) $\begin{bmatrix} 1 & 3 + j\sqrt{55} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ (۲) $\begin{bmatrix} 1 & 3 + j\sqrt{91} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
(۳) $\begin{bmatrix} 1 & 3 + j\sqrt{7} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ (۴) $\begin{bmatrix} 1 & 3 + j\sqrt{33} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

۱۱- یک خط انتقال به طول 200 km و ولتاژ نامی $200\sqrt{3} \text{ kv}$ جریان $400\sqrt{3}$ آمپر را تحت ضریب قدرت $\frac{\sqrt{2}}{2}$ پس فاز به بار تحویل

می‌دهد هرگاه راکتانس سلفی کل خط $\frac{2}{0.2} \frac{\Omega}{\text{Km}}$ ، ظرفیت موازی آن $\frac{1}{60} \frac{\mu\text{F}}{\text{Km}}$ و مقاومت اهمی آن $\frac{0.2}{0.2} \frac{\Omega}{\text{Km}}$ باشد تلفات

قدرت هنگامی که انتهای آن در ولتاژ نامی تثبیت شده است چند درصد است؟ (سرعت زاویه را برابر $300 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ در نظر بگیرید)

(۱) ۱ (۲) $1/25$ (۳) ۲ (۴) $2/5$

۱۲- در تست قبل توان راکتو دریافتی از ابتدای خط در حالتی که ولتاژ ابتدای آن توسط سیستم **Tap changer** ترانسفورمر

موجود در $205\sqrt{3} \text{ kv}$ تثبیت شده است چند **MVAR** است؟

(۱) ۲۵۰ (۲) ۱۴۷ (۳) ۱۹۲ (۴) ۱۲۶



بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۴» صحیح است.

$$V_r = \frac{1}{\gamma \pi \epsilon_0} \left(q_a \ln \frac{1}{D_{ar}} + q_b \ln \frac{1}{D_{br}} + q_c \ln \frac{1}{D_{cr}} \right) = \frac{1}{\gamma \pi \epsilon_0} \left[\underbrace{(q_a + q_c)}_{-q_b} \ln \frac{1}{D_{ar}} + q_b \ln \frac{1}{D_{br}} \right] \Rightarrow V_r = \frac{q_b}{\gamma \pi \epsilon_0} \ln \frac{D_{ar}}{D_{br}}$$

از طرفی می‌توان q_b را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$V_b = \frac{1}{\gamma \pi \epsilon_0} \left(q_a \ln \frac{1}{D} + q_b \ln \frac{1}{r} + q_c \ln \frac{1}{D} \right) = \frac{1}{\gamma \pi \epsilon_0} q_b \ln \frac{D}{r} \Rightarrow q_b = \frac{\gamma \pi \epsilon_0 V_b}{\ln \frac{D}{r}}$$

با جایگذاری در معادله V_r داریم:

$$V_r = V_b \frac{\ln \frac{D_{ar}}{D_{br}}}{\ln \frac{D}{r}} = V_b \frac{\ln \frac{\sqrt{26} D}{\Delta D}}{\ln \frac{D}{r}} = \frac{V_b \ln \frac{\sqrt{26}}{\Delta}}{\ln \frac{D}{r}}$$

$$V_r = \frac{1}{\Delta} \ln \frac{\sqrt{26}}{\Delta} \cdot V_b$$

۲- گزینه «۴» صحیح است.

خط رفت دارای دو هادی است لذا:

$$GMR_L = \sqrt{r \cdot D \cdot r \cdot D} = \sqrt{r \cdot D}$$

خط برگشت دارای تک هادی است لذا:

$$GMR_N = r$$

ضمناً GMD نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$GMD = \sqrt{r \cdot D \cdot D} = D \sqrt{r}$$

با جایگذاری در رابطه ظرفیت خط تکفاز داریم:

$$C_{LN} = \frac{\pi \epsilon_0}{\ln \frac{GMD}{\sqrt{GMR_L GMR_N}}} = \frac{\pi \epsilon_0}{\ln \frac{D \sqrt{r}}{\sqrt{r \cdot D} \cdot r}} = \frac{\gamma \pi \epsilon_0}{\gamma \ln \frac{D}{r} + \gamma \ln \gamma}$$



از آنجایی که مقدار D به عنوان یک متغیر مستقل تحت کنترل یا تنظیم ما است چنانچه D کوچک شود ظرفیت بالا می‌رود لذا اگر مقدار D حداقل شود ظرفیت حداکثر می‌گردد. دقت شود که حداقل مقدار D برابر $\sqrt{r}$ است یعنی دو هادی تقریباً بر هم مماس شوند. که در این صورت داریم:

$$C_{LN} = \frac{\frac{4\pi\epsilon_0}{\sqrt{Ln} \frac{\sqrt{r}}{r} + \sqrt{Ln}}}{\frac{4\pi\epsilon_0}{\Delta Ln}} = \frac{\frac{4\pi\epsilon_0}{\sqrt{Ln}}}{\frac{4\pi\epsilon_0}{\Delta Ln}} = \frac{\Delta}{\sqrt{Ln}} \frac{F}{m}$$

۳- گزینه «۲» صحیح است.

هر چه ارتفاع دکل کوتاه‌تر باشد تأثیر زمین بر ظرفیت خازنی خط بیشتر شده و مقدار این ظرفیت را بیشتر می‌کند. در نتیجه به علت بالا رفتن ظرفیت جریان شارژینگ، تلفات و ولتاژ بی‌باری خط که همان اثر فرانتی است بیشتر می‌گردد.

۴- گزینه «۳» صحیح است.

رابطه ظرفیت خازنی بین خطوط به صورت $C = \frac{\pi\epsilon_0}{Ln \frac{D_{eq}}{GMR}}$ می‌باشد. طبق این رابطه هر چه D_{eq} کمتر باشد C بیشتر می‌شود (مقدار GMR نیز برای همه گزینه‌ها یکسان است) پس باید به بررسی D_{eq} گزینه‌ها بپردازیم:

$$D_{eq} = \sqrt{\sqrt{\sqrt{r}} D \cdot \sqrt{\sqrt{r}} D \cdot \sqrt{\sqrt{r}} D} = \sqrt{\sqrt{r}} D$$

طرح A

$$D_{eq} = \sqrt{\sqrt{\sqrt{r}} D \cdot \sqrt{\sqrt{r}} D \cdot D} = \sqrt{\sqrt{r}} D$$

طرح B

$$D_{eq} = \sqrt{D \cdot D \cdot \sqrt{r} D} = \sqrt{\sqrt{r}} D$$

طرح C

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{D}{\sqrt{r}} \cdot \sqrt{r} D \cdot \frac{D}{\sqrt{r}}} = \sqrt{\frac{D}{\sqrt{r}}} D$$

طرح D

طبق این مقادیر D_{eq} طرح‌های B و C یکسان بوده و دو طرح دیگر کمتر است لذا ظرفیت خازنی در این دو طرح بیشتر است.

۵- گزینه «۱» صحیح است.

چون بار اهمی خالص است پس ولتاژ و جریان انتهای خط با یکدیگر هم فاز هستند یعنی:

$$\angle \vec{I}_R = \angle \vec{I}_S = \angle \vec{V}_R = 0^\circ$$

چون زاویه جریان صفر است می‌توان گفت این جریان فاقد مؤلفه موهومی است لذا:

$$\vec{I}_R = \vec{I}_S = \frac{\vec{V}_S - \vec{V}_R}{\vec{Z}} = \frac{|V_S|}{|Z|} |\delta - \theta| - \frac{|V_R|}{|Z|} |- \theta|$$



با جداسازی مولفه‌ها داریم:

$$\operatorname{Im}(I_R) = 0 \Rightarrow \frac{|V_s|}{|Z|} \sin(\delta - \theta) + \frac{|V_R|}{|Z|} \sin \theta = 0$$

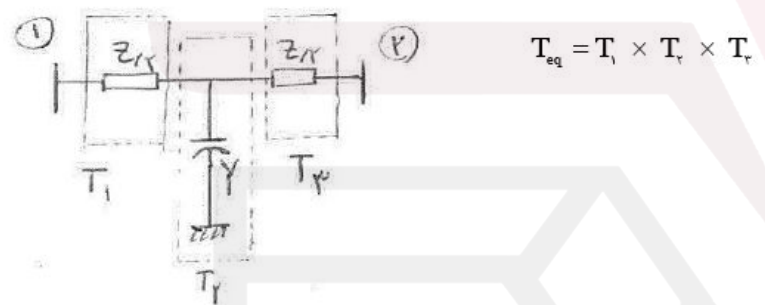
$$\frac{|V_s|}{|V_R|} = \frac{\sin \theta}{\sin(\theta - \delta)}$$

با توجه به تعریف درصد تنظیم ولتاژ خط می‌توان نوشت:

$$V.R = \frac{|V_{R_{NL}}| - |V_{R_{FL}}|}{|V_{R_{FL}}|} = \frac{|V_s|}{|V_R|} - 1 = \frac{\sin \theta}{\sin(\theta - \delta)} - 1$$

۶- گزینه «۱» صحیح است.

با نصب خازن در وسط خط مدار معادل به صورت زیر درمی‌آید:



با توجه به $\frac{X_L}{X_c} = \frac{1}{2}$ و $Y = \frac{j}{X_c}$ داریم:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{Z}{2} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \frac{Z}{2} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{YZ}{2} & Z + \frac{YZ^2}{4} \\ Y & 1 + \frac{YZ}{2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 + \frac{j}{X_c} \frac{jX_L}{2} & jX_L + \frac{j}{X_c} \frac{(jX_L)^2}{4} \\ \frac{j}{X_c} & 1 + \frac{j}{X_c} \frac{jX_L}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & j\frac{1}{4}X_L \\ j\frac{1}{X_c} & \frac{3}{4} \end{bmatrix}$$

۷- گزینه «۱» صحیح است.

درصد تغییر در سیم‌بندی‌ها همواره برابر درصد تنظیم ولتاژ خط هستند لذا ابتدا باید %V.R خط را به دست آورد:

$$\%V.R = \frac{RP + XQ}{|V_R|^2} = \frac{0.2 \times 0.1 + 0.5 \times 0.2}{1} = 0.12 = 12\%$$



۸- گزینه «۱» صحیح است.

در حالت اول جریان اخذ شده همان جریان شارژینگ خط است لذا:

$$I_{ch} = \frac{C}{A} V_s = 0.1 \text{ P.U}$$

در حالت دوم جریان اخذ شده همان جریان اتصال کوتاه خط بوده اما در ولتاژی کمتر از ولتاژ نامی لذا:

$$I_{sc} = \frac{D}{B} (0.8) V_s = 1.0$$

از نسبت دو جریان داریم:

$$\frac{\frac{C}{A} V_s}{\frac{P}{B} \times 2 V_s} = \frac{0.475}{5} \Rightarrow \frac{CB}{AD} = 0.19 \Rightarrow 0.19 AD = BC$$

از طرفی می‌دانیم در خطوط متوسط $A = D$ و $AD - BC = 1$ است لذا:

$$\begin{cases} 0.19A^2 - BC = 0 \\ A^2 - BC = 1 \end{cases} \Rightarrow A = \frac{1}{9}$$

۹- گزینه «۳» صحیح است.

$$\%V.R = R_{pu} \cos \theta + X_{pu} \sin \theta$$

$$0.05 = 0.01 \times L \times 0.8 + 0.02 \times L \times 0.6 \Rightarrow L = 25 \text{ Km}$$

۱۰- گزینه «۱» صحیح است.

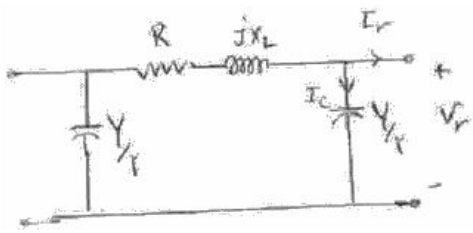
$$\frac{|I_{sc_i}|}{|I_{sc_r}|} = \frac{|V_{sc_i}|}{|V_{sc_r}|} \frac{|Z_{sc_r}|}{|Z_{sc_i}|} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{V_s}{0.8 V_s} \times \frac{|Z_{sc_r}|}{5}$$

$$|Z_{sc_r}| = 8 \Omega \Rightarrow 3^2 + (4+x)^2 = 8^2$$

$$4+x = \sqrt{55} \Rightarrow x = 3.4 \Omega$$



۱۱- گزینه «۲» صحیح است.

با توجه به مدار معادل π داریم:

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P_r} \times 100 = \frac{r R_r |\vec{I}_r + \vec{I}_C|^2}{r V_r I_r \cos \phi_r} \times 100$$

طبق رابطه فوق فقط جریان I_C مجهول است لذا:

$$I_C = j \frac{Y}{\gamma} V_r = j \frac{C}{\gamma} \omega V_r = j \frac{1}{\gamma} \times \frac{1}{\gamma} \times 10^{-6} \times 200 \times 300 \times 200 \times 10^3 = j 100 \text{ A}$$

$$\vec{I}_C + \vec{I}_r = j 100 + 400 \sqrt{2} \left(\frac{\sqrt{2}}{\gamma} - j \frac{\sqrt{2}}{\gamma} \right) = 400 - j 300 \Rightarrow |\vec{I}_C + \vec{I}_r| = 500 \text{ A}$$

$$\Delta P = 3 \times 0.2 \times 200 \times 500^2 = 3 \text{ MW}$$

$$P_r = 3 V_r I_r \cos \phi = 3 \times 200 \times 10^3 \times 400 \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{\gamma} = 240 \text{ MW}$$

$$\Rightarrow \% \Delta P = \frac{3}{240} \times 100 = 1.25\%$$

۱۲- گزینه «۲» صحیح است.

توان راکتیو جذب شده/ دفع شده از ابتدای خط تفاضل مجموع توان راکتیو مصرفی بار و خط از مجموع توان راکتیو تولیدی خازنهای خط است لذا داریم:

$$Q_{\text{Load}} = 3 V_r I_r \sin \phi_r = 3 \times 200 \times 10^3 \times 400 \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{\gamma} = j 240 \text{ MVAR}$$

$$Q_{\text{Line}} = 3 X_{\text{Line}} I_{\text{Line}}^2 = 3 \times 40 \times 500^2 = j 30 \text{ MVAR}$$

$$Q_{C_r} = 3 V_r^2 \frac{Y}{\gamma} = 3 \times 200^2 \times \frac{1}{60 \times 2} \times 10^{-6} \times 200 \times 300 = -j 60 \text{ MVAR}$$

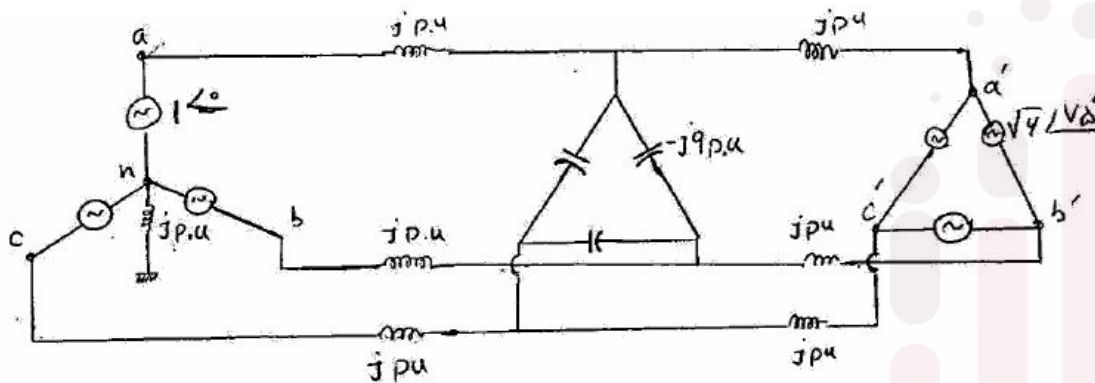
$$Q_{C_s} = 3 V_s^2 \frac{Y}{\gamma} = 3 \times 200^2 \times \frac{1}{60 \times 2} \times 10^{-6} \times 200 \times 300 = -j 63 \text{ MVAR}$$

$$Q_s = j 240 + j 30 - j 60 - j 63 = j 147 \text{ MVAR}$$



بررسی سیستم های قدرت

۱- در سیستم سه فاز و متعادل شکل زیر توان راکتیو تولیدی بانک خازنی چند P.U است؟



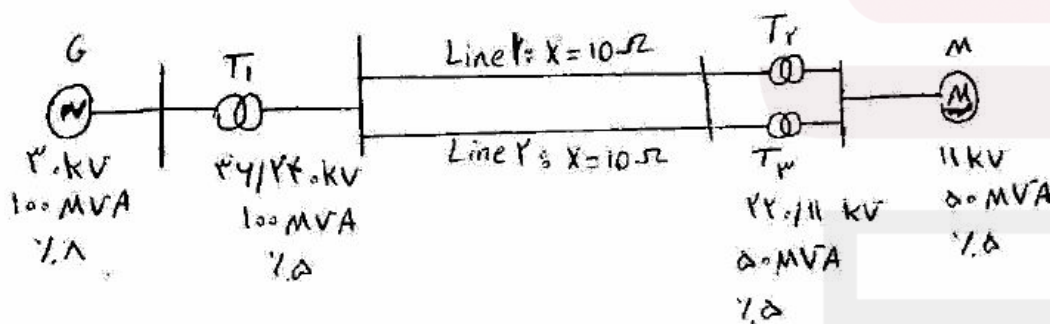
(۱) ۰/۱۶

(۲) ۱/۸

(۳) ۰/۳

(۴) ۰/۹

۲- دیاگرام تک خطی یک سیستم قدرت ساده به صورت شکل زیر داده شده است. راکتانس کل بین ترمینال های مولد تا ترمینال های بار موتوری چند درصد است. مبنای محاسبات را مقادیر نامی مولد سنکرون در نظر بگیرید.



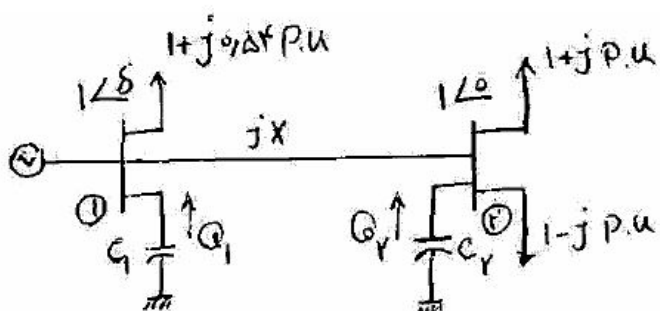
(۱) ۱۴/۵٪

(۲) ۳۴/۶٪

(۳) ۲۶/۶٪

(۴) ۲۲/۵٪

۳- در سیستم دو باسه شکل زیر خط بدون تلف بوده و دارای راکتانس ۰/۲۵ P.U است. اگر مولد این شبکه توان ظاهری P.U $\sqrt{3}$ را در حالت فوق تحریک تولید نماید. توان راکتیو تولیدی هر خازن (Q_2, Q_1) چند P.U است؟

(۱) $Q_2 = Q_1 = ۰/۹$ (۲) $Q_2 = ۰/۹$, $Q_1 = ۰/۵۶$ (۳) $Q_2 = Q_1 = ۰/۵۶$ (۴) $Q_2 = ۰/۵۶$, $Q_1 = ۰/۹$

۴- در شکل زیر خط رفت شامل هادی های ۱ و ۲ بوده که به صورت دو باندله اجرا شده و خط ۳ که به صورت تک باندل است برگشت می باشد. در این شکل اندوکتانس هادی (۲) کدام است؟ (شعاع متوسط هر هادی r' است)

$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D(D+d)}{r'd} \quad (2)$$

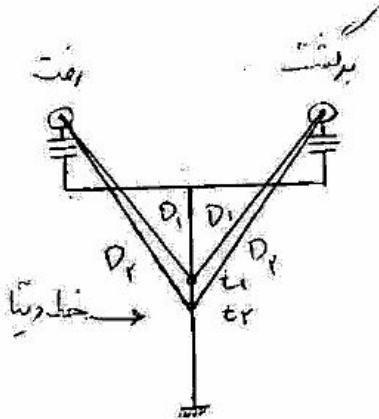
$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D(D+d)}{r'd} \quad (1)$$

$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{r'd}} \quad (4)$$

$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'd} \quad (3)$$



۵- یک خط انتقال دیتا مطابق شکل به طور موازی در زیر یک خط فشار ضعیف تکفاز نصب شده است. ولتاژ القایی در این خط دیتا برحسب فواصل داده شده و جریان عبوری از خط فشار ضعیف کدام است. (از جریان خط دیتا صرف نظر می شود)



$$j\omega 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (۱)$$

$$j\omega 4 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (۲)$$

$$j\omega \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (۳)$$

(۴) صفر

۶- کدام یک از گزینه های زیر در خطوط انتقال صحیح نیست؟

(۱) باندل کردن خطوط اثر فرانتی را تشدید می کند.

(۲) هر چه ارتفاع دکل از سطح زمین بیشتر باشد اثر فرانتی کمتر می شود.

(۳) باندل کردن خطوط موجب خنک تر شدن هادی های هر فاز می شوند.

(۴) در خطوط ترانسپوز شده که دارای جریان های نامتعادل است همواره در هادی های مجاور ولتاژ القاء می گردد.

۷- در خصوص موج منعکسه (بازتاب) در خطوط انتقال بلند کدام گزینه زیر صحیح تر است؟

(۱) اگر خط بدون تلف بوده و به امپدانس موجی خود ختم شود موج بازتاب دارای دامنه حداکثر خواهد بود.

(۲) اگر خط دارای تلفات بوده و به امپدانس مشخصه خود ختم شود موج بازتاب دارای دامنه حداکثر خواهد بود.

(۳) اگر خط دارای تلفات بوده اما بی بار (مدار باز) باشد دامنه موج بازتاب صفر خواهد بود.

(۴) اگر خط بدون تلف بوده و اتصال کوتاه باشد دامنه موج بازتاب صفر نخواهد بود.

۸- در یک خط انتقال انرژی بلند، ماتریس انتقال به صورت زیر داده شده است. اگر بدانیم در این ماتریس همواره $|A| = |B| = 1$ بوده و دامنه ولتاژ دو سر خط نیز در مقادیر نامی خود تثبیت شده باشند در حالتی که توان راکتیو ارسالی از ابتدای خط حداقل است توان اکتیو دریافتی از انتهای خط کدام است؟

$$\begin{bmatrix} |A| & |B| \\ |C| & |D| \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \epsilon \end{bmatrix}$$

$$\sin 2\beta + \cos \beta \quad (۲)$$

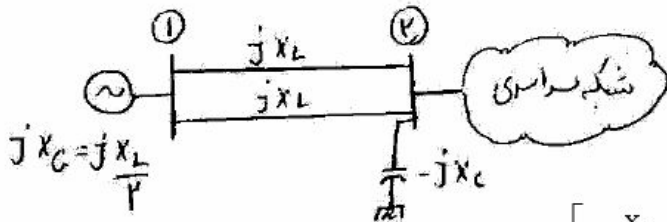
$$2 \cos \beta - \sin \beta \quad (۱)$$

$$2 \cos 2\beta \quad (۴)$$

$$\cos \beta (2 \sin \beta - 1) \quad (۳)$$



۹- در سیستم قدرت شکل زیر دو خط کوتاه بدون تلف نیروگاه را به شبکه سراسری متصل نموده‌اند. اگر از جبرانسازی خازنی با راکتانس $-jX_c$ در انتهای خط استفاده کنیم ماتریس انتقال این سیستم بین پاسبای (۱) و (۲) کدام است؟



$$\begin{bmatrix} 1 - \frac{X_L}{X_c} & jX_L \\ \frac{j}{X_c} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 1 - \frac{X_L}{2X_c} & j\frac{X_L}{2} \\ \frac{j}{X_c} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 1 - \frac{X_c}{2X_L} & j\frac{X_L}{2} \\ \frac{j}{X_c} & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} 1 - \frac{X_L}{2X_c} & \frac{j}{X_c} \\ j\frac{X_L}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

۱۰- در یک خط انتقال بدون تلف $|Z_{SC}| = \frac{1}{3}|Z_{OC}| = 300 \Omega$ است. این خط به ولتاژ ۲۲۵ kV متصل شده و در حال انتقال

حداکثر توان خود بوده که مقدار آن $100\sqrt{3}$ MW است. در این حالت ولتاژ انتهای خط چند کیلو ولت است؟

- (۱) ۲۱۵ kV (۲) ۲۰۰ kV (۳) ۱۸۵ kV (۴) ۲۲۵ kV

۱۱- در یک خط انتقال فشار قوی تک مدار ۴۰۰ kV با هادی‌های باندل شده در حالتی که از اندوکتانس داخلی هادی‌ها صرف‌نظر می‌گردد همواره نسبت فاصله متوسط هندسی به شعاع متوسط هندسی برابر $e^{\frac{1}{2}}$ است. اگر خط بدون تلف بوده و با امپدانس موجی خود بارگذاری شده باشد حداکثر توان تحویلی به بار چند MW است؟

- (۱) $\frac{1600}{\pi}$ MW (۲) $\frac{3200}{\pi}$ MW (۳) $\frac{800}{\pi}$ MW (۴) $\frac{1200}{\pi}$ MW

۱۲- یک خط انتقال فشار قوی دارای تلفات بوده و با امپدانس مشخصه خود بار شده است. در خصوص این خط کدام گزینه زیر صحیح نیست؟

- (۱) با افزایش فاصله نسبت به انتهای خط دامنه جریان خط افزایش می‌یابد.
(۲) با افزایش فاصله نسبت به انتهای خط اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ افزایش می‌یابد.
(۳) با افزایش فاصله نسبت به انتهای خط امپدانس دیده شده به سمت بار همواره ثابت می‌ماند.
(۴) توان راکتیو در ابتدا و انتهای خط با یکدیگر برابر هستند.



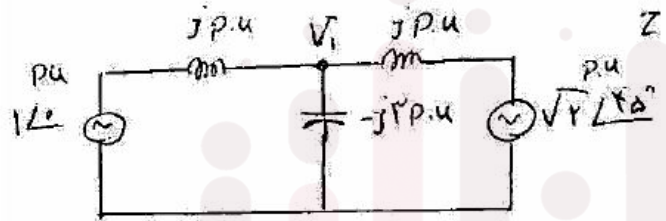
بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۲» صحیح است.

با تبدیل منابع Δ و با خازنی Δ به ستاره و اعمال تحلیل فازی داریم:

$$\frac{1 - \bar{V}_1}{j} + \frac{\sqrt{3} \angle 45^\circ - \bar{V}_1}{j} = \frac{\bar{V}_1}{-j^r} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 + j1 = \frac{\Delta}{3} \bar{V}_1 \Rightarrow |\bar{V}_1| = \frac{3}{\sqrt{5}} \text{ P.U.}$$



حال که ولتاژ دو سر خازن محاسبه شده داریم:

$$Q_c = \frac{|\bar{V}_1|^2}{X_c} = \frac{\left(\frac{3}{\sqrt{5}}\right)^2}{3} = 0.6 \text{ P.U.}$$

چون مدار سه فاز است داریم:

$$Q_{c_{3\phi}} = 3Q_c = 3 \times 0.6 = 1.8 \text{ P.U.}$$

۲- گزینه «۱» صحیح است.

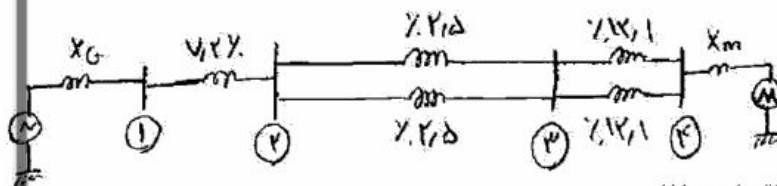
چون راکتانس کل بین ترمینال‌های مولد و موتور خواسته شده راکتانس داخلی خود مولد و خود موتور مدنظر نمی‌باشند لذا:

$$V_{b_1} = 3 \text{ kv} \rightarrow V_{b_r} = 3 \times \frac{240}{36} = 20 \text{ kv} \rightarrow V_{b_r} = 20 \times \frac{11}{22} = 10 \text{ kv}$$

$$Z_{b_r} = \frac{V_{b_r}^2}{S_b} = \frac{20^2}{100} = 400 \Omega \Rightarrow X_{line_1} = X_{line_r} = \frac{10}{400} = 2.5\%$$

$$X_{T_1} = 5\% \times \left(\frac{240}{200}\right)^2 = 7.2\%$$

$$X_{T_r} = X_{T_r} = 5\% \times \left(\frac{220}{200}\right)^2 \times \frac{100}{50} = 12.1\%$$



مدار معادل درصد یا پرفویتی به صورت زیر است:

راکتانس موردنظر صورت مسئله بین باس‌های (۱) و (۴) واقع است لذا:

$$X_{eq} = 7.2\% + \frac{2.5}{2} + \frac{12.1}{2} = 14.5\%$$

۳- گزینه «۲» صحیح است.

توان اکتیو مصرفی بارها در مجموع ۳ PU است که این مقدار باید توسط مولد تولید گردد لذا:

$$P_G = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ P.U}$$

$$S_G = \sqrt{P_G^2 + Q_G^2} \Rightarrow Q_G = 2 \text{ P.U}$$

از آنجایی که در باس (۲) یکی از بارها سلفی و دیگری خازنی بوده و توان راکتیو مشابهی تولید و مصرف می‌کنند پس هیچ توان راکتیوی به منظور مصرف این بارها توسط خازن دوم یا خط تغذیه تولید نمی‌شود پس خازن دوم فقط باید نیمی از توان راکتیو مصرفی خط را تولید کند. نیمی دیگر نیز توسط باس (۱) تولید یا تغذیه می‌شود. ضمناً:

$$P_{12} = 1 + 1 = 2 \text{ P.U} = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin \delta \Rightarrow \delta = 30^\circ$$

$$Q_{12} = \frac{1}{0.25} (1 - 1 \times \cos 30^\circ) = 0.56 \text{ P.U}$$

همین مقدار نیز باید توسط خازن C_2 تولید شود لذا:

$$Q_2 = -j0.56 \text{ P.U}$$

برای محاسبه توان راکتیو خازن C_1 داریم: (دقت شود که چون مولد فوق تحریک پس Q تولید می‌کند)

$$Q_1 = Q_G - (Q_{12} + Q_{Load_1}) = 2 - (0.56 + 0.54) = 0.9 \text{ P.U}$$

۴- گزینه «۴» صحیح است.

در مواردی که اندوکتانس هر هادی (نه هر خط) خواسته می‌شود بهتر است از رابطه شار دور هادی استفاده نمود:

$$\lambda_r = 2 \times 10^{-7} \left(I \ln \frac{1}{r'} + I \ln \frac{1}{d} - 2I \ln \frac{1}{D} \right)$$

$$\lambda_r = 2 \times 10^{-7} I \left(\ln \frac{1}{r'd} - \ln \frac{1}{D^2} \right) \Rightarrow L_r = 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{r'd}}$$

۵- گزینه «۴» صحیح است.

به علت تقارن موجود در شکل ولتاژ القایی در حلقه خط دیتا همواره صفر است.

$$V_{t_{tr}} = j\omega 2 \times 10^{-7} \left(I \ln \frac{D_r}{D_1} - I \ln \frac{D_r}{D_1} \right) = 0$$



۶- گزینه «۴» صحیح است.

در خطوط ترانسپوز شده اگر $I_a + I_b + I_c = 0$ باشد چه جریان‌های متعادل باشند و چه نامتعادل ولتاژ القایی صفر بوده همین طور بسته به آرایش هادی‌های مجاور ممکن است بر اثر ایجاد تقارن ولتاژ القایی صفر شود پس گزینه «۴» عمومیت ندارد.

۷- گزینه «۴» صحیح است.

در موارد مطرح شده در گزینه‌های (۱) و (۲) دامنه موج بازتاب صفر می‌گردد. در گزینه (۳) و (۴) دامنه موج بازتاب صفر نیست.

۸- گزینه «۳» صحیح است.

چون مقادیر ولتاژها نامی فرض شده‌اند $|V_S| = |V_R| = 1$ P.U است. اگر زاویه ولتاژ انتهای خط صفر و ابتدای آن δ باشد به منظور حداقل شدن Q_S ارسالی از ابتدای خط باید شرط $\delta = \frac{\pi}{2} - \beta$ برقرار باشد. با جایگذاری این شرط در معادله P_R داریم:

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - 0)$$

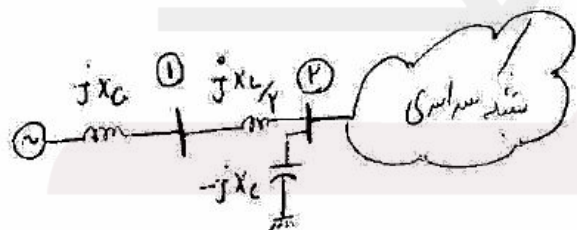
$$= \frac{1 \times 1}{1} \cos\left(\beta - \frac{\pi}{2} + \beta\right) - \frac{1 \times 1^2}{1} \cos\beta = \cos\left(2\beta - \frac{\pi}{2}\right) - \cos\beta$$

$$\Rightarrow P_R = \sin 2\beta - \cos\beta = \cos\beta(2\sin\beta - 1)$$

۹- گزینه «۱» صحیح است.

در حالت کلی باید برآیند سه ماتریس انتقال را محاسبه نمود که در ماتریس به صورت موازی مربوط به خطوط کوتاه بوده و یک ماتریس به صورت سری با دو ماتریس قبلی که مربوط به خازن است. اما چون خطوط کوتاه بوده و به طور موازی با یکدیگر متصل هستند بهتر است ابتدا راکتانس موازی آنها را در نظر گرفته و سپس با خازن برآیند را محاسبه نمود یعنی مدار ساده شده به صورت زیر درمی‌آید.

$$T_{12} = \begin{bmatrix} 1 & j\frac{X_L}{2} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{j}{X_C} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{2} \frac{X_L}{X_C} & j\frac{X_L}{2} \\ \frac{j}{X_C} & 1 \end{bmatrix}$$



دقت شود چون ماتریس بین باس‌های (۱) و (۲) خواسته شده راکتانس مولد وارد محاسبات نمی‌گردد.



۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

$$\begin{cases} Z_{oc} = \frac{A}{C} = \frac{\cos \beta L}{j \frac{\sin \beta L}{Z_c}} \Rightarrow 900 = \frac{Z_c}{\tan \beta L} \Rightarrow \tan \beta L = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ Z_c = \sqrt{Z_{oc} Z_{sc}} = \frac{Z_{oc}}{\sqrt{3}} = \frac{900}{\sqrt{3}} \Omega \Rightarrow \beta L = 30^\circ \end{cases}$$

از طرفی چون توان انتقالی از خط حداکثر است داریم:

$$P_{\max} = \frac{|V_S| |V_R|}{Z_c \sin \beta L} \Rightarrow 100 \sqrt{3} = \frac{225 \times |V_R|}{\frac{900}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2}} \Rightarrow |V_R| = 200 \text{ kV}$$

۱۱- گزینه «۱» صحیح است.

چون خط بدون تلف بوده و با امپدانس موجی بارگذاری شده است. باید SIL خط را به دست آورد. پس ابتدا امپدانس موجی را محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{cases} Z_s = \sqrt{\frac{L}{C}} \\ L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_L} \Rightarrow Z_s = 2 \cdot \pi \ln \frac{GMD}{GMR} \\ C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{GMD}{GMR_c}} \\ GMR_L = GMR_c \end{cases}$$

SIL خط برابر است با:

$$SIL = \frac{|V_R|^2}{Z_s} = \frac{|V_R|^2}{2 \cdot \pi \ln \frac{GMD}{GMR}} = \frac{400^2}{2 \cdot \pi \ln e^8} = \frac{400^2}{100 \cdot \pi} = \frac{1600}{\pi} \text{ (MW)}$$

۱۲- گزینه «۲» صحیح است.

در بارگذاری با امپدانس مشخصه در خطوط دارای تلفات همواره اختلاف زاویه بین ولتاژ و جریان خط در تمامی نقاط آن ثابت بوده و برابر صفر است.



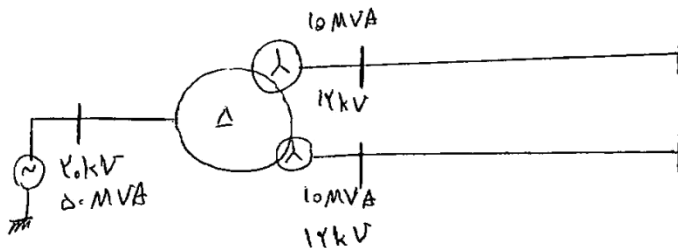
بررسی سیستم های قدرت

۱ - یک مصرف کننده جریان متناوب را می توان به صورت یک مدار RL سری مدل نمود اگر ضریب قدرت این مصرف کننده $\frac{\sqrt{3}}{2}$

پس فاز باشد با تغییر 0.5% در دامنه ولتاژ چند درصد قدرت راکتیو تغییر می کند؟

- (۱) 0.8 (۲) 1.7 (۳) 0.5 (۴) 1

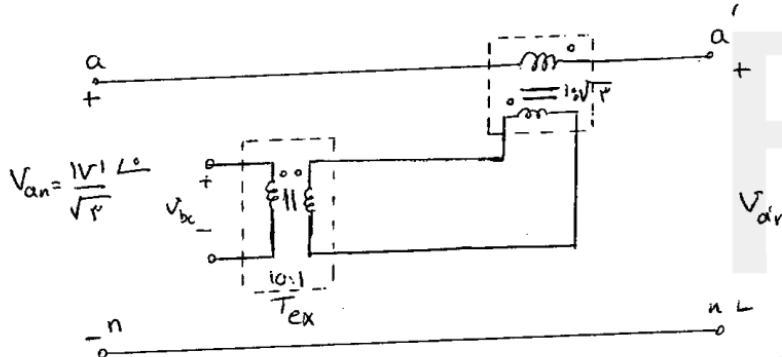
۲ - یک ترانسفورماتور سه سیم پیچه با اطلاعات داده شده در شکل زیر موجود است. در این ترانسفورماتور امپدانس نشستی ثالثیه برحسب مقادیر پایه مولد سنکرون موجود چند درصد است؟



- (۱) 18 (۲) 10.8 (۳) 54 (۴) 27

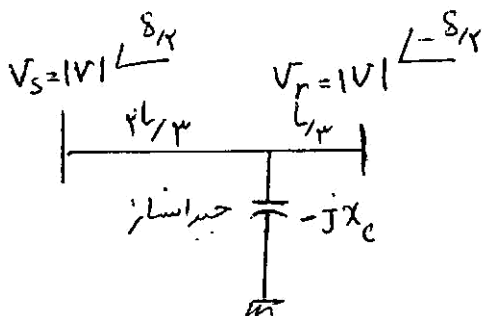
- $Z_{ps} = 5\%$ (a) $24 \text{ kV} - 20 \text{ MVA}$
 $Z_{pt} = 4\%$ (a) $24 \text{ kV} - 20 \text{ MVA}$
 $Z_{st} = 3\%$ (a) $12 \text{ kV} - 10 \text{ MVA}$

۳ - در ترانسفورماتور تنظیم شکل زیر شیفت فازی ایجاد شده نسبت به ورودی چقدر است؟



- (۱) $\tan^{-1} \cdot 1/\sqrt{3}$
 (۲) $-\tan^{-1} \cdot 1/\sqrt{3}$
 (۳) $\tan^{-1} \cdot 3$
 (۴) $-\tan^{-1} \cdot 3$

۴ - اگر در قسمتی از یک خط انتقال به طول L که دارای راکتانس X است جبران سازی به صورت زیر نصب کنیم توان انتقالی از این خط چند درصد تغییر می کند؟ ($|X_c| = 2|X|$)



- (۱) $12/5\%$ کاهش می یابد.
 (۲) $14/75\%$ کاهش می یابد.
 (۳) $12/5\%$ افزایش می یابد.
 (۴) $14/75\%$ افزایش می یابد.



۵ - ماتریس انتقال در یک خط بلند به صورت زیر داده شده است. اگر در ابتدای این خط خازنی سری به منظور جبران سازی توان راکتیو نصب گردد با فرض اینکه درصد جبران سازی این خازن ۲۵٪ باشد ماتریس انتقال جدید خط با تقریب مناسب کدام است؟

$$T = \begin{bmatrix} 1 \angle 5^\circ & 100 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1 \angle 5^\circ \end{bmatrix}$$

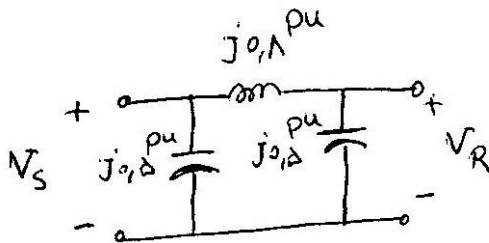
$$\begin{bmatrix} 3 \angle 5^\circ & 75 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 3 \angle 5^\circ \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 1 \angle 5^\circ & 25 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1 \angle 5^\circ \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} 3 \angle 5^\circ & 25 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1 \angle 5^\circ \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 1 \angle 5^\circ & 75 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1/0.2 \angle 4/8^\circ \end{bmatrix} \quad (3)$$

۶ - مدل π یک خط انتقال بلند بدون تلف به صورت شکل زیر داده شده است. اگر بخواهیم اثر فرانتی این خط را طوری جبران کنیم که ولتاژ بی باری انتهای خط حداکثر ۱/۲۵ P.U. باشد راکتور شنت مورد نیاز دارای راکتانس چند P.U. باید باشد؟



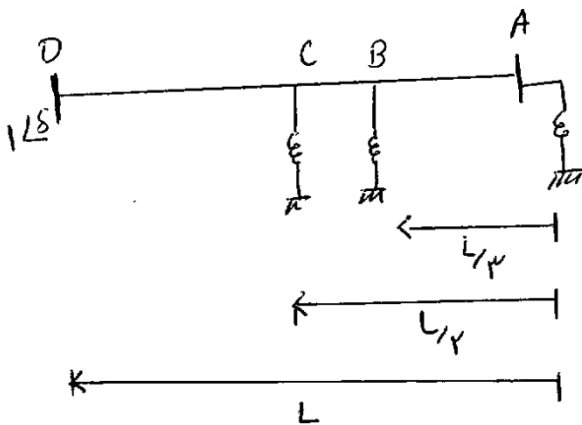
(۱) ۲ j

(۲) ۴ j

(۳) ۱ j

(۴) ۳ j

۷ - در سیستم قدرت شکل زیر از تعدادی راکتور شنت جهت تثبیت ولتاژ نقاط A و B و C در ۱ P.U. استفاده شده است. حداقل اضافه ولتاژ پدید آمده در این شبکه چند P.U. است؟



$$\frac{1}{\cos \frac{BL}{12}} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\cos \frac{BL}{4}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\cos \frac{BL}{6}} \quad (3)$$

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

۸ - یک خط انتقال بدون تلف بلند ۲۳۰ kV دارای ماتریس انتقالی به صورت زیر می باشد. این خط در انتهای خود بار ۵۰۰ MW را تحت ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز تغذیه می کند. اگر بخواهیم ولتاژ انتهای خط در حالت بارداری در ۱ P.U. تثبیت گردد توان راکتیو تولیدی خازن جبران ساز مورد نیاز چند P.U. می باشد؟

$$T = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} \angle 8^\circ & 52.9 \angle 38^\circ \\ C \angle \theta_0 & D \angle \theta_0 \end{bmatrix}$$

(۴) ۵۰۰

(۳) ۸۷۵

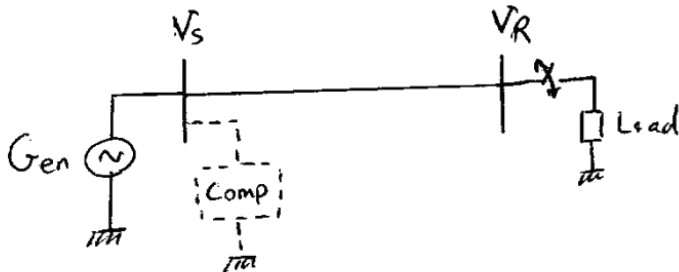
(۲) ۱۰۰۰

(۱) ۱۲۵



- ۹ - یک خط انتقال بلند از طریق یک مولد سنکرون مطابق شکل زیر باری را تغذیه می کند اگر بخواهیم در هنگام بی باری شبکه مولد سنکرون در حالت فوق تحریک بماند چه جبران سازی باید در ابتدای خط اضافه نمود؟

$$T = \begin{bmatrix} 1 + j0.2 & j1 \\ C & D \end{bmatrix}$$



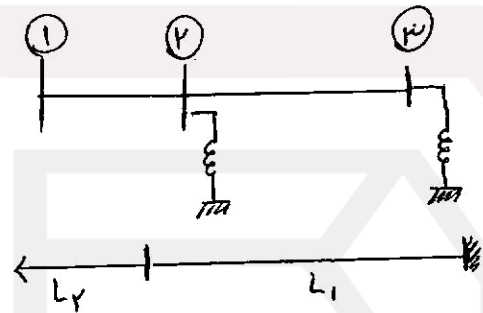
- (۱) جبران ساز خازنی با راکتانس بیشتر از $\frac{20}{9}$ P.U
- (۲) جبران ساز سلفی با راکتانس بیشتر از $\frac{20}{9}$ P.U
- (۳) جبران ساز خازنی با راکتانس کمتر از $\frac{20}{9}$ P.U
- (۴) جبران ساز سلفی با راکتانس کمتر از $\frac{20}{9}$ P.U

- ۱۰ - در سیستم قدرت شکل زیر جبران ساز اثر فرانتی در باس بارهای ۳ و ۲ نصب شده به طوری که ولتاژ این شین ها را در مقدار ۱ P.U تثبیت نمایند حداکثر اضافه ولتاژ در این خط چند درصد است؟ (ماتریس انتقال بدون در نظر گرفتن جبران سازها به صورت زیر است):

$$T_{12} = \begin{bmatrix} 0.5 & j1.5 \\ j0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

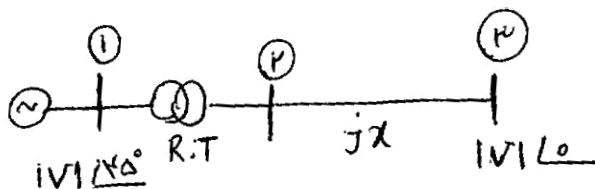
$$T_{23} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & j2 \\ j\frac{1}{4} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos \frac{\pi}{12} = 0.96 \\ \cos \frac{\pi}{8} = 0.92 \\ \cos \frac{\pi}{6} = 0.86 \end{pmatrix}$$



- (۱) ۸٪ (۲) ۱۵٪ (۳) ۱۲٪ (۴) ۴٪

- ۱۱ - در سیستم قدرت شکل زیر ترانسفورماتور تنظیم ایده آل قادر است در محدوده ۱۰٪ ولتاژ نامی، ولتاژ باس (۲) را تنظیم نموده و زاویه ولتاژ این باس را نیز می توان $\pm 15^\circ$ تغییر دهد، نسبت حداکثر توان اکتیو قابل انتقال به مقدار حداقل توان اکتیو قابل انتقال کدام است؟



- (۱) ۱/۸۶
- (۲) ۵/۶۱
- (۳) ۱/۴۱
- (۴) ۲/۱۱

- ۱۲ - در خصوص جبران سازی در خطوط بلند کدام گزینه زیر صحیح نیست؟

- (۱) جبران سازی خازنی سری موجب افزایش سطح اتصال کوتاه در سمت گیرنده می شود.
- (۲) جبران سازی خازنی موازی درست فرستنده هیچ تأثیری بر جریان اتصال کوتاه ندارد.
- (۳) جبران سازی خازنی موازی در سمت گیرنده هیچ تأثیری بر جریان اتصال کوتاه ندارد.
- (۴) جبران سازی خازنی موازی در وسط خط موجب افزایش جریان اتصال کوتاه می گردد.



بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۲» صحیح است.

در مدار RL سری می‌توان قدرت راکتیو را به صورت زیر به دست آورد:

$$Q = \frac{x|V|^2}{R^2 + x^2} \Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial |V|} = \frac{\Delta Q}{\Delta |V|} = \frac{2|V|x}{R^2 + x^2}$$

از طرفی با توجه به ضریب قدرت بار داریم:

$$\begin{cases} \tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{x}{R} \\ \varphi = \cos^{-1} \frac{\sqrt{3}}{2} = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{x}{R} \Rightarrow R = x\sqrt{3}$$

با جایگذاری در رابطه اول داریم:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta Q}{\Delta |V|} &= \frac{\sqrt{3}|V|}{2x} \\ Q &= \frac{x|V|^2}{R^2 + x^2} = \frac{|V|^2}{4x} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta |V|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|V|}{\frac{|V|^2}{4Q}} = 2\sqrt{3} \frac{Q}{|V|}$$

جهت اعمال تغییرات ۵٪ در ولتاژ داریم:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = 2\sqrt{3} \frac{\Delta |V|}{|V|} \xrightarrow{\frac{\Delta |V|}{|V|} = 5\%} \frac{\Delta Q}{Q} = \sqrt{3} \% \approx 1.7\%$$

۲- گزینه «۱» صحیح است.

امپدانس نشتی ثالثیه را با توجه به مدار معادل ترانسفورماتور سه سیم پیچه می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$Z_t = \frac{1}{3} (Z_{pt} + Z_{st} - Z_{ps})$$

که هر سه مقدار Z_{st} و Z_{pt} و Z_{ps} در صورت مسئله داده شده‌اند فقط باید همگی بر مبنای مقادیر نامی مولد سنکرون پریونیت شوند لذا:

$$\left. \begin{aligned} Z_{ps}^{new} &= 5\% \times \left(\frac{24}{20}\right)^2 \times \frac{50}{20} = 18\% \\ Z_{st}^{new} &= 4\% \times \left(\frac{12}{10}\right)^2 \times \frac{50}{20} = 14/4\% \\ Z_{pt}^{new} &= 3\% \times \left(\frac{12}{10}\right)^2 \times \frac{50}{10} = 21/6\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow Z_t = \frac{1}{3} (21/6 + 14/4 - 18) = 18\%$$

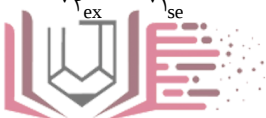
۳- گزینه «۴» صحیح است.

با توجه به ولتاژ فاز a داریم:

$$V_{an} = \frac{|V|}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \Rightarrow V_{bc} = |V| \angle -90^\circ$$

با توجه به نسبت تبدیل ترانسفورماتور تحریک (T_{ex}) داریم:

$$V_{ex} = V_{se} = \frac{|V| \angle -90^\circ}{10}$$



چون نسبت تبدیل ترانسفورماتور سری (T_{se}) که $\sqrt{3}:1$ است داریم:

$$\Delta V_{bc} = V_{r_{se}} = 0.1 \sqrt{3} |V| \angle -90^\circ$$

با توجه به نقطه گذاری های صورت گرفته روی ترانسفورماتورها می توان $\vec{V}_{a'n}$ را به صورت زیر به دست آورد:

$$\vec{V}_{a'n} = \vec{V}_{an} + \Delta \vec{V}_{bc} = \frac{|V|}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ + 0.1 \sqrt{3} |V| \angle -90^\circ = \frac{|V|}{\sqrt{3}} - j 0.1 \sqrt{3} |V|$$

$$\angle \vec{V}_{a'n} = -\tan^{-1} \frac{0.1 \sqrt{3} |V|}{\frac{|V|}{\sqrt{3}}} = -\tan^{-1} 0.3$$

۴- گزینه «۳» صحیح است.

با توجه به محل نصب جبران ساز و راکتانس کل خط (X) داریم:

$$X_{se} = \frac{\left(j \frac{2}{3} X \times j \frac{X}{3} \right) + \left(j \frac{X}{3} \times -j X_c \right) + \left(j \frac{2}{3} X \times -j X_c \right)}{-j X_c} = \frac{\frac{2}{9} X^2 - X X_c}{-X_c}$$

با توجه به اینکه $|X_c| = 2 |X|$ است داریم:

$$X_{se} = \frac{1}{9} X$$

یعنی راکتانس سری بین دو باس نسبت به حالتی که جبران ساز وجود ندارد $\frac{1}{9}$ برابر است. لذا:

$$\frac{P_{new}}{P_{old}} = \frac{X_{old}}{X_{new}} = \frac{X}{\frac{1}{9} X} = \frac{9}{1} = 9 \Rightarrow P_{new} = 9 P_{old}$$

یعنی توان انتقالی ۹٪ افزایش می یابد.

۵- گزینه «۳» صحیح است.

از آنجایی که درایه B در ماتریس انتقال خط بیانگر X (یا X') خط است داریم:

$$X' = 100 \Omega$$

درصد جبران خازن سری ۲۵٪ است لذا:

$$K = \frac{X_{se}}{X'} = 0.25 \Rightarrow X_{se} = 25 \Omega$$

با توجه به ماتریس انتقال خازن سری که به صورت $\begin{bmatrix} 1 & -j25 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ در می آید داریم:

$$T_{new} = \begin{bmatrix} 1 \angle 5^\circ & 100 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1 \angle 5^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -j25 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \angle 5^\circ & 75 \angle 90^\circ \\ 0.001 \angle 90^\circ & 1.02 \angle 4.8^\circ \end{bmatrix}$$

از آنجایی که نصب جبران ساز سری در ابتدا یا انتهای خط تقارن خط را از بین می برد $A \neq D$ گزینه های ۲ و ۴ حتماً اشتباه هستند.

۶- گزینه «۲» صحیح است.

راکتانس راکتور شنت به منظور تثبیت ولتاژ انتهای خط در مقدار مورد نظر برابر است با:

$$X_{sh} = \frac{B}{\frac{V_s}{V_R} - A}$$



از طرفی طبق مدار معادل داده شده (با توجه به ماتریس T خط) داریم:

$$B = Z' = x' = j \cdot 0.8 \text{ P.U.}$$

$$A = 1 + \frac{YZ}{\gamma} = 1 + j \cdot 0.5 \times j \cdot 0.8 = 0.6$$

$$x_{sh} = \frac{j \cdot 0.8}{\frac{1}{1/25} - 0.6} = j 4 \text{ P.U.}$$

۷- گزینه «۱» صحیح است.

ولتاژ در نقاط A و B و C و D در مقدار ۱ P.U. تثبیت است. لذا اضافه ولتاژها در بین این نقاط رخ می دهند هر چه طول بین دو نقطه تثبیت شده بیشتر باشد اضافه ولتاژ پدید آمده در بین این دو نقطه (در وسط این دو نقطه) بیشتر شده و برعکس. لذا طبق شکل حداقل اضافه ولتاژ در وسط نقاط B و C که

طولی به اندازه $L_{BC} = \frac{L}{2} - \frac{L}{3} = \frac{L}{6}$ دارد رخ می دهد مقدار این ولتاژ برابر است با:

$$V = \frac{V_c}{\cos \frac{BL_{BC}}{2}} = \frac{1}{\cos \frac{BL}{12}}$$

۸- گزینه «۳» صحیح است.

ابتدا باید زاویه انتقال توان را با شرط $|V_S| = |V_R| = 1 \text{ P.U.}$ به دست آورد لذا:

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos(\theta_B - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\theta_B - \theta_A)$$

$$500 = \frac{230 \times 230}{52/9} \cos(38^\circ - \delta) - \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \times 230^2}{52/9} \cos(38^\circ - 8^\circ)$$

$$500 = 1000 \cos(38^\circ - \delta) - 500 \Rightarrow \delta = 38^\circ$$

حال می توان قدرت راکتیو مورد نیاز در انتهای خط را جهت تثبیت ولتاژ در ۱ P.U. (۲۳۰ KV) به دست آورد:

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin(\theta_B - \delta) - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\theta_B - \theta_A)$$

$$Q_R = \frac{230 \times 230}{52/9} \sin(38^\circ - 38^\circ) - \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \times 230^2}{52/9} \sin(38^\circ - 8^\circ) = -500 \text{ MVAR}$$

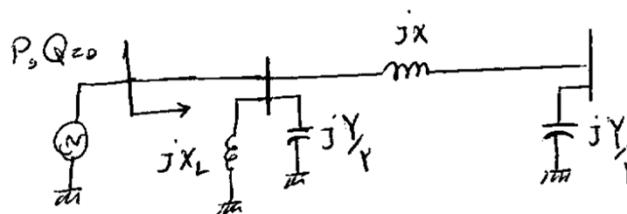
یعنی اگر در سمت مصرف ۵۰۰ MVAR تولید Q داشته باشیم ولتاژ باس مصرف در ۱ P.U. تثبیت می گردد لذا چون بار نیز خود سلفی یا پس فاز است لذا جبران ساز مورد بحث باید توان راکتیو آن را نیز تولید نماید لذا:

$$Q_{comp} = Q_R + Q_{Load} = 500 + \frac{500}{0.8} = 1125 \text{ MVAR}$$

۹- گزینه «۴» صحیح است.

اگر بخواهیم مولد سنکرون در حالت فوق تحریک باقی بماند باید در حالت بی باری جبران سازی سلفی در سمت مولد قرار داد تا علاوه بر مصرف Q تولیدی خازن های خط مقداری نیز از مولد توان راکتیو بکشد لذا می توان در حالت حدی (Q مولد صفر) مدار را به صورت زیر در نظر گرفت:

$$Z_{in} = \infty \text{ or } Y_{in} = 0$$



یعنی باید ادمیتانس ورودی از دید مولد بی‌نهایت گردد لذا ابتدا از ماتریس T مقادیر المان‌ها را استخراج می‌کنیم.

$$Z = jX = j \quad P.U$$

$$1 + \frac{YZ}{Y} = 1 + j \cdot 0.2 \Rightarrow \frac{Y}{Y} = 0.2 \quad \text{و}$$

$$Y_{in} = \frac{1}{jX - j\frac{Y}{Y}} + j\frac{Y}{Y} + \frac{1}{jX_L} = 0 \longrightarrow X_L = \frac{100}{45} = \frac{20}{9} \quad P.U.$$

اگر با $X_L < \frac{20}{9} \quad P.U$ گردد توان راکتیو مصرفی آن بیش از تولیدی خازن ها شده لذا باید توسط مولد تأمین گردد پس مولد به ناحیه فوق تحریک می‌رود.

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

واضح است که در دو نقطه یکی وسط خط ۱-۲ و دیگری وسط خط ۲-۳ ولتاژ بالاتر $1 \quad P.U$ می‌گردد باید ببینیم کدام یک بیشتر است.

$$\begin{cases} V_{\max_{1-2}} = \frac{1}{\cos \frac{BL_{12}}{2}} \\ \cos BL_{12} = 0.5 \Rightarrow BL_{12} = \frac{\pi}{3} \end{cases} \Rightarrow V_{\max_{1-2}} = \frac{1}{\cos \frac{\pi}{6}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15 \quad P.U$$

$$\begin{cases} V_{\max_{2-3}} = \frac{1}{\cos \frac{BL_{23}}{2}} \\ \cos BL_{23} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow BL_{23} = \frac{\pi}{4} \end{cases} \Rightarrow V_{\max_{2-3}} = \frac{1}{\cos \frac{\pi}{8}} = \frac{100}{92} = 1.08 \quad P.U$$

پس حداکثر اضافه ولتاژ در وسط خط ۱-۲ رخ داده و برابر ۱.۱۵٪ است.

۱۱- گزینه «۴» صحیح است.

طبق توضیحات صورت تست داریم:

$$V_{\max} = 1/1 \quad |V| \quad |45+15|$$

$$V_{\min} = 0/9 \quad |V| \quad |45+15|$$

با جایگذاری در رابطه توان انتقالی داریم:

$$\begin{aligned} P_{23\max} &= \frac{|V| \times 1/1 \quad |V|}{X} \sin(45+15) \\ P_{23\min} &= \frac{|V| \times 0/9 \quad |V|}{X} \sin(45-15) \end{aligned} \Rightarrow \frac{P_{23\max}}{P_{23\min}} = \frac{1/1 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{0/9 \times \frac{1}{2}} = \frac{11}{9} \sqrt{3} \approx 2.11$$

۱۲- گزینه «۴» صحیح است.

موارد مطرح شده در گزینه‌های ۱ و ۲ و ۳ کاملاً صحیح بوده اما در گزینه «۴» با توجه به میزان جبران‌سازی ممکن است با نصب جبران‌ساز در وسط خط جریان اتصال کوتاه افزایش یا کاهش یابد.



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؟

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

$$j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 10 & -22 & 10 \\ 4 & 10 & -14 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$j \begin{bmatrix} -18 & 10 & 4 \\ 10 & -14/5 & 2/5 \\ 4 & 10 & -14 \end{bmatrix} \quad (4)$$

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

$$j \begin{bmatrix} -16 & 10 & 4 \\ 4 & -10 & 14 \\ 10 & 22 & -10 \end{bmatrix} \quad (3)$$

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؟

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

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

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_{44} ماترس امپدانس جدید شبکه کدام است؟

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

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

$$j \quad (3)$$

$$\frac{j}{2} \quad (2)$$

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

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

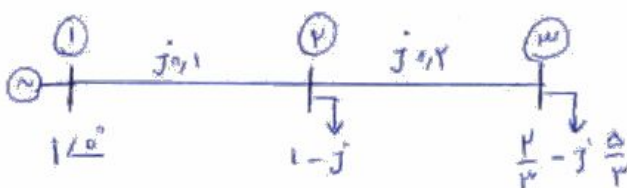
$$V_p^{(0)} = V_p^{(0)} = 1 \angle 0 \quad \text{در نظر گرفته شود}$$

$$0.6 - j0.2 \quad (1)$$

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

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

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



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 جبرانسازی 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 جبرانساز 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 (pu)	$1.02 \angle 15^\circ$	$0.98 \angle 0^\circ$	$1.05 \angle 14^\circ$	$0.9 \angle 0^\circ$

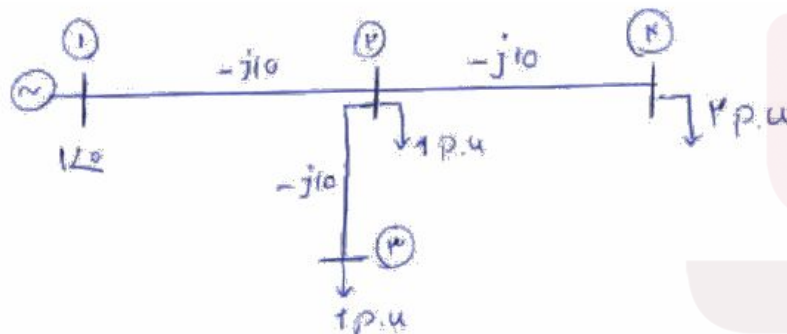
(۴) ۶۰٪ کاهش

(۳) ۶۰٪ افزایش

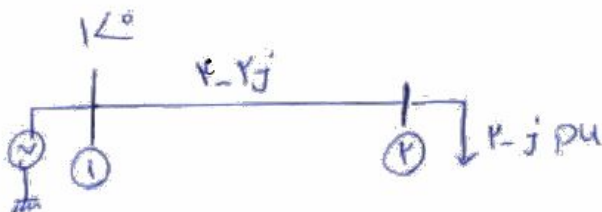
(۲) ۳۰٪ کاهش

(۱) ۳۰٪ افزایش

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

(۱) -15° (۲) -30° (۳) $-22/5^\circ$ (۴) $-7/5^\circ$

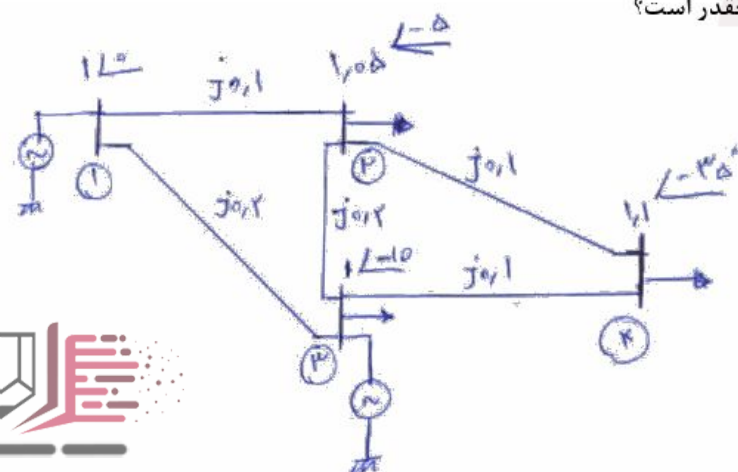
۷ - اگر در شبکه دو باسه شکل زیر از پخش بار مجزای سریع استفاده گردد در تکرار k ام $Q_r^{(k)} = 3$ و $|V_r^{(k)}| = 1/2$ به دست می‌آید. در این صورت $V_r^{(k+1)}$ کدام است؟



(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) $\frac{-11\sqrt{3}}{2}$ (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 در ماتریس ژاکوبین پخش بار این شبکه کدام است؟

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

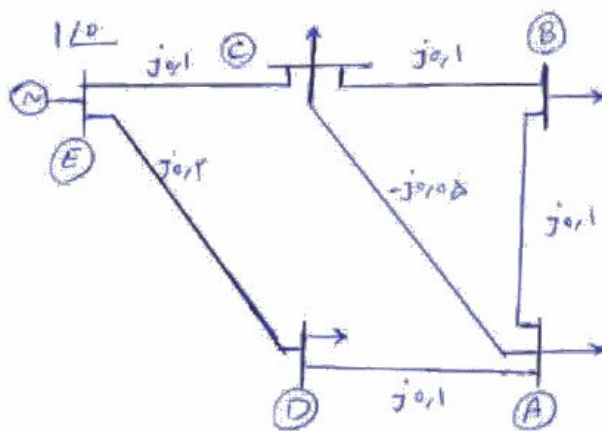
(۴) 16×16 (۳) 19×16 (۲) 19×14 (۱) 16×19

- ۱۰ - در مطالعات پخش بار به روش نیوتن رافسون اگر معادلات را به فرم زیر خطی کنیم برای محاسبه عناصر قطری ماتریس J به چه کمباتی 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 ادیمیتانس خودی باس A در ماتریس ادیمیتانس در کدام گزینه صحیح تر بیان شده است؟ (مقادیر ادیمیتانس خطوط روی شکل مشخص شده‌اند)



- (۱) ۲۰ j
(۲) صفر
(۳) -j ۱۰
(۴) -j ۱۵

- 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.

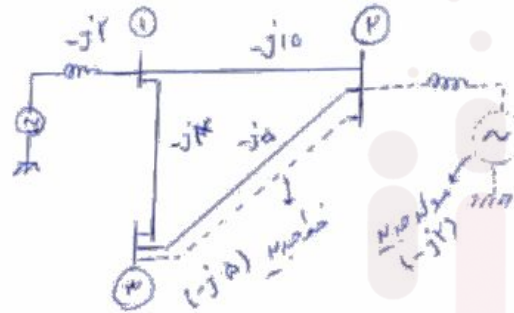


بررسی سیستم‌های قدرت

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:

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



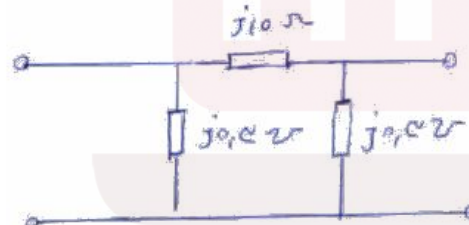
۲- گزینه «۴» صحیح است.

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

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

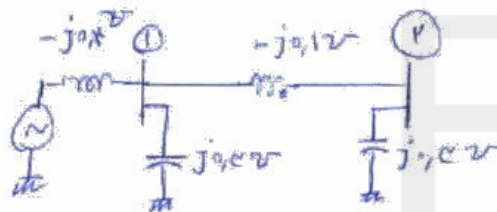
$$B = Z = j10$$

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



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:

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

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.



$$V_r^{(1)} = \frac{1}{y_{rr}} \left(\frac{P_r - jQ_r}{V_r^{*(0)}} - y_{r1} V_1^{(0)} - y_{r2} V_2^{(0)} \right) = \frac{1}{-j15} \left(\frac{-1+j}{1} - (j1 \times 1) - (j5 \times 1) \right) = \frac{-1-j14}{-j15} = \frac{14}{15} - j \frac{1}{15}$$

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

$$= \frac{1}{-j5} (-1 - j3) = 0.6 - j0.2 \text{ P.U}$$

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 حالت 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:

$$P_r = B_{r1} (\delta_r - \delta_1) + B_{r3} (\delta_r - \delta_3) + B_{rf} (\delta_r - \delta_f) \Rightarrow -1 = 10 \delta_r + 10 (0.1) + 10 (0.2)$$

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

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

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:

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

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

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_2 برابر $(20-1) \times (20-1-5)$ یعنی 19×14 است اما چون در تکرار k آن 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_2 برابر $(20-1) \times (20-1-3)$ یا 19×16 است.

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

در ماتریس J_2 داریم:

$$J_3 : \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = P_i - |V_i|^2 G_{ii}$$

طبق این روابط جهت محاسبه عناصر قوای ماتریس J_3 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:

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

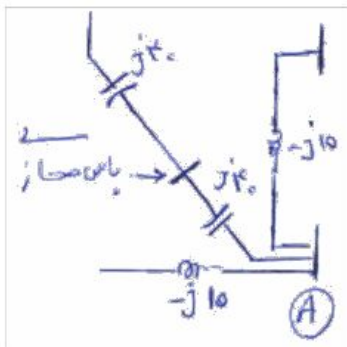
دقت شود که در حالتی که میتوان باس مجازی را در هر جای از خط واصل بین دو شینه فرض نمود

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 امپدانس 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 امپدانس نیز به راحتی می‌توان از روش‌های N.R و G.S استفاده نمود.



بررسی سیستم های قدرت

- ۱- ماتریس ادمیتانس یک شبکه چهار باسه به صورت زیر داده شده است. کدام یک از شین های این شبکه را می توان بدون ایجاد خطا در محاسبات حذف نمود:

$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -8 & 4 & 0 & 5 \\ 4 & -5 & 3 & 3 \\ 0 & 3 & -5 & 2 \\ 5 & 3 & 2 & -9 \end{bmatrix}$$

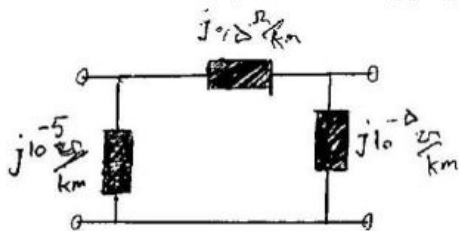
(۴) شین ۳

(۳) شین ۱

(۲) شین ۲

(۱) شین ۴

- ۲- در یک خط انتقال ۲۳۰ kV که مدار معادل فازي آن به صورت شکل زیر داده شده و دارای طول ۱۰۰ km است. چند MVAR توان راکتیو از انتهای خط جذب گردد تا ولتاژ بی باری در مقدار نامی تثبیت گردد؟



(۲) ۲۶/۴۵

(۱) ۵۲/۹۰

(۴) ۵/۷۵

(۳) ۱۳/۲۲۵

- ۳- در یک خط انتقال کوتاه اگر خازنی سری نصب گردد توان انتقالی آن خط ۴ برابر می گردد. میزان یا درصد جبران سازی این خط کدام است؟

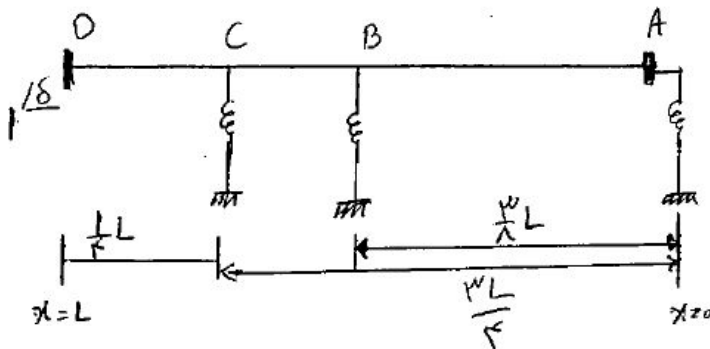
(۴) ۸۵٪

(۳) ۱۵٪

(۲) ۷۵٪

(۱) ۲۵٪

- ۴- در خط بلند شکل زیر به منظور کنترل اضافه ولتاژ در حالت بی باری تعدادی راکتور شنت نصب گردیده است. حداکثر اضافه ولتاژ ایجاد شده در این خط چند P.U است؟ (فرض کنید راکتورها طوری سایز شده اند که ولتاژ ترمینال های آن ۱ P.U است)



$$\frac{1}{\cos \frac{BL}{8}} \quad (1)$$

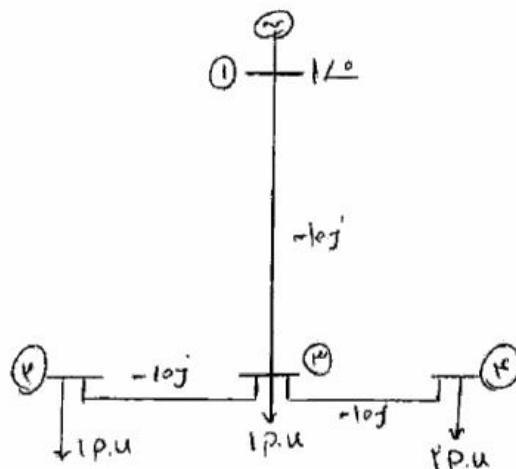
$$\frac{1}{\cos \frac{3BL}{16}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\cos \frac{3BL}{8}} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\cos \frac{BL}{16}} \quad (4)$$

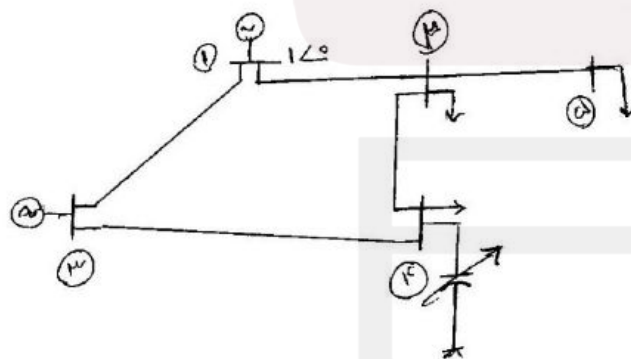


۵ - در شبکه شکل زیر اگر از پخش بار DC استفاده گردد زاویه ولتاژ باس (۴) چند درجه خواهد بود؟ ($\pi = 3$)

(۱) -36° (۲) -45° (۳) -15° (۴) -30°

۶ - در شبکه ۵ باسه شکل زیر اگر از پخش بار به روش نیوتن رافسون استفاده کنیم ابعاد ماتریس L کدام است؟

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix}$$

(۱) 4×4 (۲) 2×4 (۳) 2×2 (۴) 4×2

۷ - معادلات پخش بار به روش نیوتن رافسون یک شبکه به صورت زیر داده شده است. اگر بخواهیم این شبکه را به روش مجزای سریع تحلیل کنیم، کدام یک از زیرماتریس‌های ژاکوبین داده شده صفر فرض می‌شوند.

$$\begin{bmatrix} \Delta Q \\ \Delta P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

A, C (۴)

D, B (۳)

B, C (۲)

A, D (۱)

۸ - ماتریس ادمیتانس یک شبکه ۳ شینه به صورت زیر است. ادمیتانس بین شین (۲) و زمین چند اهم است؟

$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -20 & 10 & 10 \\ 10 & -20 & 10 \\ 10 & 10 & -20 \end{bmatrix}$$

(۴) صفر

(۳) $-j 10$ (۲) $j 20$ (۱) $j 10$ 

۹- ماتریس امیدانس شبکه‌ای به صورت زیر داده شده است. اگر شین‌های ۳ و ۴ این شبکه از نوع شین تزریق صفر (شین ارتباطی) باشند ماتریس ادمیتانس شبکه حاصل از حذف این دو شین کدام است؟

$$Z_{bus} = j \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$j \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

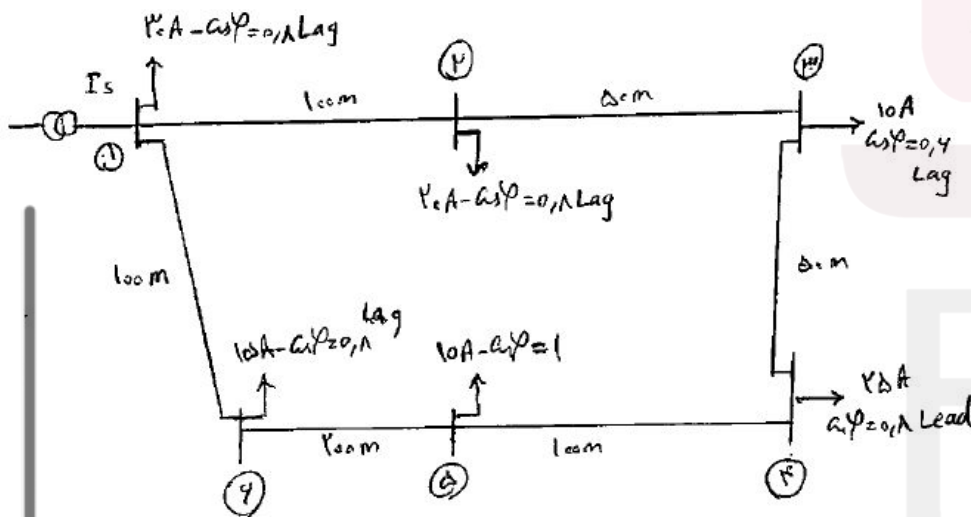
$$j \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$j \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$j \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

۱۰- در سیستم توزیع شکل زیر جریانی که توسط ترانسفورماتور تغذیه به شکل تزریق می‌گردد (I_S) کدام است. (امیدانس واحد

طول را $1 + j0.8 \frac{\Omega}{km}$ در نظر بگیرید)



$$64 + j14 A \quad (2)$$

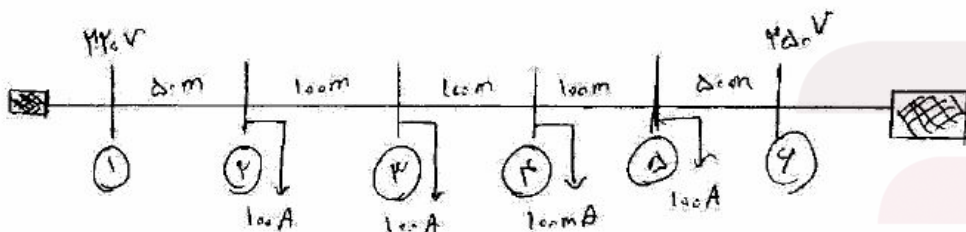
$$88 - j32 A \quad (4)$$

$$64 - j14 A \quad (1)$$

$$88 + j32 A \quad (3)$$

۱۱- در شبکه دو سوء تغذیه شکل زیر مقاومت اهمی واحد طول خط $1 \frac{\Omega}{km}$ بوده و راکتانس آن صرف نظر می‌گردد. ولتاژ نقطه زرف

این شبکه چند ولت است؟



$$214.5 V \quad (1)$$

$$211.25 V \quad (2)$$

$$210.25 V \quad (3)$$

$$218.5 V \quad (4)$$



۱۲- هزینه تولید دو واحد نیروگاهی به صورت زیر داده شده است. اگر این دو واحد توان 800 MW را به شبکه تحویل دهند، سهم هر واحد چند MW می باشد تا توزیع توان بین آنها اقتصادی گردد؟

$$C_1 = 0.06 P_1^2 + 25 P_1 + 800 \frac{\text{Rials}}{\text{h}}$$

$$C_2 = 0.075 P_2^2 + 40 P_2 + 1200 \frac{\text{Rials}}{\text{h}}$$

(۲) $300 \text{ MW} - 500 \text{ MW}$

(۱) $400 \text{ MW} - 400 \text{ MW}$

(۴) $480 \text{ MW} - 320 \text{ MW}$

(۳) $260 \text{ MW} - 540 \text{ MW}$



بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۴» صحیح است.

سطری که مجموع درایه‌های آن صفر شود شین متناظر با آن قابل حذف کردن است. در ماتریس داده شده مجموع درایه‌های سطر (۳) صفر می‌شود پس شین (۳) را می‌توان حذف نمود.

۲- گزینه «۲» صحیح است.

جهت تثبیت ولتاژ انتهای خط در ۱ P.U یا مقدار نامی مقدار راکتانس موازی سلفی مورد نیاز در انتهای خط برابر است با:

$$X_{sh} = -\frac{2}{Y} = -\frac{2}{j 10^{-5} \times 100} = j 2000 \Omega$$

$$Q_{comp} = \frac{23.2}{2} = 26.45 \text{ MVAR}$$

۳- گزینه «۲» صحیح است.

اگر راکتانس خط در حالت اصلی (بدون جبران سری)، X_1 و پس از جبران سازی سری را X_2 بنامیم داریم:

$$P_1 = \frac{V_s V_R}{X_1} \sin \delta$$

$$P_2 = \frac{V_s V_R}{X_2} \sin \delta \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{X_2}{X_1} \xrightarrow{P_2 = 4P_1} X_2 = \frac{1}{4} X_1$$

از طرفی می‌دانیم در جبران سازی سری:

$$X_2 = X_1 - X_c \Rightarrow X_c = \frac{3}{4} X_1 \Rightarrow k = \frac{3}{4} \quad \text{یا} \quad 75\%$$

یعنی ۷۵٪ از راکتانس خط جبران شده یا درصد جبران سازی ۷۵٪ است.

۴- گزینه «۲» صحیح است.

ولتاژ در نقاط A و B و C و D در مقدار ۱ P.U تثبیت شده است. لذا اضافه ولتاژ در بین این نقاط رخ می‌دهد. هر چه طول بین دو نقطه تثبیت شده بیشتر باشد اضافه ولتاژ پدید آمده در بین این دو نقطه (در وسط این دو نقطه) بیشتر شده و برعکس. لذا طبق شکل حداکثر اضافه ولتاژ در وسط دو نقطه ایجاد می‌شود یکی در وسط نقاط B و C و دیگری در وسط نقاط A و B که این دو اضافه ولتاژ با یکدیگر برابر بوده و برابر مقدار زیر است:

$$\begin{cases} V = \frac{V_c}{\cos \frac{BL_{BC}}{2}} \\ L_{BC} = L_{AB} = \frac{3L}{4} \end{cases} \Rightarrow V = \frac{1}{\cos \frac{3BL}{16}}$$

۵- گزینه «۱» صحیح است.

در پخش بار DC داریم:

$$P_1 = \sum_{j=1}^N B_{ij} (\delta_i - \delta_j) \quad P_1 = B_{12} (\delta_1 - \delta_2) \quad P_2 = B_{23} (\delta_2 - \delta_3)$$

$$P_3 = B_{32} (\delta_3 - \delta_2) + B_{34} (\delta_3 - \delta_4) + B_{31} (\delta_3 - \delta_1) \quad P_4 = B_{43} (\delta_4 - \delta_3)$$

با توجه به توان‌ها و ادمیتانس خطوط داریم:



$$1+1+2=10(-\delta_3) \Rightarrow \delta_3 = -0.4 \text{ rad}$$

$$-1=10(\delta_3 - (-0.4)) \Rightarrow \delta_3 = -0.5 \text{ rad}$$

$$-1=10(-0.4 - (-0.5)) + 10(-0.4 - \delta_4) + 10(-0.4 - 0) \Rightarrow \delta_4 = -0.6 \text{ rad} = -36^\circ$$

البته راحت تر است که پس از محاسبه δ_3 از معادله اول یک ضرب از معادله چهارم δ_4 را به دست آورد یعنی:

$$-2=10(\delta_4 - (-0.4)) \Rightarrow \delta_4 = -0.6 \text{ rad} = -36^\circ$$

۶- گزینه «۳» صحیح است.

چون شین های (۳) و (۴) دارای تجهیزات کنترل ولتاژ هستند لذا PV بوده پس ابعاد ماتریس L برابر $(n-1-3) \times (n-1-m)$ که در آن n تعداد کل شین ها و m تعداد شین های P.V است. لذا ابعاد ماتریس L برابر 2×2 است.

۷- گزینه «۱» صحیح است.

شکل داده شده برای معادلات با فرم استاندارد کمی متفاوت است لذا ابتدا آن را استاندارد می نویسیم:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C & D \\ A & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

در پخش بار به روش مجزا و مجرای سریع از کوپل یا ارتباط بین توان اکتیو و دامنه ولتاژ شین ها و ارتباط بین توان راکتیو و زاویه ولتاژ شین ها صرف نظر می گردد یعنی ماتریس های D و A صرف نظر یا صفر فرض می گردد. که البته این موضوع را می توان از روی همان فرم غیراستاندارد داده شده نیز تحقیق نمود.

۸- گزینه «۴» صحیح است.

مجموع درایه های هر ستون از ماتریس Y_{bus} برابر است با ادمیتانس متصل شده میان آن باس و نقطه صفر شبکه در این تست برابر $0 = j(10 + 20 + 10)$ است.

۹- گزینه «۱» صحیح است.

روش اصلی این است که ابتدا ماتریس معکوس Z_{bus} را محاسبه (۱) و سپس ماتریس کاهش مرتبه یافته آن را به دست آوریم که البته روش بسیار زمان بر است. روش سریع تر این است که در ماتریس Z_{bus} داده شده درایه های سطرها و ستون های (۳) و (۴) را حذف نموده و ماتریس حاصل را Z_{bus}^R بنامیم یعنی:

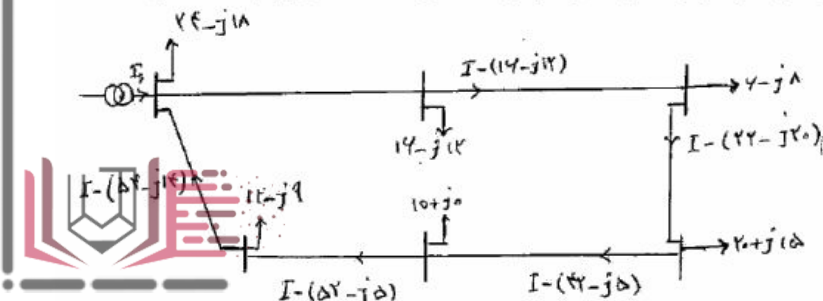
$$Z_{bus}^R = j \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 \end{bmatrix}$$

به راحتی می توان اثبات نمود که ماتریس کاهش مرتبه یافته Y_{bus} عکس این ماتریس است یعنی:

$$Y_{bus}^R = (Z_{bus}^R)^{-1} = \frac{-j}{0.2} \begin{bmatrix} 0.4 & -0.2 \\ -0.2 & 0.6 \end{bmatrix} = j \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -3 \end{bmatrix}$$

۱۰- گزینه «۴» صحیح است.

جریانی که از باس (۱) به سمت باس (۲) جاری می شود را I فرض نموده و جریان سایر خطوط را برحسب آن به دست می آوریم. (دقت شود که باید جریان ها را به فرم دکارتی بنویسیم)



با نوشتن یک KCL در باس بار (۱) داریم:

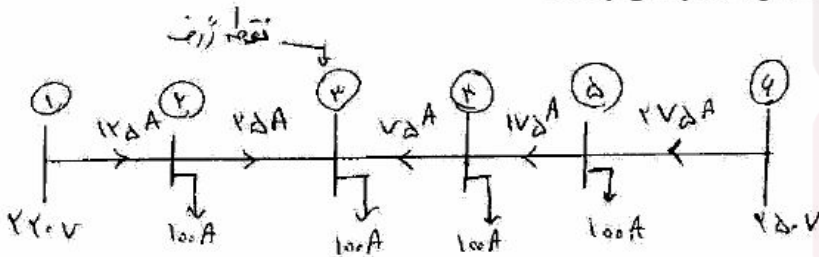
$$I_s + I - 64 + j14 = I + 24 - j18 \Rightarrow I_s = 88 - j32$$

روش دوم: واضح است که منبع (ثانویه ترانسفورماتور) باید مجموع جریان مصرفی بارها را تأمین کند یعنی:

$$I_s = \sum_{j=1}^n I_i = 24 - j18 + 16 - j12 + 6 - j8 + 20 + j15 + 10 + j12 - j9 = 88 - j32$$

۱۱- گزینه «۲» صحیح است.

با توجه به تقارن شکل اگر ولتاژ هر دو سوء نیز با یکدیگر برابر بودند جریان تأمین شده توسط هر دو سوء نیز برابر می‌شد (۲۰۰ A) اما چون ولتاژ باس (۶) بیشتر از باس (۱) است یک جریان متعادل کننده نیز از سمت باس (۶) جاری می‌گردد لذا:



$$I_{6-5} = \frac{1}{r} (100 + 100 + 100 + 100) + \frac{250 - 220}{1(50 + 100 + 100 + 100 + 50) \times 10^{-3}} = 200 + 75 = 275 \text{ A}$$

با توجه به این جریان داریم:

باس (۳) نقطه ژرف است لذا:

$$V_3 = 220 - (125 \times 50 \times 10 \times 10^{-3}) - (25 \times 100 \times 10 \times 10^{-3}) = 211/25 \text{ V}$$

۱۲- گزینه «۳» صحیح است.

ابتدا باید هزینه افزایشی تولید (IC) هر واحد را محاسبه نمود:

$$IC_1 = \frac{\partial C_1}{\partial P_1} = 0.1 P_1 + 25 = \lambda \Rightarrow P_1 = \frac{\lambda - 25}{0.1}$$

$$IC_2 = \frac{\partial C_2}{\partial P_2} = 0.15 P_2 + 40 = \lambda \Rightarrow P_2 = \frac{\lambda - 40}{0.15}$$

از آنجایی که توان کل تغذیه شده توسط واحدها باید ۸۰۰ MW باشند داریم:

$$P_1 + P_2 = 800 \Rightarrow \frac{\lambda - 25}{0.1} + \frac{\lambda - 40}{0.15} = 800 \Rightarrow \lambda = 79$$

لذا سهم هر واحد برابر است با:

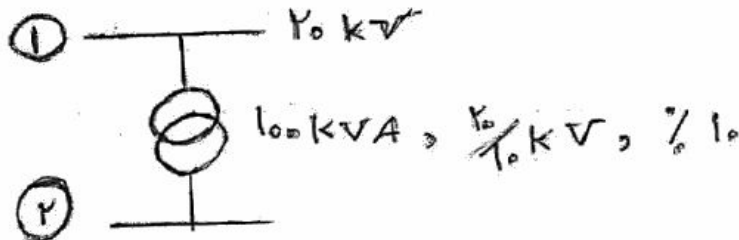
$$P_1 = \frac{79 - 25}{0.1} = 540 \text{ MW}$$

$$P_2 = \frac{79 - 40}{0.15} = 260 \text{ MW}$$



بررسی سیستم های قدرت

۱ - در شکل زیر ولتاژ باس (۱) برابر ۲۰ kV است. حداکثر چند موتور القایی ۲۰ KVA با امپدانس پریونیت ۲۰٪ می توان در باس (۲) قرار داد تا ولتاژ این باس از ۸ kV کمتر نگردد؟



- (۱) ۲ موتور
(۲) ۳ موتور
(۳) ۴ موتور
(۴) ۵ موتور

۲ - یک دستگاه اندازه گیری فاروژی (PMU) مقادیر مؤثر ولتاژ، جریان و اختلاف زاویه بین ولتاژ و جریان یک بار تکفاز را به شرح زیر محاسبه کرده است:

$$V_{rms} = 20 \text{ KV} \quad I_{rms} = 1 \text{ KA} \quad \phi = 10^\circ$$

اگر حداکثر خطای PMU در محاسبه فاز ۵٪ باشد، حداکثر خطای محاسبه P و Q بار چند درصد است؟
($\cos 10^\circ = 0.98$, $\sin 10^\circ = 0.18$)

(۱) حداکثر خطای محاسبه Q حدوداً ۵٪ و حداکثر خطای محاسبه P حدوداً صفر است.

(۲) حداکثر خطای محاسبه P و Q حدوداً ۵٪ است.

(۳) حداکثر خطای محاسبه P حدوداً ۵٪ و حداکثر خطای محاسبه Q حدوداً صفر است.

(۴) حداکثر خطای محاسبه P و Q حدوداً صفر است.

۳ - در مجاورت یک خط انتقال تکفاز، خط تلفن X-Y قرار گرفته است. ولتاژ الکترواستاتیک القاء شده در هر متر خط تلفن

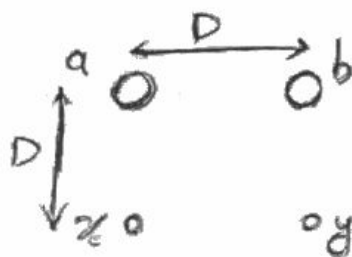
$(V_x - V_y)$ چقدر است؟

$$(V_b - V_a) \frac{\text{Ln} \sqrt{r}}{\text{Ln} \frac{D}{r}} \quad (1)$$

$$(V_a - V_b) \frac{\text{Ln} \sqrt{r}}{r \text{Ln} \frac{D}{r}} \quad (2)$$

$$(V_a - V_b) \frac{\text{Ln} \sqrt{r}}{\text{Ln} \frac{D}{r}} \quad (3)$$

$$(V_b - V_a) \frac{\text{Ln} \sqrt{r}}{r \text{Ln} \frac{D}{r}} \quad (4)$$



۴ - در چه شرایطی برای مطالعه بر فاز یک خط انتقال سه فاز می توان اندوکتانس خط را برابر مقدار $L = 2 \times 10^{-7} \text{ Ln} \frac{\text{GMD}}{\text{GMR}}$ قرار داد؟

قرار داد؟

(۱) در همه شرایط

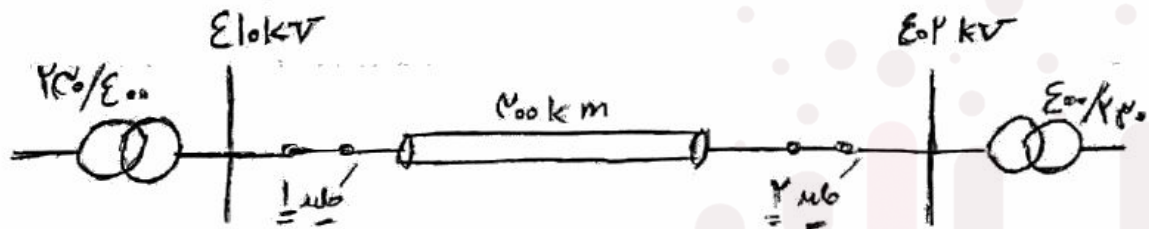
(۲) در شرایطی که خط متقارن و جریان ها متعادل باشند.

(۳) در شرایطی که خط متقارن و مجموع جریان های سه فاز صفر باشد.

(۴) در شرایطی که دارای آرایش مثلثی باشد.



۵ - در شکل زیر دو پست غیرترموگاهی از طریق یک خط انتقال به یکدیگر متصل اند. مقدار مؤثر ولتاژ خط به خط پست‌ها بر روی شکل مشخص شده است. اگر هدف بی‌برق کردن خط انتقال باشد بهترین سناریو چیست؟



- (۱) ابتدا کلید ۱ و سپس کلید ۲ باز شود.
(۲) ابتدا کلید ۲ و سپس کلید ۱ باز شود.
(۳) فقط کافی است کلید ۱ باز شود.
(۴) فقط کافی است کلید ۲ باز شود.

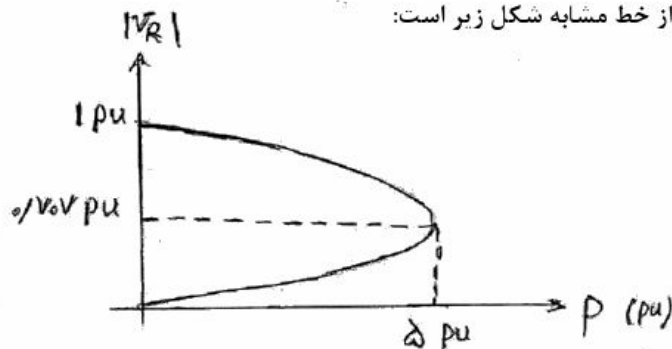
۶ - در یک خط انتقال بلند مقادیر ثوابت خط به شرح زیر است:

$$A = D = 1 \angle 20^\circ \quad B = 200 \angle 80^\circ \Omega \quad C = 0.0034 \angle 30^\circ$$

اندازه ولتاژهای خطی در دو سمت ۴۰۰ KV است. توان اکتیو مصرفی در انتهای خط ۴۰۰ MW است. ضریب توان بار انتهای خط برابر است با:

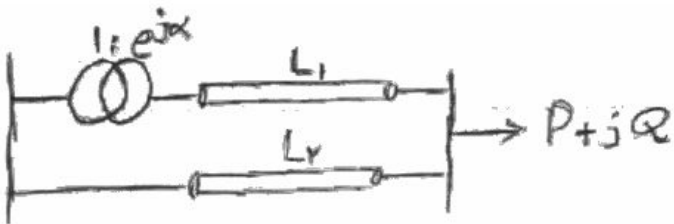
- (۱) ۰/۵ پس فاز
(۲) ۰/۵ پیش فاز
(۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ پس فاز
(۴) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ پیش فاز

۷ - در یک خط انتقال کوتاه بدون تلفات، بار انتهای خط مقاومتی ($\cos \phi = 1$) و اندازه‌ی ولتاژ ابتدای خط یک پریونیت است. مشخصه ولتاژ انتهای خط برحسب توان عبوری از خط مشابه شکل زیر است:
راکتانس خط مذکور چند پریونیت است؟



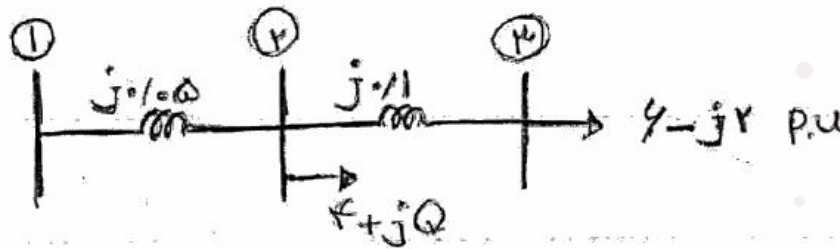
- (۱) ۰/۱ PU
(۲) ۰/۲ PU
(۳) ۰/۲۵ PU
(۴) ۰/۵ PU

۸ - دو خط انتقال مطابق شکل زیر با یکدیگر موازی شده‌اند. اما در خط L_1 یک ترانسفورماتور شیف‌فاز استفاده شده است ($\alpha > 0$). کدام گزینه مقایسه درستی بین توان اکتیو عبوری از دو خط ارائه می‌دهد؟ (خطوط کوتاه، بدون تلف و با امپدانس یکسان فرض شوند)



- (۱) توان اکتیو عبوری از دو خط یکسان است.
(۲) توان اکتیو عبوری از خط L_1 بزرگتر است.
(۳) توان اکتیو عبوری از خط L_2 بزرگتر است.
(۴) مقایسه توان اکتیو عبوری بین دو خط با اطلاعات داده شده ممکن نیست.

۹ - در سیستم قدرت زیر اندازه‌ی ولتاژ باس‌های ۱ و ۳ معادل یک پریونیت است. اختلاف زاویه بین ولتاژ باس‌های ۱ و ۳ چند درجه است؟



- (۱) 30°
(۲) 37°
(۳) 67°
(۴) 53°

۱۰ - در یک شبکه قدرت ۳ شینه نتایج بخش بار و ماتریس امپدانس شبکه به صورت زیر است:

$$V_1 = 1.02 \angle 5^\circ \quad V_2 = 1.05 \angle 10^\circ \quad V_3 = 0.9 \angle 0^\circ$$

$$Z_{bus} = j \begin{bmatrix} 0.25 & 0.15 & 0.1 \\ 0.15 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.3 \end{bmatrix}$$

راکتانس خازن جبران‌ساز چقدر باشد تا در صورت قرار گرفتن این خازن در باس ۳ ولتاژ آن یک پریونیت گردد؟

- (۱) $X_c = 6 \text{ PU}$
(۲) $X_c = 3 \text{ PU}$
(۳) $X_c = 4 \text{ PU}$
(۴) $X_c = 2/7 \text{ PU}$

۱۱ - در تشکیل ماتریس ژاکوبین یک سیستم قدرت برای محاسبه $\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}$ داریم:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = B_{ii} |V_i|^2 + Q_i \quad (۲)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -B_{ii} |V_i|^2 + Q_i \quad (۴)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -B_{ii} |V_i|^2 - Q_i \quad (۱)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = B_{ii} |V_i|^2 - Q_i \quad (۳)$$

۱۲ - در انتهای یک فیدر توزیع بدون انشعاب با امپدانس $R + jX$ یک بار با جریان I و ضریب توان واحد قرار گرفته است. افت ولتاژ فیدر تقریباً برابر است با:

(۱) RI (۲) XI (۳) $\sqrt{R^2 + X^2} I$ (۴) $\frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} I$



بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۱» صحیح است.

$$\frac{\frac{100}{20} \times \frac{1}{n} \times 0.2}{\frac{100}{20} \times \frac{1}{n} \times 0.2 + 0.1} \times 1 = 0.8$$

$$\Rightarrow n = 2/5$$

۲- گزینه «۱» صحیح است.

$$P = V_{rms} I_{rms} \cos \phi$$

$$\Rightarrow \Delta P = V_{rms} I_{rms} \sin \phi \Delta \phi$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} \Delta \phi = \frac{\sin 10^\circ}{\cos 10^\circ} (0.18 \times 0.5) = \%0.165$$

$$Q = V_{rms} I_{rms} \sin \phi$$

$$\Rightarrow \Delta Q = V_{rms} I_{rms} \cos \phi \Delta \phi$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\cos \phi}{\sin \phi} \Delta \phi = \frac{0.98}{0.18} (0.18 \times 0.5) = \%4.9$$

۳- گزینه «۳» صحیح است.

$$V_{xy} = \frac{r}{2\pi\epsilon_r} \left(q_a \ln \frac{\sqrt{r} D}{D} + q_b \ln \frac{D}{\sqrt{r} D} \right) = \frac{q_a}{2\pi\epsilon_r} r \ln \sqrt{r}$$

$$\Rightarrow V_{xy} = \frac{\ln \sqrt{r}}{\pi\epsilon_r} q_a$$

$$q_a = C_{ab} \cdot V_{ab} = \frac{\pi\epsilon_r}{\ln \frac{D}{r}} \cdot V_{ab}$$

$$\Rightarrow V_{xy} = \frac{\ln \sqrt{r}}{\ln \frac{D}{r}} (V_a - V_b)$$

۴- گزینه «۲» صحیح است.

اگر خط متقارن و مجموع جریان‌ها صفر باشد $\Leftarrow$ فازها مستقل از هم حل می‌شونداگر خط متقارن و جریان‌ها متعادل باشند $\Leftarrow$ فازها متعادل شده و حل یک فاز به عنوان یک نماینده کافی است (حل Perphase)

۵- گزینه «۱» صحیح است.

اگر کلید ۲ ابتدا باز شود ولتاژ سمت چپ آن به اندازه $\frac{410}{A}$ می شود (به دلیل اثر فرانتی). لذا اختلاف ولتاژ دو سمت کلید ۲ خیلی زیاد می شود.
اگر کلید ۱ ابتدا باز شود ولتاژ سمت راست آن معادل $\frac{402}{A}$ می شود که نزدیک به ۴۱۰ است.

۶- گزینه «۲» صحیح است.

$$\begin{aligned} 400 &= \frac{400 \times 400}{200} \cos(\lambda - \delta) - \frac{400^2}{200} \cos(\lambda - 20) \\ \Rightarrow \cos(\lambda - \delta) &= 1 \Rightarrow \sin(\lambda - \delta) = 0 \\ Q_R &= \frac{400 \times 400}{200} \sin(\lambda - \delta) - \frac{400^2}{200} \sin(\lambda - 20) \\ &= -\frac{400^2}{200} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = -400 \sqrt{3} \\ \cos \phi &= \frac{1}{\sqrt{\sqrt{3}^2 + 1^2}} = \frac{1}{2} \quad \text{Lead} \end{aligned}$$

۷- گزینه «۱» صحیح است.

$$\frac{V_s^r}{2X} = 5 \Rightarrow \frac{1}{2X} = 5 \Rightarrow X = 0.1 \text{ PU}$$

۸- گزینه «۲» صحیح است.

۹- گزینه «۳» صحیح است.

$$\begin{aligned} V_r &= 1 + j \cdot 1 \left(\frac{6 + j2}{1} \right) = 0.8 + j \cdot 0.6 = 1 \angle 37^\circ \\ P_{12} &= 6 + 4 = 10 = \frac{1 \times 1}{0.5} \sin(\delta_1 - 37^\circ) \\ \Rightarrow \delta_1 &= 67^\circ \end{aligned}$$

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

$$\begin{aligned} V_r^{\text{new}} &= \frac{-jX_c}{-jX_c + j \cdot 0.3} \times 0.9 = 1 \\ \Rightarrow X_c &= 3 \text{ PU} \end{aligned}$$



۱۱- گزینه «۱» صحیح است.

$$Q_i = -B_{ii} |V_i|^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |V_i| |V_j| (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij})$$

$$P_i = G_{ii} |V_i|^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |V_i| |V_j| (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij})$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum |V_i| |V_j| (-G_{ij} \sin \delta_{ij} + B_{ij} \cos \delta_{ij}) = -B_{ii} |V_i|^2 - Q_i$$

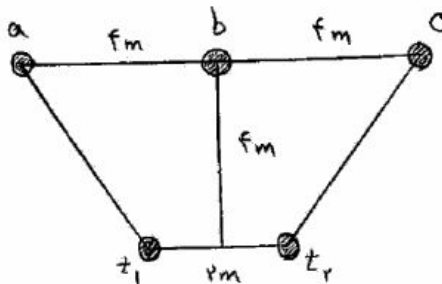
۱۲- گزینه «۱» صحیح است.

$$\Delta V \approx RI \cos \phi + XI \sin \phi$$

$$\cos \phi = 1 \quad \Rightarrow \quad \Delta V \approx RI$$



۴ - در شکل زیر یک خط تلفن به طور موازی یک خط قدرت قرار گرفته است جریان عبوری از خط قدرت کاملاً متقارن و متعادل بوده و دارای دامنه A_{100} است. اگر فاز b خط قدرت دچار قطعی شده اما جریان دو فاز دیگر ثابت بماند ولتاژ القایی در خط تلفن چند درصد تغییر می کند؟



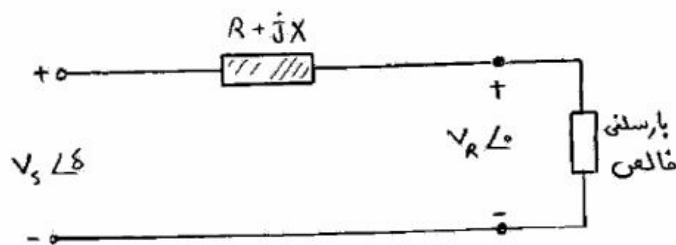
(۱) حدود ۳۰٪ کم می شود

(۲) حدود ۳۰٪ زیاد می شود

(۳) حدود ۳۰٪ تغییر می کند اما کم و زیاد شدن آن مشخص نیست

(۴) هیچ تغییری نمی کند.

۵ - در خط کوتاه شکل زیر درصد تنظیم ولتاژ بر حسب متغیرهای سیستم در کدام گزینه صحیح تر بیان شده است؟



$$\frac{1 - \cos \delta + \frac{X}{R} \sin \delta}{\cos \delta - \frac{X}{R} \sin \delta} \quad (2)$$

$$\frac{1 - \cos \delta - \frac{X}{R} \sin \delta}{\cos \delta + \frac{X}{R} \sin \delta} \quad (1)$$

$$\frac{1 - \cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta}{\cos \delta + \frac{R}{X} \sin \delta} \quad (4)$$

$$\frac{1 - \cos \delta + \frac{R}{X} \sin \delta}{\cos \delta - \frac{R}{X} \sin \delta} \quad (3)$$

۶ - اگر در نظر گرفتن اثر زمین در یک خط انتقال فشار قوی موجب افزایش ۲۱٪ در ظرفیت خازنی خط گردد. SIL این خط با در نظر گرفتن اثر زمین چند درصد نسبت به حالتی که اثر زمین صرف نظر شده تغییر می کند؟

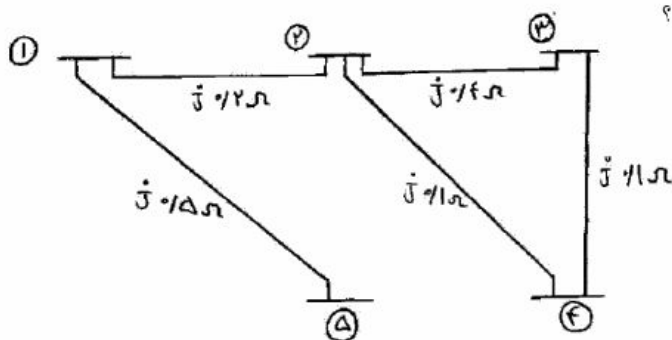
(۴) ۱۰٪ کاهش

(۳) ۱۰٪ افزایش

(۲) ۴/۷٪ کاهش

(۱) ۴/۷٪ افزایش

۷ - در شبکه شکل زیر بر اثر بروز یک خطا روی باس (۵) خط ورودی به آن توسط کلیدهای دو سر آن از شبکه جدا شده و باس (۵) را ایزوله می کنند. ماتریس ادمیتانس شبکه در این حالت کدام است؟



$$j \begin{bmatrix} -12 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & -17/5 & 2/5 & 10 \\ 0 & 2/5 & -12/5 & 10 \\ 0 & 10 & 10 & -20 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$j \begin{bmatrix} -7 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & -17/5 & 2/5 & 10 \\ 0 & 2/5 & -12/5 & 10 \\ 0 & 10 & 10 & -20 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$j \begin{bmatrix} -5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & -17/5 & 2/5 & 10 \\ 0 & 2/5 & -12/5 & 10 \\ 0 & 10 & 10 & -20 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$j \begin{bmatrix} -5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & -17/5 & 2/5 & 10 \\ 0 & 2/5 & -12/5 & 10 \\ 0 & 10 & 10 & -30 \end{bmatrix} \quad (3)$$



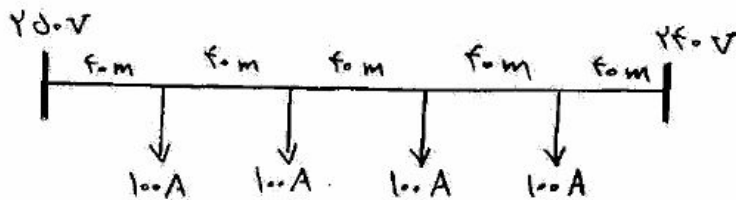
۸ - در سیستم توزیع شکل زیر مقاومت واحد طول $1 \frac{\Omega}{km}$ است. حداقل ولتاژ خط توزیع چند ولت است؟

(۱) ۲۳۲ V

(۲) ۲۲۸ V

(۳) ۲۴۶ V

(۴) ۲۴۰ V



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

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

(۲) در پخش بار مجزا ماتریس ژاکوبین ثابت بوده و تکرار نمی‌گردد.

(۳) در پخش بار مجزای سریع اندازه ولتاژ شین‌های مختلف را تقریباً یکسان فرض می‌کنیم.

(۴) در پخش بار DC قادر به محاسبه توان راکتیو جاری شده در خطوط نیستیم.

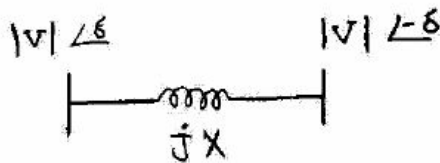
۱۰ - در خط کوتاه شکل زیر از خازنی با راکتانس $X_c = \frac{X}{3}$ به وسط خط متصل گردد توان انتقالی چند برابر می‌گردد؟

(۱) ۲

(۲) ۱/۲

(۳) ۱/۵

(۴) ۱/۶



۱۱ - ماتریس امپدانس یک شبکه قدرت ۴ باسه به صورت شکل زیر داده شده است. با نصب خازن ۱ P.U در شین ۳، ولتاژ شین ۲ چه تغییری می‌کند؟ فرض شود ولتاژ تمامی شین‌ها قبل از نصب خازن ۱ P.U است.

$$Z_{bus} = j \begin{bmatrix} 0.2 & 0.15 & 0.2 & 0.2 \\ 0.15 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.2 & 0.1 & 0.5 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0.4 \end{bmatrix}$$

(۱) بدون تغییر

(۲) ۲۵٪ افزایش

(۳) ۱۰٪ کاهش

(۴) ۲۰٪ افزایش

۱۲ - در شبکه دو باسه شکل زیر مولد توان ۲ P.U را در تحریک نرمال تولید می‌کند اگر راکتانس خط ۵ J۰ P.U باشد توان راکتیو

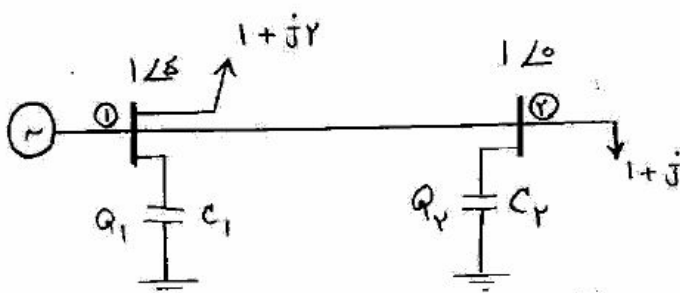
تولیدی خازن‌ها (Q_1, Q_2) چند P.U هستند؟

(۱) $Q_1 = Q_2 = 0.28 \text{ P.U}$

(۲) $Q_1 = 1/28 \text{ P.U}, Q_2 = 2/28 \text{ P.U}$

(۳) $Q_1 = Q_2 = 1/28 \text{ P.U}$

(۴) $Q_1 = Q_2 = 2/28 \text{ P.U}$

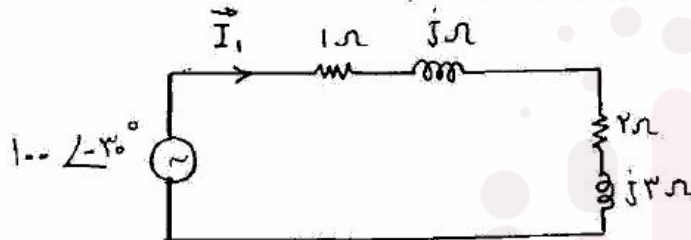


بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۳» صحیح است.

در حالتی که کلید k باز است مدار معادل فازی به صورت زیر قابل رسم است.

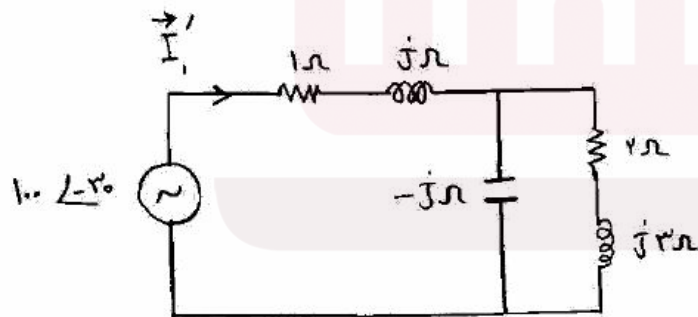
$$|\vec{I}| = \frac{100}{\sqrt{9+16}} = 20 \text{ A}$$



در حالتی که کلید k بسته است مدار معادل فازی به صورت زیر قابل رسم است:

$$\vec{Z}_{in} = 1 + j + [(2 + j3) \parallel -j] = 1 + j + \frac{(2 + j3)(-j)}{2 + j2} = 1 + j + \frac{(3 - 2j)(2 - j2)}{8} = \frac{10}{8} - j\frac{2}{8} \Omega$$

$$|\vec{I}_1| = \frac{100}{\sqrt{\frac{100}{64} + \frac{4}{64}}} = \frac{800}{\sqrt{104}} \approx 80 \text{ A}$$



واضح است که با بسته شدن کلید جریان خط ۴ برابر می‌گردد.

۲- گزینه «۲» صحیح است.

چون راکتانس از دید باس (۱) خواسته شده پس راکتانس سنکرون مولد در محاسبات لحاظ نمی‌گردد. در مرحله اول باید ولتاژ و امپدانس پایه نواحی مختلف را به دست آورد.

$$V_{b1} = 20 \text{ kV} \rightarrow V_{b2} = 20 \times \frac{22}{22} = 200 \text{ kV}$$

$$Z_{b2} = \frac{V_{b2}^2}{S_b} = \frac{200^2}{50} = 800 \Omega \rightarrow x_{line1} = x_{line2} = \frac{20}{800} = 2.5\%$$

$$x_{T1} = 10\% \times \left(\frac{22}{20}\right)^2 = 12.1\%$$

$$x_{T2} = 10\% \times \frac{50}{20} = 25\%$$

$$x_{eq} = 12.1 + \frac{2.5}{2} + 25 = 39.55\%$$

۳- گزینه «۱» صحیح است.

ابتدا شار دور در برگیرنده هادی b را محاسبه می‌کنیم

$$\lambda_b = 2 \times 10^{-7} \left(I_a \ln \frac{1}{D_{ab}} + I_b \ln \frac{1}{r'} + I_c \ln \frac{1}{D_{cb}} + I_n \ln \frac{1}{D_{nb}} \right)$$



طبق شکل چون مجموعه هادی‌ها توسط منبع تکفاز تغذیه شده‌اند داریم:

$$I_a = I_b = I_c = I \Rightarrow I_n = -(I_a + I_b + I_c) = -3I$$

همین‌طور با توجه به فاصله‌گذاری بین هادی‌ها داریم:

$$D_{ab} = D_{bc} = D$$

$$D_{nb} = 3D$$

با جایگذاری در رابطه شار دور داریم:

$$\begin{aligned} \lambda_b &= 2 \times 10^{-7} \left(I \ln \frac{1}{D} + I \ln \frac{1}{r'} + I \ln \frac{1}{D} - 3I \ln \frac{1}{3D} \right) \\ &= 2 \times 10^{-7} \left(I \ln \frac{27D^3}{D^3 r'^3} \right) \Rightarrow L_b = \frac{\lambda_b}{I_b} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{27D}{r'} \end{aligned}$$

۴- گزینه «۴» صحیح است.

طبق شکل فاصله فاز b تا هادی‌های t_1, t_2 یکسان است. لذا این فاز هیچ ولتاژی در خط تلفن القاء نمی‌کند پس قطع یا وصل بودن آن (در شرایطی که جریان دو فاز دیگر ثابت است) تأثیری بر ولتاژ القایی در خط تلفن ندارد.

۵- گزینه «۱» صحیح است.

با نوشتن KVL داریم:

$$\vec{V}_S = \vec{V}_R + (R + jX) \vec{I}_R = \vec{V}_R + R \vec{I}_R + jX \vec{I}_R$$

چون بار سلفی خالص است جریان I_R نسبت به ولتاژ V_R به اندازه 90° پس فاز است لذا چون فاز V_R صفر فرض شده پس بردار $\vec{I}_R$ را به صورت $-j |I_R|$ می‌نویسیم در نتیجه:

$$\vec{V}_S = \vec{V}_R + R(-j |I_R|) + jX(-j |I_R|)$$

$$\vec{V}_S = \vec{V}_R + X |I_R| - jR |I_R| \Rightarrow \begin{cases} |V_S| \cos \delta = |V_R| + X |I_R| \\ |V_S| \sin \delta = -R |I_R| \end{cases}$$

$$|V_S| < \delta \quad |V_R| < 0$$

$$|V_S| \cos \delta = |V_R| + X \frac{-|V_S| \sin \delta}{R} \Rightarrow |V_S| \left(\cos \delta + \frac{X}{R} \sin \delta \right) = |V_R|$$

با توجه به تعریف درصد تنظیم ولتاژ داریم:

$$\%V.R = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \times 100 = \frac{|V_S| \left(1 - \cos \delta - \frac{X}{R} \sin \delta \right)}{|V_S| \left(\cos \delta + \frac{X}{R} \sin \delta \right)} \Rightarrow \%V.R = \frac{1 - \cos \delta - \frac{X}{R} \sin \delta}{\cos \delta + \frac{X}{R} \sin \delta}$$

۶- گزینه «۳» صحیح است.

اگر SIL خط را در حالتی که اثر زمین لحاظ شده با SIL_r و بدون اثر زمین با SIL_n نشان دهیم داریم:

$$SIL = \frac{V^2}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \Rightarrow \frac{SIL_r}{SIL_n} = \frac{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_r}{C_r}}} = \sqrt{\frac{C_r}{C_1}} = \sqrt{1/21} = 1/1$$

یعنی SIL خط حدود ۱۰٪ زیاد می‌گردد.



۷- گزینه «۴» صحیح است.

با جدا شدن باس (۵) شبکه (۴) باسه شده لذا:

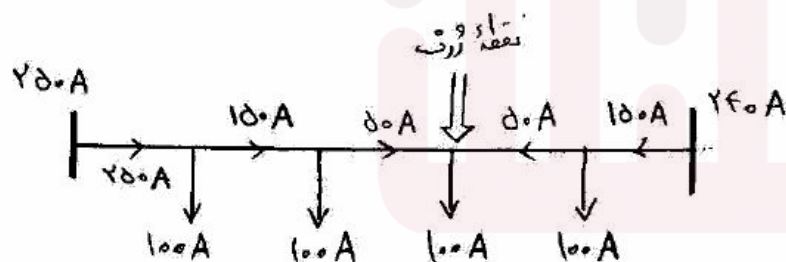
$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -5 & 5 & 0 & 0 \\ 5 & -17/5 & 2/5 & 10 \\ 0 & 2/5 & -12/5 & 10 \\ 0 & 10 & 10 & -20 \end{bmatrix}$$

توجه شود چون خط بین دو باس ۱ و ۵ جدا شده لذا در درایه Y_{11} لحاظ نمی‌گردد. ضمناً می‌دانیم که چون باس‌ها فاقد بار هستند لذا جمع درایه‌های تمامی ستون‌ها (تک تک) و همین‌طور سطرها همواره صفر است.

۸- گزینه «۱» صحیح است.

اگر جریان تزریقی توسط منبع $V = 250$ را I_1 بنامیم با توجه به تقارن شکل داریم:

$$I_1 = \frac{250 - 240}{1 \times 0.2} + \frac{1}{2} \times 400 = 250 \text{ A}$$



با توجه به نقطه ژرف به دست آمده داریم:

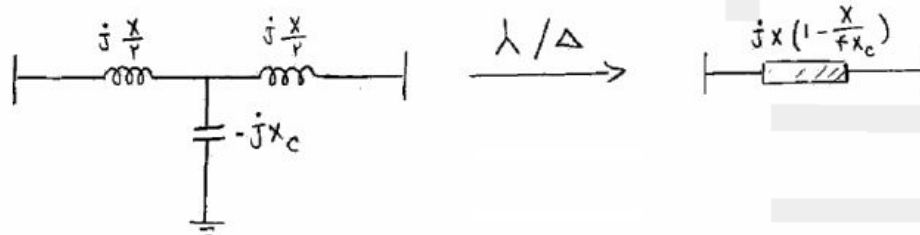
$$V_{min} = 240 - (150 \times 40 \times 10^{-3}) - (50 \times 40 \times 10^{-3}) = 232 \text{ V}$$

۹- گزینه «۲» صحیح است.

در پخش بار مجزای سریع ماتریس ژاکوبین ثابت بوده و تکرار نمی‌شود اما در پخش بار مجزا باید این ماتریس در هر مرحله تکرار شود.

۱۰- گزینه «۱» صحیح است.

با نصب جبران‌ساز داریم:



در حالت اول (بدون جبران‌ساز) داریم:

$$P_1 = \frac{|V||V|}{X} \sin \delta$$

در حالت دوم (با جبران‌ساز) داریم:

$$P_2 = \frac{|V||V|}{X \left(1 - \frac{X}{4X_c} \right)} \sin \delta$$

نسبت این دو توان برابر است با:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{1 - \frac{X}{4X_c}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = 2$$

یعنی توان انتقالی ۲ برابر می‌گردد.



۱۱- گزینه «۴» صحیح است.

چون فاز ولتاژها داده نشده صفر فرض می‌گردد لذا:

$$\begin{cases} V_r^{\text{new}} = V_r^{\text{old}} + Z_{rr} I_r^f \\ I_r^f = \frac{-1 \angle 0}{j \cdot 0.5 - j} = -j 2 \text{ P.U} \end{cases} \Rightarrow V_r^{\text{new}} = 1 + (j \cdot 0.1) (-j 2) = 1.2 \text{ P.U}$$

یعنی اندازه ولتاژ شین (۲) به اندازه ۲۰٪ زیاد می‌شود.

۱۲- گزینه «۲» صحیح است.

$$P_{12} = \frac{1 \times 1}{0.5} \sin \delta = 1 \Rightarrow \delta = 30^\circ$$

$$Q_{12} = \frac{1}{0.5} (1 - 1 \times \cos 30^\circ) = 0.28 \text{ P.U}$$

چون ولتاژ هر دو باس برابرند پس باس (۲) نیز همین مقدار توان باید به خط تزریق کند لذا:

$$Q_{21} = Q_{12} = 0.28 \text{ P.U}$$

خازن Q_2 باید مجموع بار و خط را تأمین کند لذا:

$$Q_2 = 1 + 0.28 = 1.28 \text{ P.U}$$

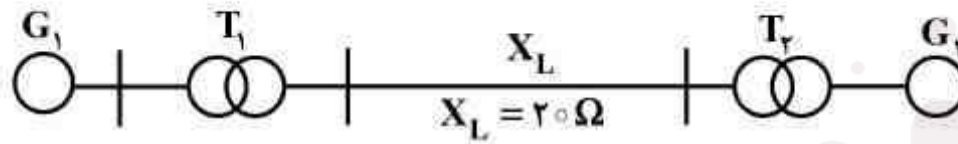
چون مولد در حالت تحریک نرمال است هیچ توان راکتیوی تولید یا مصرف نمی‌کند لذا خازن Q_1 باید بار باس (۱) و نیمی از توان راکتیو خط را تأمین کند. لذا:

$$Q_1 = 2 + 0.28 = 2.28 \text{ P.U}$$



بررسی سیستم‌های قدرت

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؟



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

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

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

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

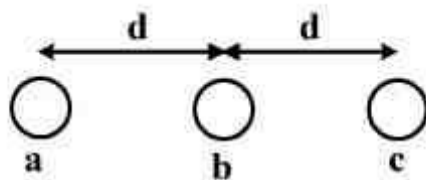
$$(1) \quad 0.125 \text{ و } 1.25$$

$$(2) \quad 0.125 \text{ و } 0.125$$

$$(3) \quad 1.25 \text{ و } 0.125$$

$$(4) \quad 0.125 \text{ و } 0.125$$

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؟



$$(1) \quad 0.5$$

$$(2) \quad 8 \times e^4$$

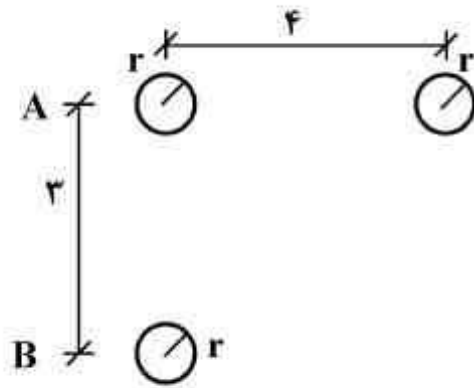
$$(3) \quad 16 \times e^4$$

$$(4) \quad 32 \times e^4$$



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: $r = 1$



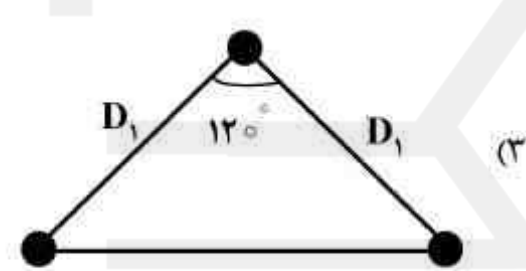
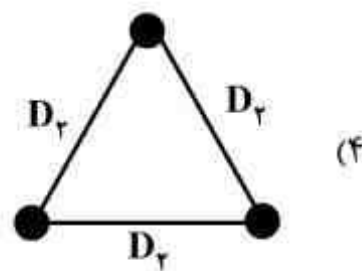
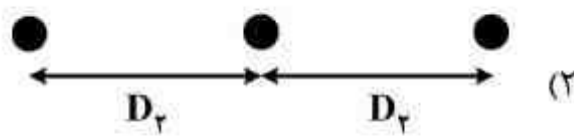
$$\frac{\pi\epsilon_0}{\ln \sqrt{\frac{15}{2}}} \quad (1)$$

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

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

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

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؟

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

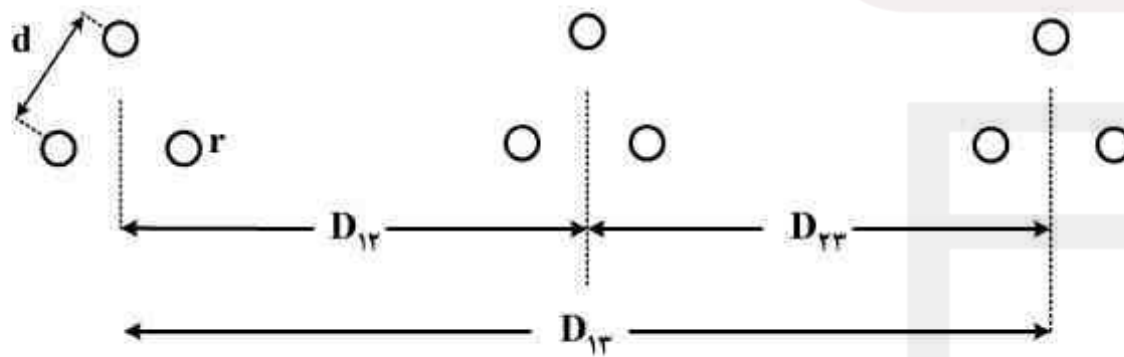
$$\gamma = \frac{1}{\ell} \tanh^{-1} \left[\sqrt{\frac{Z_{sc}}{Z_{oc}}} \right] \quad (۲)$$

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

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

- 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 50 هرتز در نظر بگیرید.



$$\frac{1}{3} Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} a \cdot \ln \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}}}{\sqrt[3]{e^{-1} r d^2}} \quad (۱)$$

$$Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} a \cdot \ln \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}}}{\sqrt[3]{e^{-1} r d^2}} \quad (۲)$$

$$Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} a \cdot \ln \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}}}{\sqrt[3]{e^{-1} r d^2}} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{3} Ra \times 10^{-3} + j2\pi \times 10^{-7} a \cdot \ln \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}}}{\sqrt[3]{e^{-1} r d^2}} \quad (۴)$$



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_S و V_R 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

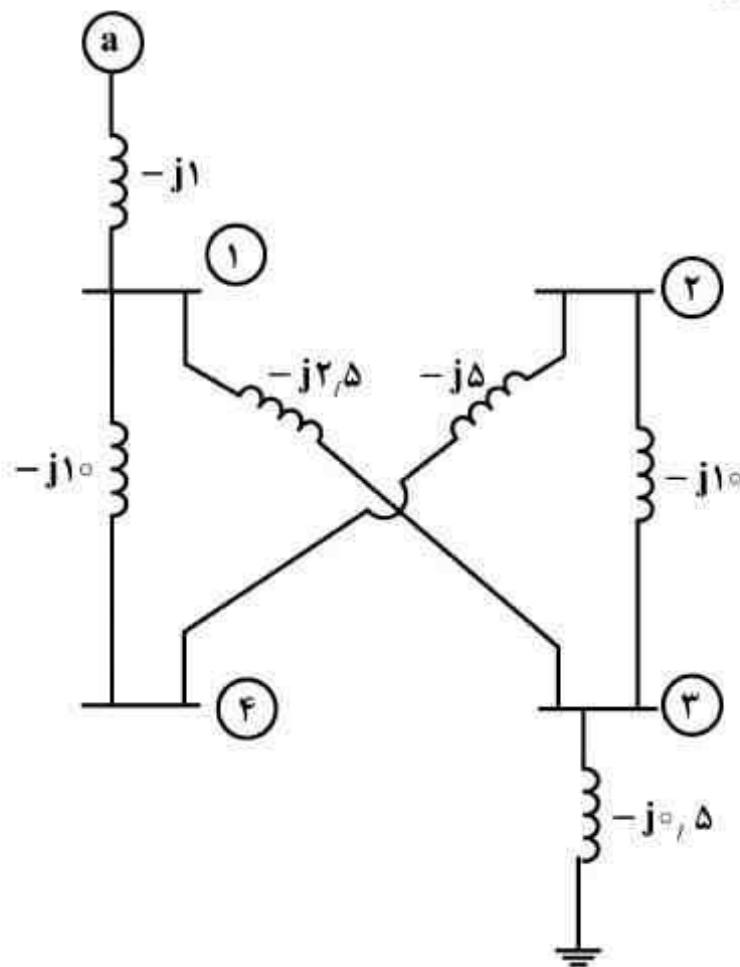
ادمیتانس نوشته شده‌اند.)

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

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

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

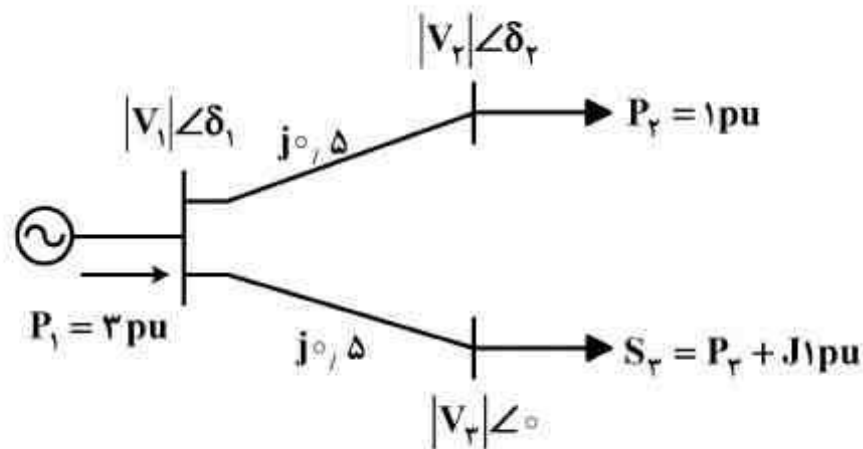
$$j \begin{bmatrix} ۰ & ۱۰ \\ ۱۰ & ۰ \end{bmatrix} \quad (۴)$$



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

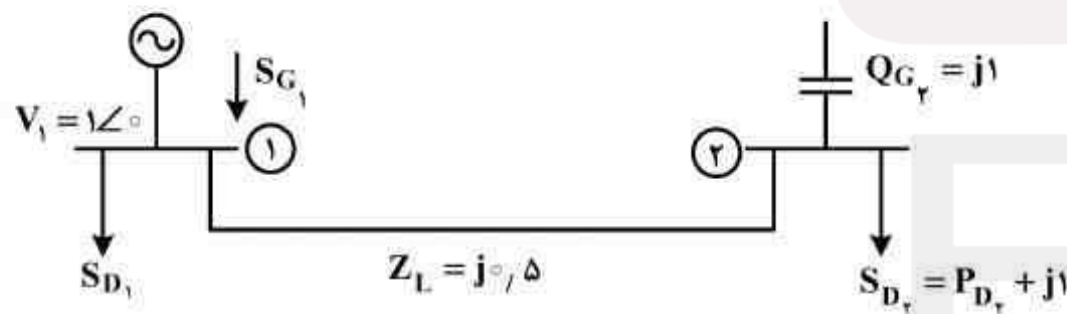
- (۱) نیاز خازن‌گذاری و تشخیص نقاط افت ولتاژ
- (۲) تشخیص اضافه ولتاژ باس‌ها و نیاز به خازن‌گذاری
- (۳) تشخیص اضافه ولتاژ و نیاز به راکتور جبران موازی
- (۴) نیاز به راکتور جبران موازی و تشخیص نقاط اضافه ولتاژ

۱۱ - در سیستم قدرت شکل زیر می‌خواهیم درصد تنظیم ولتاژ باس ۳ برابر ۵۰٪ باشد، مقدار توان راکتیو مورد نیاز تزریقی این باس چقدر است؟ ولتاژ باس ۳ در بار کامل ۱ 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) $\frac{-P_{D2}}{(2 \sin \delta_2)}$
- (۲) $\frac{-P_{D2}}{(2 \tan \delta_2)}$
- (۳) $\frac{-2P_{D2}}{(\sin \delta_2)}$
- (۴) $\frac{-2P_{D2}}{(\tan \delta_2)}$



پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ 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 ۱ درست است.

طبق فرض a اندو تانس خودی فاز $a = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r'}$

b, a اندو تانس متقابل $= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{2d}$

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{r'} = \frac{1}{4} \left(2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{2d} \right) \Rightarrow$$

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

۳. گزینه ۳ درست است.

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

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



۴. گزینه 3 درست است.

چون خط انتقال کوتاه است، فقط خاصیت اندوخت و خط مطرح است و بهترین گزینه، خط است به دارای مترن اندوختانس باشد و به دلیل مشابه بودن هادی‌ها، خط مناسب‌تر است به دارای مترن GMD باشد به داریم:

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

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

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

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

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

۵. گزینه 2 درست است.

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

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

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

گزینه 2

۶. گزینه 4 درست است.

در خط انتقال کوتاه، عنصر B از ماتریس انتقال همان امپدانس خط l Z می‌باشد به داریم:

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

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

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

داریم:

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

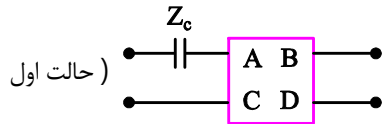
$$B = \frac{1}{3} R a \times 10^3 + j 2\pi a 10^{-2} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}}{\sqrt[3]{e^{-\frac{1}{4}} r d^2}}$$



۷. گزینه 3 درست است.

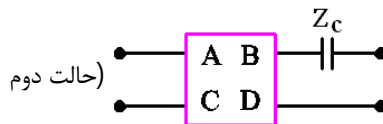
فرض کنیم پارامترهای اولیه خط انتقال به صورت $T = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ باشند، آنگاه داریم:

(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 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:

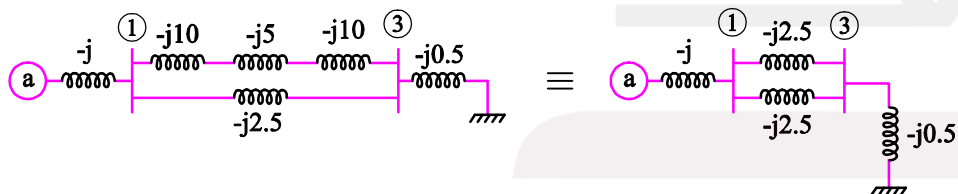
$$P_R = \frac{V_S V_R}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A| V_R^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha) \xrightarrow{\delta = \beta} P_R^{\max} = \frac{V_S V_R}{|B|} - \frac{|A| V_R^2}{|B|} \cos(\beta - \alpha)$$

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

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

۹. گزینه 3 درست است.

با توجه به گزینه‌ها ابعاد Y_{bns} ، 2×2 م باشد، 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 م باری خط، خاصیت خازن پیدا کرده و ولتاژ انتهای خط افزایش میابد. به برای جلوگیری از این پدیده نیاز به را تور شنت م باشد، همچنین در حالت پ باری، خط خاصیت سلف پیدا کرده و افت ولتاژ در شب به وجود میآید. به در این حالت نیاز به خازن گذاری م باشد.

۱۱. گزینه ۳ درست است.

مقدار توان تزریق مورد نیاز به صورت زیر خواهد بود:

$$Q_x = Q_3^{\text{مصرف}} + Q_{31}$$

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

طبق پخش توان های اتودران 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.

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

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

