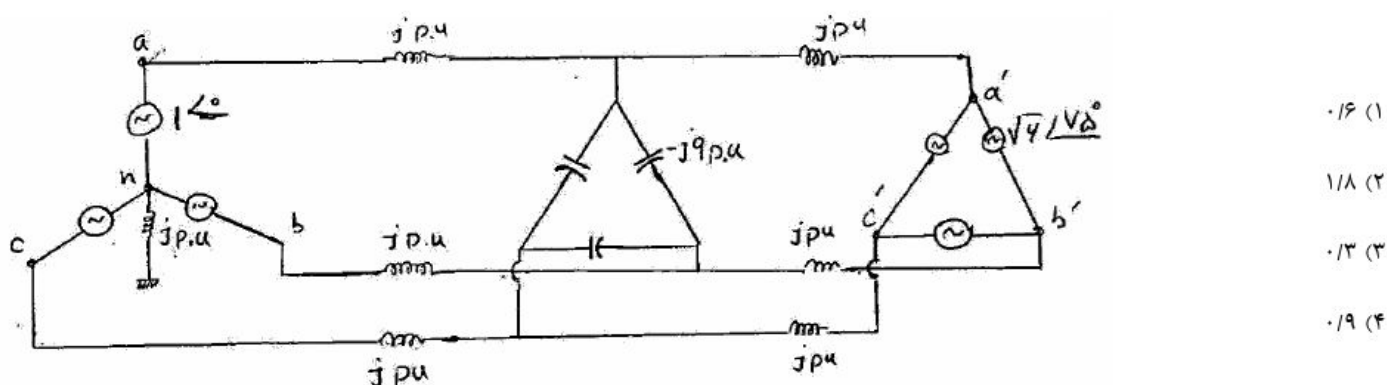


بررسی سیستم های قدرت

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



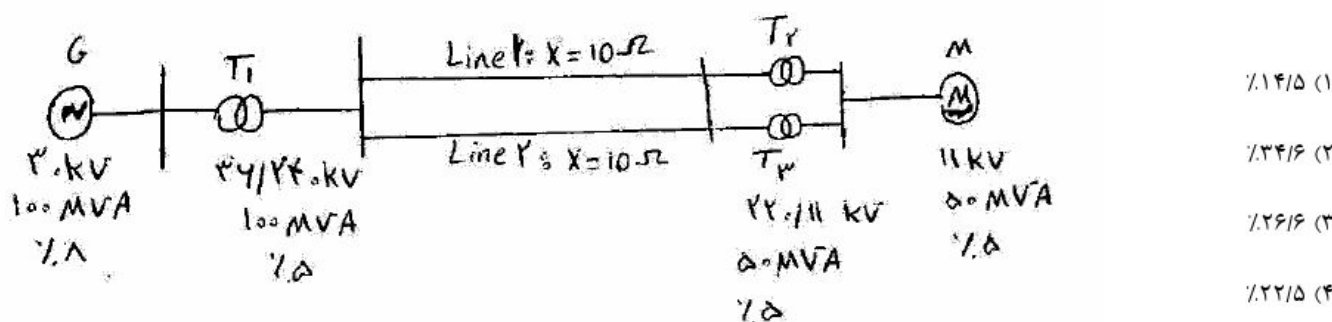
(۱) ۰/۱۶

(۲) ۱/۱۸

(۳) ۰/۱۳

(۴) ۰/۱۹

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) ۱/۱۴/۵

(۲) ۱/۳۴/۱۶

(۳) ۱/۲۶/۱۶

(۴) ۱/۲۲/۵

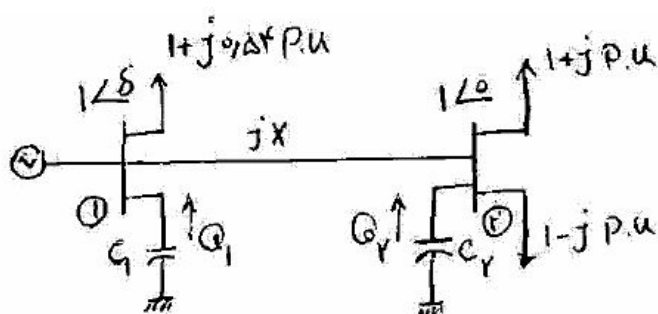
۳- در سیستم دو باسه شکل زیر خط بدون تلف بوده و دارای راکتانس P.U ۰/۲۵ است. اگر مولد این شبکه توان ظاهری P.U $\sqrt{3}$ را در حالت فوق تحریک تولید نماید. توان راکتیو تولیدی هر خازن (Q_2, Q_1) چند P.U است؟

(۱) $Q_2 = Q_1 = ۰/۹$

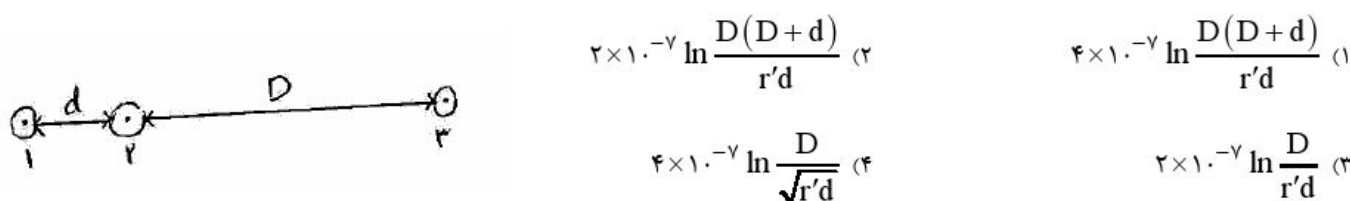
(۲) $Q_2 = ۰/۹$, $Q_1 = ۰/۵۶$

(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)



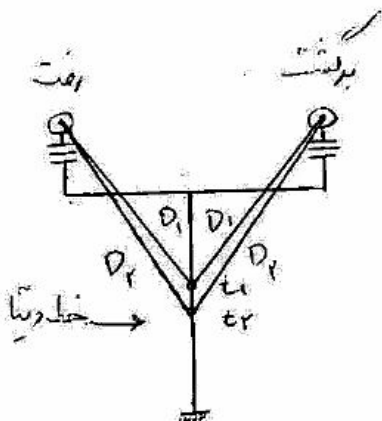
$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D(D+d)}{r'd} \quad (۲)$$

$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D(D+d)}{r'd} \quad (۱)$$

$$4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{r'd}} \quad (۴)$$

$$2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'd} \quad (۳)$$

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)



$$j\omega 2 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (1)$$

$$j\omega 4 \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (2)$$

$$j\omega \times 10^{-7} I \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (3)$$

(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؟

$$\begin{bmatrix} |A| & |B| \\ |C| & |D| \end{bmatrix}$$

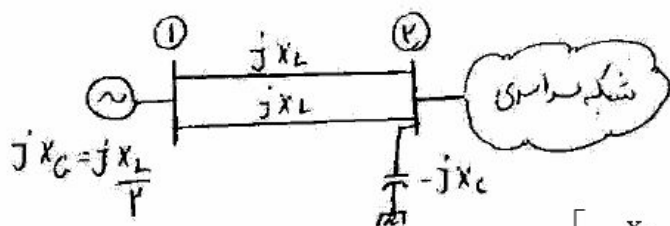
$$\sin 2\beta + \cos \beta \quad (2)$$

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

$$2 \cos 2\beta \quad (4)$$

$$\cos \beta (2 \sin \beta - 1) \quad (3)$$

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 پاهای (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 225 kV متصل شده و در حال انتقال

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

۲۲۵ kV (۴)

۱۸۵ kV (۳)

۲۰۰ kV (۲)

۲۱۵ kV (۱)

۱۱- در یک خط انتقال فشار قوی تک مدار 400 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^5 است. اگر خط بدون تلف بوده و با امپدانس موجی خود بارگذاری شده باشد حداکثر توان تحویلی به بار چند MW است؟

$$\frac{1200}{\pi} \text{ MW} \quad (4)$$

$$\frac{800}{\pi} \text{ MW} \quad (3)$$

$$\frac{3200}{\pi} \text{ MW} \quad (2)$$

$$\frac{1600}{\pi} \text{ MW} \quad (1)$$

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.

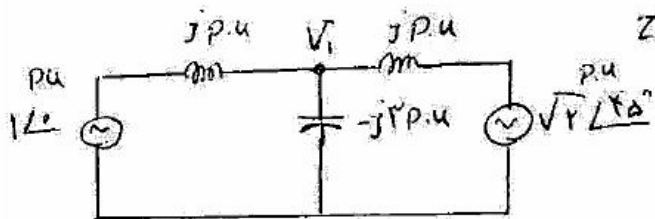
بررسی سیستم‌های قدرت

۱- گزینه «۲» صحیح است.

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

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

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



حال که ولتاژ دو سر خازن محاسبه شده داریم:

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

چون مدار سه فاز است داریم:

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

۲- گزینه «۱» صحیح است.

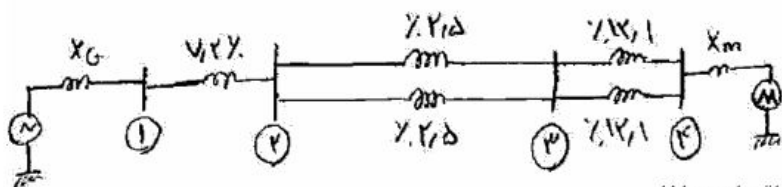
چون راکتانس کل بین ترمینال‌های مولد و موتور خواسته شده راکتانس داخلی خود مولد و خود موتور مدنظر نمی‌باشند لذا:

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

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

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

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



مدار معادل درصد یا پرفیویتی 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 می کنند پس هیچ توان راکتیوی به منظور مصرف این بارها توسط خازن دوم یا خط تغذیه تولید نمی شود پس خازن دوم فقط باید نیمی از توان راکتیو مصرفی خط را تولید کند. نیمی دیگر نیز توسط باس (۱) تولید یا تغذیه می شود. 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:

$$Q_2 = -j 0.56 \text{ P.U}$$

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

$$Q_1 = Q_G - (Q_{12} + Q_{Load1}) = 2 - (0.56 + 0.54) = 0.9 \text{ P.U}$$

۴- گزینه «۴» صحیح است.

در مواردی که اندوکتانس هر هادی (نه هر خط) خواسته می شود 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.

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

ع- 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:

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

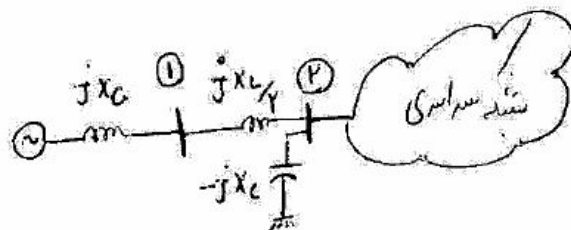
$$= \frac{1 \times 1}{1} \cos\left(\beta - \frac{\pi}{2} + \beta\right) - \frac{1 \times 1^2}{1} \cos\beta = \cos\left(2\beta - \frac{\pi}{2}\right) - \cos\beta$$

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

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.

$$\begin{cases} Z_{oc} = \frac{A}{C} = \frac{\cos \beta L}{j \frac{\sin \beta L}{Z_c}} \Rightarrow 90^\circ = \frac{Z_c}{\tan \beta L} & \Rightarrow \tan \beta L = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ Z_c = \sqrt{Z_{oc} Z_{sc}} = \frac{Z_{oc}}{\sqrt{3}} = \frac{90^\circ}{\sqrt{3}} \Omega & \Rightarrow \beta L = 30^\circ \end{cases}$$

از طرفی چون توان انتقالی از خط حداکثر است داریم:

$$P_{\max} = \frac{|V_s| |V_R|}{Z_c \sin \beta L} \Rightarrow 100 \sqrt{3} = \frac{225 \times |V_R|}{\frac{90^\circ}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2}} \Rightarrow |V_R| = 200 \text{ kV}$$

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:

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

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.