بررسی سیستم قدرت1

برگرفته شده از کتاب سیستم های قدرت آقای احد کاظمی

دانشکده امام جعفر صادق (ع) آستانه اشرفیه

مدرس:

آقای مهندس نور محمدی

باهمکاری دانشجو مهدی آقاجانی

بررسی سیستم قدرت در سه بخش تشریح می شود:

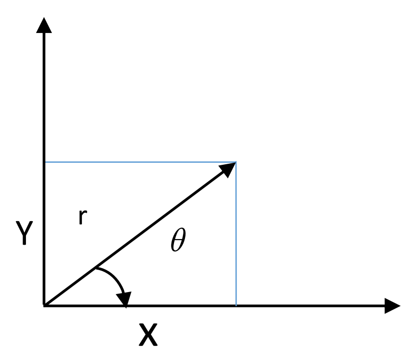
1) تولید
2) انتقال
3) توزیع

توان در نیروگاه ها تولید شده و به کمک ترانسفورماتور ها وخطوط انتقال به بخش توزیع می رسد و سپس بین بارها یا مصرف کننده ها توزیع می شود.

تولید: ابتدا در نیروگاه ها توان تولید شده و به علت افت ولتاژ خطوط وتلفات آن به کمک ترانسفورماتورهای افزاینده سطح ولتاژ افزایش پیدا می کند.رنج تولیدی ولتاژ معمولا در نیروگاه ها بین 11الی 33 کیلوولت می باشد.

انتقال: شبکه انتقال مسیر های متفاوتی دارد که هر مسیر دارای سطح ولتاژ خاصی می باشد که در کشور ما معمولا این سطح ولتاژ 132_200_400 کیلوولت می باشد.

توزیع: شبکه توزیع ساختار متفاوتی دارد و معمول ترین ساختار آن ساختار شعاعی می باشد در این بخش سطح ولتاژ توسط ترانسفورماتور های کاهنده برای مصرف کننده ها به سطح ولتاژ پایین تری میرسد.



$$z = x + jy \rightarrow r = \sqrt{x^2 + y^2} \measuredangle \tan^{-1}\frac{y}{x} = r \measuredangle \theta$$

جمع وتفریق:

$$r_1 \measuredangle \theta_1 + r_2 \measuredangle \theta_2 = r_1 \cos\theta_1 + jr_1 \sin\theta_1 + r_2 \cos\theta_2 + jr_2 \sin\theta_2$$

ضرب و تقسیم:

$$\frac{r_1 \measuredangle \theta_1}{r_2 \measuredangle \theta_2} = \frac{r_1}{r_2} \measuredangle \theta_1 - \theta_2$$

$$(r_1 \measuredangle \theta_1) \times (r_2 \measuredangle \theta_2) = r_1 r_2 \measuredangle \theta_1 + \theta_2$$

نمایی:

$$r_1 \measuredangle \theta_1 = r_1 e^{i\theta_1} = r_1(\cos\theta_1 + j\sin\theta_1) \rightarrow r_1 e^{i\theta_1} \times r_2 e^{i\theta_2} = r_1 r_2{}^{j(\theta_1+\theta_2)}$$

$$\frac{r_1 e^{i\theta_1}}{r_2 e^{i\theta_2}} = \frac{r_1}{r_2} e^{i(\theta_1-\theta_2)}$$

جریان وولتاژ در سیستم های قدرت:

جریان و ولتاژ در سیستم های قدرت بصورت معادلات سینوسی نوشته می شوند.از آنجایی که در این درس ما مشتق گیری و انتگرال گیری جریان و ولتاژ استفاده میکنیم و از آنجایی که مشتق گیری و انتگرال گیری مشکل اصلی معادلات سینوسی را تغییر نمیدهند بنابراین جریان و ولتاژ را بصورت سینوسی و مانند معادلات زیر مینوسیم:

$$i_t = i_m \cos(wt + \theta_i) \rightarrow i_{c(t)} = c\frac{dVc_t}{dt} \rightarrow V_{c_t} = \frac{1}{c}\int_0^t i_{c(t)} dt + v_c(0)$$

$$v_t = v_m \cos(wt + \theta_v) \rightarrow i_{L(t)} = \frac{1}{L}\int_0^t V_{L(t)} dt + i_L(0)$$

حوزه فرکانس(فیزور):

$$a_t = A_m \cos(\cos wt + \theta_A) \to \mathrm{A}_{rms} \measuredangle \theta_A$$

$$i_t = I_m \cos(wt + \theta_I) \to I_{rms} \measuredangle \theta_A$$

$$A_{rms} = [\frac{1}{T}\int_0^t x^2 dt]^{\frac{1}{2}} \to A_{rms} = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$$

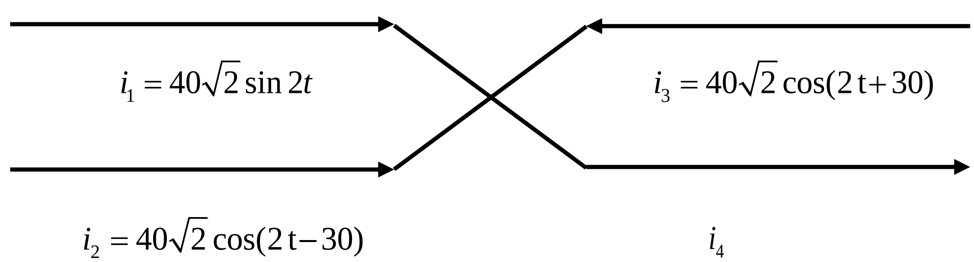
مثال 1)توابع زیر در حوزه زمان میباشد آنها را بصورت حوزه فرکانس بدست آورید.

حل)

$$V_t = 4\sqrt{2}\cos 5t \to 4\measuredangle 0$$

$$V_t = 4\sqrt{2}\sin(5t+60) \to 4\sqrt{2}\cos(5t+60-90) = 4\sqrt{2}\cos(5t-30) = 4\measuredangle -30$$

مثال 2)در مسئله زیر i4 را بدست بیاورید.



حل)

$$i_4 = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_1 = 40\sqrt{2}\cos(2t-90) = 40\angle -90$$

$$i_2 = 40\sqrt{2}\cos(2t-30) = 40\angle -30$$

$$i_3 = 40\sqrt{2}\cos(2t+30) = 40\angle +30$$

$$i_4 = 40\angle -90 + 40\angle -30 + 40\angle +30$$

$$\rightarrow 40\cos(-90) + j40\sin(-90) + 40\cos(-30) + j40\sin(-30) + 40\cos(30) + j40\sin(30)$$

$$= 0 - 40j + 40\times\frac{\sqrt{3}}{2} - 40j\times\frac{1}{2} + 40\times\frac{\sqrt{3}}{2} + 40j\times\frac{1}{2} = 40\sqrt{3} - 40j$$

$$\sqrt{(40\sqrt{3})^2 - 40^2}\angle \tan^{-1}\frac{40}{40\sqrt{3}} = 80\angle -30$$

امپدانس و ادمیتاس:

$$z = \frac{v}{i} = \frac{v_{rms}\angle\theta v}{i_{rms}\angle\theta i} = \frac{v_{rms}}{i_{rms}}\angle\theta v - \theta i = \frac{v_{rms}}{i_{rms}}\angle\theta$$

امپدانس:

$$z = \frac{v_m}{i_m}\angle\theta v - \theta i \xrightarrow{\iota} \frac{v_m}{i_m}\angle\phi$$

ادمیتانس:

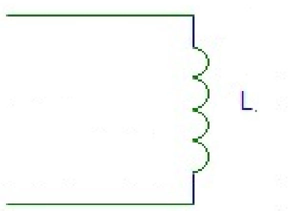
$$Y = \frac{1}{z} = \frac{i}{v} = \frac{i_{rms}\angle\theta i}{v_{rms}\angle\theta v} = \frac{i_{rms}}{v_{rms}}\angle\theta i - \theta v$$

$$= \frac{i_{rms}}{v_{rms}}\angle -\phi \rightarrow Y = \frac{i_m}{v_m}\angle -\phi$$

$$Z = R + jX$$

$$Y = G + jB$$

- R مقاومت
- JX راکتانس
- G کنداکتانس
- JBسوسپتانس

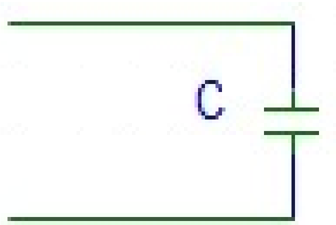


$$Z_L = jXL = Lj\omega$$

$$Y_L = \frac{1}{Z_L} = \frac{1}{jX_L} = \frac{1}{jL\omega} = -\frac{j}{L\omega}$$

$$V_L = Z_L t = jL\omega t = 1\angle 90 L\omega\theta_i$$

$$\theta_v = \angle\theta_i + 90 \rightarrow \theta_i = \theta_v - 90$$



$$Z_C = -jX_C = -\frac{j}{c\omega}$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{-jX_C} = jC\omega$$

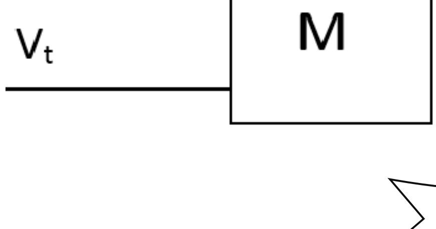
$$V = Z_C.I \rightarrow \theta v = -jc\omega\theta i \rightarrow \theta v = 1\angle -90\angle\theta i \rightarrow \theta v = \angle\theta i - 90$$

$$\theta i = \theta v + 90$$

مثال 3)باتوجه به شبکه شکل زیر ومعادلات ولتاژ و جریان مقدارمقاومت و سوپتانس را بدست آورید.

$$i_t = 5\sqrt{2}\sin(5t)$$

$$v_t = \sqrt{2}(\sin(5t + \frac{\pi}{4}) + \cos(5t + \frac{\pi}{4}))$$



حل)

$$i_t = 5\sqrt{2}\cos(5t-90) \rightarrow i = 5\angle -90$$

$$v_t = \sqrt{2}(\cos(5\,\mathrm{t}+\frac{\pi}{4}-90)+\cos(5t+45))$$

$$= \sqrt{2}\cos(5t-45)+\sqrt{2}\cos(5\,\mathrm{t}+45)$$

$$\mathrm{v} = 1\angle -45 + 1\angle 45 = \sqrt{2}\angle 0$$

$$z = \frac{v}{i} = \frac{\sqrt{2}\angle 0}{5\angle -90} = \frac{\sqrt{2}}{5}\angle 90 = \frac{\sqrt{2}}{5}\cos 90 + j\frac{\sqrt{2}}{5}\sin 90 \rightarrow R = 0$$

$$Y = \frac{i}{v} = \frac{5\angle -90}{\sqrt{2}\angle 0} = \frac{5}{\sqrt{2}}\angle -90 = \frac{5}{\sqrt{2}}\cos(-90) + \mathrm{j}\frac{5}{\sqrt{2}}\sin(-90)$$

$$= 0 - \frac{5}{\sqrt{2}}j \rightarrow B = -\frac{5}{\sqrt{2}}$$

مثال 4)باتوجه به معادلات مقدار کندوکتانس را بدست بیاوید.

$$v_t = 4\sqrt{2}\sin(\omega\,\mathrm{t}+150)$$

$$i_t = \cos\omega t + \sin\omega t$$

حل)

$$v_t = 4\sqrt{2}\cos(\omega t + 150 - 90)$$

$$= 4\sqrt{2}\cos(\omega t + 60) \rightarrow v = 4\angle 60$$

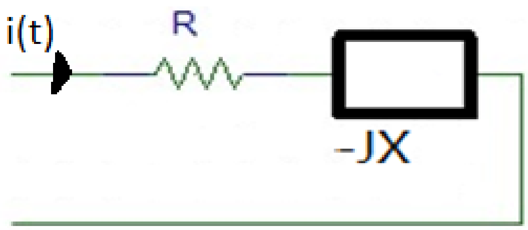
$$i_t = \cos\omega t + \cos(\omega t - 90) = \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}\angle -90$$

$$Y=\frac{i}{v}=\frac{\frac{1}{\sqrt{2}}+\frac{1}{\sqrt{2}}\angle-90}{4\angle 60}=$$

$$\frac{\frac{1}{\sqrt{2}}+\frac{1}{\sqrt{2}}\cos(-90)+j\frac{1}{\sqrt{2}}sin\angle-90}{4\angle 60}=\frac{\frac{1}{\sqrt{2}}-j\frac{1}{\sqrt{2}}}{4\angle 60}=$$

$$\sqrt{\frac{(\frac{1}{\sqrt{2}})^2+(-\frac{1}{\sqrt{2}})^2}{4\angle 60}}\angle\tan^{-1}\frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2}}}=\frac{1\angle-45}{4\angle 60}=-0/25\angle-105$$

مثال 5) برای مدارشکل زیر مقدارسوسپتانس برابر0.06 می باشد کدام گزینه صحیح است؟



1. X=8 R=6
2. X=6 R=8
3. X=12 R=10
4. X=10 R=12

$$Z=R-jX$$

$$Y=\frac{1}{Z}=\frac{1}{R-jX}\times\frac{R+jX}{R+jX}=$$

$$\frac{R+jX}{R^2+X^2}=\frac{R}{R^2+X^2}+\frac{jX}{R^2+X^2}$$

$$R^2-(jX^2)=R^2-j^2.X^2=R^2+X^2$$

$$B=\frac{X}{R^2+X^2}=\frac{6}{8^2+6^2}=\frac{6}{100}=0.06$$

توان AC در مدارهای تکفاز

معادله ولتاژ:

$$V_t=V_m\cos(\omega t+\theta v)$$

معادله جریان:

$$I_t = I_m \cos(\omega t + \theta i)$$

توان لحظه ای:

$$p_t = V_t \times I_t = V_m \cos(\omega t + \theta v) \times \mathrm{I}_m \cos(\omega t + \theta i) =$$

$$V_m \times I_m \cos(\omega t + \theta v)\, \mathrm{I}_m \cos(\omega t + \theta i)$$

$$\cos x . \cos B = \frac{1}{2}[\cos(\mathrm{x}+\mathrm{B}) + \cos(\mathrm{x}-\mathrm{B})]$$

$$\mathrm{p}_t = \frac{1}{2} V_m . I_m \cos(2\omega t + \theta v + \theta i) + \frac{1}{2} V_m . I_m \cos(\theta v - \theta i)$$

چون به زمان بستگی دارد مقدار متوسط آن صفر است.

چون به زمان بستگی ندارد مقدار متوسط آن با خودش برابر است.

$$\mathrm{p}_t = \frac{1}{T} \int_0^T p_t d_t$$

$$p_t = \frac{1}{2} V_m . I_m \cos\theta = \frac{1}{2} (\sqrt{2} V_{rms})(\sqrt{2} I_{rms}) \cos\phi$$

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

$$S = \frac{1}{2} V_m . I^*{}_m \to S = V_{rms} . I^*{}_{rms} = \left|V_{rms}\right| . \left|I_{rms}\right| \measuredangle \theta_V - \theta_i$$

$$P_t = P(1 + \cos 2\omega t) + Q \sin 2\omega t$$

توان راکتیو:

$$Q = VI \sin\phi$$

$$S = P + jQ \to S = \sqrt{P^2 + Q^2} \to \phi = \tan^{-1} \frac{Q}{P}$$

مثال 6) توان لحظه ای یک سیستم قدرت تکفاز که با ولتاژ$V_t=200\cos 400t$ تغذیه میشود برابر با $P_t=800+1000\cos(800t-36.87)$وات می باشد.مقدار$I_m$ و Q را بدست بیاورید.

$$\cos(a\pm B)=\cos a.\cos B\mp \sin a.\sin B$$

$$P_t=800+1000[\cos 800t.\cos 36/87+\sin 800t.\sin 36/87]$$

$$P_t=800+1000[\cos 800t\times 0/8+\sin 800t\times 0/6]$$

$$P_t=800[800\times\cos 800+600\times\sin 800t]$$

$$P_t=800(1+\cos 2\times 400t)+600(\sin 2\times 400t)$$

$$Q=600$$

$$\mathrm{I}_m=?$$

$$S=\sqrt{P^2+Q^2}=\sqrt{800^2+600^2}=1000VA\angle 36/87$$

$$S=P+jQ=800+j600=1000\angle 36/87$$

$$S=\frac{1}{2}V_m+I_m$$

$$I_m=\frac{2S}{V_m}=\frac{2\times 1000\angle 36/87}{200}=10\angle 36/87$$

$$I_m=10\angle 36/87\xrightarrow{\text{مزدوج}}I_m=10\angle -36/87$$

ضریب توان شبکه)

عمودی مثبت: $P_t=P_1+P_2+\ldots+P_n$

افقی مثبت ومنفی: $Q_t=Q_1\pm Q_2\pm\ldots\pm Q_n$

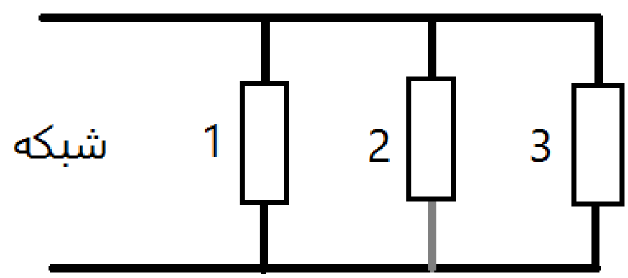
$$|S_t| = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}$$

$$S_t = S_1\angle\theta_1 + S_2\angle\theta_2$$

ضریب توان کل شبکه:

$$\cos\phi_t = \frac{P_t}{S_t}$$

مثال 7)باتوجه به شکل زیر ضریب توان کل شبکه را بدست بیاورید.



1. $P_1 = 25KW; Q_1 = 25KVAR$
2. $S = 15KVA; COS\phi_2 = 0/8$
3. $P_3 = 11KW; COS\phi_3 = 1$

حل)

$$P_2 = S_2 \times COS\phi_2 = 15 \times 0/8 = 12KW$$

$$Q_2 = S_2 \times SIN\phi_2 = 15 \times 0/6 = -9KVAR$$

$$Q_3 = 0$$

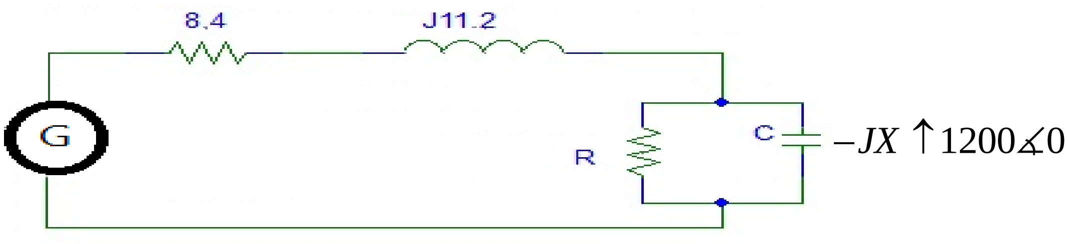
$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 = 25 + 12 + 11 = 48KW$$

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 25 - 9 + 0 = 16KVAR$$

$$|S| = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = \sqrt{48^2 + 16^2} = 50/6KVA$$

$$COS_t = \frac{P_t}{S_t} = \frac{48}{50/6} = 0/94$$

مثال 8)درشکل پایین باراز یک مقاومت و خازن موازی تشکیل شده است و همچنین بارتوان30KVAرا با ضریب توان پیش فاز 0/8 از سیستم میکشد مقدار $\frac{R}{X}$ و ولتاژ ژنراتور را محاسبه کنید.



حل)

$$S = 30KVA\angle -\cos^{-1} 0/8$$

$$30\angle -\theta = 30\cos\theta \pm j30\sin\theta = 24 - j18$$

$$\left.\begin{aligned} P &= \frac{V^2}{R} \to R = \frac{V^2}{P} = \frac{1200^2}{24000} = 60\Omega \\ Q &= \frac{V^2}{XC} \to XC = \frac{V^2}{Q} = \frac{1200^2}{18000} = 80\Omega \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{R}{X} = \frac{60}{80} = 0/75$$

$$Q_c = P\left(\tan\theta_1 - \tan\theta_2\right) = P\left[\tan\left(\cos^{-1}\theta_1\right) - \tan\left(\cos^{-1}\theta_2\right)\right]$$

$$V_{G=} = (8/4 + j11/2)I + 1200$$

$$S = V.I^* \to 30(-\cos^{-1} 0/8) = 1200 \times I^*$$

اصلاح ضریب توان قدرت) برای اصلاح ضریب توان قدرت معمولا سلف یا خازن به مدار اضافه می شود به عبارت دیگر خازن بصورت موازی با مدار قرار میگیرد. فرض می کنیم برای یک مدار که دارای توان مفید P و ضریب توان $\cos\theta_1$ توان راکتیو بصورت زیر قابل محابه است:

$$Q_1 = S\sin\theta_1 \quad \text{یا} \quad Q_1 = P\tan\theta_1$$

حال اگر خازن به مدار اضافه شود باتوجه به ثابت بودن P ضریب توان به $\cos\theta_2$ وتوان راکتیو از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q_2 = P\tan\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \sqrt{1-\cos^2}$$

$$\tan = \frac{\sin}{\cos}$$

اختلاف توان های راکتیو را بصورت زیر بدست می آوریم:

$$Q_m = Q_2 - Q_1$$

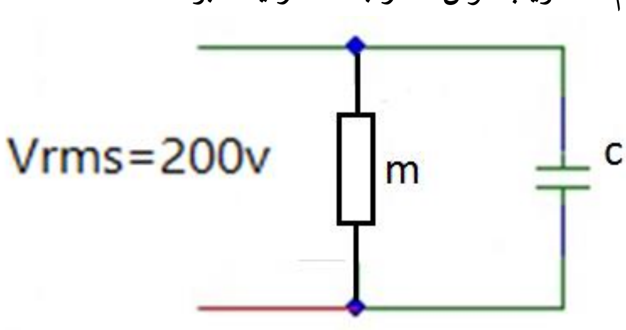
اگر حامل مثبت باشد بنابراین سلف به مدار اضافه شده و اگر Q_m منفی باشد بنابراین خازن به مدار اضافه شده است که هریک را (L-C) به کمک روابط زیر بدست می آوریم:

$$Q_m \rangle 0 \xrightarrow{L=?} Q_{mL} = \frac{V^2}{XL} \rightarrow Q_{mL} = \frac{V^2}{L\omega} \rightarrow L = \frac{V^2}{Q_m\omega}[\mathrm{H}]$$

$$Q_m \langle 0 \xrightarrow{C=?} Q_{mc} = \frac{V^2}{XC} \rightarrow Q_{mc} = \frac{V^2}{\frac{1}{C\omega}} \rightarrow Q_{mc} = V^2 C\omega \rightarrow C = \frac{Q_m}{\omega V^2}[F]$$

$$C = \frac{P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)}{\omega V^2}[F]$$

مثال 9) چه خازنی به مدار شکل زیر اضافه کنیم تا ضریب توان مدار به مقدار یک برسد.



$m = 20KVA$

$\cos\theta_1 = 0/8$

$F = 50HZ$

$\pi = 3$

$C = ?$

$m = 20KVA$

$\cos\theta_1 = 0/8$

$F = 50HZ$

$\pi = 3$

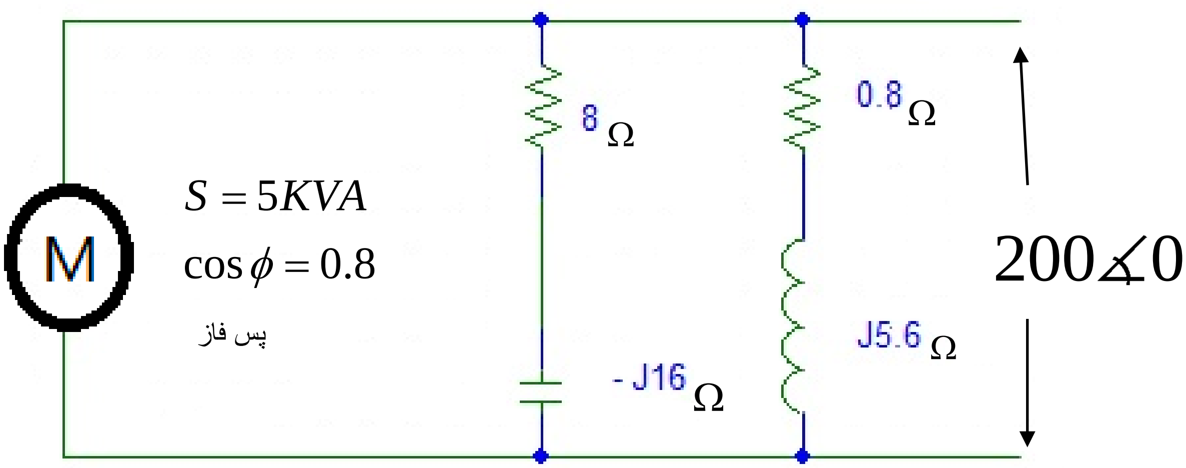
$C = ?$

حل)

$$\cos\theta_2 = 1$$
$$\theta_2 = 0 \rightarrow \sin\theta_2 = 0 \rightarrow Q_2 = 0$$
$$Q_1 = S\times\sin\theta_1 = 20\times 0/6 = 12KVAR$$
$$Q_m = Q_2 - Q_1 = 0 - 12 = -12KVAR$$
$$C = \frac{Q_m}{\omega V^2} = \frac{12\times 10^3}{2\times 3\times 50\times 200^2} = \frac{12000}{300\times 40000} = \frac{12}{12000} = 1000\mu F$$
$$P = S\times\cos\theta_1 = 20\times 0/8 = 16K$$
$$\tan\phi_1 = tan(36/87) = 0/75$$
$$C = \frac{P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)}{\omega V^2} = \frac{16000(0/75-0)}{2\times 3\times 50\times 200^2} = 1000\mu F$$
$$Q_c = P\left(\tan\theta_1 - \tan\theta_2\right) = P\left[\tan\left(\cos^{-1}\theta_1\right) - \tan\left(\cos^{-1}\theta_2\right)\right]$$

مثال 10) سه بار مانند شکل به طور موازی به هم وصل شده اند برای رسیدن ضریب توان کل به مقدار خازنی که باید با بارها موازی ببندیم و مقدار جریان جدید بعد از اضافه کردن خازن چقدر میشوند؟

$(F = 60Hz)$



حل)

$$S = V.I^* = V.(\frac{V}{Z})^* = \frac{V.V^*}{Z^*} = \frac{V^2}{Z^*}$$

$$S_3 = 5K\angle 36/87 = 4 + j3 = 4000 + j3000$$

$$S_2 = \frac{V^2}{Z^*} = \frac{200^2}{8 + j16} = 1000 - j2000$$

$$S_1 = \frac{V^2}{Z^*} = \frac{200^2}{0/8 - j5/6} = 1000 + j7000$$

$$Q_1 = 3000 - 2000 + 7000 = 8000$$

$$\cos\phi_2 = 1 \rightarrow Q_2 = 0$$

$$\cos Q_m = Q_2 - Q_1 = -8000$$

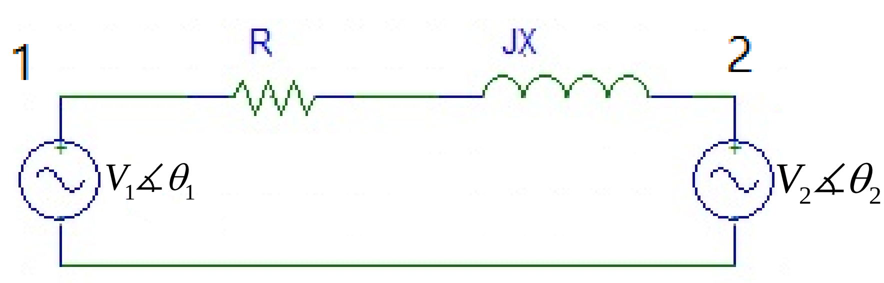
$$C = \frac{Q_m}{\omega V^2} = \frac{8000}{2\times 3\times 60\times 200^2} = 555/55\mu F$$

چون خازن استفاده میکنیم $Q_2 = 0$ می شود پس Q هم صفر می شود حال برای بدست آوردن جریان جدید از فرمول $S = V.I$ استفاده میکنیم که به جای P,S را جایگذای میکنیم:

$$P = V.I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{6000}{V} = 30\angle 0$$

$$P_t = 4000 + 1000 + 1000 = 6000$$

توان مختلط:



$$S_{12}=V_1I_{12}^*=V_1\measuredangle\theta_1\times\left[\frac{V_1\measuredangle\theta_1-V_2\measuredangle\theta_2}{Z\measuredangle\gamma}\right]^*=V_1\measuredangle\theta_1\times\left[\frac{V_1\measuredangle\theta_1}{Z\measuredangle\gamma}-\frac{V_2\measuredangle\theta_2}{Z\measuredangle\gamma}\right]^*$$

$$=V_1\measuredangle\theta_1\times\left[\frac{|V_1|}{|Z|}\measuredangle\theta_1-\gamma-\frac{|V_2|}{|Z|}\measuredangle\theta_2-\gamma\right]^*=V_1\measuredangle\theta_1\times\left[\frac{|V_1|}{|Z|}\measuredangle\gamma-\theta_1-\frac{|V_2|}{|Z|}\measuredangle\gamma-\theta_2\right]$$

$$=\frac{|V_1|^2}{|Z|}\measuredangle\gamma-\frac{|V_1|\times|V_2|}{|Z|}\measuredangle\gamma+\theta_1-\theta_2$$

در سیستم قدرت اندازه $R \ll X$ بنابراین:

$$S_{12}=\frac{|V_1|}{|Z|}\angle\gamma-\frac{|V_1|\times|V_2|}{|Z|}\angle\gamma+\theta_1-\theta_2$$

می توان Rرا صرف نظر کرد $(R=0)$:

$$P_{12}=\frac{|V_1|}{|Z|}\cos\gamma-\frac{|V_1|\times|V_2|}{|Z|}\cos\left(\gamma+\theta_1-\theta_2\right)$$

$$Q_{12}=\frac{|V_1|}{|Z|}\sin\gamma-\frac{|V_1|\times|V_2|}{|Z|}\sin\left(\gamma+\theta_1-\theta_2\right)$$

فرمولP_{12}:

$$P_{12}=\frac{|V_1|\times|V_2|}{|X|}\sin\left(\theta_1-\theta_2\right)$$

فرمولQ_{12}(زمانی که خاص باشد):

$$Q_{12}=\frac{|V_1|^2}{|X|}-\frac{|V_1|\times|V_2|}{|X|}\cos\left(\theta_1-\theta_2\right)$$

بعد از فاکتور گیری:

$$Q_{12} = \frac{|V_1|}{|X|} - \left[|V_1| - |V_2| \cos\left(\theta_1 - \theta_2\right) \right]$$

1. توان مفید:به زاویه یعنی θ بستگی دارد و از زاویه بزرگتر به سمت زاویه کوچکتر جاری می شود و تغییرات جزئی در θ می تواند تغییرات زیادی در Pبه وجود آورد.
2. توان غیر مفید:به ولتاژ بستگی دارد و تغییرات θ تغییر آنچنانی در Qبه وجود نمی آورد.

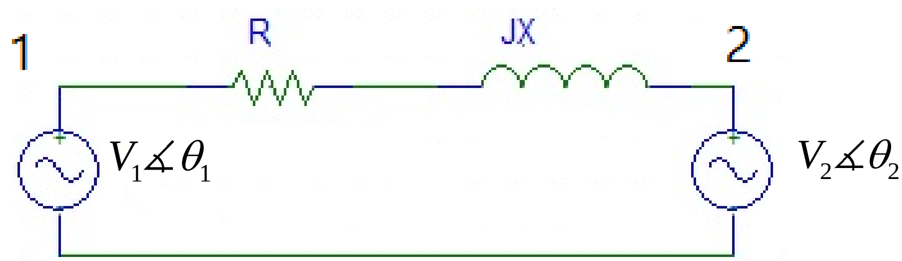
نکته)بانک های خازنی اندازه ولتاژ و ضریب توان را ارتقا می دهند

نکته)از معایب ضریب توان پایین می تواند انتخاب مقادیر نامی بالا برای وسایل استفاده شده در سیستم تولید و توزیع تنظیم ولتاژ ضعیف و افت ولتاژ زیاد و همچنین تلفات مسی بالا نام برد.

نکته)خازن ها به صورت شنت(موازی) در مدار قرار می گیرد.

مثال11)2 منبع ولتاژ $V_1 = 10\angle 30^\circ$ و $V_2 = 5\sqrt{3}\angle 0^\circ$ توسط امپدانس $(Z = j5)$ به هم وصل شده اند توان اکتیو و راکتیو متصل شده از1به2 را برحسب وات و وار بدست بیاورید.

(مقدار Rدر خطوط انتقال کم است پس میشود صرف نظر کرد)



حل)

$$S_1 = \quad {}^* = 1_2 \angle X \times \left[\frac{1 \angle 0 - \sqrt{0}\angle 3}{j5} \right]_1^* = \angle 3\, 0_2 \left[\frac{\angle \quad 0 \quad \sqrt{}}{j5} \right]^* =$$

$$1 \angle \times \left[\frac{1 \angle 0}{5\angle} - \frac{\sqrt{0}}{\angle 9} 3 \right]^* = \angle \frac{3}{0} \times 0 \left[\left(\angle - \frac{0}{} \right) - \left(\sqrt{} \angle - \frac{}{5} \right) \right]^* = \frac{}{9}$$

$$1 \angle \times \left[\left(0 \angle \right) - \left(\sqrt{} \angle 3 \right) \right] = \left(\angle 0 \right) - \left(\sqrt{} \angle 2 \right) = \quad 6$$

$$20\cos(20) + j20 sin(90) - 10\sqrt{3}\cos(120) - j10\sqrt{3} sin(120) =$$

$$0 + j20 - 10\sqrt{3}\left(-\frac{1}{2}\right) - j10\sqrt{3}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = j20 + 5\sqrt{3} - j15$$

$$S_{12} = 5\sqrt{3} + j5$$

$$P_{12} = \frac{10 \times 5\sqrt{3}}{5}\sin(30-0) = 10\sqrt{3} \times \frac{1}{2} = 5\sqrt{3}W$$

$$Q_{12} = \frac{10}{5}\left[10 - 5\sqrt{3}\cos 30^\circ\right] = 2\left(10 - 5\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}\right) =$$

$$20 - 15 = 5VAR$$

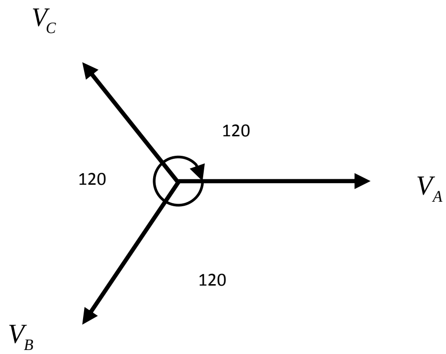
مدارهای سه فاز متعادل:

تولید انتقال و توزیع توسط مدارهای سه فاز صورت می گیرد.برای حداقل کردن تلفات معمولا سعی می شود ولتاژ ها متعادل باشد یعنی اندازه ولتاژ ها یکسان و اختلاف آنها 120 درجه باشد به منبع سه فازی که دارای اندازه های یکسان و اختلاف فاز 120 درجه نسب به هم داشته

باشند منبع متقارن می گوییم.در بحث سه فاز اگر ولتاژ های تولیدی فاز ها به ترتیب a سپسb وپس از آن c به مقادیر ماکزیمم خود برسند توالی فاز ها مثبت می گوییم.(ABC)

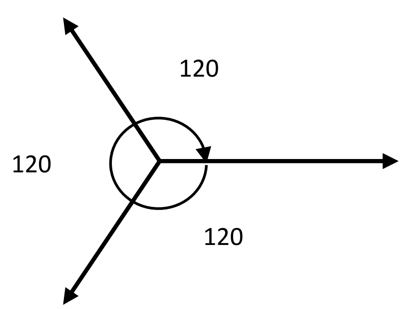
اما اگر ابتدا فاز a و بعد از آن فاز C و سپس فازb به مقادیر ماکزیمم خود برسند توالی فازمنفی می گوییم.(acb)

توالی مثبت:



$$V_A = V\cos\omega t$$
$$V_B = V\cos\left(\omega t - 120\right)$$
$$V_C = V\cos\left(\omega t + 120\right)$$

توالی منفی:

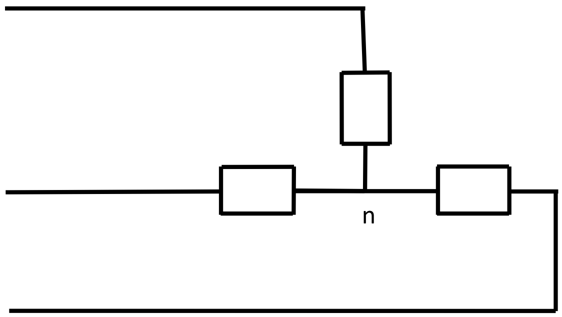


$$V_A = V\cos\omega t$$
$$V_B = V\cos\left(\omega t + 120\right)$$
$$V_C = V\cos\left(\omega t - 120\right)$$

در سیستم قدرت معمولا ژنراتور ها بصوت ستاره متصل میشوند اما بار ها میتوانند ستاره یا مثلث باشند ژنراتور ها را کمتر بهصوت مثلث بطو کامل متعادل نیست زیرا یک ولتاژ باقی مانده خواهیم داشت که باعث ایجاد جریان چرخش می شود هم چنین در اتصال ستاره ولتاژ های فاز مقادیر کمتری نسبت به مثلث دارند بنابراین عایق کمتری نیاز دارد ضمناًدر اتصال ستاره

ژنراتورها از نقطه صفر یا خنثی ستاره برای زمین کردن و مقاصد حفاظتی استفاده می شود.

اتصال ستاره (توالی فاز مثبت):



$$V_{AB} = V_{An} + V_{nB} = V_{An} - V_{Bn} = \left(V_P \angle 0\right) - \left(V_P \angle -120\right) =$$
$$V_P = \left(1\angle 0 - 1\angle -120\right) = V_P \sqrt{3} \angle 30 = \sqrt{3} V_{An} \angle 30$$

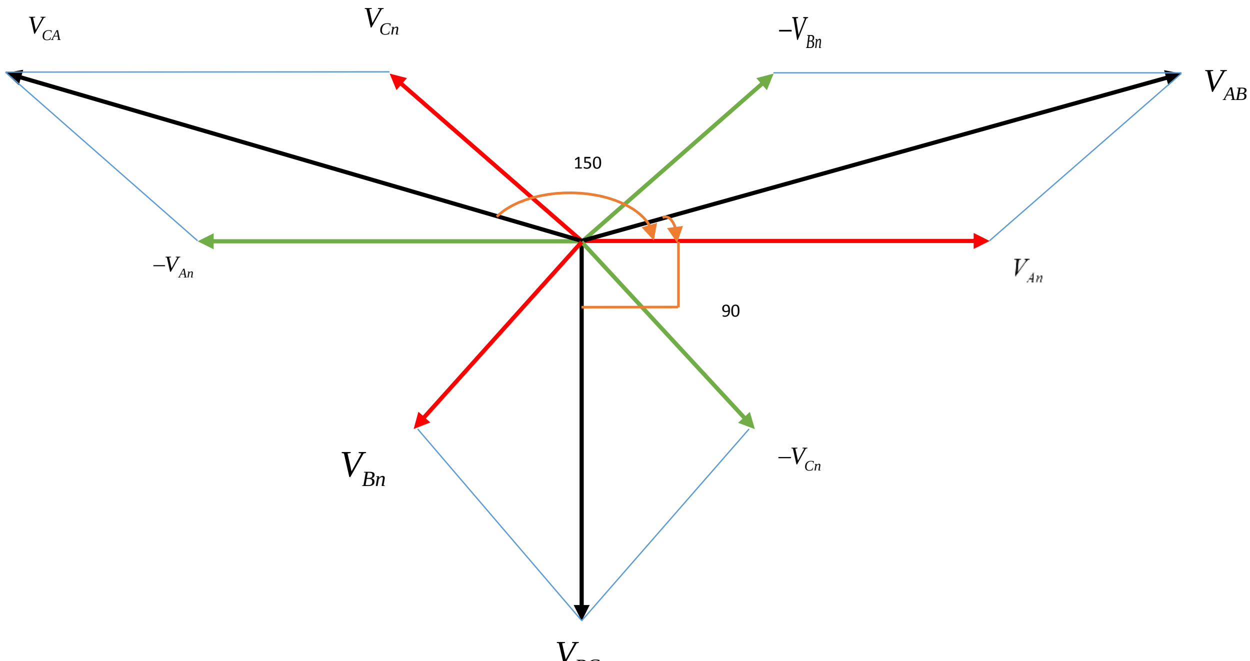
$$V_{BC} = V_{Bn} - V_{nC} = V_{Bn} - V_{Cn} = \left(V_P \angle -120\right) - \left(V_P \angle +120\right) =$$
$$V_P \left(1\angle -120 - 1\angle 120\right) = V_P \sqrt{3} \angle -90 = \sqrt{3} V_P \angle -90$$
$$\Rightarrow V_{BC} = \sqrt{3} V_{BC} \angle 30$$

$$V_{CA} = V_{nC} - V_{nA} = V_{nC} - V_{An} = \ldots = \sqrt{3} V_P \angle 150 \Rightarrow V_{CA} = \sqrt{3} V_{Cn} \angle 30$$

ولتاژ هر خط $\sqrt{3}$ برابراندازه ولتاژ همان فاز است:

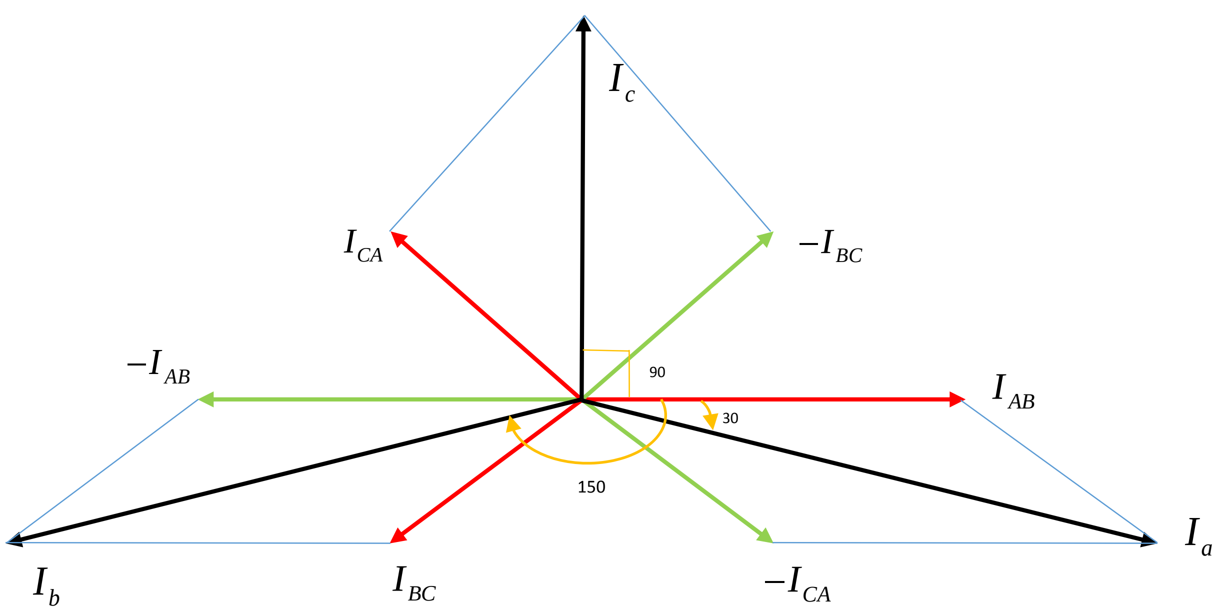
زاویه ولتاژخط به اندازه ی 30 درجه بیشتر از زاویه فاز مربوطه است.

$$V_{AB} = \sqrt{3} V_{An} \angle 30$$
$$V_{BC} = \sqrt{3} V_{Bn} \angle 30$$
$$V_{CA} = \sqrt{3} V_{Cn} \angle 30$$



برای رسم شکل مثلا $V_{An}-V_{Bn}$ در امتداد فاز V_{Bn} درجهت عکس یک بردار V_{Bn} می کشیم و

درادامه با برآینده گرفتن اندازه V_{An} بدست می آید.



جریان خط:

$$I_a = \sqrt{3} I_{AB} \angle -30$$
$$I_b = \sqrt{3} I_{BC} \angle -30$$
$$I_c = \sqrt{3} I_{CA} \angle -30$$

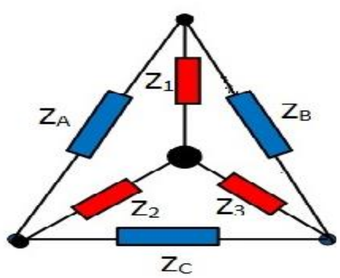
جریان فاز:

$$I_{AB} = I_P \angle 0$$
$$I_{BC} = I_P \angle -120$$
$$I_{CA} = I_P \angle 120$$

جریان خط: $\sqrt{3}$ برابرجریان همان فاز وزاویه آن 30 درجه کاهش ومیابد.

$$I_a = I_{AB} - I_{CA} = I_P \angle 0 - I_P \angle 120 = I_P \left(1\angle 0 - 1\angle 120\right) = \sqrt{3} I_{AB} \angle -30$$
$$I_b = \ldots = \sqrt{3} I_{BC} \angle -30 = \sqrt{3} I_P \angle -150 = \sqrt{3} I_P \angle -30$$
$$I_C = \ldots = \sqrt{3} I_{CA} \angle -30 = \sqrt{3} I_P \angle 90$$

امپدانس:

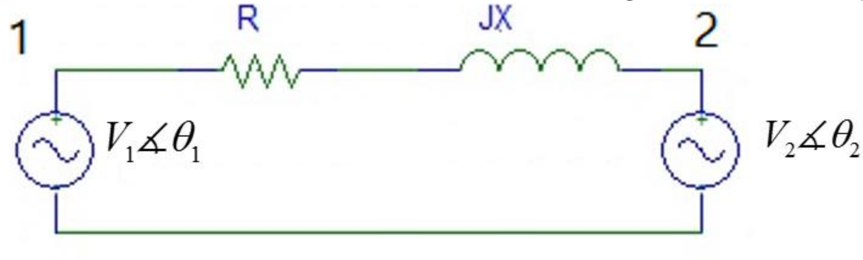


$$\lambda \left\{ \begin{aligned} Z_{\lambda^1} &= \frac{Z_A . Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C} \\ Z_{\lambda^2} &= \frac{Z_A . Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C} \\ Z_{\lambda^3} &= \frac{Z_B . Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C} \end{aligned} \right\} \quad \Delta \left\{ \begin{aligned} Z_{A_\Delta} &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_3} \\ Z_{B_\Delta} &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_2} \\ Z_{C_\Delta} &= \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}{Z_1} \end{aligned} \right\}$$

اگراندازه امپدانس برابرباشند.برای تبدیل ستاره به مثلث کافیست امپدانس راسه برابر کنیم.

برای تبدیل مثلث به ستاره کافیست هر امپدانس را $\frac{1}{3}$ کنیم.

مثال12) مقدار توان انتقالی از 1به2 درشکل زیر را بدست آورید.

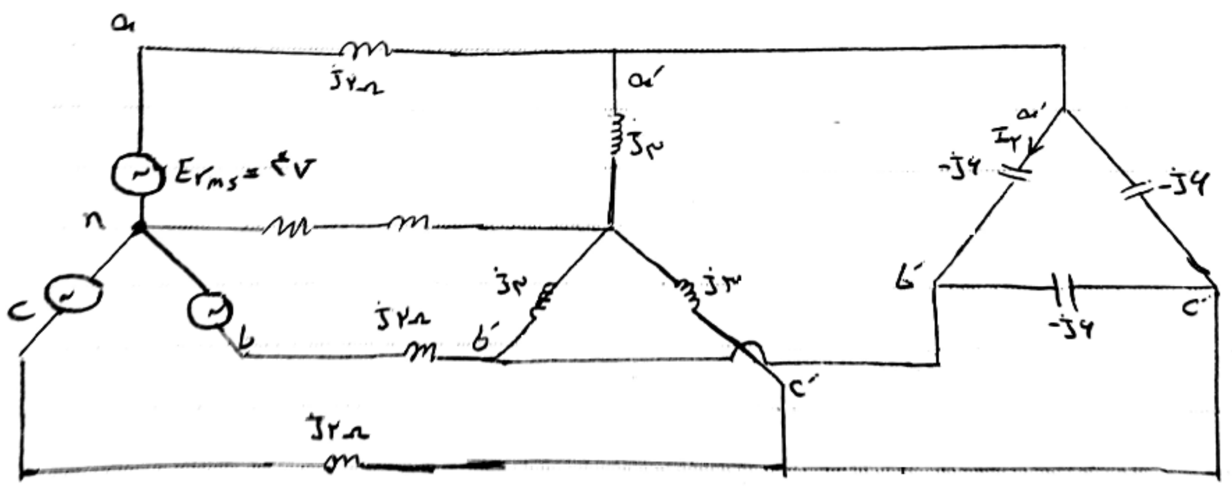


حل)

$$X_{12}=\frac{jx.jx+jx.j2x+jx.j2x}{j2x}=\frac{jx+j2x+j2x}{2}=\frac{5}{2}jx$$

$$P_{12}=\frac{|V_1||V_2|}{X_{12}}\sin\left(\theta_1-\theta_2\right)=\frac{|V_1||V_2|}{\frac{5}{2}}\sin\left(\theta_1-\theta_2\right)=\frac{2}{5}\frac{|V_1||V_2|}{x}\sin\left(\theta_1-\theta_2\right)$$

مثال13) اندازه و مقدار I_2 را بدست آورید.



ابتدا مثلث را به ستاره تبدیل می کنیم و سپس برای یک فاز حل میکنیم.

$$Z = j3 \| -j2 = \frac{6}{j} = -6j$$

$$V_1 = \frac{4\times(-6j)}{j2+(-6j)} = \frac{24j}{-4j} = 6v$$

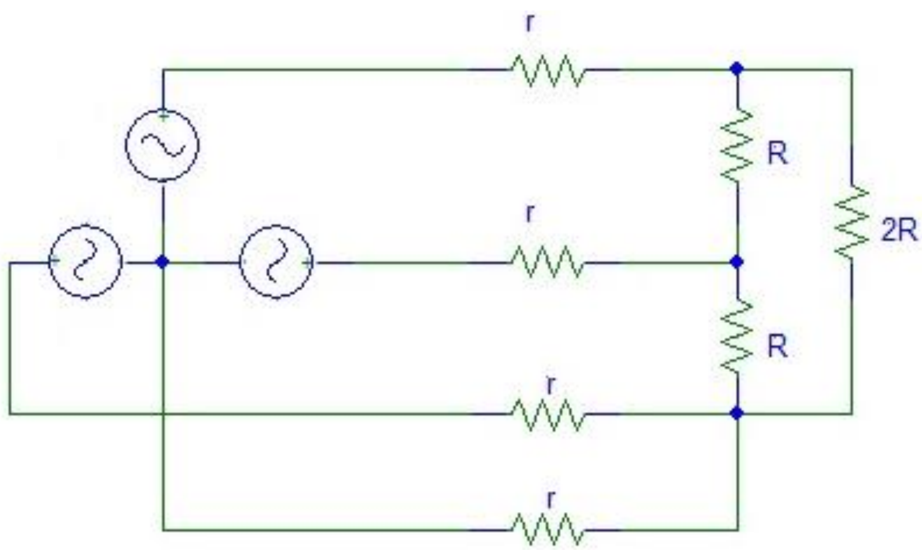
$$V_1 = Va'n' = 6 \rightarrow Vab = \sqrt{3}Va'n'\measuredangle 30 = 6\sqrt{3}\measuredangle 30$$

ولتاژخط در ستاره $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ فاز و زاویه آن **30** درجه اضافه می شود.

ولتاژخط و فاز در مثلث باهم برابرند:

$$I_2 = \frac{Vab}{-j6} = \frac{6\sqrt{3}\measuredangle 30}{-j6} = \frac{6\sqrt{3}\measuredangle 30}{6\measuredangle -90} = \sqrt{3}\measuredangle 120A$$

مثال14)در صورتی که ولتاژ دوسر بار متعادل باشد و داشته باشیم $\begin{Bmatrix} V_a = V\measuredangle 0 \\ V_b = V\measuredangle -120 \\ V_c = V\measuredangle +120 \end{Bmatrix}$ جریان I_A را محاسبه کنید.



$$-I_a + \frac{V_a - V_b}{R} + \frac{V_a - V_c}{2R} = 0$$

$$I_a = \frac{V_a - V_b}{R} + \frac{V_a - V_c}{2R} = \frac{V - V\measuredangle -120}{R} + \frac{V - V\measuredangle 120}{2R}$$

$$= \frac{V(1-1\measuredangle -120)}{R} + \frac{V(1-1\measuredangle 120)}{2R} = \frac{\sqrt{21}V}{2R}$$

توان 3 فاز متعادل:

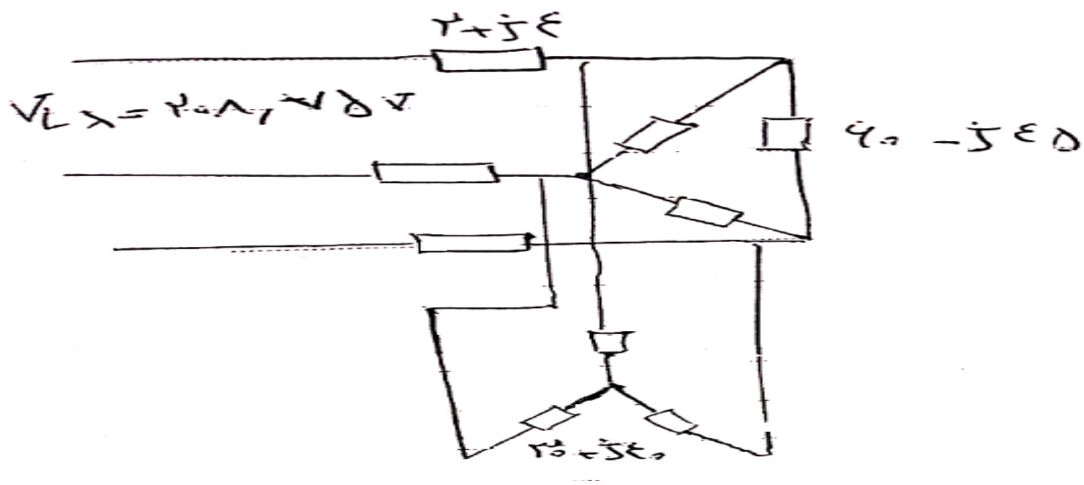
$$
\begin{cases} V_a = \sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v) \\ V_b = \sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v-120) \\ V_c = \sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v+120) \end{cases}
\qquad
\begin{cases} I_a = \sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i) \\ I_b = \sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i-120) \\ I_c = \sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i+120) \end{cases}
$$

$$P_{3\phi} = V_a.I_a + V_b.I_b + V_c.I_c$$

$$
\begin{aligned}
&= \sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v)\times\sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i) \\
&+\sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v-120)\times\sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i-120) \\
&+\sqrt{2}V\cos(\omega t+\theta v+120)\times\sqrt{2}I\cos(\omega t+\theta i+120)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&= VI\cos(\theta v-\theta i)+VI\cos(2\omega t+\theta v+\theta i) \\
&+VI\cos(\theta v-\theta i)+VI\cos(2\omega t+\theta v+\theta i-240) \\
&+VI\cos(\theta v-\theta i)+VI\cos(2\omega t+\theta v+\theta i+240) = 3VI\cos(\theta v-\theta i) = 3VI\cos\phi
\end{aligned}
$$

مثال15)جریان منبع و توان راکتیو آنرا(منبع) بدست آورید.



$$Z' = (30 + j40) \| (20 - j15) = \frac{1200 + j350}{50 + j25} = \frac{1250\measuredangle 16/26}{55/9\measuredangle 26/36} = 22 - j4$$

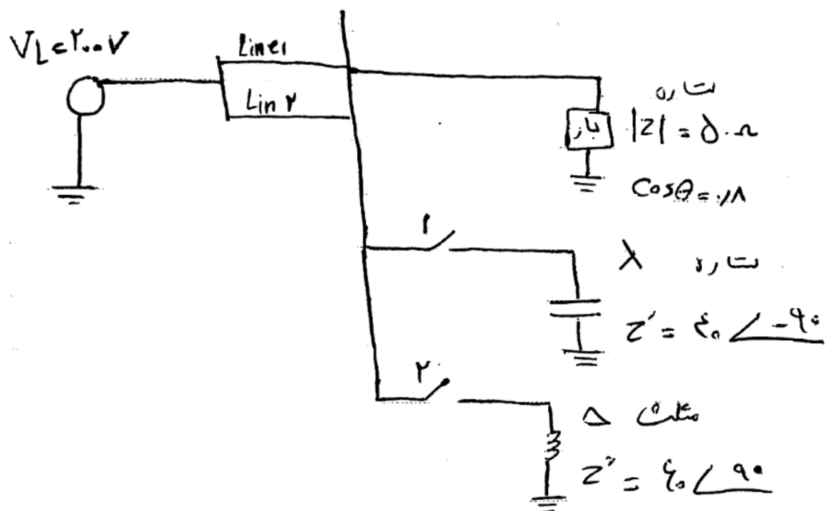
$$Z_t = 2 + j4 + Z' = 2 + j4 + 22 - j4 = 24\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{208/75 \Big/ \sqrt{3}}{24} = \frac{120}{24} = 5\measuredangle 0 A$$

$$S = 3VI^* = 3 \times 120\measuredangle 0 \times 5\measuredangle 0 = 1800$$

$$S = P + jQ \Rightarrow P = 1800w \to Q = 0$$

مثال16) شکل زیر را در نظر بگیرید و اختلاف ضریب توان را بین حالتی که تنها کلید1وصل است و حالتی که تنها کلید 2 وصل است بدست آورید.



$$S_Z = \frac{3V_{PH}{}^2}{Z^*} = \frac{3 \times \left(200 \Big/ \sqrt{3}\right)^2}{50\measuredangle -36/87} = \frac{200^2}{50\measuredangle -36/87} = 640 + j480$$

$$S_{Z'} = \frac{3V_{PH}{}^2}{Z^*} = \frac{3 \times \left(200 \Big/ \sqrt{3}\right)^2}{40\measuredangle 90} = \frac{200^2}{40\measuredangle 90} = -j1000$$

$$S_{Z''} = \frac{3V_{PH}{}^2}{Z^*} = \frac{3 \times 200^2}{60\measuredangle -90} = j2000$$

حالت اول:

$$S_{T_1}=S_Z+S_{Z''}=640+j480-j1000=640-j520$$

$$\cos\phi_1=\frac{640}{\sqrt{640^2+520^2}}=0/77$$

حالت دوم:

$$S_{T_2}=S_Z+S_{Z''}=640+j480+j2000=640-j2480$$

$$\cos\phi_2=\frac{640}{\sqrt{640^2+2480^2}}=0/25$$

$$\cos\phi_T=\cos\phi_1-\cos\phi_2=0/77-0/25=0/52$$

پریونیت(یکایی یا نرمالیزه کردن):

در محاسبات سیستم قدرت از پریونیت استفاده میکنیم.

پریونیت بیشتر در جاهایی کاربرد دارد که تعداد زیادی ترانسفورماتور وسطوح مختلف ولتاژ داشته باشیم بنابراین بوسیله پریونیت با اعداد کوچک تر و محاسبات ساده تر روبرو میشویم.

$$\text{مقدار پریونیت}=\frac{\text{مقدار واقعی کمیت}}{\text{مقدار مبنای آن}}$$

معمولا در سیستم قدرت دو کمیت ولتاژ و توان به عنوان مبنا در نظر گرفته می شود بنابراین می توانیم به کمک روابط زیر امپدانس مبنا را نیز بدست آوریم.

$$V_{pu}=\frac{V_{real}}{V_B}\qquad Z_B=\frac{{V_B}^2}{S_B}$$

$$S_{pu}=P_{pu}+jQ_{pu}$$

روابط در پریونیت و مبنا صادق هستند.

نکته)اگر کمیت مبنا در نظر گرفته شود برای کمیت های هم جنس آن نیز همان مبنا را استفاده می کنیم.

$$\begin{cases}Z_B=50\Omega\\R_B=?\\X_B=?\end{cases}\qquad\begin{cases}S_B=100MVA\\P_B=?\\Q_B=?\end{cases}$$

نکته)اندازه بیس کمیت ها در دوطرف ترانسفورماتور متفاوت است اما مقدار پریونیت آنها برار می باشد.

نکته)یکه سازی در زاویه تاثیر ندارد.

$$Z_B=\frac{V_B}{I_B}\qquad V_{B_2}=\frac{N_2}{N_1}.V_{B_1}$$

$$Z_{B_2}=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Z_{B_1}\qquad I_{B_2}=\frac{N_1}{N_2}.I_{B_1}$$

$$S_B=S_{B1}=S_{B2}$$

مثال17)باتوجه به شکل زیر مقدار I_B و I_{pu} را بدست بیاورید.

$$V_B = 100v$$
$$Z_B = 25_{\Omega}$$

حل)

$$I_B = \frac{V_B}{Z_B} = \frac{100}{25} = 4A$$

$$R_{pu} = \frac{R_{real}}{R_B} = \frac{R_{real}}{Z_B} = \frac{100}{25} = 4$$

$$X_{pu} = \frac{X_{real}}{X_B} = \frac{X_{real}}{Z_B} = \frac{75}{25} = 3$$

$$Z_{pu} = R_{pu} + jX_{pu} = 4 + j3$$

$$V_{pu} = \frac{V_{real}}{V_B} = \frac{100\measuredangle 0}{100} = 1\measuredangle 0$$

$$I_{pu} = \frac{V_{pu}}{Z_{pu}} = \frac{1\measuredangle 0}{4 + j3} = \frac{1\measuredangle 0}{\sqrt{4^2 + 3^2}\measuredangle \tan^{-1}\frac{3}{4}} = \frac{1\measuredangle 0}{5\measuredangle 36/87}$$

$$= \frac{1}{5}\measuredangle -36/87 = 0/2\measuredangle -36/87$$

مثال18)یک سلف با ولتاژ $25kv$ ومقدار $500MVAR$ توان راکتیومصرف میکند راکتانس سلف چقدر است؟(چند پریونیت است)

$$V_L = 25kv, Q = 500MVA, V_B = 25kv, S_B = 500MVA$$

حل)

$$XL=\frac{V^2}{Q}=\frac{\left(25\times 10^3\right)^2}{500\times 10^6}=\frac{25^2\times 10^6}{500\times 10^6}=\frac{5}{4}$$

$$Z_B=\frac{{V_B}^2}{S_B}=\frac{\left(25k\right)^2}{500M}=\frac{5}{4}$$

$$X_{pu}=\frac{X_{real}}{Z_B}=\frac{\frac{5}{4}}{\frac{5}{4}}=1pu$$

برای تغییر مبنا از روش زیر استفاده می کنیم:

$$Z_{pu_{new}}=Z_{pu_{old}}\times\left(\frac{Z_{pu_{old}}}{Z_{pu_{new}}}\right)^2\times\frac{S_{B_{new}}}{S_{B_{old}}}$$

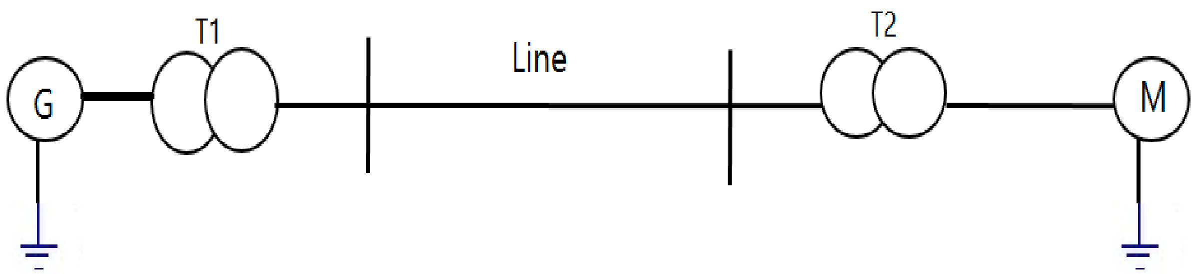
مثال19) یک مولد 3فاز دارای راکتانس تونن $0/2pu$ در مبنای $13/2kv$ و $30MVA$ است در مبنای جدید با مقادیر $13/8kv$ و $50MVA$ مقدار راکتانس جدید به پریونیت را بدست بیاورید.

$$\begin{cases}X_{new}=?\\V_{B_{new}}=13/8kv\\S_{B_{new}}=50MVA\end{cases}\qquad\begin{cases}X_{old}=0/2pu\\V_{old}=13/2kv\\S_{B_{old}}=30MVA\end{cases}$$

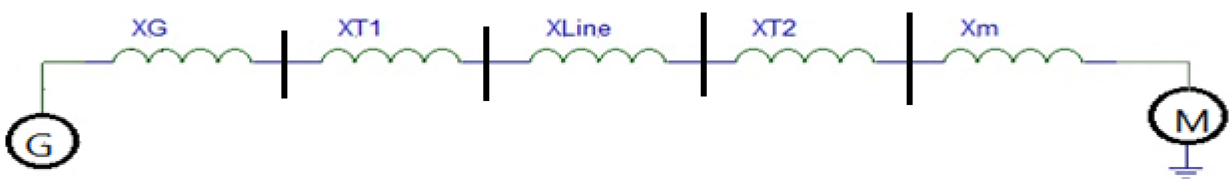
حل)

$$X_{pu_{new}} = X_{pu_{old}} \times \left(\frac{V_{pu_{old}}}{V_{pu_{new}}}\right)^2 \times \frac{S_{B_{new}}}{S_{B_{old}}} =$$

$$X_{pu_{new}} = 0/2 \times \left(\frac{13/2}{13/8}\right)^2 \times \frac{50}{30} = 0/305\,pu$$



نمایش تک خطی(امپدانس)



مراحل حل تمارین:

1. ولتاژ بیس نقاط مختلف خط را بدست می آوریم(باتوجه به رابطه $V_{B_2} = \frac{N_2}{N_1} V_{B_1}$ در ترانس)

2. به کمک رابطه $X_{pu_{new}} = X_{pu_{old}} \times \left(\frac{V_{pu_{old}}}{V_{pu_{new}}}\right)^2 \times \frac{S_{B_{new}}}{S_{B_{old}}}$ مقادیر راکتانس عناصر مدار را بدست می آوریم.

3. به کمک رابطه $Z_{B_{Line}} = \frac{V_{Line}^{\ 2}}{S_{Line}}$ امپدانس خط را بدست می آوریم.

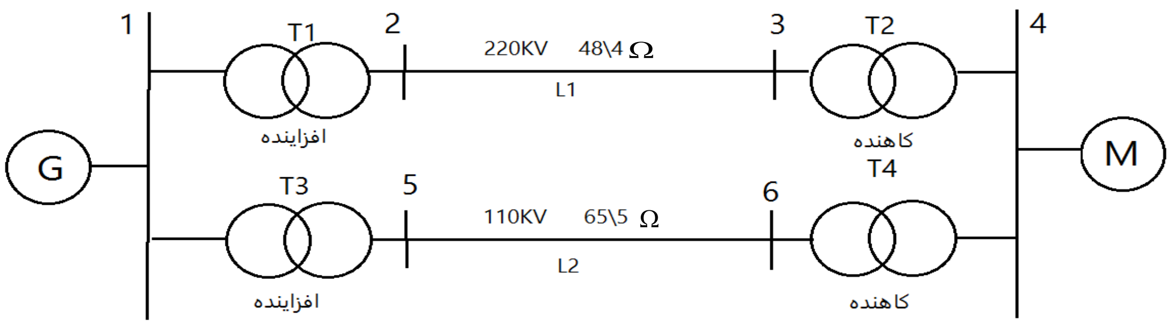
4. معمولا X واقعی خط در مدارات داده می شود.

پس به کمک رابطه $X_{pu_{Line}} = \frac{X_{real}}{Z_B}$ مقادیر امپدانس pu بدست می آید.

نکته) S_B در تمام نقاط مدار یکسان است.

5. مدار معادل امپدانس را رسم کرده به سوالات پاسخ می دهیم.

مثال20) دیاگرام تک خطی یک سیستم قدرت سه فاز در شکل نشان داده شده است مقادیر مبنا $V_B = 22kv, S_B = 100MVA$ هستند امپدانس دیده شده از شین یک چقدر است؟



$$G: 90MVA, 22kv, X = \%18$$

$$T_1: 50MVA, \frac{22}{220}kv, \mathrm{X} = \%10$$

$$\mathrm{T}_2 = 40MVA, \frac{220}{11}kv, X = \%6$$

$$\mathrm{T}_3 = 40MVA, \frac{22}{110}kv, X = \%6.4$$

$$\mathrm{T}_4 = 40MVA, \frac{110}{11}kv, X = \%8$$

$$M = 66.5MVA, 10.45kv, X = \%18.5$$

حل)

$$V_B = V_{B_1} = 22kv$$

$$V_{B_2} = \frac{N_2}{N_1} V_{B_1} = \frac{220}{22} \times 22 = 220 = V_{B_3}$$

$$V_{B_4} = \frac{N_2}{N_1} V_{BB} = \frac{11}{220} \times 220 = 11kv$$

$$V_{B_5} = \frac{N_2}{N_1} V_{B_1} = \frac{110}{22} \times 22 = 110kv = V_{B_6}$$

ژنراتور:

$$X_{G_{new}} = X_{old} \times \left(\frac{V_{B_{old}}}{V_{B_{new}}} \right)^2 \times \frac{S_{B_{new}}}{S_{B_{old}}} = 0/18 \times \left(\frac{22k}{22k} \right)^2 \times \frac{100}{90} = 0/2\,pu$$

ترانس ها:

$$X_{T_1} = 0/1 \times \left(\frac{220}{220} \right)^2 \times \frac{100}{50} = 0/2\,pu$$

$$X_{T_2} = 0/06 \times \left(\frac{11}{11} \right)^2 \times \frac{100}{40} = 0/15\,pu$$

$$X_{T_3} = 0/064 \times \left(\frac{110}{110} \right)^2 \times \frac{100}{40} = 0/16\,pu$$

$$X_{T_4} = 0/08 \times \left(\frac{11}{11} \right)^2 \times \frac{100}{40} = 0/2\,pu$$

موتور:

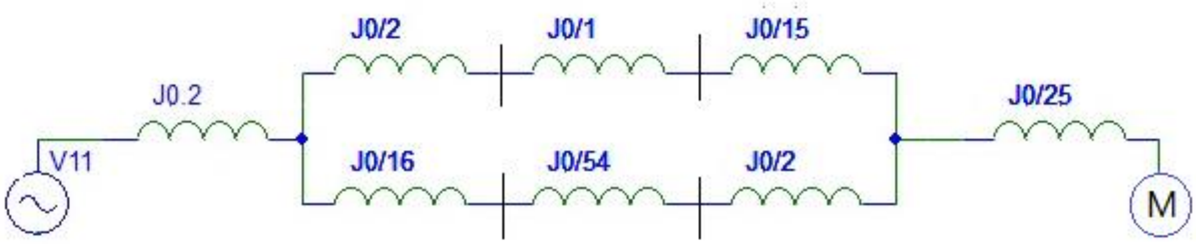
$$X_{M_{new}}=0/185\times\left(\frac{10/45}{11}\right)^2\times\frac{100}{66/5}=0/25\,pu$$

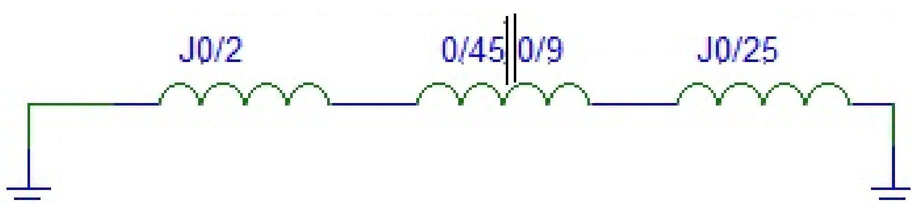
$$Line1: Z_B=\frac{{V_B}^2}{S_B}=\frac{\left(220\times10^3\right)^2}{100\times10^6}=\frac{220\times220}{100}=484$$

$$X_{pu_{Line1}}=\frac{X_{real}}{X_{B_{L1}}}=\frac{48/4}{484}=0/1pu$$

$$Line2, Z_{B_{L2}}=\frac{{V_B}^2}{S_B}=\frac{\left(110\times10^3\right)^2}{100\times10^6}=121$$

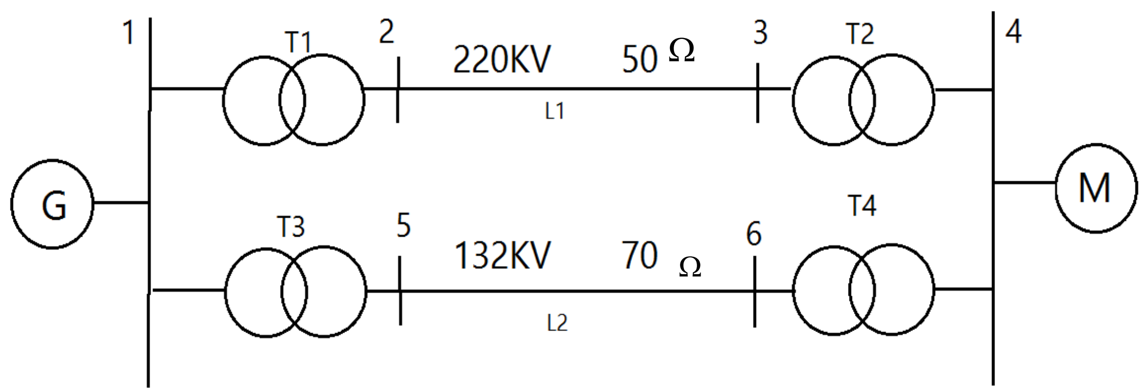
$$X_{pu_{Line2}}=\frac{X_{real}}{Z_B}=\frac{65/5}{121}=0/54\,\text{pu}$$





$$X_{shin1}=\left[\left(0/45j\|0/9j\right)+0/25j\right]\|0/2j=0/14j$$

مثال21) دیاگرام تک خطی یه سیستم سه فاز در شکل زیر نشان داده شده است با در نظر گرفتن مقادیر مبنا 13/8kv و 100MAVدر سمت ژنراتور اپمندانس ببن دو شین 1و4 به پریونیت محاسبه کنید.



حل)

$$G = 90MVA, 13/8kv, Xg = 18\%$$

$$T_1 = 50MVA, \frac{13/8}{220}kv, X_{T_1} = 10\%$$

$$T_2 = 50MVA, \frac{220}{11}kv, X_{T_2} = 10\%$$

$$T_3 = 50MVA, \frac{13/8}{132}kv, X_{T_3} = 10\%$$

$$T_4 = 50MVA, \frac{132}{11}kv, X_{T_4} = 10\%$$

پارامتر های خط انتقال:در خط انتقال چهار پارامتر قابل محاسبه داریم که عبارتند ازRوL(اندوکتانس) وC (کاپاسیتانس)وG(کنداکتانس)

پارامتر های نام برده برای تعیین مدل خط انتقال در بررسی سیستم های قدرت ضروری هستند.

کاپاستیناس و اندوکتانس ناشی از اثرات میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی در اطرف هادی می باشد.

کنداکتانس موازی از جریان نشتی که در عایق و هوای یونیزه شده اطراف آن جریان دارد ناشی میشود.

جریان نشتی در مقایسه با جریانی که از خط انتقال میگذرد و همچنین جریانی که از ظرفیت خازن عبور میکند قابل چشم پوشی است بنابراین از Gصرف نظر میکنیم.

کرونا:.....

اثرات پوستی و اثر همسایگی:.....

مثال22)یک خط انتقال سه فاز با مقادیر نامی 220kvو190/5MVAو طول63kmدر نظر بگیرید اگر مقاومت ویژه خط هادی $2/84\times10^{-8}$ تلفات خط 2/5% توان نامی باشد مقدار قطر هادی چند اینچ می باشد؟

حل)

$$P_{LOSS} = 2/5\%S_n = 0/025\times190/5 = 4/76MVA$$

$$S = \sqrt{3}.V_L.I_L$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.V} = \frac{190/5\times10^6}{\sqrt{3}\times220\times10^3} = \frac{19050}{\sqrt{3}\times22} = 500A$$

$$P_{LOSS} = 3RI^2 \Rightarrow 4/76\times10^6 = 3\times R\times500^2$$

$$\Rightarrow R = \frac{4/76\times10^6}{3\times500^2} = \frac{476}{75} = 6/35\Omega$$

$$R=\frac{P.L}{R}\Rightarrow R=\frac{P.L}{A}=\frac{2/84\times10^{-8}\times63\times10^{-3}}{6/35}=2/81763cm^2$$

$$A=\pi r^2=r=\sqrt{\frac{A}{\pi}}=\sqrt{\frac{2/81763}{3/14}}=0/94$$

$$d=2\times r=2\times0/94=1/88cm=\frac{1/88}{2/54}=0/74inch$$

اندوکتانس: قسمت نیروی محرکه القایی ناشی از تغییرات شار اهنگ تغییرات جریان نسبت به زمان

$$e=\frac{\partial\lambda}{\partial t}\Rightarrow e=\frac{\partial\left(L.I\right)}{\partial t}\Rightarrow e=L\frac{\partial I}{\partial t}\Rightarrow L=\frac{e}{\frac{\partial I}{\partial t}}$$

داخلی:

$$L=\frac{1}{2}\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

خارجی:

$$e=\frac{\partial\lambda}{\partial t}\Rightarrow e=\frac{\partial\left(L.I\right)}{\partial t}\Rightarrow e=L\frac{\partial I}{\partial t}\Rightarrow L=\frac{1}{2}\times10^{-7}Ln\frac{X}{r'}$$

$$r'=re^{-\frac{1}{4}}$$

مثال22) اندوکتانس کل یک هادی باشعاع $r=e^{-\frac{5}{4}}m$ درفاصله $X=e^5m$ آن چقدراست؟

حل)

$$L = 2\times10^{-7} Ln\frac{X}{r'} = 2\times10^{-7} Ln\frac{e^5}{r'}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{e^5}{re^{-\frac{1}{4}}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{e^5}{e^{\frac{5}{4}}.e^{-\frac{1}{4}}}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{e^5}{e^1} = 2\times10^{-7} Lne^4$$

$$2\times10^{-7}\times4\times1 = 8\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

اندوکتانس خط تکفاز دو سیمه:

اگر ضلع سیم های رفت و برگشت یکی نباشد:

$$La = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r_1'}, Lb = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r_2'}$$

$$L_T = La + Lb = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r_1'} + 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r_2'}$$

$$= 2\times10^{-7}\left(Ln\frac{D}{r_1'} + Ln\frac{D}{r_2'}\right) = 2\times10^{-7} Ln\frac{D^2}{r_1'.r_2'}$$

اگر ضلع سیم های رفت و برگشت یکی باشد:

$$r_1 = r_2 \Rightarrow L_T = 2\times10^{-7} Ln\frac{D^2}{r'.r'} = 2\times10^{-7} Ln\frac{D^2}{r'^2}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\left(\frac{D}{r'}\right)^2 \Rightarrow L_T = 4\times10^{-7} Ln\frac{D}{r'}$$

مثال23) اندوکتانس خط تکفاز دوسیمه زیر را محاسبه کنید.

$$D = 5r, r_1' = 0/5r, r_2' = 2r_1', Ln2 = 0/7, Ln5 = 1/6$$

حل)

$$L_T = 2\times10^{-7} Ln\frac{D^2}{r_1'.r_2'} = 2\times10^{-7} Ln\frac{(5r)^2}{5r.r}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{25}{0/5} \Rightarrow 2\times10^{-7} Ln50 = 2\times10^{-7} Ln(25\times2)$$

$$= 2\times10^{-7}(Ln25 + Ln2) = 2\times10^{-7}(Ln5^2 + 0/7)$$

$$= 2\times10^{-7}(2Ln5 + 0/7) = 2\times10^{-7}(2\times1/6 + 0/7)$$

$$= 7/8\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

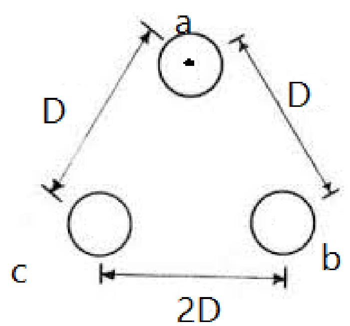
اندوکتانس خود القایی و القای متقابل:

$$\left.\begin{aligned} L_{11} &= 2\times10^{-7} Ln\frac{1}{r_1'} \\ L_{22} &= 2\times10^{-7} Ln\frac{1}{r_2'} \end{aligned}\right\} L_{12} = L_{21} = 2\times10^{-7} Ln\frac{1}{D}$$

$$\left.\begin{array}{l}\lambda_1 = L_{11}I_1 + L_{12}I_2 \\ \lambda_2 = L_{21}I_1 + L_{22}I_2\end{array}\right\} L = \frac{\lambda}{I}$$

$$\begin{bmatrix}\lambda_1 \\ \lambda_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}L_{11} & L_{21} \\ L_{12} & L_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_1 \\ I_2\end{bmatrix}$$

مثال24) اندوکتانس Laرا در شکل زیر برست اورید؟



حل)

$$\sum I = 0 \Rightarrow I_a + I_b + I_c = 0 \Rightarrow I_b + I_c = -I_a$$

$$\lambda_a = L_{aa}.I_a + L_{ab}.I_b + L_{ac}.I_c$$

$$\lambda_a = 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{r_a'} + 2\times10^{-7}\times I_b Ln\frac{1}{D_{ab}} + 2\times10^{-7}\times I_c Ln\frac{1}{D_{ac}}$$

$$= 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{r_a'} + 2\times10^{-7}\times Ln\frac{1}{D}\left(I_b + I_c\right)$$

$$= 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{r_a'} - 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{D}$$

$$= 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{r_a'} - 2\times10^{-7}\times I_a LnD^{-1}$$

$$= 2\times10^{-7}\times I_a Ln\frac{1}{r_a'} + 2\times10^{-7}\times I_a LnD$$

$$= 2\times10^{-7}\times I_a\left(Ln\frac{1}{r_a'} + I_a LnD\right)$$

$$\lambda_a = 2\times10^{-7} I_a Ln\frac{D}{r_a'}$$

$$L_a = \frac{\lambda_a}{I_a} = \frac{2\times10^{-7} I_a Ln\frac{D}{r_a'}}{I_a} = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r_a'}$$

مثال25) دریک خط تکفاز دو سیمه $D = e^{3/75} r$ مقدار را بدست اورد.

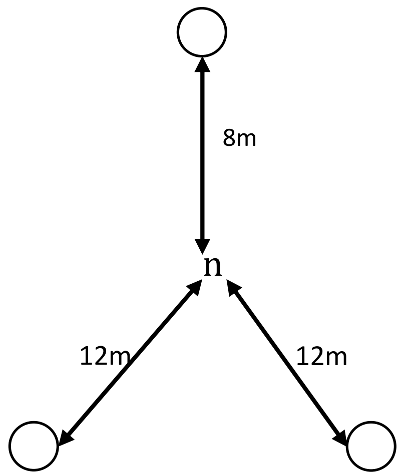
حل)

$$2\times10^{-7} Ln\frac{1}{r'} - 2\times10^{-7} Ln\frac{1}{D} = 2\times10^{-7} Ln\frac{\frac{1}{r'}}{\frac{1}{D}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r'}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{e^{3/75}}{re^{-\frac{1}{4}}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{e^{3/75}}{e^{-\frac{1}{4}}} = 2\times10^{-7} Lne^{4} = 8\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

مثال26) در شکل زیر $F = 50Hz$ می باشد اندازه ی جریان عبوری از هادی $B = 10kA$ در نظر گرفته می شود مقدار ولتاژ نقطه nچند ولت است؟

$$Ln3 = 1/2, Ln2 = 0/7, \sum I = 0$$



حل)

$$\lambda_n = La_n I_a + L_{G_N} I_b + L_{C_n} I_c$$
$$= 2\times10^{-7} I_a Ln\frac{1}{12} + 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{1}{8} + 2\times10^{-7} I_c Ln\frac{1}{12}$$
$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{1}{12}\times\left(I_a + I_c\right) + 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{1}{8}$$
$$= 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{1}{8} - 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{1}{12}$$
$$= 2\times10^{-7} I_b\left(Ln\frac{1}{8} - Ln\frac{1}{12}\right) = 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{12}} = 2\times10^{-7} I_b Ln\frac{3}{2}$$
$$2\times10^{-7} I_b\left(Ln3 - Ln2\right) = 2\times10^{-7} I_b\left(1/2 - 0/7\right) = 10^{-7} I_b$$
$$e = j\lambda\omega = j10^{-7} I_b 2\pi F = j\times10^{-7}\times10\times10^{3}\times2\pi\times50 = j\times10^{-1}\times\pi = j0/1\pi$$

اندوکتانس هادی های مرکب:

$$\left.\begin{aligned} L_X &= 2\times10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR_X} \\ L_y &= 2\times10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR_y} \end{aligned}\right\} L_T = L_X + L_y$$

فاصله هوایی هندسی هادی های رفت و برگشت:

$$GMD = \sqrt[n\times m]{D_{aa'} \times D_{ab'} \ldots D_{ba'} \times D_{bb'} \ldots}$$

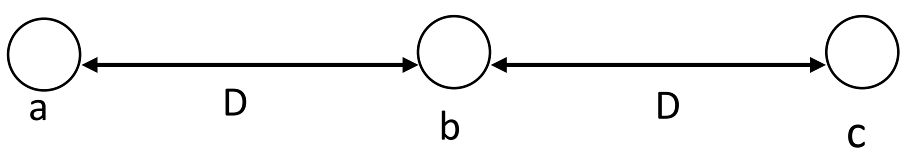
شعاع متوسط هندسی هادی های رفت:

$$GMR_X = \sqrt[n^2]{D_{aa} \times D_{ab} \ldots D_{bb} \times D_{ba} \ldots}$$

شعا ع متوسط هندسی هادی های برگشت:

$$GMR_y = \sqrt[m^2]{D_{a'a'} \times D_{a'b'} \ldots D_{b'b'} \times D_{b'a'} \ldots}$$

مثال27) شکل زیر خط تک فاز را نشان میدهد که در آن مسیر رفت از دو هادی a,b مسیر برگشت از هادی Cتشکیل شده است هادی ها یکسان و دارای rهستند اگر $D=8r$ باشد اندوکتانس کل چند. $\left[\frac{H}{km}\right]$ می باشد؟



حل)

$$GMD = \sqrt[2\times 1]{D\times D} = D$$

$$GMR_X = \sqrt[2^2]{D_{aa}.D_{ab} \times D_{bb}.\mathrm{D}_{ba}} = \sqrt[4]{r'\times 2D\times r'\times 2D} = \sqrt[4]{\left(r'\right)^2\times\left(2D\right)^2} = \sqrt{r'\times 2D}$$

$$GMR_y = \sqrt[1^2]{r'} = r'$$

$$L_X = 2\times10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR_X} = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{\sqrt{r'\times 2D}}$$

$$L_y = 2\times10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR_y} = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r'}$$

$$L_T = L_X + L_y = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{\sqrt{r'\times 2D}} + 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{r'}$$

$$= 2\times10^{-7}\left(Ln\frac{D}{\sqrt{r'\times 2D}} + Ln\frac{D}{r'}\right) = 2\times10^{-7} Ln\frac{D^2}{r'\sqrt{r'\times 2D}}$$

$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{(8r)^2}{re^{-\frac{1}{4}}\sqrt{re^{-\frac{1}{4}}\times 2(8r)}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{64r^2}{r^2e^{-\frac{1}{4}}\sqrt{16e^{-\frac{1}{4}}}}$$

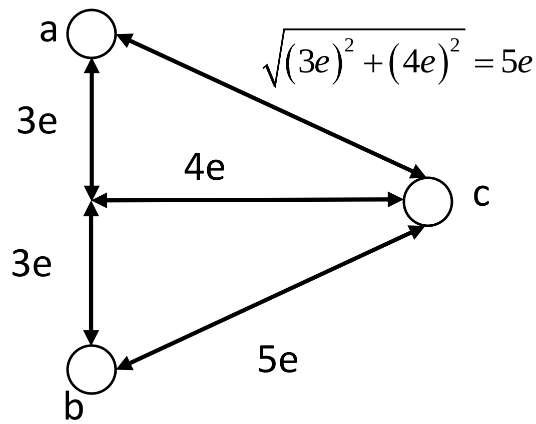
$$= 2\times10^{-7} Ln\frac{64}{4e^{-\frac{1}{4}}\left(e^{-\frac{1}{4}}\right)^{\frac{1}{2}}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{16}{e^{-\frac{1}{4}}\times e^{-\frac{1}{8}}} = 2\times10^{-7} Ln\frac{16}{e^{-\frac{3}{8}}}$$

$$= 2\times10^{-7}\left(Ln16 - Lne^{-\frac{3}{8}}\right) = 2\times10^{-7}\left(Ln2^4 + \frac{3}{8}Lne\right)$$

$$= 2\times10^{-7}\left(4Ln2 + \frac{3}{8}\right) = 2\times10^{-7}\left(2/8 + 0/375\right) = 6/35\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

مثال28) در یک خط تکفاز مطابق شکل مسیر رفت از دو هادی a,b مسیر برگشت از هادی Cتشکیل شده است.شعاع هادی ها rاست اندوکتانس خط چقدرمی باشد؟

$$Ln2 = 0/7, Ln3 = 1/2, Ln5 = 1/6, r = e^{-\frac{15}{4}}$$



حل)

$$GMD=\sqrt[2\times1]{5e\times5e}=5e$$

$$GMR_X=\sqrt[2^2]{D_{aa}\times D_{ab}\times D_{bb}\times D_{ba}}=\sqrt[4]{r'\times6e\times r'\times6e}=\sqrt[4]{\left(r'\times6e\right)^2}=\sqrt{r'\times6e}$$

$$GMR_y=\sqrt[1^2]{r'}=r'$$

$$L_X=2\times10^{-7}Ln\frac{GMD}{GMR_X}=2\times10^{-7}Ln\frac{5e}{\sqrt{r'\times6e}}$$

$$L_y=2\times10^{-7}Ln\frac{GMD}{GMR_y}=2\times10^{-7}Ln\frac{5e}{r'}$$

$$L_T=2\times10^{-7}Ln\frac{5e}{\sqrt{r'\times6e}}+2\times10^{-7}Ln\frac{5e}{r'}$$

$$=2\times10^{-7}\left(Ln\frac{5e}{\sqrt{r'\times6e}}+Ln\frac{5e}{r'}\right)=2\times10^{-7}Ln\frac{(5e)^2}{r'\sqrt{r'\times6e}}$$

$$=2\times10^{-7}Ln\frac{25e^2}{re^{-\frac{1}{4}}\sqrt{re^{-\frac{1}{4}}\times6e}}=2\times10^{-7}Ln\frac{25e^2}{e^{-\frac{15}{4}}\times e^{-\frac{1}{4}}\sqrt{e^{-\frac{15}{4}}\times e^{-\frac{1}{4}}\times6e}}$$

$$=2\times10^{-7}Ln\frac{25e^6}{e^{-4}\sqrt{e^{-4}\times6e}}=2\times10^{-7}Ln\frac{25e^6}{\sqrt{e^{-3}\times6}}=2\times10^{-7}Ln\frac{25e^6}{e^{-\frac{3}{2}}\times6^{\frac{1}{2}}}$$

$$=2\times10^{-7}\left(Ln25+Lne^{7/5}-Ln6^{\frac{1}{2}}\right)=2\times10^{-7}\left(2Ln5+7/5Lne-\frac{1}{2}Ln\left(2\times3\right)\right)$$

$$= 2\times10^{-7}\left(3/2+7/5-\frac{1}{2}\left(Ln2+Ln3\right)\right)=2\times10^{-7}\left(10/7-\frac{1}{2}\left(0/7+1/2\right)\right)$$

$$= 2\times10^{-7}\left(10/7-0/95\right)=19/5\times10^{-7}\ \frac{H}{m}$$

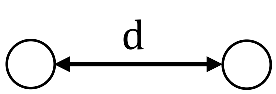
اندوکتانس هادی های باندل شده:

معمولا خطوط انتقال با ولتاژ بالا دارای هادی های باندل شده هستند. باندل کردن هادی ها قرار دادن هادی ها در کنار هم بایک چینش خاص توسط فاصله اندازه ها یا نگهدارنده ها را گویند. هدف از باندل کردن کاهش گرادایان سطح وولتاژ در سطح خارجی هادی ها می باشد و در نتیجه تلفات کرونا کاهش یافته و هنچنین راکتانس نیز کاهش پیدا می کند به علاوه تداخل امواج رادیویی و امپدانس موجب کاهش یافته و عملکرد خط یا خطوط ارتقا می یابد.

شعاع متوسط باندل ها:

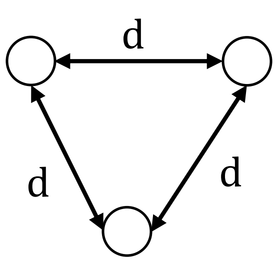
باندل دوتایی

$$D_S^b = \sqrt{D_S \times d}$$



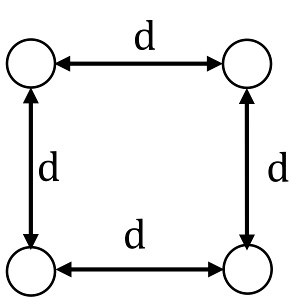
باندل سه تایی

$$D_S^b = \sqrt[3]{D_S \times d^2}$$



باندل چهار تایی

$$D_S^b = 1/09\sqrt[4]{D_S \times d^3}$$



باندل n تایی

$$D_S^b = \sqrt[n]{nD_S \times d^{n-1}}$$

مثال29) درصورتی یک خط تکفاز دو سیمه از باندل سه تایی استفاده کنیم و فاصله بین هادی ها باندل شده $d=\sqrt{8}r'$ باشد اندوکتانس نسبت به حالت باندل نشده چه مقدار تغییر میکند؟

$$Ln2=0/7$$

حل)

$$D_S^b=\sqrt[3]{D_S\times d^2}=\sqrt[3]{r'\times\left(\sqrt{8}r'\right)^2}=\sqrt[3]{r'^3\times 8}=2r'$$

$$L=4\times10^{-7}Ln\frac{D}{D_S^b}=4\times10^{-7}Ln\frac{D}{2r'}$$

$$L=4\times10^{-7}Ln\frac{D}{r'}$$

$$\Rightarrow L-L=4\times10^{-7}Ln\frac{D}{2r'}-4\times10^{-7}Ln\frac{D}{r'}=4\times10^{-7}Ln\left(\frac{\frac{D}{2r'}}{\frac{D}{r'}}\right)$$

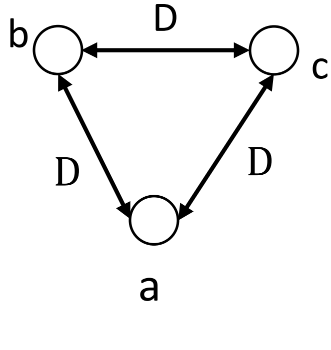
$$=4\times10^{-7}Ln\frac{D.r'}{D.2r'}=4\times10^{-7}Ln\frac{1}{2}=4\times10^{-7}Ln2^{-1}=-4\times10^{-7}Ln2$$

$$=-2/8\times10^{-7}$$

نتیجه:

چون منفی شده است پس Lباندل شده نسبت به باندل نشده کاهش می یابد.

اندوکتانس خطوط 3فاز بافواصل یکسان:



$$La=\frac{\lambda_a}{I_a},\Sigma I=0\Rightarrow I_a+I_b+I_c=0$$

$$\lambda_a=L_{aa}I_a+L_{ab}I_b+L_{ac}I_c$$

$$=2\times10^{-7}I_aLn\frac{1}{r'}+2\times10^{-7}I_bLn\frac{1}{D}+2\times10^{-7}I_cLn\frac{1}{D}$$

$$=2\times10^{-7}I_aLn\frac{1}{r'}+2\times10^{-7}Ln\frac{1}{D}\left(I_b+I_c\right)$$

$$=2\times10^{-7}I_aLn\frac{1}{r'}-2\times10^{-7}I_aLn\frac{1}{D}$$

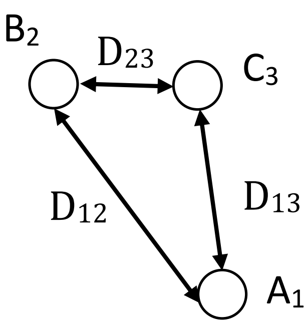
$$=2\times10^{-7}I_a\left(Ln\frac{1}{r'}-Ln\frac{1}{D}\right)\Rightarrow\lambda_a=2\times10^{-7}I_aLn\frac{D}{r'}$$

$$La=\frac{\lambda_a}{I_a}\Rightarrow\frac{2\times10^{-7}I_aLn\frac{D}{r'}}{I_a}\Rightarrow2\times10^{-7}Ln\frac{D}{r'}$$

اندوکتانس خط باندل شده:

$$La=2\times10^{-7}Ln\frac{D}{D_S^b}$$

اندوکتانس خطوط 3فاز بافواصل غیر یکسان:



اندوکتانس خط 3فاز

$$\lambda_a=2\times10^{-7}\left(I_aLn\frac{1}{r'}+I_bLn\frac{1}{D_{12}}+I_cLn\frac{1}{D_{13}}\right)$$

$$\lambda_b = 2\times10^{-7}\left(I_a Ln\frac{1}{D_{12}} + I_b Ln\frac{1}{r'} + I_c Ln\frac{1}{D_{23}}\right)$$

$$\lambda_c = 2\times10^{-7}\left(I_a Ln\frac{1}{D_{13}} + I_b Ln\frac{1}{D_{23}} + I_c Ln\frac{1}{r'}\right)$$

مدل ماتریس:

$$\begin{bmatrix}\lambda_a\\ \lambda_b\\ \lambda_c\end{bmatrix} = 2\times10^{-7}\begin{bmatrix} Ln\frac{1}{r'} & Ln\frac{1}{D_{12}} & Ln\frac{1}{D_{13}} \\ Ln\frac{1}{D_{12}} & Ln\frac{1}{r'} & Ln\frac{1}{D_{23}} \\ Ln\frac{1}{D_{13}} & Ln\frac{1}{D_{23}} & Ln\frac{1}{r'}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_a\\ I_b\\ I_c\end{bmatrix}$$

$$L_a = 2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'} + \frac{I_b}{I_a}Ln\frac{1}{D_{12}} + \frac{I_c}{I_a}Ln\frac{1}{D_{13}}\right)$$

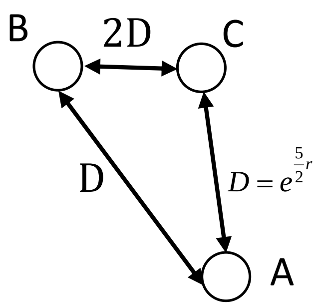
$$L_b = 2\times10^{-7}\left(\frac{I_a}{I_b}Ln\frac{1}{D_{12}} + Ln\frac{1}{r'} + \frac{I_c}{I_b}Ln\frac{1}{D_{23}}\right)$$

$$L_c = 2\times10^{-7}\left(\frac{I_a}{I_c}Ln\frac{1}{D_{13}} + \frac{I_b}{I_c}Ln\frac{1}{D_{23}} + Ln\frac{1}{r'}\right)$$

$$I_a = I_a\measuredangle 0, I_b = I_a\measuredangle -120 \Rightarrow \alpha^2 I_a, I_c = I_a\measuredangle +120 \Rightarrow \alpha I_a$$

$$\left.\begin{aligned} L_a &= 2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'} + \alpha^2 Ln\frac{1}{D_{12}} + \alpha Ln\frac{1}{D_{13}}\right) \\ L_b &= 2\times10^{-7}\left(\alpha Ln\frac{1}{D_{12}} + Ln\frac{1}{r'} + \alpha^2 Ln\frac{1}{D_{23}}\right) \\ L_c &= 2\times10^{-7}\left(\alpha^2 Ln\frac{1}{D_{13}} + \alpha Ln\frac{1}{D_{23}} + Ln\frac{1}{r'}\right)\end{aligned}\right\} L_a \neq L_b \neq L_c$$

مثال29) در خط سه فاز نشان داده شده اندوکتانس فاز A را بدست بیاورید.(جریان ها متعادل اند)



حل)

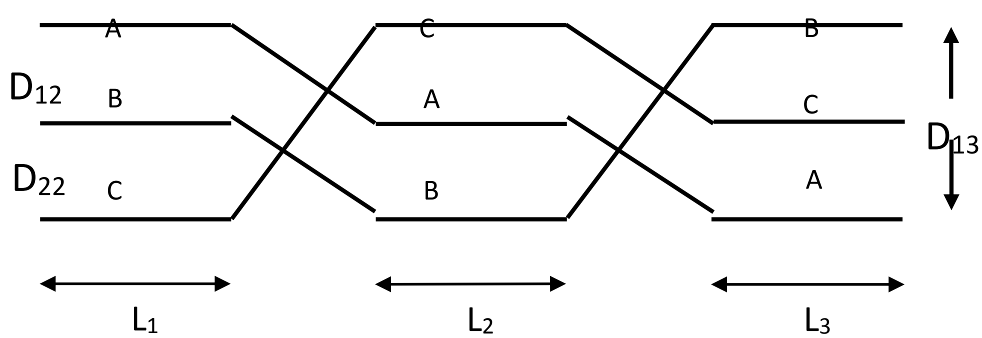
$$L_a = 2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'}+\alpha^2 Ln\frac{1}{D_{12}}+\alpha Ln\frac{1}{D_{13}}\right)=2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'}+\alpha^2 Ln\frac{1}{D}+\alpha Ln\frac{1}{D}\right)$$

$$=2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'}+\left(\alpha^2+\alpha\right)Ln\frac{1}{D}\right)=2\times10^{-7}\left(Ln\frac{1}{r'}-Ln\frac{1}{D}\right)=2\times10^{-7}Ln\frac{D}{r'}$$

$$=2\times10^{-7}Ln\frac{e^{\frac{5}{2}}r'}{r'}=2\times10^{-7}Lne^{\frac{5}{2}}=2\times10^{-7}\times\frac{5}{2}Lne=5\times10^{-7}\left[\frac{H}{m}\right]$$

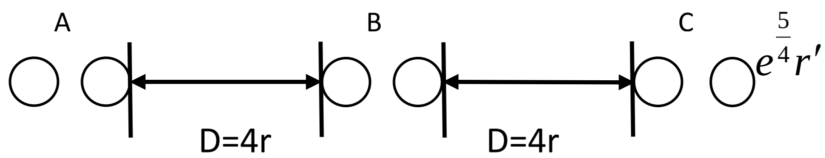
ترا نهاده کردن:

خطوط سه فاز در عمل آرایش متساوی الفاصله خود را نمی توانند حفظ کنند بنابراین تقارن از بین می رود برای بدست آوردن مجدد تقارن از روش جابه جایی فاز ها یا ترانهاده کردن استفاده می کنیم.



مثال30) در شکل زیر اگر سه فاز ترانسپوزه و هادی های آلمینیومی وبا شعاع r باشند

اندوکتانس چند $\left[\frac{mH}{km}\right]$ می باشد؟ $Ln2 = 0/7$



حل)

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{23} \times D_{13}} = \sqrt[3]{4r \times 4r \times 8r} = r\sqrt[3]{2^7} = r2^{\frac{7}{3}}$$

$$D_s^b = \sqrt{D_s \times d} = \sqrt{r' \times e^{\frac{5}{4}} r'} = \sqrt{re^{-\frac{1}{4}} \times e^{\frac{5}{4}} r'} = r\sqrt{e}$$

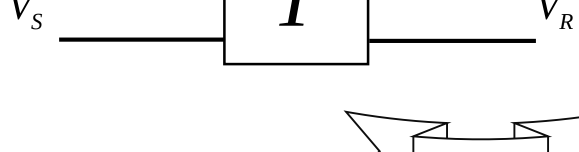
$$L = 2\times10^{-7} Ln \frac{D_{eq}}{D_s^b} = 2\times10^{-7} Ln \frac{r2^{\frac{7}{3}}}{r\sqrt{e}} = 2\times10^{-7} Ln \frac{2^{\frac{7}{3}}}{e^{\frac{1}{2}}} = 2\times10^{-7}\left(Ln2^{\frac{7}{3}} - Lne^{\frac{1}{2}}\right)$$

$$= 2\times10^{-7}\left(\frac{7}{3}Ln2 - \frac{1}{2}Lne\right) = 2\times10^{-7}\left(1/13\right) = 2/86\times10^{-7}\,\frac{H}{m} = 0/286\left[\frac{mH}{km}\right]$$

مدل خط انتقال

- مدل خط انتقال کوتاه(کمتر از 80km)
- مدل خط انتقال متوسط(بیشتر از 80km و کمتر از 250 km)
- مدل خط انتقال بلند (بیشتر از 250km)

خطوط انتقال به صورت دو قطبی مدلسازی می شوند.



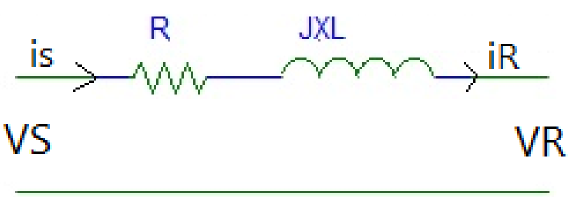
$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} V_S = AV_R + BI_R \\ I_S = CV_R + DI_R \end{cases}$$

$$A = \left.\frac{V_S}{V_R}\right|_{I_R=0}, B = \left.\frac{V_S}{I_R}\right|_{V_R=0} [\Omega], C = \left.\frac{I_S}{V_R}\right|_{I_R=0} [\mho], D = \left.\frac{I_S}{I_R}\right|_{V_R=0}$$

مدل خط انتقال کوتاه:

اگر در خط انتقال کوتاه ولتاژ کمتر از $69km$ میتوان از خازن خط صرف نظر کرد.



$$A = \left.\frac{V_S}{V_R}\right|_{I_R=0}$$

v_S

$$B = \left.\frac{V_S}{I_R}\right|_{V_R=0} \rightarrow B = \frac{V_S}{I_R} = \frac{Z.I_S}{I_R} = \frac{Z.I_R}{I_R} = Z \Rightarrow B = Z$$

$$\begin{cases} V_S = ZI_S \\ I_S = I_R \end{cases}$$

$$C = \left.\frac{I_S}{V_R}\right|_{I_R=0} \rightarrow I_S = 0 \Rightarrow C = \frac{0}{\text{عدد}} = 0 \Rightarrow C = 0$$

$$D = \left.\frac{I_S}{I_R}\right|_{V_R=0} \rightarrow \frac{I_S}{I_R} = 1 \Rightarrow D = 1$$

$$\{ I_S = I_R$$

در ماتریس دو قانون وجود دارد.

1. Aو D برابر باشد. $A = D$

2. دترمینان برابر یک شود. $AD - BC = 1$

$$T = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

مثال31)یک خط سه فاز به طول 40km دارای مقاومت فاز $\frac{\Omega}{km}$ ۱/۵ و اندوکتاس $\frac{25}{6\pi}\times 10^{-3}\left[\frac{H}{km}\right]$ می باشد.

الف) ماتریس انتقال خط را بدست بیاورید؟

ب)اگر این خط انتقال باری با $60MVA$ و ولتاژ $20\sqrt{3}kv$ را تغذیه کند ولتاژ فازی ابتدای خط را بدست آورید؟ $[F = 60],[\cos\theta = 1]$

حل) الف)

$$XL = L\omega = \frac{25}{6\pi}\times 10^{-3}\times 2\pi F = \frac{25}{3}\times 10^{-3}\times 60 = 500\times 10^{-3} = 0/5\Omega$$
$$Z = R + jXL = 1/5 + j0/5$$
$$Z = Z\times L = \left(1/5 + j0/5\right)\times 40 = 60 + j20$$
$$T = \begin{bmatrix} 1 & 60 + j20 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ب)

$$I_R = \frac{S}{V} = \frac{20\times 10^6}{20\times 10^3} = 10^3$$
$$V_S = ZI_R + V_R = \left(60 + j20\right)\times 10^3 + 20\times 10^3 = 80000 + j20000 = 82462/1\measuredangle 14/036$$

رابطه تقریبی تنظیم ولتاژ خط: $R_{pu} = \cos\theta + X_{pu}.\sin\theta$:

در صورتی که چندین خط با ماتریس انتقال $T_1, T_2, T_3 \ldots T_n$ بصورت سری باهم قرار بگیرند ماتریس انتقال خط معادل (T_T) بصورت زیر بدست می آید.

$$T_T = T_1 \times T_2 \times T_3 \times \ldots \times T_n$$

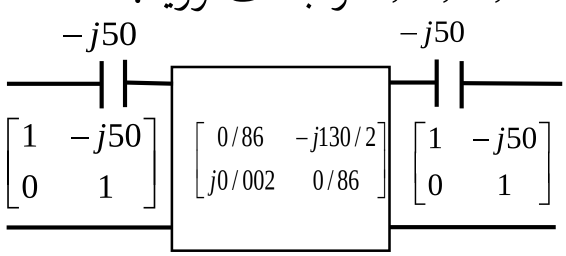
$$T_T = \begin{bmatrix} 1 & Z_1L_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & Z_2L_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & Z_3L_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_1L_1 + Z_2L_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & Z_3L_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & Z_1L_1 + Z_2L_2 + Z_3L_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

یاد گیری دو ماتریس باهم:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E & F \\ G & H \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} AE + BG & AF + BH \\ CE + DG & CF + DH \end{bmatrix}$$

مثال32) مقادیرA,B,C,D برای یک خط سه فاز بدون تلفات بصورت A=D=0/86,B=j130/2, C=j0/00 برای ارتقا عملکرد خط خازن های سری در دوسر خط در هر فاز نصب میشود در صورتی که Xc کل خازن 100Ω باشد و در هر سر از نصف خازن استفاده شود مقادیر جدید A', B', C', D' را بدست آورید؟



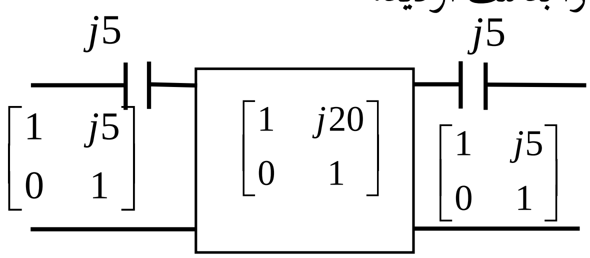
حل)

$$T_T = \begin{bmatrix} 1 & -j50 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0/86 & -j130/2 \\ j0/002 & 0/86 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & -j50 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/96 & j87/2 \\ j0/002 & 0/86 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & -j50 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} 0/96 & j39/2 \\ j0/002 & 0/96 \end{bmatrix}$$

$A' = D' = 0/96, B' = j39/2, C' = j0/002$

مثال33) به دو طرف خط انتقال با ماتریس انتقال $\begin{bmatrix} 1 & j20 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ دو راکتور با امپدانس مساوی j5 متصل می کنیم ماتریس انتقال کل را بدست آودید.



حل)

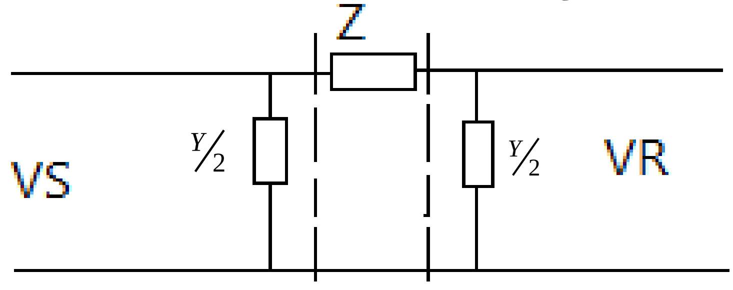
$$T_T = \begin{bmatrix} 1 & j5 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & j20 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & j5 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

مدل خط انتقال متوسط:

خازن خط با افزایش طول خط افزایش پیدا می کند و دیگر قابل چشم پوشی نیست دو مدل برای خط انتقال متوسط بیان می کنی

- مدل π
- مدل T

مدل π)اگر خازن شنت به صورت فشرده و به صورت دو نصف مساوی در ابتدا و انتهای خط مدل می شود بصورت مدل زیر نشان داده می شود.



$$T_T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ \frac{Y}{2} & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & Z\\ 0 & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & 0\\ \frac{1}{-j2} & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & 0\\ \frac{Y}{2} & 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1+\frac{ZY}{2} & Z\\ Y\left(1+\frac{ZY}{4}\right) & 1+\frac{ZY}{2}\end{bmatrix}$$

$$KVL\Rightarrow V_S=ZI_Z+V_R=Z\left(I_R+I_2\right)+V_R=Z\left(I_R+V_R\times\frac{Y}{2}\right)+V_R$$

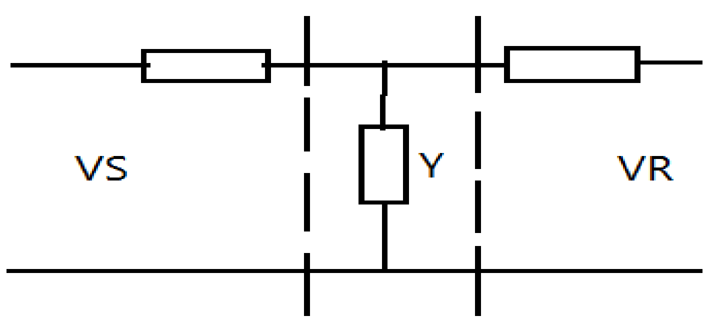
$$=ZI_R+\frac{ZY}{2}V_R+V_R=\left(\frac{ZY}{2}+1\right)V_R+ZI_R$$

$$I_S=I_1+I_Z=V_S\frac{Y}{2}+I_R+I_2=V_S\frac{Y}{2}+I_R+V_R\frac{Y}{2}$$

$$=\left[\left(1+Z\frac{Y}{2}\right)V_R+ZI_R\right]\frac{Y}{2}+I_R+V_R\frac{Y}{2}$$

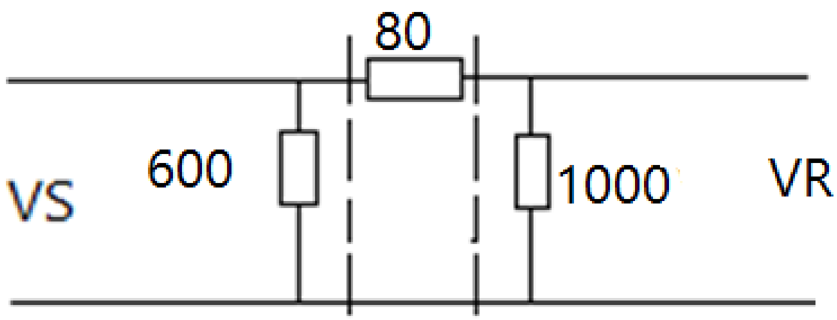
$$=Y\left(1+Z\frac{Y}{2}\right)V_R+\left(1+Z\frac{Y}{2}\right)I_R$$

مدل T)



$$T_T=\begin{bmatrix}1 & \frac{Z}{2}\\ 0 & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & 0\\ Y & 1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & \frac{Z}{2}\\ 0 & 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1+Z\frac{Y}{2} & Z\left(1+Z\frac{Y}{4}\right)\\ Y & 1+Z\frac{Y}{2}\end{bmatrix}$$

مثال35) ماتریس انتقال یک مدل π با 600Ω مقاومت در شاخه ی موازی اول و یک مقاومت 1000π برای دیگر شاخه ی موازی ویک مقاومت 80Ω در شاخه ی سری بدست آورید؟



$$T_T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{600} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 80 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{1000} & 1 \end{bmatrix} \qquad \Omega$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 80 \\ \frac{1}{600} & 1/13 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{1000} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/08 & 80 \\ 0/0027 & 1/13 \end{bmatrix}$$

روش دوم

$$KVL \Rightarrow V_S = 800I_2 + V_R = 80\left(I_R + \frac{V_R}{1000} \right) + V_R = 80I_R + 0/08V_R + V_R$$

$$V_S = 1/08V_R + 80I_R$$

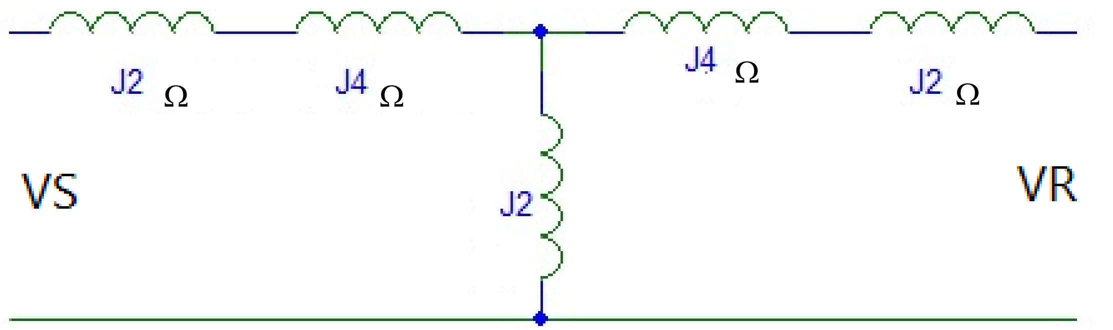
$$KCL \Rightarrow I_S = I_1 + I_Z = \frac{V_S}{600} + I_R + \frac{V_R}{1000} = \frac{1/08V_R + 80I_R}{600} + I_R + \frac{V_R}{1000}$$

$$=\frac{1/08}{600}V_R+\frac{800}{600}I_R+I_R+\frac{V_R}{1000}=0/0018V_R+0/001V_R+0/13I_R+I_R$$

$$=0/0028V_R+1/13I_R$$

$$T=\begin{bmatrix}1/08 & 80\\ 0/0028 & 1/13\end{bmatrix}$$

مثال36) به دو طرف یک خط انتقال متوسط امپدانس j2 افزوده ایم با توجه به شکل زیر اگر داشته باشیم VR=800v مقدار زاویه Vs را بدست آورید.



$$V_1=(j6)I_R+V_R=j6\times100+800=800+j600$$

$$I_S=I_R+\frac{V_1}{j2}=100+\frac{800+j600}{j2}=100+\frac{800}{j2}+300=400-j400$$

$$V_S=(j6)I_S+V_1=j6\times(400-j400)+800+j600$$

$$=j2400+2400+800+j600=3200+j3000=$$

$$\sqrt{(3200)^2+(3000)^2}\measuredangle\tan^{-1}\frac{3000}{3200}$$

$$\phi\Rightarrow\tan^{-1}\frac{3000}{3200}=\tan^{-1}\frac{30}{32}=\tan^{-1}\frac{15}{16}$$

پایان