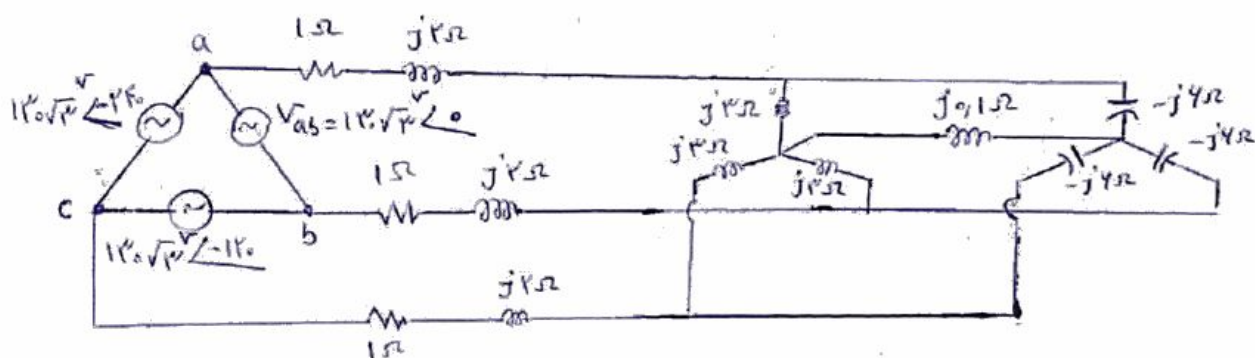


بررسی سیستم های قدرت

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



۱۵۶۰ VAR - ۷۸۰ W (۲)

۷۸۰ VAR - ۱۵۶۰ W (۱)

۴۱۵ VAR - ۸۰۵ W (۴)

۸۰۵ VAR - ۴۱۵ W (۳)

۲- در یک مجتمع صنعتی با شبکه ۲۰ kV، دو بار بزرگ یکی با توان حقیقی ۶۰۰ kW و ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز و دیگری دارای توان حقیقی ۴۰۰ kW و راکتیو ۱۵۰ 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؟ ($f = ۵۰\text{Hz}$ و $\pi = ۳$ فرض شود)

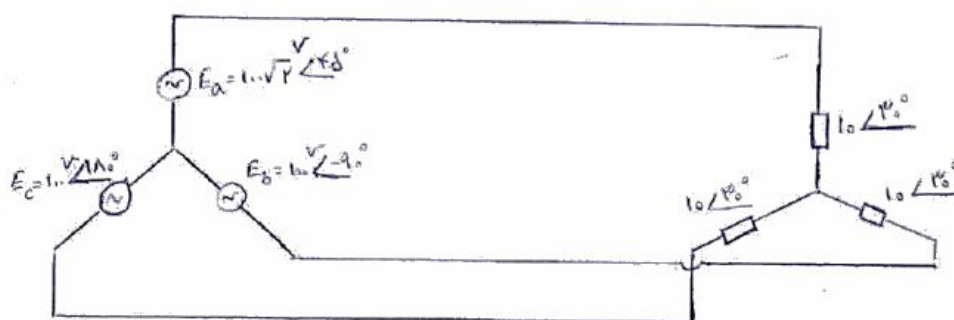
۴۵ μF (۴)

۱۵ μF (۳)

۳۰ μF (۲)

۵ μF (۱)

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؟



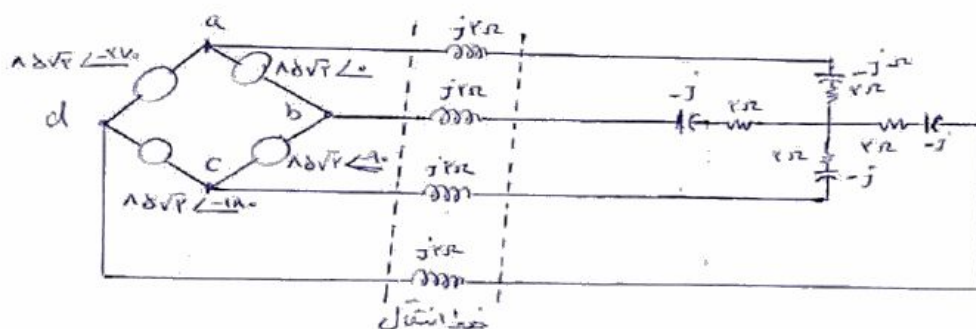
√۱۰ (۱)

√۱۱ (۲)

√۱۲ (۳)

√۱۳ (۴)

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



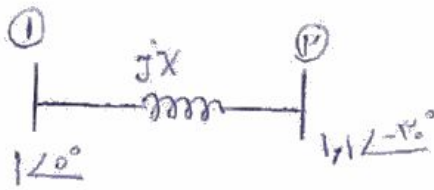
۲۰√۵% (۱)

۴۰√۵% (۲)

۳۰√۵% (۳)

۵۰√۵% (۴)

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



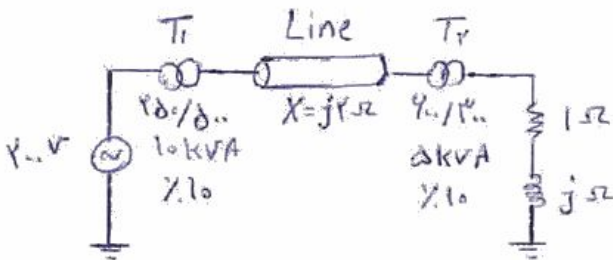
(۱) توان اکتیو از باس (۲) به باس (۱) منتقل می شود.

(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) ۰.۵۷۱۵

(۳) ۰.۶۰

(۴) ۰.۷۲۱۵

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.

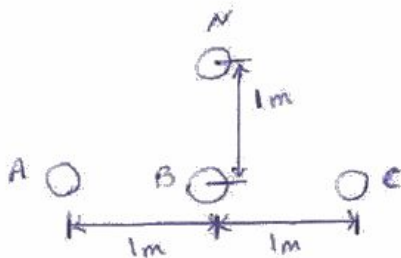
(۳) فقط باید جمع برداری جریان های سه فاز برابر صفر باشد.

(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 الفایی در سیم نول هنگامی که طول خط ۲ km باشد کدام است؟ (سیستم را

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



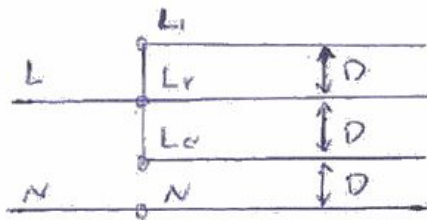
(۱) ۲۱۷

(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؟ ($D = \sqrt{3}D_s$)



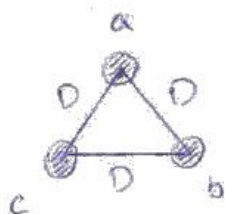
$$(1) \frac{\sqrt{36}}{\sqrt{9}} \times 16$$

$$(2) \frac{\sqrt{36}}{\sqrt{9}} \times 8$$

$$(3) \frac{\sqrt{49}}{\sqrt{9}} \times 5$$

$$(4) \frac{\sqrt{49}}{2\sqrt{9}} \times 5$$

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)



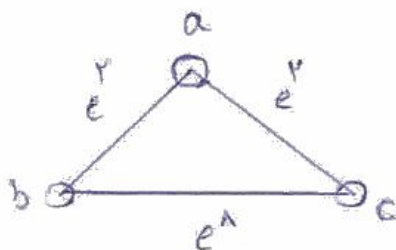
$$(1) 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'}$$

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

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

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

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 $r = e^{-\frac{r}{4}}$ 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

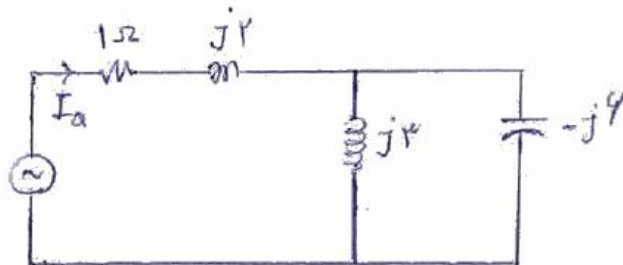
۱- گزینه «۲» صحیح است.

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 $j\omega L = 1 \angle 0^\circ \Omega$ 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:

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

$$Q_c = P(\tan \phi_{new} - \tan \phi_L) = 1000(0 - 0.6) = -600 \text{ KVAR}$$

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:

$$Q_{Ph} = \frac{V_{Ph}^2}{X_c} = C \omega V_{Ph}^2 \Rightarrow C = \frac{200 \times 1000}{2\pi \times 50 \times \frac{200000}{3}} = 5 \times 10^{-6} \text{ F} = 5 \mu\text{F}$$

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:

$$\left. \begin{aligned} \vec{I}_a &= \frac{100 \angle 45^\circ}{1 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_a = 100 \angle 15^\circ \\ \vec{I}_b &= \frac{100 \angle -90^\circ}{1 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_b = 100 \angle -60^\circ \\ \vec{I}_c &= \frac{100 \angle 18^\circ}{1 \angle 30^\circ} \Rightarrow \vec{I}_c = 100 \angle 150^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{S} = (100 \angle 45^\circ)(100 \angle 15^\circ)^* + (100 \angle -90^\circ)(100 \angle -60^\circ)^* + (100 \angle 18^\circ)(100 \angle 150^\circ)^*$$

$$\vec{S} = 2000 \angle 3^\circ + j1000 \Rightarrow |\vec{S}| = 2\sqrt{3} \text{ KVA}$$

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:

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

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:

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

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

$$V_{b_3} = 400 \times \frac{30}{60} = 200 \text{ V}$$

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

$$X_{T_1}^{(new)} = X_{T_1}^{(old)} \left(\frac{V_{b_1}^{(old)}}{V_{b_1}^{(new)}} \right)^2 = 0.1 \times \left(\frac{50}{40} \right)^2 = 0.15 \text{ P.U}$$

$$X_{T_2}^{(new)} = X_{T_2}^{(old)} \frac{S_{b_2}^{(new)}}{S_{b_2}^{(old)}} \left(\frac{V_{b_2}^{(old)}}{V_{b_2}^{(new)}} \right)^2 = 0.1 \times \frac{10}{5} \times \left(\frac{60}{40} \right)^2 = 0.45 \text{ P.U}$$

$$X_{line} = \frac{X_{line}^{(\Omega)}}{Z_{b_2}} = \frac{2}{16} = 0.125 \text{ P.U}$$

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

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.

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

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

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:

$$GMR_L = \sqrt[3]{(D_s \cdot D \cdot 2D)(D_s \cdot D \cdot D)(D_s \cdot D \cdot 2D)} = \sqrt[3]{4 D_s^2 D^2}$$

$$GMR_N = D_s$$

$$GMD = \sqrt[3]{2 D_s \cdot 2D \cdot D} = D \sqrt[3]{6}$$

$$L = L_L + L_N = \gamma \times 10^{-7} \ln \frac{D \sqrt[3]{6}}{\sqrt[3]{4 D_s^2 D^2}} + \gamma \times 10^{-7} \ln \frac{D \sqrt[3]{6}}{D_s} \Rightarrow$$

$$L = \gamma \times 10^{-7} \ln \frac{D^{\frac{2}{3}} 6^{\frac{1}{3}}}{D_s \sqrt[3]{4 D_s^2 D^2}} = 16 \frac{\sqrt[3]{36}}{\sqrt[3]{9}}$$

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

هادی رفت تک رشته بوده لذا:

$$GMR_1 = r'$$

هادی برگشت دو رشته‌ای است لذا:

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

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

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

۱۱- گزینه «۲» صحیح است.

در حالت ترانسپوز نشده داریم:

$$L_a = 2 \times 10^{-12} \left(\ln \frac{1}{r'} + a \ln \frac{1}{D_{ab}} + a \ln \frac{1}{D_{ac}} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-12} \left(\ln \frac{1}{e^{-1}} + a \ln \frac{1}{e^2} + a \ln \frac{1}{e^2} \right) = 6 \times 10^{-12} \frac{H}{m}$$

در حالت ترانسپوز شده داریم:

$$D_{eq} = \sqrt{e^2 \cdot e^2 \cdot e^2} = e^2$$

$$L_{a_{tr}} = 2 \times 10^{-12} \ln \frac{D_{eq}}{r'} = 2 \times 10^{-12} \ln \frac{e^2}{e^{-1}} = 10^{-12} \frac{H}{m}$$

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 بر ولتاژ القایی بی تأثیر است.

الف) جمع جبری جریان‌ها صفر نباشد.

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