وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مجتمع آموزش عالی گناباد

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مجتمع آموزش عالی گناباد

« به نام خدا»

تمرینات به همراه پاسخ تحلیل سیستم های قدرت ۱

دکتر امین رنجبران

عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی گناباد

مثال (۱) سه بار به صورت موازی به یک منبع تکفاز با ولتاژ مؤثر ۱۴۰۰v و فرکانس 50Hz مطابق شکل زیر وصل شده اند.

مشخصات بارها به این صورت است:

بار اول: بار القایی 125K.V.A با ضریب قدرت 0.28 پس فاز Lag

بار دوم: بار خازنی 10KW و 40KVAR

بار سوم: بار اهمی 15KW

مطلوبست : الف) S کل و ضریب توان منبع تغذیه

ب) اگر بخواهیم ضریب توان 0.8lag سپس فاز شود چه خازنی باید با بارها موازی کنیم. جریان را نیز در این حالت محاسبه کنید؟

حل الف)

بار اول $S = S_1 < \cos^{-1}\varphi \rightarrow S = 125 < \cos^{-1} 0.28 = 35^{kw} + j120^{KVAR}$

بار دوم $S = 10^{KW} - j40^{KVAR}$

بار سوم $S = 15^{KV} + jo$

$S_T = (35 + j120) + (10 - j40) + (15) \rightarrow S_T = 60^{KW} + j80^{KVAR}$ oR $100 < 53.13$

$S = VI^* \rightarrow I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{(60 - j80)\times 10^3}{14000 < 0} = 71.42 < -53.13$

$P.F = \cos(< v - < i) = \cos(0 - (-53.131) = 0.6lag$

حل ب)

$q_{new} = p\tan(\cos^{-1}\varphi) = 6\tan(\cos^{-1} 0.8) = 45^{KVAR}$

$$q_c = q^{old} - q^{new} = 80 - 45 = 35KVAR \rightarrow Zc = \frac{v^2}{q_c} = \frac{1400^2}{j35000} = -j56\Omega \rightarrow xc = 56\Omega$$

پس $c = \frac{1}{z\pi fxc} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 56} = 56.84MF$

$$I'_{new} = \frac{s^{new}}{v^x} = \frac{(60 - j45)\times 10^3}{1400 < 0} = 53.57 < -36.87A$$

مثال 2) سه بار سه فاز مساوی با ولتاژ مؤثر 207.85V و فرکانس 6oHZ تغذیه شده اند

بار اول: یک موتور 15hp که در بار کامل با بازده 93.25 درصد و ضریب قدرت 0.6lag کار می کند.

بار دوم: یک بار اهمی سه فاز متعادل که 6kw مصرف می نماید.

بار سوم: یک بانک خازنی ستاره با توان راکتیو کل 16KVAR

مطلوبست: الف) kw و KVAR و ضریب قدرت و جریان را در هر فاز مجموعه بارها بدست آورید

ب) چنانچه بانک خازنی قطع شود ولی بار اهمی و موتور القایی در مدار بماند، ضریب قدرت و جریان هر فاز سیستم چقدر است؟

حل الف)

برای موتور $P_Z = 15hp \rightarrow P_z = 15 \times 746 = 11190^w \rightarrow \%n = \frac{p_z}{p_1} \times 100 \rightarrow P_1 = \frac{P_Z}{\%n} \times 100 = \frac{11190}{0/9325} = 12kv$

حال $\rightarrow q_1 = p\tan(\cos^{-1}\varphi) = 12\tan(\cos^{-1}0.6) = 16kVAR \rightarrow S_M = 12kv + j16KVAR$ داریم P1

$$I_M = \frac{S_M^*}{3v^*} = \frac{(12^{kw} - j16^{k\,\mathrm{var}})\times 10^3}{3\times 120 < 0} = 55.55 < -53.13A$$

بار دوم $P = 6kw, q = 0 \rightarrow s_2 = 6kw \rightarrow I_2 = \frac{s_2^*}{3v^*} = \frac{6\times10^3}{3\times120<0} = 16.66 < 0$

بار سوم $q_3 = q_c = 16KVAR, P_3 = 0 \rightarrow I = \frac{S_3^*}{3v^*} = \frac{(j16)\times10^3}{3\times120<0} = 44.44 < 90$

محاسبه توان کل و I کل : $S_T = S_1 + S_2 + S_3 \rightarrow S_T = (12 + J16) + (6) + (-J16) = 18kw$

$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = (55.55 < -53.13) + (16.66 < 0) + (44.44 < 90) = 50A$

حل ب) تمام محاسبات مثل مرحله الف است فقط شاخه 3 حذف می شود.

$I_t = I_1 + I_2 = (55.55 < -53.13) + (16.66 < 0) = 50 - J44.44 = 66.88 < -41.63A$

$P.F = Cos(< v - < i) = \cos(0 - (-41.63) = 0.74lag$

مثال ۳) دو امپدانس $z_1 = 0.8 + j5.6\Omega$ و $z_2 = 8 - j16\Omega$ و موتور تکفازی بصورت زیر به دو سر یک منبع با ولتاژ مؤثر 200v و فرکانس 60Hz متصل شده اند. موتور توان 5kva را در ضریب قدرت 0.8 پس فاز مصرف می کند.

مطلوبست : الف) توان های مختلط S_1 و S_2 را برای Z امپدانس و S_3 را برای موتور بدست آورید.

ب) توان کل دریافتی از منبع ، جریان منبع و ضریب قدرت کل را تعیین کنید.

ج) برای بهبود ضریب قدرت و افزایش آن به مقدار واحد، خازنی با این بارها موازی شده است. توان خازن را بر حسب KVAR و ظرفیت آن را بر حسب MF بدست آورید. جریان خط پس از نصب خازن چقدر است؟

حل الف)

الف) $S_1 = \frac{V_1^2}{Z_1^*} = \frac{200^2}{0.8 - J5.6} = 1000^{KW} + J7000^{KVAR}, S_2 = \frac{V^2}{Z_2^*} = \frac{200^2}{8 + j16} = 1000 - j2000$

$$S_3 = S < \cos^{-1}\varphi = 5\times10^3 \cos^{-1} 0.8 = 4000 + j3000$$

ب)

$$I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{6000 - j8000}{200} = 30 - j40 = 50 < -53.13, PF = 0.6lag$$

ج) $q_{new} = p\ \tan(\cos^{-1}\varphi) = 6000\tan(\cos^{-1}(1)) = 0KVAR$

$$qc = qold - qnew = 8000 - 0 = 8000k\ \text{var}$$

$$XC = \frac{V^2}{q_c} = \frac{200^2}{8000} = 5\Omega \qquad xc = \frac{1}{w.c} \rightarrow c = \frac{1}{2\pi\times60\times5} = 530.51MF$$

$$I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{6000}{200} = 30A$$

مثال4) مطابق شکل امپدانس های $Z_1 = 100\Omega$ و $Z_2 = 10 + J20$ به منبعی به ولتاژ 200V وصل شده اند.

الف) توان های اکتیو و راکتیو کل، ضریب قدرت منبع و جریان کل را تعیین کنید.

ب) اگر بخواهیم ضریب توان 0.8lag شود چه خازنی را باید با دو بار موازی کرد؟

الف)

$$I_1 = \frac{200 < 0}{100} = 2 < 0A \qquad I_2 = \frac{200 < 0}{10 + j2o} = 4 - 8j$$

$$S_1 = VI_1^* = (200 < 0)(2 - 0j) = 400 + jo, S_2 = VI_2^* = (200 < 0)(4 + 8j) = 800 + j1600$$

$$S_T = (400) + (800 + j1600) = 1200 + j1600^{V.A}$$

$$I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{200 < -53.13}{200 < 0} = 10 < -53.13$$

$$P.F = \cos(0 - (-53.13) = 0.6lag$$

حل ب)

$$q_{new} = p\tan(\cos^{-1}\varphi) = 1200\tan(\cos^{-1}0.8) = 900VAR$$

$$q_c = 1600 - 900 = 700VAR$$

$$XC = \frac{V^2}{q_c} = \frac{(200)^2}{j700} = 57.14\Omega \qquad c = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 57.14} = 46.42MF$$

$$I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{1500 < -36.87}{200 < 0} = 7.5 < -36.87$$

5- در یک خط یکفاز که فاصله هادی ها از یکدیگر D و ارتفاع آنها از زمین h باشد. برای محاسبه کاپاستیانس خط انتقال از کدام رابطه بدست می آید.

$$1)r' = re^{-1/4} \qquad 2)r' = r\sqrt{1+\frac{D}{4h}} \qquad 3)r' = re^{1/4} \qquad 4)r' = r\sqrt{1+\frac{D^z}{4h^2}}$$

6- یک خط انتقال به طول ۱۰ کیلومتر و شعاع متوسط هندسی هادی خط $D_S = 0.88cm$ و قطر هادی های آن 2.2034cm است آرایش هادی ها مطابق شکل زیر است ، مطلوبست:

الف: اندوکتانس هر فاز این خط انتقال بر حسب میلی هانری ب) کاپاستیانس خط با اثر زمین و بدون اثر زمین

بدون اثر زمین $c = \frac{2\pi\varepsilon o}{Ln\frac{GMD}{GMR}}$

$$GMD = \sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}} = \sqrt[3]{0.75^2 \times 1.25} = 0.8892$$

$$GMR_C = \frac{2.2034}{2} \div 100 = 0.011m$$

$$c = \frac{2\pi \times 10^{-12} \times 8.85}{1n\frac{0.8892}{0.011}} = 0.12659 \times 10^{-12}\, f/m$$

با اثر زمین $c = \frac{2\pi\varepsilon o}{Ln\frac{GMD}{GMR_c} - 1n\frac{Hm}{Hs}} \rightarrow Hm = \sqrt[3]{H_{12}H_{13}H_{23}}, Hs = \sqrt[3]{H_1H_2H_3}$

$$\rightarrow c = \frac{2\pi \times 8.85 \times 10^{-12}}{1n\frac{0.8892}{0.011} - 1n\frac{24.288}{24.270}} = 0.1266 \times 10^{-12}\, f/m$$

$$\rightarrow \frac{1.25}{2} = 0.625^m \rightarrow 0.75^2 = 0.625^2 + x^2 \rightarrow x = 0.41^m$$

$$H_{12} = \sqrt{(24.21)^2 + (0.625)^2} = 24.418^m = H_{23}$$

$$H_{13} = \sqrt{(24^2 + (1.25)^2} = 24.032, Hm = \sqrt[3]{(24.418)^2 \times (24.032)} = 24.288m$$

$$HS = \sqrt[3]{24^2 \times (24.82)} = 24.270^m$$

7-یک خط انتقال یک فاز به صورت زیر از سه سیم توپر به شعاع 0.3cm برای هادی رفت و یک سیم توپر به شعاع 0.2cm برای هادی برگشت تشکیل شده است. اندوکتانس کل هادی را محاسبه کنید (هادی رفت و برگشت به صورت سه رشته ای هستند)

$$GMDA = \sqrt[3]{D_{14}D_{24}D_{34}}$$

$$\rightarrow D_{14} = 7m \qquad D_{24} = \sqrt{3^2 + 7^2 = 7.61m}$$

$$D_{34} = \sqrt{6^2 + 7^2} = 9.21m$$

$$\rightarrow GMD_A = \sqrt[3]{D_{14}D_{24}D_{34}} = \sqrt[3]{7 \times 7.61 \times 9.21} = 7.88^m$$

و $GMD_B = \sqrt[3]{D_{41}D_{42}D_{43}} = GMDA = 7.88^m$

$$GMR_A = \sqrt[9]{r'A^3.D_{12}^2.D_{23}^2D_{13}^2} = \sqrt[9]{(1.46 \times 0.3 \times 10^{-2})^3 \times 3^2 \times 3^2 \times 6^2} = 0.397$$

$$GMR_B = \sqrt{r'B} = \sqrt{(1.46 \times 0.2 \times 10^{-2})} = 0.054m$$

$$L_A = 2 \times 10^{-7} ln \frac{GMD}{GMR_A} = 2 \times 10^{-7} ln \frac{7.88}{0.397} = 5.97 \times 10^{-7} \, H/m \qquad \text{یا} \quad 5.97 \times 10^{-4 H/km}$$

$$L_B = 2 \times 10^{-7} ln \frac{GMD}{GMR_B} = 2 \times 10^{-7} ln \frac{7.88}{0.054} = 9.96 \times 10^{-7} \, H/m \qquad \text{یا} \quad 9.96 \times 10^{-4 H/km}$$

$$L_T = 5.97 \times 10^{-7} + 9.96 * 10^{-7} = 15.93 \times 10^{-7 H/m}$$

$$X_L = WL_T = 2\pi \times 60 \times 15.93 \times 10^{-7} = 0.0006\Omega$$

مثال8) یک خط انتقال سه فاز دو مداره با مدل جابجا شده با $D_S = 1.7174_{cm}$ یا GMR و قطرهادی های آن 4.4069 است. فاصله هادی ها در یک گروه 45cm است. مطلوبست اندوکتانس در هر فاز؟

$$GMD = \sqrt[3]{D_{abeg} D_{aceq} D_{bceq}}$$

$$\rightarrow Dab = \sqrt[4]{Dab, Da'b, Dab', Da'b'}$$

$$= \sqrt[4]{\sqrt{4^2+10^2} \times \sqrt{20.5^2+9^2} \times \sqrt{20^2+10^2} \times \sqrt{3.5^2+9^2}}$$

$$\rightarrow Dab = 15.105719^m = Dbc$$

$$Dbc = \sqrt[4]{Dbc.Db'c.Dbc'.Db'c'}$$

$$\rightarrow Dbc = \sqrt[4]{\sqrt{3.5^2+9^2} \times \sqrt{4^2+10^2} + \sqrt{20.5^2+9^2} \times \sqrt{20^2+10^2}} = 15.105719$$

$$Dac = \sqrt[4]{DacDa'c'Da'cDac'} = \sqrt[4]{\sqrt{0.5^2+19^2} \times \sqrt{0.5^2+19^2} \times 17 \times 16} = 17.7079m$$

$$GMD = \sqrt[3]{(15.105714)^2 \times 17.7049} = 15.9266$$

$$GMR = \sqrt[3]{GMR_A GMR_B GMR_C} \rightarrow Dsb = \sqrt{Ds.d} = \sqrt{0.45 \times 0.017174} = 0.0088421$$

$$GMR_A = \sqrt{D_s Daa'} = \sqrt{(0.08842)\sqrt{16.5^2+19^2}} = 1.4916^m$$

$$GMR_B = \sqrt{D_S Dbb'} = \sqrt{0.08842 \times 24} = 1.4567^m$$

$$GMR_C = \sqrt{D_S Dcc'} = \sqrt{(0.08842 \times \sqrt{16.5^2+19^2}} = 1.4916^m$$

$$GMR_L = \sqrt[3]{(1.4916)^2 \times 1.4567} = 1.4799^m$$

$$L = 2 \times 10^{-7} ln \frac{15.9266}{1.4799} = 0.4752 \frac{mH}{km}$$

ب) ظرفیت خازنی این خط چقدر است؟

مثال9) یک خط انتقال سه فاز 230kv جابجا شده دارای چهار هادی ACIR در هر فاز با آرایش افقی است. فاصله گذاری گروه ها 45cm می باشد. فرکانس این خط 60Hz و Ds=0.0466ft و قطر هادی های آن 1.382in است. مطلوبست:

الف) اندوکتانس و کاپاسیتانس هر فاز در هر کیلومتر خط را محاسبه کنید.

$$D_S \text{ یا } GMR_L = 0.0466 \times 0.305 = 0.0142^m$$

$$\text{r یا } GMR_C = \frac{1.382}{2} \times 0.025 = 0/01755^m$$

$$GMD = \sqrt[3]{DabDacDbc} = \sqrt[3]{14^2 \times 28} = 17.6389$$

$$GMR_L^b = 1.09 \times \sqrt[4]{Ds.d^3} = 1.09\sqrt[4]{(0.0142)\times(0.45)^3} = 0.206732^m$$

$$L = 2\times10^{-7}\ln\frac{GMD}{GMR} = 2\times10^{-7}\ln\frac{17.6389}{0.206732} = 0.8892\frac{mH}{km} \quad \text{یا} \quad 8.892\times10^{-7}\ H/m$$

$$GMR_C = 1.o9\sqrt[4]{r.d^3} = 1.o9\sqrt[4]{0.01755\times0.45^3} = 0/217974^m$$

$$C = \frac{2\pi\varepsilon o}{\ln\frac{GMD}{GMR}} = \frac{2n\times8.85\times10^{-12}}{\ln\frac{17.6389}{0.217974}} = 0.012\frac{Mf}{km}$$

مثال 10) یک خط انتقال سه فاز با ولتاژ 69kv دارای طول 16km است. که دارای مقاومت سری 0.125 راکتانس 0.4375 اهم بر کیلومتر است. ولتاژ سمت ارسال ، تنظیم ولتاژ، توان سمت ارسال و بازده خط را هنگامیکه این خط توانهای زیر را تحویل می دهد، مطلوبست:

الف) 70MVA در ضریب 0.8lag و ولتاژ 64kv

ب) 120MW، در ضریب واحد و ولتاژ 64KV

الف) ابتدا Z را تعیین می کنیم $Z = R + jx = 0.125 + j0.4375 =$

$$Z = z.L = (0.125 + j0.4375)\times16 = 2 + j7 \qquad V_R = \frac{64\times10^3}{\sqrt{3}} = 36950V$$

$$I_R = \frac{S^*}{3V^*} = \frac{(70 < -\cos^{-1}0.8)\times10^6}{3\times36950} = 631.48 < -36.87A$$

$$V_S = V_R + ZI_R \rightarrow V_S = 36950 + (2 + j7)(631.48 < -36.87) = 40707.91565 < 3.91$$

$$V_{L-L} = V_S.\sqrt{3} = 40707.91565\times\sqrt{3} = 70.508^{KV}$$

$$\%V_R = \frac{|VSL| - |Vr|}{|Vr|}\times100 = \frac{70.508 - 64}{64}\times100 = 10.168\%$$

$$I_S = I_R = 631.4768 < -36.87A$$

$$S_s = 3vs.I_s^* = 3\times(40707.91565 < 3.91)\times(631.48 < 36.87) = 58.39^{MW} + j50.37^{MVAR}$$

$$\%n = \frac{Pout}{Pin} = \frac{Pn(3\varphi)}{ps(3\varphi)}\times100 = \frac{s\times\cos\varphi}{ps} = \frac{70\times0.8}{58.39}\times100 = 95.9\%$$

ب) $I_R = \frac{S^*R}{\sqrt{3}vR^*} = \frac{P - jQ}{\sqrt{3}v} = \frac{(120 - jo)\times10^3}{\sqrt{3}\times64 < 0} = 1082.5317 < 0$

$$V_S = V_R + ZIR = (\frac{64000}{\sqrt{3}} < 0) + (2+7j) \times (1082.5317 < 0) = 39842.72 < 10.9v$$

$$V_{L-L} = 39842.72 \times \sqrt{3} = 69kv \rightarrow \%VR = \frac{|vs| - |vr|}{|vr|} \times 100 = \frac{69-64}{64} \times 100 = 7.83\%$$

$$I_S = I_R = 1082.5317$$

$$S_S = 3V_S I_S^* = 3 \times (39842.72 < 1o.9) \times (1082.5317 < 0) = 127.031^{MW} + j24.61^{MVAR}$$

$$\%n = \frac{\Pr}{Ps} \times 100 = \frac{120}{127.031} \times 100 = 94.46\%$$

مثال11) برای بهبود عملکرد خط مثال قبلی خازنهای موازی در سمت دریافت خط آن نصب شده اند. این خط 70^{MVA} را در ضریب قدرت 0.2Lag و ولتاژ 64kv تحویل می دهد. توان راکتیو کل (M.VAR) و ظرفیت خازنی هر فاز خازنهای با اتصال Y را هنگامیکه ولتاژ سمت ارسال یکی از دو مقدار زیر باشد مطلوبست (فرکانس 60Hz)

الف) ولتاژ 69kv

ب) ولتاژ 64kv

$$Z = 2 + j7 = 7.2801 < 74.0546$$

$$qL \rightarrow SL = S < coc^{-1}\varphi = 70 < coc^{-1} - 0.8 = 56MW + j42MVAR$$

$$p_r = \frac{|V_{SL} - L|.|V_{RL} - L|}{|Z|} \cos(\theta_B - \delta) - \frac{A.|V_{RL} - L|^2}{|Z|}.\cos(\theta_B - \theta_A)$$

$$\rightarrow 70 \times 0.8 = \frac{69 \times 64}{7.2801} \times \cos(74.0546 - \delta) - \frac{1 \times (64)^2}{7.2801} \times \cos(74.0546 - 0) \rightarrow \delta = 4.36$$

$$q_r = \frac{|V_{SL} - L|.|V_{RL} - L|}{|Z|} \sin(\theta_1 - \delta) - \frac{A.|V_{RL} - L|^2}{|Z|}.\sin(\theta_1 - \theta_A)$$

$$q_r = \frac{69000 \times 64000}{7.2801} \sin(74.0546 - 4.36) - \frac{1 \times (64000)^2}{7.2801} \sin(74.0546 - 0)$$

$$q = 27883059.09^{VAr}$$

$$qc = qr - ql \qquad q_c = 27883059.09 - 42000000 = -14116940.91 = -14.117^{MVAR}$$

$$xc = \frac{v^2}{q_c} = \frac{(64000)^2}{14116940.91} = 290.14784\Omega$$

$$xc = \frac{1}{w.c} \rightarrow c = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 290.14784} = 9.142MF$$

مثال12) پارامترهای یک خط انتقال بلند سه فاز 60HZ و 215KV و به طول 400km نسبت به طول برابر است با $Y = 3/2\times10^{-6}$ زیمنس بر کیلومتر و Z=0.1+j0.5 اهم بر کیلومتر، خط بار 150MW با ضریب قدرت واحد را تغذیه می کند مطلوبست

اااالف) درصد تنظیم ولتاژ خط ب) قدرت ابتدا خط و راندمان

الف) $Z = 0.1 + j0.5 = 0.51 < 78.7$ و $y = j3.2\times10^{-6} < 90$

$$zc = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0.51}{3.2\times10^{-6}}} < \frac{(78.7-90)}{2} = 399.2 < -5.65\Omega$$

$$\partial = \sqrt{zy} = (\sqrt{0.51\times3.2\times10^{-6}} < \frac{78.7+90}{2} = 0.000125 + j0.001271$$

$$\partial L = (0.000125 + j0.001271)\times400 = 0.05 + j0.5$$

$$VR = \frac{215\times10^3}{\sqrt{3}} = 124.13 < 0kv \quad \text{یا} \quad 124130.3079^V$$

$$|IR| = \frac{150\times10^6}{\sqrt{3}\times215\times10^3} = 402.8^A \quad \text{و} \quad IR = |IR| < \cos^{-1}(1) = 402.8 < 0$$

$$\cosh al = \cosh\alpha l Cos\beta L + j\sinh al\sin\beta l$$

$$= Cosh(0.05)Cos(0.5\times\frac{180}{\pi}) + j\sinh(0.05)\sin(0.5\times\frac{180}{\pi}) = 0.87 < 1.57$$

$$\sinh\partial L = \sinh\alpha L Cos\beta L + jCosh\alpha L\sin\beta L = \sinh(0.05)Cos(0.5\times\frac{180}{\pi}) + jCosh(.5)\sin(0.5\times\frac{180}{\pi}) = 0.48 < 84.75$$

$$V_S = (Cosh\partial L)VR + (Zc\sinh\partial L)IR = (124.13<0)(0.87<1.57) + (402.8\times10^3<0)(399.2<-5.65)\times(0.48<84.75) \rightarrow VS$$

$$\rightarrow VS = 146.4 < 32.55kv$$

$$\%VR = \frac{\left|\frac{vs}{\cos\partial L}\right| - |VR|}{|VR|}\times100$$

$$I_S = 386.52 < 24.28^A$$

$$= \frac{166.93-124.13}{124.13}\times100 = 34.48\%$$

حل ب)

قدرت ابتدا خط $= 3v_s I_S Cos\varphi = 3\times146.4\times10^3\times386.5\times Cos(32.55-24.28) = 167.98MW$

$$n = \frac{150}{167.98} \times 100 = 89.3\%$$

مثال13) یک خط ترانسپوزه شده 345kv و 200km دارای پارامترهایی بصورت زیر است.

$$R = 0.032 \Omega/km \quad \text{و} \quad x = 0.35 \Omega/km \quad \text{و} \quad Y = j4.2 \times 10^{-6} \upsilon/km$$

بار کامل در طرف گیرنده خط 700^{MW} در ضریب توان 0.99 پیش فاز و در 95% ولتاژ نامی است مطلوبست

الف) پارامترهای ABCD مدار نامی:

ب) ولتاژ طرف فرستنده خط V_S و جریان I_S:

ج) درصد تنظیم ولتاژ:

حل الف) $Z = zL \rightarrow Z = (0.032 + j0.35) \times (200) = 70.29 < 84.78\Omega$

$$Y = yL = (j4.2 \times 10^6) \times (200) = 8.4 \times 10^{-4} < 90\upsilon$$

$$A = D = 1 + \frac{yz}{2} = 1 + (8.4 \times 10 < 90) \times (70.29 < 84.78) \times \frac{1}{2} = 0.9706 < 0.159$$

$$B = Z = 70.29 < 84.78\Omega$$

$$C = Y(1 + \frac{yz}{4}) = (8.4 \times 10^{-4} < 90)(1 + (8.4 \times 10^{-4} < 90)(70.29 < 84.78) \times \frac{1}{4}) = 8.277 \times 10^{-4} < 90.08$$

ب) $V_{RL} - L = (345)(0.95) = 327.8^{KV}$

فاز $V_{Rq} = \frac{V_{RL} - L}{\sqrt{3}} = \frac{327.8}{\sqrt{3}} < 0 = 189.2 < 0KV$

$$|IR| = \frac{P}{\sqrt{3}V_R Cos\varphi} = \frac{700}{\sqrt{3} \times (327.8) \times (0.99)} = 1.246^A \qquad I_R = IR < Cos^{-1}\varphi$$

$$I_R = 1.246 < \cos^{-1} 0.99 = 1.24 < 68.11$$

$$V_S = (1 + \frac{ZY}{2})V_R + Z_{IR} \rightarrow V_S = (0.9706 < 0.159) \times (189.2 < 0) + (70.29 < 84.78)$$

$$(1.246 < 8.11) = 199.6 < 26.17kv \rightarrow V_{SL} = 199.6\sqrt{3} = 345.8kv$$

$$I_S = VR(1 + \frac{ZY}{4})Y + (1 + \frac{ZY}{2})IR = (189.2 < 0)(8.277 \times 10^{-4} < 90.08) + (0.9706 < 0.159)$$

$(1.246 < 8.11) = 1.241 < 15.5kv$

حل ج)

$$\rightarrow VR\% = \frac{\left|\frac{VSL}{A}\right| - |VrL|}{|VrL|} \times 100 = \frac{\left|\frac{345.8}{0.9706}\right| - 327.8}{327.8} \times 100 = 8.7\%$$

مثال14) در یک خط انتقال سه فاز به طول 20km مقاومت هر فاز قابل صرفنظر بوده و راکتانس هر فاز آن $5\frac{m\Omega}{km}$ است. بار انتهای خط توان 40MW را در ضریب قدرت واحد ولتاژ خط 132kv جذب می کند مطلوبست:

الف) ولتاژ ابتدای خط

ب) درصد تنظیم ولتاژ

حل الف)

$$Z = R + jx \rightarrow Z = jx$$
$$\rightarrow Z_L = 5 \times 10^{-3} \times 20 = 0.1\Omega$$
$$V_S = V_R + ZI_R \rightarrow VR = \frac{VL}{\sqrt{3}} = \frac{132 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 76.21kv$$
$$\rightarrow V_S = 76.21 + (j0.1 \times 174.95) = 78.192$$
$$V_{SL} = \sqrt{3} \times 78.192 = 135.43kv$$

حل ب)

$$\%VR = \frac{\left|\frac{V_{SL}}{A}\right| - |V_r|}{|V_r|} \times 100 = \frac{135.43 - 132}{132} * 100 = 2.59\%$$

مثال15) اگر خط انتقال طویلی دارای $\lambda = 500km$ و طول 315km و $Z_C = 320\Omega$ باشد، راکتانس معادل خط بدون تلفات چقدر است.

۱)123.39Ω ۲)240Ω ۳) 320Ω ۴) 63.42Ω

حل:

$$Z' = R + jx' \rightarrow Z' = jx'$$

$$x' = ZcBL \rightarrow$$

$$X' = Z_C \sin(\frac{2\pi}{\lambda} L.\frac{180}{\pi}) = 320\sin(\frac{2\pi}{5000} \times 315 \times \frac{180}{\pi}) = 123.39\Omega$$

مثال16) در یک خط انتقال 345kv فرکانس برابر 60HZ بوده و خط دارای مشخصات زیر است.

$$L = 130km \qquad rR = 0.036\Omega/km \qquad L = 0.8\frac{mH}{Km} \qquad c = 0.0112\,MF/Km$$

فرض کنید این خط باری با 270MVA و ضریب توان 0.8Lag تحت ولتاژ 325kv تغذیه می کند مطلوبست:

الف) کمیت های سمت ارسال ب) درصد تنظیم ولتاژ (با استفاده از مدل π)

$$x = wl = 2\pi \times 60 \times 0.8 \times 10^{-3} = 0.3015 \qquad Z = R + jx = 0.036 + j0.3015$$

$$\rightarrow Z_L = ZL = (0.036 + j0.3015) \times 130 \rightarrow Z = 4.68 + 39.195j$$

$$Y = jwc = j(2\pi \times 60) \times (0.0112 \times 10^{-6}) = j4.222 \times 10^{-6}$$

$$Y = y.L = (j4.22 \times 10^{-6}) \times 130 = j0.000549$$

$$V_S = AV_r + BI_R \rightarrow V_R = \frac{325 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 187638.83 < 0V$$

$$S = s < Cos^{-1}\varphi = 270 < Cos^{-1}0.8 = 216^{MW} + 162j^{MVAR}$$

$$I_R = \frac{S^*}{3V^*} = \frac{(216 - 162j) \times 10^6}{3 \times 187638.83} = 479.644 < -36.87A$$

$$V_S \rightarrow D = A = 1 + \frac{Zy}{2} \rightarrow (1 + \frac{(4.68 + 39.195j) \times (j0.000549)}{2})$$

$$= 0.98924 + j0.001284 \quad \text{و} \quad B = Z \rightarrow B = 4.68 + 39.195j$$

$$c = Y(1 + \frac{ZY}{4}) = \left[j0.000549 \times (1 + \frac{(4.68 + 39.195j) \times (j0.000549)}{4} \right]$$

$$c = -3.25 \times 10^{-7} + j0.000545 \quad \text{و} \quad V_S = 199.188 < 4.5125kv$$

حل ب)

$$\%VR = \frac{\frac{345}{0.98924} - 325}{325} \times 100 = 7.308\%$$

$$I_S = CVR + DIR \rightarrow I_S = 421.132 < -25.568^A$$

$$S_S = 3V_S I_S^* = 218.85^{MW} + j124.225^{MVAR}$$

مثال17) ثابت های ABCD یک خط انتقال سه فاز 500^{kv} بدون تلفات عبارتند از :

$$A = D = 0.86 + jo$$

$$B = 0 + j130.2$$

$$C = j0.002$$

هنگامیکه این خط 1000^{MVA} را در ضریب قدرت 0.8Lag و ولتاژ 500kv تحویل میدهد کمیت های سمت ارسال و تنظیم ولتاژ را بدست آورید.

$$V_S = Avr + BI_R \rightarrow V_R = \frac{500 < 0}{\sqrt{3}} = 288.67^{kv}$$

$$I_R = \frac{S^*}{3V^*} = \frac{(800 - 600j) \times 10^{-6}}{3 \times 288.67 \times 10^3} = 1154.7 < -36.87$$

$$V_S = (0.86 \times 288.67 \times 10^3) + (j130.2)(1154.7 < -36.87) = 359181.7^v < 19.56$$

$$\rightarrow V_{SL} = \sqrt{3} \times V_S = 622.12^{kv}$$

$$I_S = CVR + DIR$$

$$\rightarrow I_S = (j0.002 \times 288.67 \times 10^3) + (0.86 \times 1154.7 < -36.87)$$

$$\rightarrow I_S = 794.64 < -1.33^{\circ A}$$

$$S_S = 3V_S I_S^* \rightarrow 3 \times (359181.71 < 19.56)(794.64 < -1.33)$$

$$\rightarrow S_S = 800 + j305.3$$

ب)

$$\%V_R = \frac{\left|\frac{V_{SL}}{A}\right| - |V_r|}{|V_r|} \times 100 = \frac{\frac{622.12}{0.86} - 500}{500} \times 100 = 44.67\%$$

مثال18) نمایش امپدانس سیستم قدرت نشان داده شده که تمامی امپدانس ها بر حسب p.u در مبنای 100^{MVA} است، رسم کنید. ولتاژ 20KV را به عنوان مبنای ژنراتور انتخاب نمائید؟ توان سه فاز و مقادیر نامی ولتاژ خط به خط در زیر داده شده اند.

$G_1 = 90^{MVA}$ و $20kv$ $x'' = 9\%$ $Sb = 100^{MVA}$

$G_2 = 80^{MVA}$ و $20kv$ $x'' = 16\%$ $Vb = 20^{kv}$

$T_1 = 80^{MVA}$ و $20/200^{KV}$ $x' = 16\%$

$T_2 = 80^{MVA}$ و $200/20^{KV}$ $x = 20\%$

خط — و $200kv$

بار $\rightarrow S = 48^{MW} + j64^{MVAR}$ و $200kv$

حل مرحله ۱:

$$Vb_1 = 20kv$$

$$Vb_2 = \frac{20}{20} = \frac{200}{x} \rightarrow Vb_2 = 200^{kv}$$
$$Vb_3 = \frac{200}{200} = \frac{20}{x} \rightarrow Vb_3 = 20^{V}$$

حل مرحله ۲:

$$XG_1^{new} = x^{old}\left(\frac{sb^{new}}{sb^{old}}\right)\left(\frac{vb^{old}}{vb^{new}}\right) = 0.09 \times \left(\frac{100}{90}\right)\left(\frac{20}{20}\right)^2 = 0.1p.u$$
$$XT_1 = 0.16(\frac{100}{80})(\frac{20}{20})^2 = 0.2p.u$$
$$XT_2 = 0.2(\frac{100}{80})(\frac{200}{200})^2 = 0.25p.u$$
$$X_{Line} = \frac{\text{مقدار واقعي....}}{\text{مقدار مبين}} = \frac{x}{xb} = \frac{120}{400} = 0.3p.u$$
$$Xb = \frac{vb^2}{sb} = \frac{200^2}{100} = 400\Omega$$
$$X_{G2} = 0.16 \times (\frac{100}{80})(\frac{20}{20})^2 = 0.2p.u$$
$$Z_D = \frac{\text{مقدار واقعي....}}{\text{مقدار مبين}} = \frac{Z}{Zb}$$
$$Zb = \frac{vb^2}{sb} = \frac{200^2}{100} = 400$$
$$\left.\begin{array}{l} S = 48^{MW} + j64^{MW} = 80 < 53.13 \rightarrow \varphi = 0.6 \\ |Z| = \frac{V^2}{S^*} = \frac{200^2}{48 - j64} = 300 + j400\Omega \end{array}\right\} \rightarrow Zp.u = \frac{300 + j400}{400} = 0.75 + j0.1^{p.u}$$

مثال19) نمایش تک خطی سیستم قدرت به شکل زیر است که در آن شین (۱) دارای ژنراتور ، ولتاژ شین یک:0>1 بارهای برنامه ریزی شده در شین 2 و 3 نشان داده شده است. امپدانس خطوط نیز بر حسب p.u در مبنای $S_b = 100_{M.V.A}$ در نظر گرفته شده که از مقاومت و سوسپتانس خط چشم پوشی شده است. مطلوبست: الف) V_3 و V_2 (به روش G.S) در دو تکرار بدست آورید. ب) اگر بعد از چندین تکرار ولتاژها در مقادیر زیر همگرا شوند. $V_2 = 0.9 - j0.1^{p.u}$ $V_3 = 0.95 - 0.05j^{p.u}$ تلفات خطوط و توان های اکتیو و راکتیوشین مرجع را حساب کنید:

$$1) S_2^{p.u} = \frac{(PG_2 + jQG_2) - (PD_2 + jQD_2)}{S_b}$$

$$S_2^{p.u} = \frac{-(400+j320)}{100} = -4-3/2j^{\,p.u}$$

$$S_3^{p.u} = \frac{(300+j270)}{100} = -3-2/7\,j^{\,p.u}$$

$$2)Y = \frac{1}{Z}, Y_{bas} = ?$$

$$Y_{12} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{1/30j} = -30j$$

$$Y_{13} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{0.0125} = -80j$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -110j & 30j & 80j \\ 30j & -50j & 20j \\ 80j & 20j & -100j \end{bmatrix}_{3\times 3}$$

$$Y_{23} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{0.05j} = -20j$$

$$3)V_1 = 1<0, v2^{(0)} = 1<0, v3^{(0)} = 1<0$$ حدس اوليه

$$4)V_2^{(1)} = \frac{1}{y_{22}}\left[\frac{p+jq}{V_2^{(0)*}} - \left((y_{21}v_1 + y_{23}v_3)\right)\right]$$

$$V_2^{(1)} = \frac{1}{-50j}\left[\frac{-4-3/2j}{1<0^*} - \left((30j\times 1<0) + (20j\times 1<0)\right)\right] = 0.9394<-4.8852$$

$$V_3^{(1)} = \frac{1}{y_{33}}\left[\frac{p+jq}{V_3^{(0)*}} - \left((y_{31}v_1 + y_{32}v_2)\right)\right]$$

$$V_3^{(1)} = \frac{1}{-100j}\left[\frac{-3+2/7j}{1<0^*} - \left((80j\times 1<0) + (20j\times 0.9394<-4.8852)\right)\right] = 0.9612<-2.7427$$

$$V_2^{(2)} = \frac{1}{y_{22}}\left[\frac{p+jq}{V_2^{(1)*}} - \left((y_{21}v_1 + y_{23}v_3)\right)\right]$$

$$V_2^{(2)} = \frac{1}{-50j}\left[\frac{-4+3/2j}{0.9394<4.885} - \left((30j\times 1<0) + (20j\times 0.9612<-2.7427)\right)\right] = 0.914<-6.1195$$

$$V_3^{(2)} = \frac{1}{y_{33}}\left[\frac{p+jq}{V_3^{(1)*}} - \left((y_{31}v_1 + y_{32}v_2)\right)\right]$$

$$V_3^{(2)} = \frac{1}{-100j}\left[\frac{-3+2/7j}{0.9612<2.7427} - \left((80j\times 1<0) + (20j\times 0.9141<-6.1195)\right)\right] = 0.9534<-2.9638$$

ب) $P_1 = \mathrm{Re}\,l(V_1^*(y_{11}v_1 + y_{12}v_2 + y_{13}v_3))$

$$P_1 = \mathrm{Re}\,l(1<0\big((-110j\times 1<0) + (30j\times(0.9-j0.1)\big) + (80j\times(0.95-0.05j)))$$

$$P_1 = 7-7j^{\,p.u}$$

$$P_1 = (7+7j)^{p.u} \longrightarrow \text{مقدار واقعی} \quad P_1 = (7+7j)\times 100 = 700+700j$$

$$S_{12} = V_1 I_{12}^* \rightarrow I_{12} = -I_{21}$$

$$I_{12} = (v_1 - v_2) y_{12} = (1 < 0 - (0.9 - j0.1)) \times (-30j) = 3 - 3j^{p.u}$$

$$S_{12} = (1 < 0) \times (3 + 3j) = 300^{MV} + j300^{M.V.A}$$

$$S_{21} = V_2 I_{21}^*$$

$$S_{21} = ((0.9 - j0.1) \times (-3 - 3j) = -300^{MV} + 240j^{M.V.A}$$

$$SL_{12} = S_{12} + S_{21}$$

$$SL_{12} = (300 + 300j) + (-300 - 240j) = 60j$$

$$S_{13} = V_1 I_{13}^* \rightarrow I_{13} = -I_{31}$$

$$I_{13} = (v_1 - v_3) y_{13} = \left(((1 < 0 - (0.95 - j0.05)) * (-80j\ ))\right) = 4 - j4 \rightarrow I_{31} = -4 + j4$$

$$S_{13} = ((1 < 0)(4 + 4j) = 400 + 400j$$

$$S_{31} = V_3 . I_{31}^* = (0.95 - j0.05) \times (-4 - j4) = -400^{MW} - 360 M.V.A.r$$

$$SL_3 = S_{31} + S_{13} = 40 M.V.A$$

$$\left.\begin{array}{l} S_{23} = -100 - j80 \\ S_{32} = 100 + j90 \end{array}\right\} \rightarrow SL_{23} = S_{32} + S_{23} = 10 M.V.A$$

مثال20) نمایش تک خطی یک سیستم قدرت ساده سه شین بصورت زیر است:

که در شین های (۱) (۳) ژنراتور قرار می گیرد. ولتاژ شین (۱) $V_1 = 1.025 < 0$، اندازه ولتاژ شین (۳) با توان حقیقی تولیدی 300M.W.A را در مقدار 1.03 تثبیت شده است امپدانس خطوط بر حسب p.u در مبنای 100M.V.A در شکل مشخص شده است. از مقاومت و سوسپتانس صرفنظر شده است.
مطلوبست :

الف) با استفاده از G.S و مقادیر اولیه $V_2^{(0)} = 1 + 0j$ و تثبیت انداز $|v_3| = 1.03 p.u$ مشخص شده است.
$V_3^{(0)} = 1 + 0j$
مقادیر v2 و v3 را تعیین کنید . (تا دو مرحله تکرار شود)

ب) اگر پس از چندین تکرار ولتاژ شین ها در مقادیر v2=1.001243<-2.1 ,v3=1.03<1.36851همگرا شوند.

توان های اکتیو و راکتیو شین مرجع، توان خطوط و تلفات خطوط محاسبه کنید:

نکته: در محاسبه ولتاژ شین p.v در هر مرحله تکرار q جدید محاسبه شود

الف)

۱) $S_2^{p.u} = \frac{(p_{G2} - q_{G2}) - (p_{D2} - q_{D2})}{S_b} = \frac{-(400 + 200j)}{100} = -4 - 2j^{p.u}$

$S_3^{p.u} = \frac{(PG3 - q_{G3}) - (p_{D3} - QD3)}{S_b} = \frac{-300}{100} = -3^{p.u}$

۲) $Y_{12} = \frac{1}{Z_{12}} = \frac{1}{j0.025} = -40j$

$Y_{13} = \frac{1}{Z_{13}} = \frac{1}{j0.05} = -20j$

$Y_{23} = \frac{1}{Z_{23}} = \frac{1}{j0.025} = -40j$

ماتریس $Y_{bus} = \begin{bmatrix} -60j & 40j & 20j \\ 40j & -80j & 40j \\ 20j & 40j & -60j \end{bmatrix}_{3\times3}$

حدس اوليه:

۳) $V_1 = 1.025` < 0, V_2^{(0)} = 1 < 0, V_3^{(0)} = 1.03 < 0$

$$V_2^{(1)} = \frac{1}{y_{22}}\left[\frac{p_2 - jq_2}{V_2^{(0)*}} - \left((y_{21}v_1) + (y_{23}v_3)\right)\right]$$

$$V_2^{(1)} = \frac{1}{-80j}\left[\frac{-4+2j}{1<0} - \left((40j \times 1.025 < 0) + (40j \times 1/03 < 0)\right)\right] = 1.0037 < -2.8552$$

$$V_3^{(1)} = \frac{1}{y_{33}}\left[\frac{p_3 + jq_3}{V_3^{(0)*}} - \left((y_{31}v_1) + (y_{32}v_2)\right)\right]$$

$$q_3 = ? \rightarrow p_3^{(1)} = \mathrm{Re}\, l(v_3^{(0)}(y_{31}v_1 + y_{32}v_2 + y_{33}v_3)$$

$$P_3 = \left[1.03 < 0\left((20j \times 1.025 < 0) + (40j \times (1.0025 - j0.05)\right) + (-60j \times 1.03 < 0)\right]$$

$$P_3 = 2.06 - 1.236j \rightarrow P_3 = -2.06 + 1.236j$$

$$V_3^{(1)} = \frac{1}{-60j} = \left[\frac{+3-1.236j}{1.03<0} - \left((20j \times 1.025 < 0) + (40j \times 1.0037 < -2.8552)\right)\right]$$

$V_3^{(1)} = 1.03 < 0.8462$ يا $1.0299 + 0.0152j$

$$V_2^{(2)} = \frac{1}{-80j}\left[\frac{-4+2j}{1.0025 + 0.05j} - \left((40j \times 1.025 < 0) + (40j \times (1.0299 + j0.0152)\right)\right]$$

$$V_2^{(2)} = 1.0001 - 0.0409j$$

$$P_3 = \left[V_3^{(1)*}(y_{31}v_1) + (y_{32}v_2) + y_{33}v_3)\right]$$

$$P_3 = \left[(1.0299 - j0.0152) \times \left((20j \times 1.025 < 0) + (40j \times (1.0001 - 0.0409j)\right) + (-60j \times (1.0299 + j0.0152)))\right]$$

$$q_3 = 1.367$$

$$V_3^{(2)} = \frac{1}{-60j}\left[\frac{3 - 1.3671j}{1.0299 - 0.0152j} - \left((20j \times 1.025 < 0) + (-40j \times (1.0001 - 0.0409j))\right)\right]$$

$$V_3^{(2)} = 1.0298 + 0.0216j$$

ب)

$$S_{12} = V_1 I_{12}^* \qquad I_{12} = -I_{21}$$

$$I_{12} = (V_1 - V_2) y_{12} = (1.025 < 0 - (1.000571 - 0.0366898j)) \times (-40j) = 1.467592 - j0.9771$$

$$I_{21} = -1.467592 + j0.9771^{p.u}$$

$$S_{12} = V_1 I_{12}^* = (1.025 < 0) \times (1.467592 + j0.9771) = 150.428^{MW} + j100.159^{MV.A.r}$$

$$S_{21} = (1.000571 - j0.0366898) \times (-1.467592 + j0.9771) = -150.428^{MW} - j92.387^{MV.A.r}$$

$$SL_{12} = S_{12} + S_{21} = (150.428 + j100.159) + (-150.428 - j92.387) = j7.772^{M.V.A.r}$$

$$I_{13} = (V_1 - V_3).y_{13} = (1.025 - (1.029706 + j0.0246)) \times (-20j) = -0.492 + j0.09412$$

$$I_{31} = +0.492 - j0.09412$$

$$S_{13} = (V_1 V_{13}^*) = (1.025) \times (-0.492 - j0.09412) = -50.43^{MW} - j9.6473^{MV.A.r}$$

$$S_{31} = V_3 I_{31}^* = (1.029706 + j0.0246) \times (0.492 + j0.09412) = 50.43^{M.W} + j10.602^{MV.A.r}$$

$$SL_{13} = S_{13} + S_{31} = j1.2546^{MV.A.r}$$

$$^{I}23 = (V_2 - V_3).Y_{23} = ((1.000571 - J0.0366898) - (1.029706 + J0.0246)) * (-40j) = -2.451592 + J1.1654$$

$$^{I}32 = -(-2.451592 + J1.1654) = 2.451592 - J1.1654$$

$$^{S}23 = V_2 . I_{23}{}^{*} = (1.000571 - J0.0366898) * (-2.451592 - J1.1654) = -249.575^{MW} - J107.611^{MV.A.R}$$

$$^{S}32 = V_3 . I_{23}{}^{*} = 249.575^{MW} + 126.033^{MV.A.R}$$

$$SL_{13} = S_{23} + S_{32} = J18.422^{MV.A.R}$$

$$S_1 = S_{12} + S_{13} = (150.428 + j100.159) + (-50.43 - j9.6473)$$

$$S_1 = 100 + j90.51$$