جزوه درس :

بررسی سیستمهای قدرت I

نام مدرس :

آقای عیدیانی

فصل اول :

مفاهیم اولیه :

$$V = V_m \cos wt, i = \mathrm{Im}\cos(wt - \theta) \qquad (1)$$

V, V_a=ولتاژ لحظه ای ، نشان دهنده ولتاژ متغیر با زمان ، V_m=ولتاژ ماکزیمم ، V=ولتاژ موثر

ولتاژ موثر $V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

توان لحظه ای متغیر با زمان $p(t) V.i$

$p = \frac{1}{T} \int_0^T p(+)dt$ توان متوسط (۲)

$$(1),(2) \Rightarrow p(t) = p(1 + \cos 2wt) + Q \sin 2wt$$

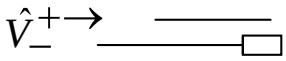
که :توان موهومی $Q = V.I.\sin\theta$ توان حقیقی $p = v.I.\cos\theta$

فازور :

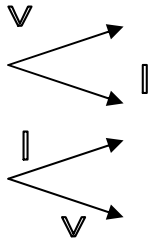
$$\upsilon = Vm\cos(wt + \theta) \rightarrow \hat{V} = Ve^{j\theta}$$

توان ظاهری :

$$S = P + jQ = \hat{V}.\hat{I}$$



پس فاز و پیش فاز :



بار سلفی ← توان موهومی مصرف می کند ← جریان از ولتاژ عقب تر است ←

بار فازنی ← توان موهومی تولید می کند ← جریان از ولتاژ جلوتر است ←

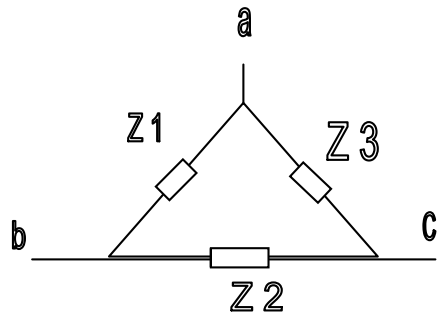
سیستم سه فاز :

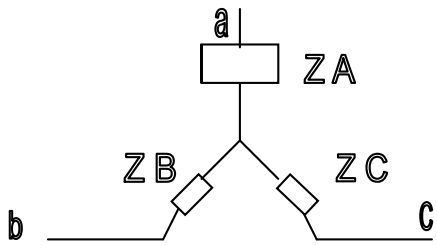
$$\begin{cases} V_a = V_m \cos wt \\ V_a = V_m \cos(wt - 120^\circ) \\ V_a = V_m \cos(wt + 120^\circ) \end{cases} \qquad \begin{cases} iaI_m \cos(wt - p) \rightarrow ia = \mathrm{Im}\cos(wt - \rho) \\ ibI_m \cos(wt - 120^\circ - p) \rightarrow ib = \mathrm{Im}\cos(wt - 120^\circ - \rho) \\ icI_m \cos(wt + 120^\circ - p) \rightarrow ic = \mathrm{Im}\cos(wt - 120^\circ - \rho) \end{cases}$$

توان لحظه ای سه فاز $P(+) = V_a ia + V_b ic + V_{cic}$

توان متوسط ($\mathrm{I,V}$ مقادیر موثر) $P = 3V.I.\cos\rho$

تبدیل ستاره به مثلث :





$$\begin{cases} Z_A = \dfrac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \\ Z_B = \dfrac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \\ Z_C = \dfrac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \end{cases} \qquad \begin{cases} Z_1 = \dfrac{Z_A Z_B + Z_A Z_C + Z_B Z_C}{Z_C} \\ Z_2 = \dfrac{Z_A Z_B + Z_A Z_C + Z_B Z_C}{Z_A} \\ Z_3 = \dfrac{Z_A Z_B + Z_A Z_C + Z_B Z_C}{Z_B} \end{cases}$$

پریونت – در واحد . P . U

اختصارات : LL خط به خط ، LN خط به نول ، یک فاز ، 1Q = یک فاز ، 3Q = ۳ph سه فاز $b \equiv base$ پایه ،

مبنا

معمولاً بزرگترین عدد به عنوان مبنا انتخاب می شود و پریونت $p.u.=\frac{\text{عدد}}{\text{مبنا}}$ (عدد) کوچکتر از واحداست .

یونت تک فاز :

توان ظاهری یک فاز $P_b = Qb = Sb = VA_{1Q}$ ، ولتاژ فاز Vb=VLN

محاسبه می شود : $Ib = \frac{Sb}{Vb} A, Zb = \frac{Vb^2}{Sb} = \frac{Vb}{Zb}\Omega$

پریونت سه فاز :

فرض می شود توان ظاهری سه فاز $Vb = Vl - l, Pb = Qb = Sb = Va3\phi$

محاسبه می شود $I = \frac{Sb}{\sqrt{3}Vb} A, Zb = \frac{Vb^2}{Zb}$

در حالت سه فاز می توان از مبناهای تک فاز نیز استفاده کرد ولی کاربرد کمتری دارد .

$$Vb1\phi = VLn, Sb1\phi = VA1, \phi Ib = \frac{Sb1\phi}{Vb1\phi} = \frac{Sb3\phi}{\sqrt{3}VbL - L}$$

$$Zb = \frac{VbL - L^2}{sb3\phi} = \frac{Vb1\phi}{Ib1\phi} = \frac{Vb2\phi}{sb1\phi}$$

تبدیل یک امپدانس پریونت از یک مبنا به مبنای دیگر :

$(1): S_{b1}, V_{b1}, Z_{b1}$,$(2): S_{b2}, V_{b2}, Z_{b2}$

$$Z_1 p.u. = \frac{Z}{Zb1}, Z_2 P.u = \frac{Z}{Zb2}$$

$$\Rightarrow \frac{Z_2\, p.u.}{Z_1\, p.u.} = \left(\frac{Vb1}{Vb2}\right)^2 \times \frac{Sb2}{Sb1}$$

پریونت کردن یک ترانسفورماتور :

توان مبنا برابر توان ظاهری ترانس و ولتاژ مبنا در طرف فشار ضعیف برابر ولتاژ فشار ضعیف و در طـرف فـشار قوی برابر ولتاژ فشار قوی است . مثلاً در ترانس ۲۲۰V/۴۴۰ V و ۱۰KVA داریم :

Sb =ST =10KVA ، فشار ضعیف vb = ۲۲۰ Vb ، فشار قوی V =۴۴۰V

به عبارت دیگر ولتاژ مبنا از یک طرف ترانسفورماتور به طرف دیگر با نسبت تبدیل تغییر می کند.

نکته :

تمام روابط مربوط به توان ظاهری ، حقیقی و موهومی ،ولتاژ و جریان باید برای مبناها نیز صادق باشد .

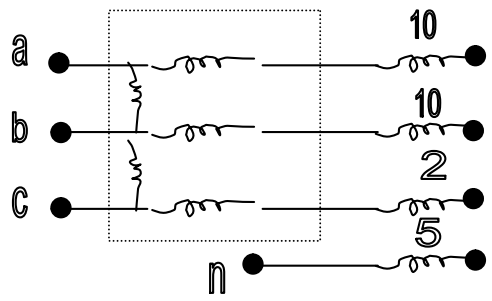
بطور مثال : $S_{3\phi} = \sqrt{3}VL.LI, S_{b3\phi} = \sqrt{3}V_bL - L, Ib$

سئوالات فصل اول

۱. توان ورودی به خطی با امپدانس $Z = 5 + j60\Omega$ و ولتاژ $S = 210mw + j30mAv, 220Kv$ می باشد . ولتاژ و توان در انتهای خط و همچنین توان مصرفی را بدست آورید .

$\left[ج : \hat{V_L} = 214.6k < -15.29^\circ, S = p + jQ = 4.648Mw + j55.78m\,\text{var}\right]$

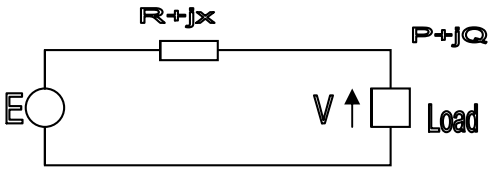
۲. در شکل مقابل بار سه فاز نامتقارنی را مشاهده می کنید از دو واتمتر جهت محاسبه توان مـصرفی آن اسـتفاده کرده ایم . هر یک از واتمترها چه مقدار توان را نشان می دهند . توان مصرفی چقدر است ؟



$V_{LN} = 900V$

$ج : P1 = 121.5kw, P2 = 337.5kw, p = 422.9kw$

۳. با توجه به شکل مقابل ، ولتاژ ابتدای خط ابتدای خط را بر حسب ولتاژ انتهای خط و توان حقیقی و موهومی بدست آورید ؟



$$\left[E^2 = (V + (RP + xQ)/V)^2 + (Ra - Xp)^2 / V^2\right]$$

۴. خط انتقال سه فازی با امپدانس $Z_S = 0.5 + j2\Omega$ بار ستاره ای در انتهای خط را تغذیه می کند ، بار مذکور در ضریب قدرت 0.8 پس فاز و ولتاژ خط ۱۰kv توان 200 kW را ضرب می کند ؟

الف) مطلوبست ولتاژ ابتدای خط و توان حقیقی و موهومی تولید در ابتدای خط $[:Vs = 5797]$

ب) اگر ولتاژ ابدای خط 10 Kv و بار انتخای خط دارای امپدانس $Zl = 18 + j45\Omega$ بصورت مثلث باشد . ولتاژ انتهای خط را محاسبه کنید .

$$[V_{l-l} = 8876]$$

ج) اگر بخواهیم ضریب قدرت بار در حالت (الف) به 0.98 برسد ،به چه مقدار خازن نیازمندیم $[:c = 3.5.NF]$

د) برای اینکه ولتاژ را در انتهای خط در قسمت (ب) به 10 kv برسانیم سه خازن مساوی با بار بصورت ستاره موازی می کنیم . خازنها را محاسبه کنید .

$$f = 5 : Hz$$
$$[c = 3.817mf]$$

۵. دو ماشین الکتریکی با ولتاژهای $\hat{E}_2 = 120 < V, \hat{E}_1 = 100 < 30^\circ V$ ازطریق امپدانس $Z_S = 2 + j5\Omega$ به یکدیگر متصل شده اند معین کنید که کدامیک از ماشینها به عنوان مولد و کدامیک بصورت موتور عمل می کنند . توانهای حقیقی و موهومی هر ماشین را بیابید .

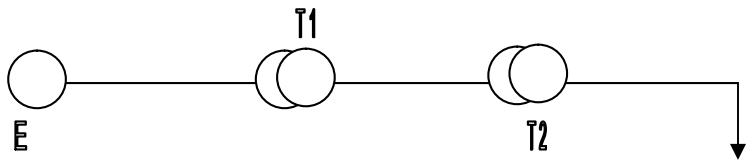
$$[:S1 = 1008 - i480.9, S2 = 759.2 - i1104.7]$$

۶. یک ماشین حفاری در هنگام حفاری توان MVA c.1در ضریب قدرت 0.8 پس فاز معرف می کنـد و هننگـام تخلیه بیل ، توان 0.1 MVA در ضریب قدرت 0.5 پیش فاز تولید می کند . در انتهـای دوره اسـتخراج ، تغییـر در اندازه جریان منبع باعث قطع کردن رله ها حفاظتی می شود . بنابراین لازم است تغییر جریان را مینیمم کنیم . مـی توان از سه خازن در ترمینالها استفاده نمود . مطلوبست مقدار خازنها ،

$$V_{l-l} = 36.5kv$$
$$[c = 6.44NF]$$

۷. سیستم زیر مفروض است . ولتاژ ترمینال ژنراتور 13.2 kV می باشـد . مطلوبـست محاسـبه جریـان ژنراتـور ، جریان و ولتاژ بار و توانی که توسط بار جذب می شود .

$$[: I5 = 977.5A, I1 = 195.5A, Vl = 58.7kv]$$



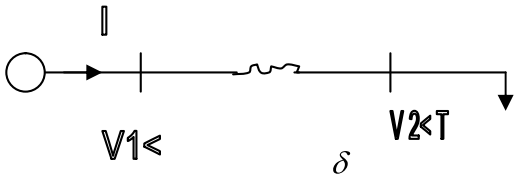
$$T1 = (13.2kv\Delta - 132kvY, 5MVA, XT1 = 0.1p.u)$$

$$T2 = (138kvY - 69kv\Delta, 10MVA, XT2 = 0.05p.u)$$

فصل دوم :

بار : در بار امپدانس اگر ولتاژ ۱٪ کاهش یابد ، توان مصرفی ۲٪ کاهش می یابد و اگر فرکانس ۱٪ کـاهش یابـد توان $(0.02\sin^2 p)$افزایش می یابد .

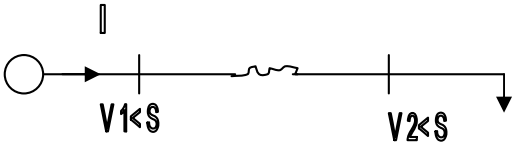
خط شعاعی ، یکسو تغذیه :



δ $s2 = p2 \qquad (Q = 0)$

$$\Rightarrow P12 = P2 = P1 = \frac{V_1^2 \sin\delta}{2x}, \cos\delta = \frac{V2}{V1}$$

توان ماکزیمم در خط شعاعی : $P\max = \frac{V_1^2}{2x}, s = 45^\circ$



$S1 = P1 + iQ \qquad S1 = P2 + iQ2$

خط دو سو تغذیه :

$$P1 = P2 = P12 = \frac{V1V2}{x}\sin(\delta 1 - \delta 2)$$

$$Q1 = \frac{V_1^2 - V_1V_2\cos\delta}{x}$$

P_1 = توان تولیدی ژنراتور

$$Q2 = \frac{-V_1V_2\cos\delta - V_2^2}{x}$$

P_2 = توان مصرفی ژنراتور

$$P\max = \frac{V1.V2}{x}, \delta = 90^\circ$$

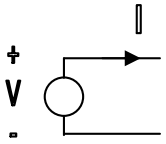
P_{12} = توان انتقالی از ژنراتور ۱ به ۲

توان ماکزیمم در خط دو سو تغذیه :

تفاوت خط دو سو تغذیه با یکسو تغذیه در اینست که در خط دو سو تغذیه ، باس دوم دارای ولتاژ ثابتی اسـت و بوسیله ژنراتور و یا خازن کنترل می شود .

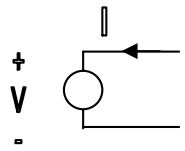
توان ماکزیمم در خط دو سو تغذیه با خط دارای مقاومت : $\delta = Tg^{-1}\frac{x}{R}$

تعریف توان مصرفی و تولیدی :



$Z=P+iQ=\hat{V}\hat{I}$

تولید کننده $\begin{cases}Q>0\\Q<o\end{cases}$ مصرف کننده — تولید کننده توان $\begin{cases}P>0\\P<o\end{cases}$ مصرف کننده توان حقیقی



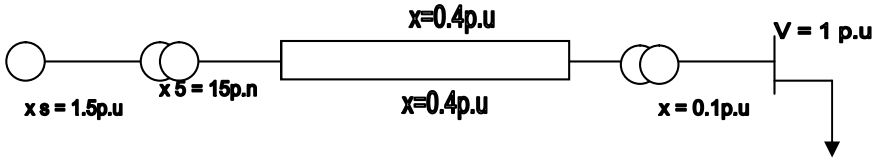
$Z=P+iQ=\hat{V}\hat{I}$

تولید کننده $\begin{cases}P<0\\Q<o\end{cases}$ تولید کننده — مصرف کننده $\begin{cases}P>0\\Q<o\end{cases}$ مصرف کننده

سئوالات فصل دوم

۸. شکل زیر مفروض است . مطلوبست ماکزیمم توان انتقالی در دو حالت زیر :

الف) هر دو خط وصل باشد .

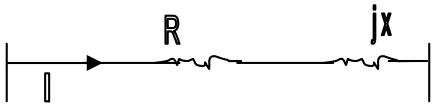


شکل

۹. در سیستم شکل مقابل ،مطلوبست Q_{G2}برای اینکه V 2 = 1شود . ابتدا V1 > را محاسبه کنید .

SO = توان مصرفی $[:QG2=0.268]$

۱۰. اگر خط انتقال علاوه به x دارای مقاومت R نیز باشد ، رابطه توان انتقالی و زاویه حداکثر توان را بیابید



$V2<0$ $(P2,\delta_{p\max}=?)$

$\left[:\delta = tg^{-1}\frac{x}{R}\right]$

۱۱. در یک بار امپدانس تغییرات توان مصرفی $\left[\frac{\Delta p}{p}\right]$را در ازای تغییرات ولتاژ $\left[\frac{\Delta V}{V}\right]$و تغییرا فرکانس بیابید .

$\left[:\frac{\Delta p}{p}=2\frac{\Delta V}{V},\frac{\Delta p}{p}=-2\sin^2 T\frac{\Delta f}{f}\right]$

۱۲. خطی با مشخصات $V2, \delta 2 V_1 = 1 P.n.$. بار مقاومتی را تغذیه مـی کنـد $p = \frac{1}{2} P \max$ را در دو حالـت زیـر محاسبه کنید ؟

الف) خط یکسو تغذیه است ب) باس بار کنترل ولتاژ است

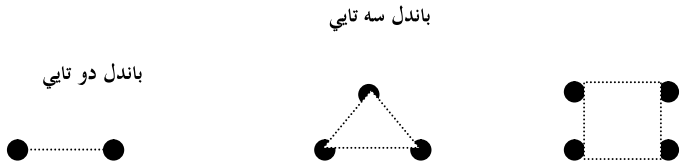
$\left[\text{الف}; \quad \delta = 15^\circ, V_2 = \cos 15^\circ, \qquad \text{ب}) \delta = 30^\circ, V2 = \cos 30^\circ \right]$

فصل سوم :

پدیده کرونا : یونیزه شدن هوای اطراف سیم ولتاژ بالا در اثر شدت میدان الکتریکی زیاد

اثرات کرونا :تلفات – تداخل امواج مخابراتی

باندل کردن :اگر به جای یک هادی از چند هادی استفاده کنیم که از یکدیگر فاصله کمی داشته باشند به این کـار باندل کردن می گوئید .



اندوکتانس داخلی یک هادی توپر : $l\text{int} = \frac{N}{8\pi} \qquad H/M$

اندوکتانس خارجی یک هادی توپر : $Lext = 2\times10^{-7} \qquad Ln\frac{D}{r}$

اندوکتانس یک هادی توپر : $L = 210^{-7} \qquad Ln\frac{D}{r}, r' = 0.7788r$

فلوی یک هادی در بین گروه n هادی : $\left(\sum_{i=1}^{n} Ti = 0 \quad \text{فرض}\right)$

$$\lambda_1 = 2\times10^{-7}(I1Ln\frac{1}{D11} + ... + InLn\frac{1}{D1n}$$

ولتاژ القاء شده در یک هادی : $V = jw\lambda$

اندوکتانس خطوط مرکب :

$$L = 2\times10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR}$$

فاصله متوسط هندسی $GMD = \sqrt[mn]{(Daa'.Dab'...Dam)....(Daa'.....Dnm)}$

شعاع متوسط هندسی $GMR = \sqrt[n]{(Daa.Dab...Dan)....(Dan.....Dnn)}$

هادی توپر $Daa = r'$ هادی تو خالی : $Daa = r$

(از روی جدول A . 1) هادی رشته ای : Daa = Ds

اندوکتانس خط سه فاز با فواصل مساوی : (D)

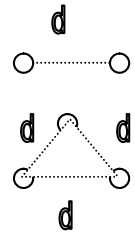
$$L = 2\times10^{-7} Ln\frac{D}{Daa}$$

اندوکتانس خط سه فاز با فواصل نامساوی و ترانسپوز شده : (فازها با فواصل مساوی جابه جا شده اند)

$$L = 2*10^{-7} Ln\frac{Deh}{DS}, Deq = \sqrt[3]{D12.D13.D23}$$

$$L = 2*10^{-7} Ln = \frac{GmD}{GMR}$$

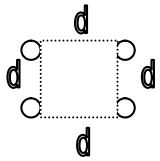
خط سه فاز باندل شده ؛ ازاثر باندل در GM0 صرفنظر می شود .



$$GMR = \sqrt{Ds.d}$$

$$GMR = \sqrt[3]{Ds.d^2}$$

،



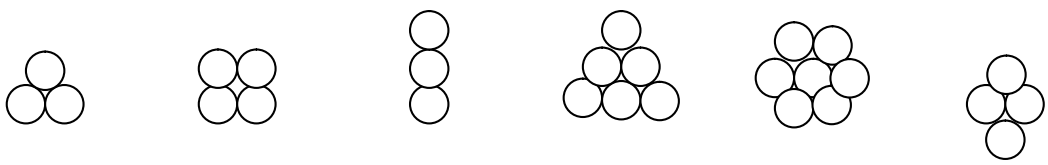
$$GMR = \sqrt[8]{2}.\sqrt[4]{Ds.d^3}$$

خط سه فاز دو مداره :از روابط باندل استفاده می شود . در این حالت از اثر باندل در GMD صرفنظر نمی شود .

$$L = 2*10^{-7} Ln\frac{GMD}{GMR}$$

سئوالات فصل سوم :

۱۳. شعاع هندسی هریک از هادیهای زیر را به حساب شعاع هر هـادی (r) محاسـبه کنیـد . فـرض کنیـد هادیهـا توخالی هستند .



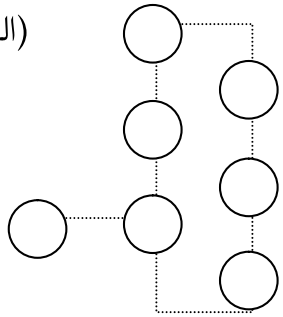
(الف) (ب) (ج) (د) (هـ) (ی)

[الف :)1.587r ب)1.834r ج :)1.852r د :)2.192r ه)2.256r ي :)1.8017r]

۱۴. در خطوط انتقال تک فاز اشکال زیر ، اندوکتانسهای رفت و برگشت و اندوکتانسهای کل را بدست آورید .

هادی توخالی ، $d= 10r$, $O= 15\ d$

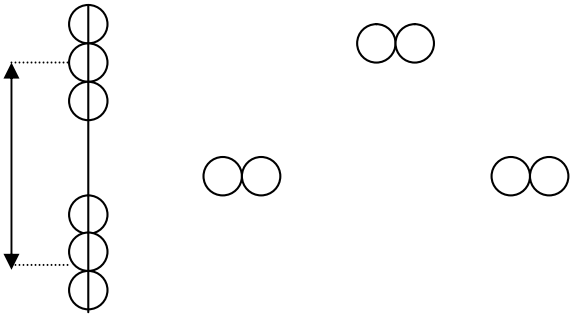
(الف



$r = 0.25cm$ $r_A = 0.25cm$

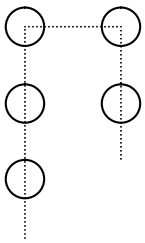
$rB = 0.5cm$ $rB = 0.5cm$

(ب



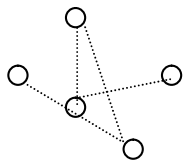
هادی توپر

(ج

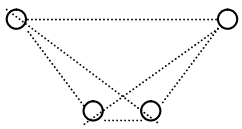


$\left[\text{الف} \quad :)L = 10.68*10^{-7} \qquad \text{ب})14.28*10^{-7} \qquad \text{ج} :)14.72*10^{-7}\ H/m\right]$

۱۵. ثابت کنید در شکل مقابل ،اگر خطوط سه فاز جابه جا شده باشند . کل شار در برگیرنده خط تلفن $t2,t1$ صفر خواهد بود . سیستم متعادل است .



۱۶. یک خط تلفن موازی یک خط انتقال انرژی تک فاز مطابق شکل مقابل مفروض است . ولتاژ القائی در هر کیلومتر از مدار تلفن را محاسبه کنید . جریان عبوری از خط انتقال 100 A و جریان در سیم تلفن صفر است .

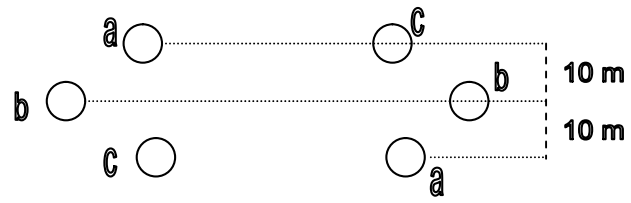


$f = 50$

$\left[: |v| 2.381 \quad V/km\right]$

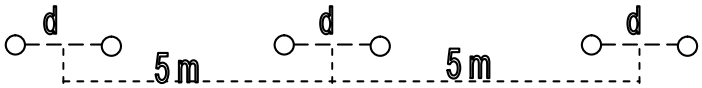
۱۷. در اشکال زیر اندوکتانس هر فاز را محاسبه کنید . عمل جابجایی در فازها انجام شده و نوع سیمها (Drake) می باشد . قطر Ds=0.3>3ft = 11.37 mm , O= 27.81mm

(الف



هر فاز باندل سه تایی است

(ب



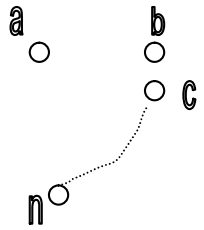
$\left[\text{الف} :) L = 16.244 * 10^{-7} \quad \text{ب}) 9.208 * 10^{-7} \quad H/m\right]$

فصل چهارم :

$$Q = cV \quad ,V = E.d \quad ,E = \frac{q}{2\pi x}, E = E0 \times Er, E0 = 8.85 * 10^{-12}\ \frac{f}{m}$$

تذکر ! تفاوت اصلی محاسبه خازن با اندوکتانس در اینست که در محاسبه خازن از شعاع هادی استفاده می شود ®

و از Ds استفاده نمی شود .



ولتاژ دو هادی در بین گروه n هادی :

$$V_{ab} = \frac{1}{2\pi E0}(qa.Ln\frac{Dab}{ra} + qb\ln\frac{rb}{Dab} + ...qn;\ln\frac{Dba}{Daa})$$

ولتاژ نقطه p در بین n گروه هادی : $Vp = \frac{1}{2\pi E0}(qa.Ln\frac{1}{Dnp} + . + qnLn\frac{1}{Dnp})$

خازن در سیستم تک فاز : $Cab = \frac{\pi \in \circ}{Ln D/r}, Can = \frac{2\pi \in \circ}{Ln D/r}$

جریان شارژ :(جریان عبوری از خطوط در حالت بی باری) $\hat{I}_C = jcabw\hat{V}ab$

خازن در سیستم سه فاز با فواصل مساوی D: $Can = 2\pi \in \circ / Ln\frac{D}{r}$

خازن در سیستم سه فاز با فواصل نامساوی و جابه جا شده : $Can = 2\pi \in \circ / Ln\frac{Deg}{r}$

$$Deq = \sqrt[3]{D12.D13.D23}$$

خازن در سیستم سه فاز با باندل : $Can = 2\pi \in \circ / Ln\frac{Dea}{Dsb}$ و شعاع متوسط باندل Dsb

خازن در سیستم سه فاز دو مداره :مانند محاسبه اندوکتانس عمل می شود : $Can = \frac{2\pi \in \circ}{Ln\frac{Deq}{Dseq}}$

اثر زمین در محاسبه خازن :زمین بصورت یک صفحه خنثی عمل می کند که باید ولتاژ روی آن صفر شود .

$Can = \frac{2\pi \in \circ}{Ln\frac{Deq.H}{r.Hs}}$ سه فاز و $Can = \frac{2\pi \in \circ}{Ln\frac{D.Daa'}{r.Dab'}}$ تک فاز

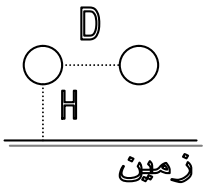
$$D = \sqrt[3]{Dab.Dac.Dbc}$$

$$Hs = \sqrt[3]{Dab'.Dac'.Dbc'} \qquad H = \sqrt[3]{Daa'.Dbb'.Dcc'}$$

(a' تصویر فاز a نسبت به زمین است)

سئوالات فصل چهارم :

۱۸. در شکل مقابل و در دو حالت زیر ،خازن بین یک فاز و زمین را محاسبه کنید .

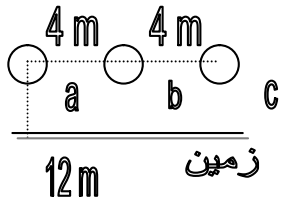


الف) از اثر زمین صرفنظر کنید D=5m , H= 20m , pheasant

ب) اثر زمین را در نظر بگیرید (ابتدا رابطه خازن با اثر زمین را ثابت کنید)

$$\left[\text{الف} :) Can = 9.838*10^{-12}\, F/m \qquad \text{ب})9.582*10^{-12} \qquad f/m\right]$$

۱۹. خازن خط انتقال سه فاز ، ترانسپوز شده ، 230kv را در دو حالت زیر بدست آورید . همچنین جریان شارژ خط را در یک کیلومتر محاسبه کنید . f= 50Hz , r = 17.55 mm

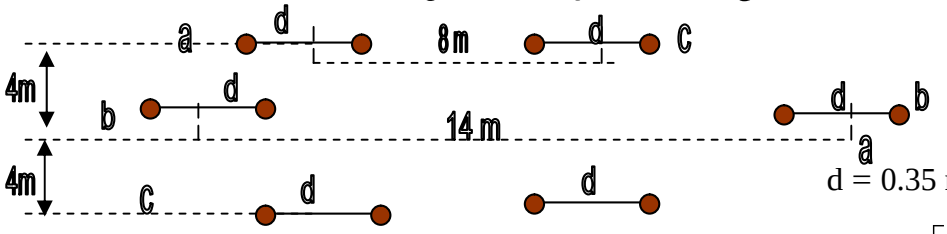


الف) ازاثر زمین صرفنظر کنید .

ب) اثر زمین را منظور کنید (رابطه خازن با اثر زمین را ثابت کنید)

$$\left[\text{الف} :) Can = 9.824*10^{-12}, |I| = 0.4098 A/um, \qquad \text{ب}) can = 9.8709*10^{-12}, \qquad |I| = 0.4118 A/um\right]$$

۲۰. یک خط انتقال سه فاز دو مداره با باندل دوتایی بصورت شکل زیر مفروض است . خازن خط را بدون اثر زمین محاسبه کنید .

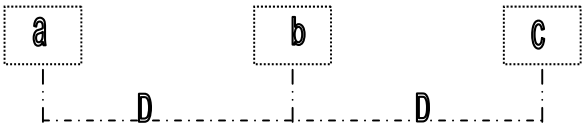


d = 0.35 m , r= 17.55 mm pheasant

$$\left[\text{ج} : can = 26.81*10^{-12} F/m\right]$$

۲۱. شکل زیر مفروض است . ولتاژ خط 765 kv می باشد . در دو حالت زیر رابطه ماتریسی بین ولتاژ فازها و بار هر یک از آنها را بدست آورید . D=12 , d= 0.4m , r= 15mm

الف) سیم ترانسپوز شده است .



ب) سیم ترانسپوز نشده است . [.....: ج]

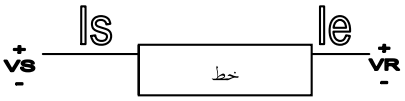
فصل پنجم

انواع خطوط :

۱) خط کوتاه 80km L< 50 mile ۲) خط متوسط 240 km L < 150 mile ۳) خـط بلنـد L< 150 mile

240km

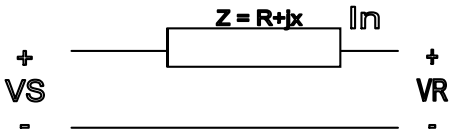
مدل تمام خطوط :



$$\begin{bmatrix} \hat{V}s \\ \hat{I}s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{V}R \\ \hat{I}R \end{bmatrix}$$

در هر مدل خط ،مقادیر ثوابت خط (ABCD) مشخص می شود .

۱) مدل خط کوتاه : e < 80 km



$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

تنظیم ولتاژ (رگولاسیون):

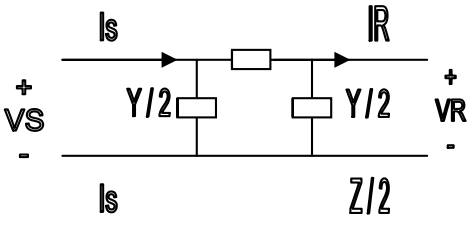
$$\mathrm{Re}\,g\% = \frac{VN.LVF.L}{VN.L} * 100$$

$$\mathrm{Re}\,g\% \approx \frac{RI\cos pR + I\sin PR}{VR} * 100 = \frac{R.PR + x.QR}{VR^2}$$

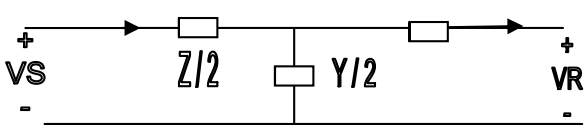
۲) مدل خط متوسط : L< 240 km (دو مدل TT, Tۀ

Z= R+jx : امپدانس سری خط ، $Y = G + jB$ ادمیتانس موازی خط

مدل TT : $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1+\frac{2Y}{2} & z \\ Y(1+\frac{zY}{4}) & 1+\frac{zY}{4} \end{bmatrix}$ و



مدل T :



و $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1+\frac{2Y}{2} & Y(1+\frac{zY}{4}) \\ Y & 1+\frac{zY}{4} \end{bmatrix}$

۳) مدل خط بلند $L < 240\ km$

$\Im$ = امپدانس واحد طول ، y = ادمیتانس واحد طول و L = طول خط و $Y = z.L\ ,\ Z = 3.L$

$$Zc = \sqrt{\frac{Z}{y}} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}\ ,\gamma = \sqrt{Z.y},\qquad \gamma.L = \sqrt{Z.Y}$$

Zc=امپدانس مشخصه خط $\gamma = \overset{\circ}{c}$ ثابت انتشار

$$\begin{bmatrix} \hat{Vs} \\ \hat{Is} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \gamma L & Zc.\sinh \gamma L \\ \frac{\sinh \gamma L}{Zc} & \cos \gamma L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{VR} \\ \hat{IR} \end{bmatrix}$$

مدل TT : معادل خط بلند :

$$Z' = Z.\frac{\sinh\ \gamma}{\gamma L}\qquad ,\frac{Y'}{2} = \frac{Y}{2}.\frac{tgh\ \frac{\gamma L}{2}}{\frac{\gamma L}{2}}$$

مدل T معادل خط بلند :

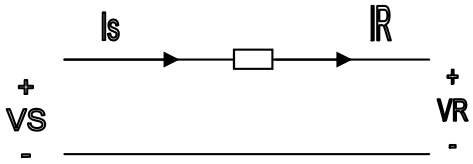
$$,\frac{Y'}{2} = \frac{Y}{2}.\frac{\sinh\ \gamma}{\gamma L}\qquad ,Z' = Z\circ.\frac{tgh\ \frac{\gamma L}{2}}{\frac{\gamma L}{2}}$$

مدل دو خط سری :

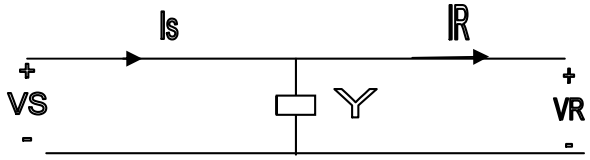
اگر دو خط باثوابت $A_1B_1C_1D_1$, $A_2B_2C_2D_2$ صفرمی شوند . خطا جدید دارای ثوابت زیر است

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A1 & B1 \\ C1 & D1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A2 & B2 \\ C2 & D2 \end{bmatrix}$$

ثوابت یک امپدانس سری و ادیمتانس موازی :

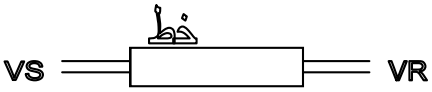


$$\begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

تنظیم ولتاژ یا رگولاسیون :



۱) VS ثابت : ولتاژ بار در حالت بارداری = $V_{RF.L}$

ولتاژ بار در حالت بی باری = $V_{RN.L}$ $\Rightarrow R\% = \dfrac{V_{RN.L} - V_{RF.L}}{V_{RN.L}} \times 100$

۲) VR ثابت : ولتاژ منبع در حالت بارداری = $V_{RF.L}$

ولتاژ منبع در حالت بی باری = $V_{RN.L}$ $\Rightarrow R\% = \dfrac{V_{RF.L} - V_{SNL}}{V_{SNL}} \times 100$

درصد افت ولتاژ :

$\Delta V\% = \dfrac{V_S - V_R}{V_S} \times 100$. این رابطه هم برای حالت بی باری و هم برای بارداری صادق است

سئوالات فصل پنجم

۲۲. در یک مقدار انتقال سه فاز به طول 50 km ، بار انتهای خط توان 100 Mw را در ضریب قدرت 0.8 پس فاز و ولتاژ 132 kV ، جذب می کند . مقاومت و اندوکتانس خط به ترتیب ???0.0308 و 0.095 mH برای هر کیلومتر می باشد . ولتاژ ابتدای خط و تنظیم ولتاژ را محاسبه کنید . f= 50Hz

$\left[20 : (T1 \text{ازبرنامه} \quad) : \hat{V}_S = 81999 \angle 4.21^\circ, \operatorname{Re} g\% = 7.596\% \right]$

۲۳. ثوابت ABCD یک خط انتقال سه فاز عبارتند از :

$$A = D = 0.936\angle 0.98^\circ \quad , \quad B = 142\angle 26.4^\circ \quad , \quad C = (-5.18 + j914)\times 10^{-6}$$

باری با توان مصرفی 50Mw ، ولتاژ 220 kV و ضریب قدرت 0.9 پس فاز موجود است . اندازه ولتاژ ابتدای خط و تنظیم ولتاژ را بیابید .

$$\left[20: (ABCD \quad \text{ازبرنامه} \quad): \hat{V}_S = 133.248\angle 7.77^\circ, \text{Re}\, g\% = 12.08\%, \Delta V = 4.68\%\right]$$

۲۴. یک خط انتقال بطول 20.km ژنراتور تکفازی را به باری با توان 5 MW و ضریب قدرت 0.707 پس فاز مرتبط می سازد . مقاومت و اندوکتانس خط به ترتیب $0.63mH/K^m, 0.0195\Omega/Km$ می باشد . اگر ولتاژ انتهای خط در 10kv ثابت بماند مطلوب است :

الف) ولتاژ ابتدای خط و درصد تنظیم ولتاژ $\left[20: \hat{V}_S = 12.304K\angle 8.34^\circ, R\% = 23.04\%\right]$

ب) مقدار خازنی که باید موازی بار نصب شود تا تنظیم ولتاژ 5% کاهش یابد .

ج) راندمان خط در حالت الف و ب

20 : روش تقریبی (ب C=82.19NF : روش دقیق و C=95.49NF (ج و (الف ۹۶/۲۵ ٪ (ب ۹۷/۷۹٪

۲۵. یک خط انتقال انرژی تک فاز مفروض است (خط کوتاه) . در ابتدای خط ،توان تولیدی 2 mw و ضریب قدرت 0.8 پس فاز می باشد و امپدانس سری خط $0.4 + j0.4\Omega$ و ولتاژ انتهای خط 3kv می باشد. بار انتهای خط ، ضریب توان بار و ولتاژ ابتدای خط رامحاسبه کنید .

$$[\text{ج}: I = 732.14A \quad , \quad \cos P_R = 0.812 \quad , \quad V_S = 3.41KV]$$

۲۶. یک خط انتقال با ثوابت ABCD بطول L مفروض است ثابت کنید :

الف) رابطه $A^2 - BC = 1$ برای هر سه نوع خط کوتاه ،متوسط وبلند صادق است .

ب) ثوابت خطی بطول L/2 بصورت مقابل می باشد : $a = d = \sqrt{\frac{1+A}{2}}, b = \frac{B}{2a}, C = \frac{C}{2a}$

که abcd ثوابت خط بطول L/2 و ABCD ثوابت خط بطول L است .

[2 : .....]

س۲۷. در یک خط انتقال سه فـاز 320 kv بطـول 400 km راکتـانس سـری خـط $0.61\Omega/Km$ و مقاومـت آن $0.113\Omega/Km$و ادمیانس موازی خط $j3.2\times10^{-6}V/Km$ می باشد . بار انتهـای خـط ، تـوان 200Mw را در ولتاژ 230 kV و ضریب قدرت 1 ، جذب می نماید . ولتاژ و جریان ابتدای خط را محاسبه کنید . از سه مـدل زیـر استفاده شود. $\left[ج : (TTT \quad \text{الفـ}) \quad 184.711K\angle 43.16^\circ, \hat{I}_S = 454.66\angle 22.12^\circ \right]$

الف) مدل T , TT (فرض کنید خط متوسط است) ب) مدل خط بلند ج) مدل خط کوتاه

$\left[ج : (t\text{مدل} \quad) : \hat{Vs} = 175.861x \lhd 41.75^\circ, \quad \text{ب}) : (T3\text{برنامه} \quad) \hat{Vs} = 179.149k, ج)(T1\text{برنامه} \quad) \hat{Vs})197.94\right]$

۲۸- یک خط انتقال سه فاز بطول 400km یک بار 400MVA را در ضریب قدرت 0.8 پس فاز و ولتـاژ 345 kv تغذیه می کند . ثوابت خط عبارتند از :

$$A = D = 0.818 < 1.3^\circ, B = 172.2 < 84.2^\circ, C = 0.001933 < 90.4^\circ$$

الف) ولتاژ و جریان در ابتدای خط و درصد افت ولتاژ و درصد تنظیم ولتاژ را بیابید .

ب) ولتاژ انتهای خط ،جریان ابتدای خط و درصد تنظیم ولتاژ را در حالت بی باری محاسبه کنید.

ج) ثوابت خط 200 km را بدست آورید . (از مسئله ۲۶ استفاده کنید)

د) یک باند خازنی با امپدانس 46.6Ω از – را بصورت سری در نقطه وسـط خـط 400 km نـصب مـی کنـیم . ثوابت ABCD خط جدید را بدست آورید . همچنین قسمتهای (الف) و (ب) را برای خط جدیـد تکـرار کنیـد .

$$A = D = 0.598 < 1.178, B = 42.44 < 63.78^\circ, C = 0.002084 < 90.39^\circ$$

هـ) یک ؟؟؟؟ 250 MVAr , 345 kc را که ادمتیانس آن $j0.0021\upsilon$ می باشد به انتهای خط موازی می شود . ثوابت ABCD خط جدید را بیایید و با استفاده از آن ولتاژ انتهای خط و جریان ابتدای خط را با قسمت (ب) مقایسه کنید .

$$\left[ح: ه) A = 1.178 < -0.875, C = 0.00217 < 83.26^\circ\right]$$

بدون تغییر B,D

۲۹. یک خط انتقال سه فاز ، 230 kV با ثوابت ABCD زیر مفروض است

$$A = D = 0.94\, j0.02, B = 32.7 + j154, C = j0.00109$$

الف) در حالیکه ابتدای خط تحت ولتاژ 225 kv قرار دارد و ضمن اینکه از انتهای خط توان 80 MW معرف می شود ، ولتاژ انتهای خط را در 225 kv تثبیت کرده ایم . در این شرایط توان موهومی مصرفی یا تولیدی بار را محاسبه کنید .

$$[ج: QR = 09.349 mrAr]$$

ب) اگر مصرف کننده ای با مشخصات p= 80Mw ، cosl=0.9 پس فاز و V= 225 kv را به انتهای خط وصل نماییم و ولتاژ انتهای خط همان 2250kv باشد . مقدار توان موهومی لازم برای تثبیت ولتاژ در این حالت چقدر است ؟

$$[ج: Qc = -48.095 MVAr, c = 9.07 nF]$$

فصل ششم :

خط بدون تلفات : $r = 0, g = 0, \gamma = \alpha + jB = \sqrt{Z.y} = \sqrt{(jLw)(jcw)} = jw\sqrt{Le}$

که C = لاپاسیتانس واحد طول ، L = راکتانس واحد طول $\Rightarrow B = w\sqrt{Lc}$

سرعت حرکت و طول موج :

طول موج : $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{1}{f\sqrt{Lc}}$

امپدانس مشخصه $Zc = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ سرعت موج : $V = f\lambda = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

موجهای رفت و برگشت : V_{X1} = موج رفت ، V_{X2} =موج برگشت $V_X = V_{X1} + V_{X2}$

$$V_{X1} = \frac{VR + Zc.IR}{2}.e^{\gamma x}, V_{X2} = \frac{VR - Zc.IR}{2}.e^{-\gamma x}$$

بار امپدانس ضربه (SIL) یا بار طبیعی :

در این حالت موج برگشت نداریم و درصد تنظیم ولتاژ صفر است و خط را اصطلاحاً بی نهایت می گویند .

اثر فرانتی: اگر خط بدون بار باشد ولتاژ انتهای خط افزایش می یابد.

محاسبه ولتاژ با استفاده از روش ترسیمی (لایتس دیاگرام)

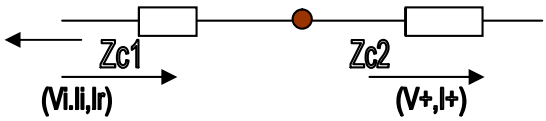
ولتاژ رفت ، $\equiv V_R^+$ = ولتاژ برگشت $\equiv V_R^-$ $V_R = V_R^+ + V_R^-, V_R^- = KR.VR^+$

ضریب برگشت جریان از بار

ضریب برگشت جریان از منبع $\begin{cases} P_R = -KR \\ L_S = -Ks \end{cases}$

ضریب برگشت ولتاژ از بار $\begin{cases} K_R = \dfrac{Z_R - Z_C}{Z_R + Z_C} \\ K_S = \dfrac{Z_S - Z_C}{Z_S + Z_C} \end{cases}$

ضریب برگشت ولتاژ از منبع



ضرایب رفت و برگشت در محل تلاقی در خط

ضریب رفت از ۲ از ۱ $B_{21} = \dfrac{2Z_{c1}}{\alpha_{21} = \beta_{21} - 1}$ ، ضریب رفت ولتاژ از ۱ به ۲ $B_{12} = \dfrac{2Z_{c1}}{Z_{c1} + Z_{c2}}$

ضریب برگشت ولتاژ از ۲ به ۱ $B_{21} = \dfrac{2Z_{c1}}{\alpha_{21} = \beta_{21} - 1}$ ضریب برگشت ولتاژ از ۱ به ۲ $B_{12} = \dfrac{2Z_{c1}}{Z_{c1} + Z_{c2}}$

مسائل فصل ششم :

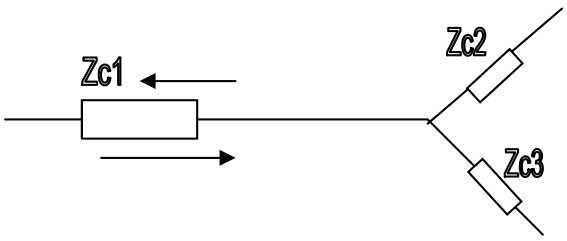
۳۰. یک منبع ولتاژ 1250 v= DC ایده آل به یک خط با امپدانس مشخصه متصل شده است . T مدت زمانی است که موج به انتهای خط می رسد . در دو حالت زیر ، جریان را با روش ترسیمی و تغییرات آن را ثبت به زمان رسم کنید .

الف) انتهای خط باز است

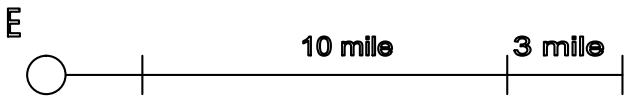
ب) انتهای خط اتصال کوتاه شده است .

۳۱. یک ژنراتور E, DC ولت با مقاومت داخلی $\dfrac{R_\bullet}{3}$ به یک خط باامپدانس مشخصه $R_\bullet$ متصل شده است و T مدت زمانی است که موج به انتهای خط می رسد و انتهای خط اتصال کوتاه شده است . ولتاژ و جریان ابتدای خط را با روش ترسیمی و تغییرات هریک را ثبت به زمان رسم کنید .

۳۲. در شکل زیـر ولتاژهـا و جریانهـای رفـت و برگـشت را در محـل تلاقـی سـه خـط بـا امپـدانس مشخـصه Z_{C3}, Z_{C2}, Z_{C1} بدست آورید . اگر $Z_{C3} = 600\Omega, Z_{C2} = 1000\Omega, Z_{C1} = 100\Omega$ و موج ولتاژ داده شده 2KV باشد هر یک از ولتاژها را محاسبه کنید .



۳۳. در شکل زیر و با مشخصات داده شده ولتاژ نقطه اتصال دو خط را به روش ترسیمی رسم کرده و تغییـرات آن را نسبت به زمان مشخص کنید . انتهای خط باز است و منبع DC' ایده آل است و T مدت زمانی است که مـوج به نقطه اتصال می رسد .



$Zc1 = 300\Omega \qquad Vdocity = V \qquad Zc2 = \begin{matrix} 30\delta \\ Volcity = 0.2V \end{matrix}$

برنامه های مورد استفاده در بررسی سیستمهای قدرت به زبان ماشین حساب FX-4500P

۱) برنامه عمومی حل معادله درجه ۲

$$Ax^2 + Bx + C = 0$$

$$if \begin{cases} \Delta = B^2 - 4AC \geq 0 \quad \Rightarrow \quad x2, x1 \\ \Delta < 0 \quad \Rightarrow \quad Rx \pm jIx \end{cases}$$

$$\text{مثال :} \begin{cases} 4x^2 + 4x + 5 = 0 \quad \Rightarrow \quad x = -0.5 \pm j1 \\ x^2 - 5x + 6 = 0 \quad \Rightarrow \quad x_1 = 2j, x_2 = 3 \end{cases}$$

[97 step]

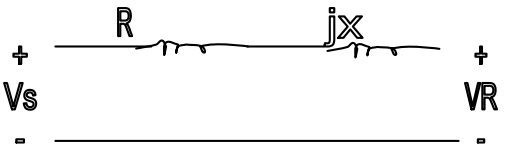
```
      EQ2                          L7   "X1"   G+H
L1    Lb1   ϕ:   {ABC¢             L8   "X2"   G0+0ϕ
L2    I=2A                         L9   LbI    1
L3    D=B^2 –4AC                   L10  G
L4    G=–B/I                       L11  "RX"   √–L5   D<ϕ⇒G0+0   1   H=√D/I
L5     D<Q
L6    G–H                          L12  "IX"
```

۲) جمع سه عدد مزدوج (عمومی) [38 STEP]

$$A < B + C < D + E < F = V < W$$

$$\begin{cases} S \cup M \\ V = POj(A\cos B + V\cos D + EcoisF, A\sin B + C\sin D + E\sin F \\ W = W \end{cases}$$

$$je : 1 < 10^\circ + 3 < 20^\circ + 5 < 30^\circ = 8.9359 < 24.458^\circ$$



۳) محاسبه ولتاژ ابتدای خط مدل خط کوتاه : [64 STEP]

$$\begin{cases} \hat{V}_S = (R + jx).I < F + V < T \\ R\% = (\dfrac{V_S - U}{U}) * 100 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T1 \\ R * IFUT \\ POl(U\cos T + RI\cos F - XI\sin F, RI\sin F \\ + XI\cos F + U\sin T \end{cases}$$

۴) محاسبه ولتاژ و جریان ابدای خط – مدل خط متوسط دو نوع T , TT [208STEP]

در مدل TT

$$\begin{cases} \hat{V}_R = V_R\angle\varphi \equiv V\angle\varphi \\ \hat{I}_R \equiv I\angle F \end{cases} \qquad \begin{cases} \hat{V}_S \equiv V_{S\pi}\angle(\langle V_{S\pi}) \\ \hat{V}_S \equiv V_{ST}\angle(\langle V_{ST}) \end{cases}$$

در مدل T

$$\overset{\Delta}{Z} \approx R + jx \qquad \overset{\Delta}{Y} \approx G + jB \qquad [2 + step]$$

(در این برنامه ابتدا ولتاژ و جریان در مدل TT و سپس ولتاژ و جریان در مدل T محاسبه می شود)

نام $T\pi$

$L1$ $RXGBUIF$

$L2$ $A = .5(RG - XB$

$L3$ $C = .5(RB + XG$

$L4$ $H = 1 + A$

$L5$ $J = 1 + A/2$

$L6$ $D = I\cos F$

$L7$ $E = I\sin F$

$L8$ $K = RD - XE$

$L9$ $L = RE + XD$

$L10$ $M = DH - EC$

$L11$ $N = EH + DC$

$L12$ $O = c/2$

$L13$ $pol(HV + K, VC + L$

$L14$ $"VS\pi"W$

$L15$ $"\langle"Pol(M + U(CT - Bo, N + U(BI + Go$

$L16$ $"IS\pi"W$

$L17$ $"\langle"Pol(HV + Jk - Lo, Uc + IE + Ko$

$L18$ $"VST"W$

$L19$ $"\langle" pol(GU + M, BU + N$

$L20$ $"IST"PolW$

$L21$ $"\langle"$

$[2 + 1step]$

۵) محاسبه ولتاژ و جریان ابتدای خط – مدل خط بلند

$$\begin{cases} \hat{V}R = VR\langle 0 = U\angle 0 \\ \hat{I}R = I\angle F \end{cases}$$ ولتاژ فاز $\qquad Z = R + jx \quad , \quad Y = G + jB$ طول خط = L

Z = امپدانس سری واحد طول ، Y = ادمیتانس موازی واحد طول ،

$$CL = \gamma L = \alpha + jB = RGL + jIGL$$

نام $T3$

$L1$ $RXGBLUIF$

$L2$ $Apol(R, X$

$L3$ $E = W$

$L4$ $C = pol(G, B$

$L5$ $D = W$

$L6$ $M"RGL"\mathrm{Re}\,c(L\sqrt{}AC, .5(E + D.N"IGL" = W \qquad N = 180N/\pi$

$L7$ $K"Zc" = \sqrt{}(A/c \qquad O"\langle" = .5(E - O \qquad P"\cosh G1" = pol(\cosh M\cos N, \sinh M\sin N$

$L8$ $Q"\langle" = W \qquad E"\sinh GL" = pol(\sinh M\cos N, \cosh M\sin N \qquad S"\langle" = W \qquad T = EIK$

$L9$ $A = O + S + F$

$L10$ $Z = EU/K$

$L11$ $C = S - O$

$L12$ $D = Q + F$

$L13$ $pol(PU\cos Q + T\cos A, PU\sin Q + T\sin A$

$L14$ $"Vs" \qquad W$

$L15$ $"\langle" \qquad pol(Zco + PI\cos D, Z\sin c$

$L15$ $+ PI\sin D$

$L16$ $"Is" \qquad W\alpha$

$L17$ $"\langle"$

مثال ، ولتاژ= فاز انتهای خط $U = VR = \frac{230K}{\sqrt{3}}$, $R = 0.113^{\Omega}/_{Km}, X = 0.61(\Omega/km)$

$G = \varphi$, $B = 3.2\times10^{-6}(V/Km)$, $L = 400(km)$, $I = IR = 502.04(A), F = \phi$

$$\begin{cases} RGL = \alpha = 0.052 \\ IGL = \beta = 0.561 \end{cases} \qquad \begin{cases} Zc = 440.305\angle -5.2 + 7^{\circ} \\ \cosh GL = \cos\gamma L = 0.8 + 8\angle 1.854^{\circ} \end{cases}$$

۶) محاسبه ولتاژ و جریان ابتدای خط با داشتن ثوابت ABCD خط

$\hat{A} = Ae^{i\langle A}$, $\hat{B} = Be^{j\angle B}$, $\hat{C} = Ce^{j\langle c}$, $\hat{D} = De^{i\langle O}$

$,\hat{V}R = U\angle\phi$, $\hat{I}_R = I\angle F$ $[149step]$

نلم	$ABCD$
$L1$	$ABCDUIF$
$L2$	$L"\langle U": E"\langle A": C"\langle B": H"\langle C": O"\langle O"$
$L3$	$J = G + F : K = O + F : M = E + L : N + H + L$
$L4$	$pol(AU\cos M + BI\cos J, AU\sin M + BI\sin J$
$L5$	$"VS"W$ $L6\|"\langle"1\phi\phi(1-U/V$
$L7$	$"DV\%"$ $1\phi\phi(V/AU-1$
$L8$	$"R\%"\ pol(CU\cos N + DI\cos K, CU\sin N + OI\sin K$
$L9$	$"IS"W$ $L10\|"\langle"$

۱. اگر در یک خط بلند انتقال انرژی الکتریکی $A = O = 0.9\angle1^{\circ}$, $B = 145\angle80^{\circ}$ باشد ، قدر مطلق امپدانس مشخصه این خط کدام است ؟

الف) 130Ω ب) 230Ω ج) 330Ω د) 430Ω

۲. یک خط انتقال ۲۳۰KV بطول ۲۰۰KM دارای امپدانس مستقیم معادل $Z_1 = 0.017 + j0.2$ پریونت است .

در صورتیکه مقاومت اهمی هر فاز 0.045 اهم بر کیلومتر محاسبه شده باشد ...

الف) مقدار مقاومت محاسبه شده صحیح نیست .

ب) اعداد داده شده برای ایه خط بدون ذکر مبنا معنی ندارد

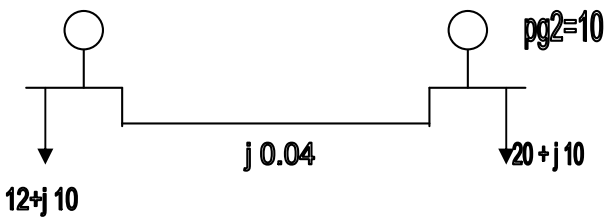
ج) ولتاژ مبنی $V_b = 230KV$ و توان مبنی $P_b = 200KW$ است

د) مقدار توان مبنا $P_b = 100MW$ انتخاب شده است

۳. حداکثر توان قابل انتقال توسط این خط بطور تقریب با توجه به اینکه برای جلـوگیری از ناپایـداری اسـتاتیک $\delta \leq 30^\circ$ باشد کدام است ؟

الف) $2.5 p.n.$ ب) $300MW$ ج) $500MW$ د) $7.5P.n.$

۴. در سیستم شکل مقابل که در آن اعداد بر حسب واحد داده شده اند ،مقدار جریان در خـط ۲-۱ (I_{1-2}) برابـر چند $p.n.$ است ؟



الف)۵/۵ ب) ۸۰

ج) ۱۰ د) ۱۲

فصل هفتم :

بخش بار

هدف :در پخش بار ، اطلاعات توانهای مصرفی و تولیدی موجود بوده و هدف محاسبه ولتاژ تمام باسها است .

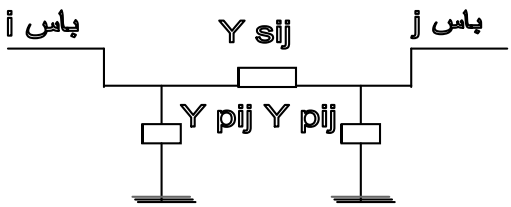
روابط مداری لازم : $p(W-p.n), \phi(VAr-Px) \qquad S(VA-pn),$

توان تزریقی به باس $\Rightarrow S = S_G - S_{D=P+jQ}$ توان تولیدی باس $SG = PG + jQG$

توان مصرفی باس : $SD = PO + jQO$

ولتاژ باس V_Cو جریان تزریقی به باس $I =$ و $V = |V|\langle\delta$ و $S = VI$

مدل خط در بخش بار : $Y = G + jB$



ادمیتانس سری خط ij $= Y_{sij}$

ادمیتانس موازی خط ij $= Y_{pij}$

ماتریس ادمیتانس شبکه :

$$Y_{ij} = -Y_{sij} \qquad i \neq j$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & \cdots & Y_{1n} \\ \vdots & & \\ Y_{n1} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix}_{n\times n} \quad \text{و} \quad Y_{ii} = \sum_{j=1\neq i}^{n} Y_{sij} + Y_{Pij}$$

$$, Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \gamma ij$$

ولتاژ باسها $= V_{bns}$ جریان تزریقی به باسها $= I_{bns}$ $I_{bns_{n+1}} = Y_{bns}.V_{bns_{n\times 1}}$

معادلات توان :

$$I_i = \sum_{i=1}^{n} Y_{ij}.V_j \qquad ,Si = V_i I_i^{\phi} = P_i + jQ_i$$ I= باس مورد نظر

$$\text{با حذف جریان} \Rightarrow \begin{cases} P_i = \sum_{j=1}^{n} |V_i||Vj| \quad |Y_{ij}|\cos(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij} \overset{\Delta}{=} fif \\ Q_i = \sum_{j=1}^{n} |V_i||V_j| \quad |Y_{ij}|\sin(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) \overset{\Delta}{=} fiq \end{cases}$$

انواع باسها :

برای هر باس ۶ متغیر داریم : $|V|, \delta$, Q_{oi} , P_{oi} , Q_{Gi} , P_{Gi}

۱) باس مصرفی :در این باس ولتاژ $|V|$ و δ مجهول است Load Bus

۲) باس کنترل ولتاژ :در این باس Q_G و σ مجهول است Voltage Controoled Bus

۳) باس مرجع : در این باس P_G و Q_G مجهول است . Referme Bus or Slack Bus

در این باس معمولاً $\gamma = \phi$ و $|V| = 1$

معمولاً باس شماره یک باس مرجع و باسهای ۱ تا M باسهای کنترل ولتاژ و باسهای m+1 تا n باسهای مصرفی شماره گذاری می شوند . (این موضوع کلیت ندارد و برای سادگی حل مسئله فرض شده است)

n = تعداد کل باسها

نکته درباره باس کنترل ولتاژ :در باس کنترل ولتاژ ، اندازه ثابت است اگر Q تولیدی در محدوده مجاز $(Q_{\min} \le Q \le Q_{\max})$ باشد در غیر اینصورت به باس مصرفی تبدیل می شود و Q تولیدی در حدود خود باقی می ماند ($Q=Q_{\max}$ یا $Q = Q_{\min}$)

روشهای حل معادله غیر خطی $F(x) = \phi$

الف) گوس – سایدل : ابتدا معادل ۱ را به معادله ۲ تبدیل کرده و $F(x)=\phi \Rightarrow X = f(x)$

و رابطه ی تکراری بصورت زیر بدست می آوریم : $X^{(r+1)} = f(X^{(r)})$

مقدار X در مرحله r ام

ب) نیوتن رافنون :از بسط تیلوز استفاده می شود : $F(x)=0 \Rightarrow FLx^{(0)} + \Delta x^{(0)}) = 0$

$$\Delta x^{(0)} \approx \phi \quad \Rightarrow \quad F\left(x^{(0)}\right) + \Delta x^{(0)}\left[\frac{\delta F}{\delta x}\right]^{(0)} + \frac{1}{2}\left[\Delta x^{(0)}\right]^2\left[\frac{\delta^2 F}{\delta x^2}\right]^{(0)} + \ldots = \Phi$$

با تقریب داریم : $\Rightarrow F\left(x^{(1.1)0}\right) + \Delta x^{(0)}\left[\frac{\delta F}{\delta x}\right]^{(0)} = \phi$

$$\Rightarrow \Delta x^{(0)} = -\left(\left[\frac{\delta F}{\delta x}\right](0)\right)^{-1} \quad . \quad F\left(x^{(0)}\right)$$

$\Rightarrow$ رابطه تکراری : $X^{(r)} = X^{(r-1)} + \Delta x^{(r-1)}$

مزایا و معایب روشها : مزیت روش گوس – سایدل : روابط بسیار ساده هستند . معایب :سرعت رسیدن به جواب کم است – ممکن است ناپایدار شود (به جواب نرسیم)

مزیت روش نیوتن رافنون :سرعت رسیدن به جواب زیاد است – روش پایداری است و بیشتر اوقات همگرا می شود تعداد تکرار لازم برای رسیدن به جواب کم است – تعدادتکرارها به تعداد باسها بستگی ندارد .

معایب :روابط لازم مشکل است .

ضریب تسریع :

ضریب تسریع= $\alpha \overset{\Delta}{=}$, $X^{(r+1)} = X^{(r)} + \alpha \quad . \quad \Delta X^{(r)}$

معمولاً $\alpha = 1.5$ در این روش پس ازاینکه چند مرحله از ضریب تسریع استفاده شده ، ؟؟ را مساوی یک گرفته تا معادله از جواب اصلی رد نشود و نوسانی نشود .

۱) معادله تکراری گوس – ژاکوپی :

$$Si = Vi.Ii^{\phi} = Vi \sum_{j=1}^{n} Y_{ij}\phi .Vj^{\phi}$$

$$\Rightarrow S_i^{\phi} = V_i^{\phi} \sum_{j=1}^{n} Y_{ij}.V_j \Rightarrow \frac{S_i^{\phi}}{V_i^{\phi}} = Y_{ij} - V_i + \sum_{j=1,\neq i}^{n} Y_{ij}.V_j$$

$$\Rightarrow \qquad V_i^{(r+1)} = \frac{P_i - j\varphi_i}{Y_{ii}.V_i^{\phi(r)}} - \sum_{K=1,\neq i}^{n} \frac{Y_{ik}}{Y_{ii}}.V_k^{(r)} \qquad i = 2,...,n$$

$V_i^{(r)}$ = ولتاژ باس i ام در مرحله r ام

۲) معادله تکراری گوس – سایدل :

$$V_i^{(r+1)} = \frac{P_i - i\varphi i}{Y_{ii} - V_i^{\phi(r)}} - \sum_{K=1}^{i-1} \frac{Y_{ik}}{Y_{ii}} V_K^{(r+1)} - \sum_{K=i+1}^{n} \frac{Y_{ik}}{Y_{ii}} V_K^{(r)} \qquad i = 2,...,n$$

۴) روش نیوتن رافسون :

$$F(x) = \phi = \begin{bmatrix} \rho & f_\rho \\ \phi & f_q \end{bmatrix} = \phi \qquad p = \begin{bmatrix} P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix}$$

$$[J] \overset{\Delta}{=} \left[\frac{\delta F}{\delta x}\right]$$ ماتریس ژاکوپین

$$[J]^{(r)}.\Delta X^{(r)} = \Delta U^{(r)} \quad , \qquad X^{(r+1)} = X^{(r)} + \Delta X^{(r)}$$

$$\Delta U = [\Delta P_2 ... \Delta P_n \quad \Delta Q_2 ... \Delta Q_n]^T = [\Delta p \quad \Delta Q]^T$$ معلومات

مجهولات $\Delta X = [\Delta\sigma_2 ... \Delta\sigma_n \quad \Delta|V_2| ... \Delta|V_n|]^T = [\Delta\delta \quad \Delta|V|]^T$

الف) حدس اولیه : $X^{(0)}$

ب) محاسبه $\Delta P_i^{(0)} = p_i - f_{ip}\left(X^{(0)}\right) \quad , \quad \Delta Q_i^{(0)} = Q_i - f_{iq}\left(X^{(0)}\right)$

ج) محاسبه $\left[I^{(0)}\right]$

د) محاسبه $\Delta X^{(0)}$ از معادله a ..... (مثلاً : $\Delta x^{(r)} = \left[J^{(r)}\right]^{-1} \Delta V^{(r)}$)

هـ) $X^{(1)} = X^{(0)} + \Delta X^{(0)}$

ی) تکرار معادلات بالا تا هنگامیکه . $Norm(\Delta V)$ به اندازه کافی کوچک شود .

$Norm(\Delta V)$ = بزرگترین اختلاف بین توانهای ورودی $(\varphi_i - p_i)$ یا توانهای محاسبه شده (f_{qi}, f_{pi}) و یا

$$\sqrt{\sum_i (\Delta V_i)^2}$$

ماتریس ژاکوپین :

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta|V| \end{bmatrix}$$

$$J_1 = \frac{\partial fp}{\partial \delta}, \quad J_2 = \frac{\partial fp}{\partial |V|} \quad , \quad J_3 = \frac{\partial f\varphi}{\partial \delta} \quad , \quad J_4 = \frac{\partial f\varphi}{\partial |V|}$$

$$\begin{cases} J_1 \quad ik = |V_i| \quad |V_k| \quad |Y_{in}| \sin(\sigma i - \delta k - \gamma_{ik}) \\ J_2 \quad ik = |V_i|. \quad |Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \quad i \neq k \\ J_3 \quad ik = -|V_i| \quad |Y_{ik}||V_k| \cos(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \\ J_4 \quad ik = |Vi| \quad |Y_{ik}| \sin \quad (\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} J_1 \quad ii = -|V_i| \sum_{k=1,\neq i}^{n} |Y_{ik}| \quad |V_k| \quad \sin(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \\ J_2 \quad ii = |V_i||Y_{ii}|\cos\gamma ii + \sum_{k=1,\neq i}^{n} |Y_{ik}| \quad |V_k| \quad \cos(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \\ J_3 \quad ii = |V_i| \sum_{k=1,\neq i}^{n} |Y_{ik}| \quad |V_k| \quad \cos(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \\ J_4 \quad ii = -|V_i| \quad |Y_{ii}|\sin\gamma_{ii} + \sum_{k=1}^{n} |Y_{ik}| \quad |V_k| \quad \sin(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \end{cases}$$

پخش بار جدا شده : *Decoupled Load Flow: OLF*

از ماتریسهای J_3, J_2 صرفنظر می شود

$$\begin{cases} \Delta p \approx J_1.\Delta\delta \\ \Delta\varphi \approx J_4.\Delta|V|. \end{cases}$$

سرعت در این روش ۱۰ برابر می شود .

پخش بار جدا شده ، سریع : *Fast Decoupled Load Flow : FDLF*

در این روش علاوه بر حذف ماتریسهای J_3, J_2 برای سادگی معادلات ، فرض می شود :

$$\sin(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \approx 1, \quad \cos(\delta_i - \delta_k - \gamma_{ik}) \approx 0$$

با این روابط ، سرعت خیلی بالا و دقت کم می شود .

برنامه نویسی بصورت ماتریسهای خلوت : *Sparsity*

اگر تعداد باسهای سیستم قدرت زیاد باشد ماتریسهای ادمیتانس و ژاکوپین از مرتبه بالایی هستند در حالیکه احتمالاً در هر سطر بیشتر از ۵ یا ۶ درایه غیر صفر نخواهند داشت و این درایه ها در اطراف قطر اصلی ماتریس متمرکز می باشند . برای کاهش حافظه مورد نیاز ، فقط المانهای غیر صفر در حافظه ذخیره می شوند .

مقادیر غیر صفر $= (1-s)n^2$ $\qquad$ خلوتی $= S = \frac{Z}{n^2} = \frac{\text{تعداد صفرها}}{\text{(ابعاد ماتریس)}}$

مثال : بردار عناصر قطری $Z_{diag} = [5 \quad 6 \quad 7 \quad 8]$

بردار عناصر غیر قطری :

سطر عناصر غیر قطری

ستون عناصر غیر قطری

$$A = \begin{bmatrix} 5 & -9 & -10 & 0 \\ -9 & 6 & 0 & 0 \\ -10 & 0 & 7 & -11 \\ 0 & 0 & -11 & 8 \end{bmatrix}$$

$Z_{offd} = [-9 \quad -10 \quad -9 \quad -10 \quad -11 \quad -11]$

$I_{ROW} = [1 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 3 \quad 4]$

$I_{col} = [2 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 4 \quad 4]3$

در صورتیکه بخواهیم از تقارن ماتریس استفاده شود می ت۵وان بصورت زیر عمل کرد :

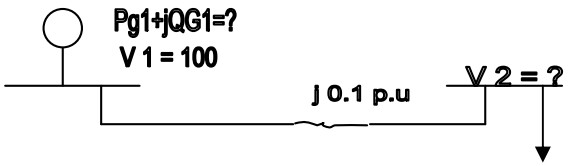
$IR = [1 \quad 1 \quad 3]$, $Z_{offd} = [-9 \quad -10 \quad -11]$, $Z_{diag} : [5 \quad 6 \quad 7 \quad 8]$

بردار مشخص کننده $Ic = [2 \quad 3 \quad 4]$, $NUM = [1 \quad 0 \quad 3 \quad 0]$

عدد (۱) بردار مشخص کننده یعنی عنصر غیر قطری سطر اول ماتریس A از اولین درایه بردار Z_{offd} شروع می شود .

مسائل پخش بار :

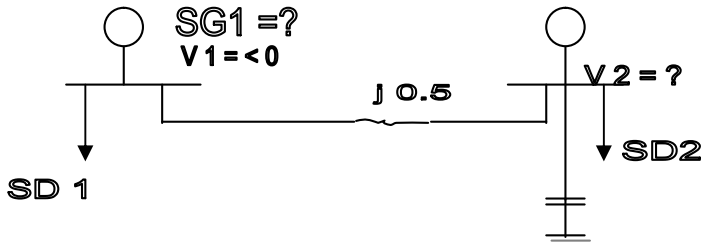
۱. خط انتقال بدون تلفات شکل مقابل را در نظر بگیرید . با توجه به اطلاعات داده شده در شکل ، معادلات پخش بار را نوشته و برای حالتهای



الف) $So_2 = 1 + j1$ ب) $So_2 = 2 + j2$ ج) $So_2 = 2.5 + j3$ د $So_2 = Po_2 + j\phi o2$

مجهولات را بدست آورید . چرا درحالت (ج) برای V_2مقداری بدست نمی آید . از نظر فیزیکی چه اتفاقی افتاده است . در صورتیکه در باس شماره ۲ یک بانک خازنی قرار دهیم بطوریکه $|V_2| = 1 = cte$ شود مجهولات را برای حالت (ج) بدست آورید . چه نتیجه ای می گیرید .

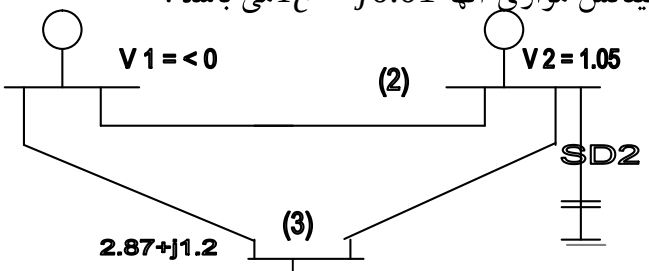
۲. سیستم دو با سه شکل مقابل را در نظر بگیرید :



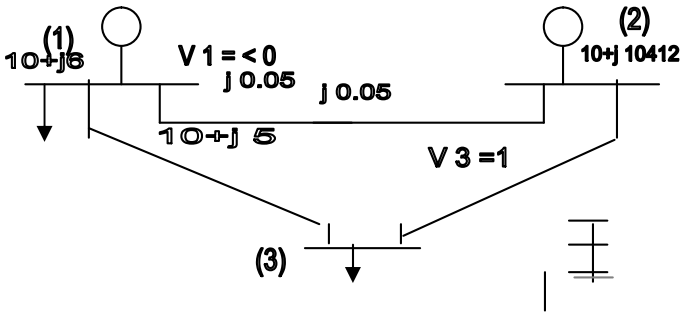
الف) در صورتیکه داشته باشیم $So_2 = 0.5 + j1$و از $SG_2 = j1$ ، V_2 را با استفاده از روش گوس سایدل پس از چهار مرتبه تکرار بدست آورید و سپس $S1$را محاسبه کنید .

ب) در صورتیکه کلیه بسته شود و داشته باشیم $So_2 = 1 + j0.5$ و $P_{G2} = 0.25$ و $|V_2| = 1 = cte$آنگاه مقادیر σ_2 و φ_2را با استفاده از روش تکراری گوس پس از چهار مرتبه تکرار بدست آورید و سپس $S1$را محاسبه کنید .

۳. با توجه به اطلاعات داده شده در شکل مقادیر $|V_3|, \sigma_2$ ، δ_3 S_{G1} ، Q_{G2}را با استفاده از روش نیوتن – رافسون پس از یک مرحله تکرار با شرط اینکه (الف) $0 \le Q_2 \le 1.2$ (ب) $0 \le Q_2 \le 1$بدست آورید . امپدانس سری کلیه خطوط $Z_L = j0.1$ادمیتانس موازی آنها $Y_C = j0.01$می باشد .



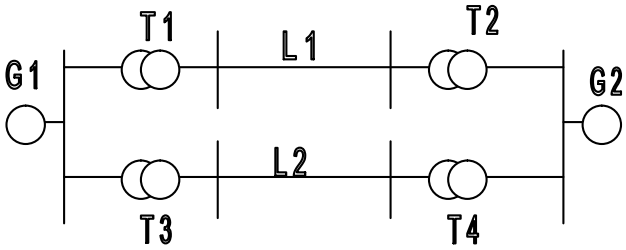
۴.با توجه به شکل ولتاژ باسهای (۲) و (۳) را با استفاده از روش DLF پس از یک مرحله تکرار بدست آورید .



۱

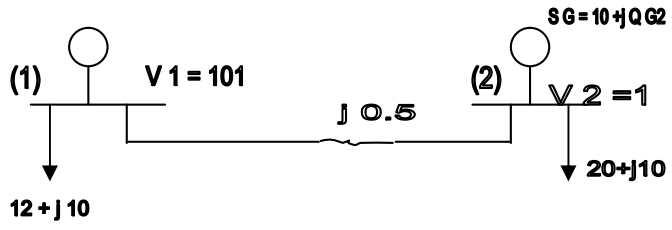
۱. سیستم قدرت شکل زیر را در نظر بگیرید با فرض توان مبنای 200 مگاوات آمپر و انتخاب ولتاژ G_1به عنوان مبنا ، سیستم را بصورت پریونیت درآورید .

اجزاء	توان نامی MVA	ولتاژنامی KV	X p.n.
G_1	100	20	0.1
G_2	200	13.2	0.2
T_1	400	20/230	0.4
T_2	200	230/13.2	0.3
T_3	600	20/230	0.75
T_4	200	575/33	0.02
L_1	200	230	0.15
L_2	150	220	0.18



$$Z_1 = Z_2 = 52.9 + j105.8\Omega$$

۲.در سیستم شکل مقابل مطلوبست :

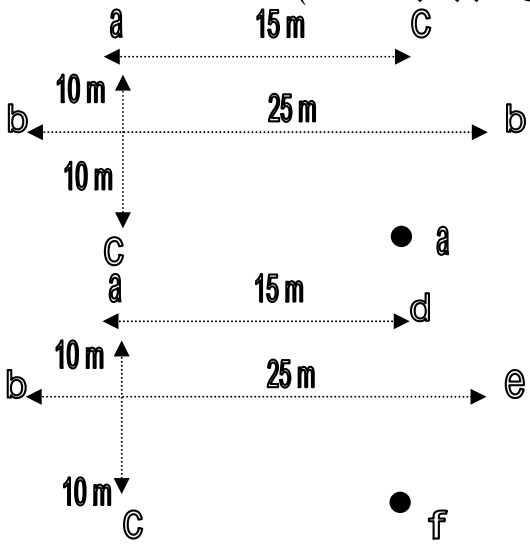


الف) جریان در خط ۲-۱ (I_{1-2})

ب) مقدار Q_{G2} برای اینکه $V_2 = 1$ شود

ج) حداکثر توان قابل انتقال توسط این خط با توجه به اینکه برای جلوگیری از ناپایداری استاتیک $\delta \le 30^\circ$ می باشد .

۳.اندوکتانس هر فاز دو خط انتقال زیر را با هم مقایسه کنید ؟ (فازها جابه جا شده اند)



قطر هادی : D= 27.81 mm

شعاع متوسط هادی Ds= 11.37 mm

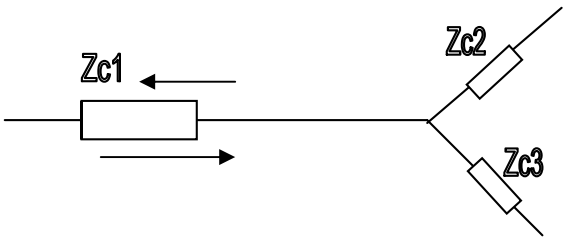
هر فاز باندل سه تایی است .

۴. خازن مدار سئوال (۳- الف) را بدون اثر زمین محاسبه کنید .

۵. در یک خط انتقال بلند $B = 235.6\angle 80.03^\circ, A = 0.848\angle 1.874^\circ$ مقادیر مشخصه زیر را برای خط محاسبه کنید ؟ $Z_C, \gamma L, Z, \gamma$

۶. اگر دو خط انتقال دارای ثوابت (ABCD) باشد . در یک سیستم دو مداره ، ثوابت خط انتقال چقدر است ؟

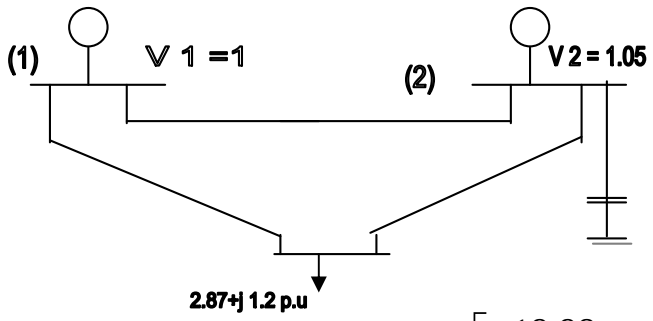
۷. در شکل مقابل ولتاژها و جریانهای رفت و برگشت را در محل تلاقی سه خط با امپدانس مشخصه Z c1,Zc2 بدست آورید . ؟(ضرایب رفت و برگشت جریان و ولتاژ را محاسبه کنید)



۸

۸ . در شکل مقابل انجام پخش بار به روش نیوتن رافسون مد نظر می باشد ؟

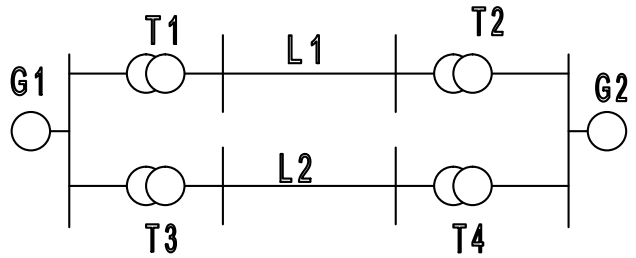
الف) چنانچه در مدار معادل π هر خط $Z = j0.2\,p.n.$ و $Y_p = \frac{Y}{2} = j0.02\,p.n.$ باشد . آنگاه ماتریس Y_{bvs} را بدست آورید .



ب) اگر ماتریس Y_{bvs} بصورت $Y_{bvc} = j\begin{bmatrix} -19.98 & 10 & 10 \\ 10 & -19.98 & 10 \\ 10 & 10 & -19.98 \end{bmatrix}$ مفروض باشد . اندازه و زاویه ولتاژ باسها را پس از یک بار تکرار محاسبه کنید . حدس های اولیه ولتاژ $1\angle 0$ می باشد . توان خازن در باس (۲) در محدوده $0 \le Q_2 \le 1.2$ قرار دارد.

(رابطه و مقادیر f_{ip} , f_{iq} ،ماتریس ژاکوبین (مقادیر لازم) . ؟؟و محاسبه ولتاژها و زوایای لازم)

۱)



$$Z_b = \frac{V_b}{S_b}$$

داریم :

$$\frac{Z_2}{Z_1}\,p.n. = \left(\frac{V_{b1}}{V_{b2}}\right)^2\left(\frac{S_{b2}}{S_b1}\right)$$

$$Xg_1 = \frac{200}{100}\times 0.1 = 0.2P.n.$$

$$Xg_2 = 1\times 0.2 = 0.2\,p.n. \quad , \quad XT_1 = \frac{200}{400}\times 1\times 0.4 = 0.2\,p.n.$$

$$X_{L1} = 1\times 1\times 0.5 = 0.5\,p.n.$$

$$Z_{b1} = \frac{V_b}{S_b} = \frac{(230k)^2}{200M} = 264.5\,p.n. \quad , \quad Z_1 = 0.2 + j0.4\,p.n.$$

$$X_{T2} = 1 \times 0.3 = 0.3\,p.n. \qquad X_{T3} = \frac{200}{600} \times 0.75 = 0.25\,p.n.$$

$$X_{L2} = \frac{200}{150} \times \left(\frac{220}{230}\right)^2 \times 0.18 = 0.22\,p.n. \quad , \quad Z_{b2} = \frac{V_b}{Sb} = \frac{(23000)}{200} = 264.5\,p$$

٢)الف- $P_{12} = po_2 - p_{G2} = 20.10 = 10 = \frac{V_1.V_2}{X}\sin\delta = \frac{1.1\times 1}{0.04}\sin\delta \Rightarrow$

$$S = \sin^{-1}\left(\frac{0.4}{1.1} = 21.32^\circ\right) \quad , \quad I_{12} = \frac{1.1\angle 21.32^\circ - 1\angle 0}{j0.04} = 10.02\angle -3.54$$

ب) $Q_2 = \frac{V_2^2 - V_1V_2 = \cos S}{X} = \frac{1 - 1\times 1.1\cos 21.32}{0.04} = -0.017 = Qg2 - 10 \Rightarrow Qg2 = 9.383$

ج) $P = \frac{1.1\times 1}{0.04}\sin 30^\circ = 13.75\,p.n.$

٣) الف -

$$L??2\times 10^{-7} \qquad L_n \frac{G_{nD}}{G_{MR}}, \quad G_{MD} = \sqrt[3]{Dapog \quad Daceq \quad Dbceq}$$

$$Dabeq = \sqrt[4]{D_{ab} \quad D_{ab'} . \quad D_{a'b} . \quad D_{a'b'}} = \sqrt[4]{125\times 500} = 15.811m$$

$$Dabeq = \sqrt[4]{D_{ac} \quad D_{ac'} . \quad D_{a'c} . \quad D_{a'c'}} = \sqrt[4]{20\times 20\times 15\times 15} = 17.321m$$

$$D_{bceq=}Dapeq = 15.811m \quad \Rightarrow \quad G_{MD} = 16.299m$$

$$G_{MR} = \sqrt[6]{\left(D_{s_e}, D_{qa'}\right)^2 \times D_{se} \times D_{br'}} \quad , \quad D_{seq} = \sqrt[3]{D_S \times D^2} = 20641mm$$

$$\Rightarrow G_{MR} = 0.7183m \qquad \Rightarrow \qquad L = 6.2439\times 10^{-7}\,\frac{H}{m}$$

ب-

$$L = 2\times10^{-7} \qquad L_n \frac{G_{MD}}{G_{MR}} \quad , \quad G_{MR} = D_{eq}.2064mm$$

$$G_{MD} = \sqrt[15]{\left(D_{ab}.D_{ac}.D_{ad}.D_{ae}.D_{af}\right)^2.\left(D_{ba}.D_{bc}.D_{bd}.D_{be}.D_{bf}\right)}$$

$$\Rightarrow \sqrt[15]{\left(\sqrt{115}\times20\times15\times\sqrt{500}\times\sqrt{125}\right)^2\left(\sqrt{125}\times\sqrt{125}\times\sqrt{500}\times25\times\sqrt{500}\right)} = 17.755$$

$$\Rightarrow L = 13.5144\times10^{-7} H/m$$

(۴

$$C = \frac{2\pi E.}{100\dfrac{D_{eq}}{D_{seq}}} \quad , \quad D_{eq} = GMD = 16.299m$$

$$D_{se} = \sqrt[2]{r\times d^2} = 22.07mm$$

$$D_{seq} = \sqrt{(D_{se})^2 \times D_{aa'}{}^2 \times D_{nn'}} = 0.7428m \Rightarrow c = 18\times10^{-12} F/m$$

(۵

$$A^2 - Bc = 1 \Rightarrow C = \frac{A^2-1}{B} = 1.2153m\angle 90.52^\circ$$

$$\frac{B}{C} = ZC^2 \Rightarrow Zc = \sqrt{\frac{B}{C}} = 440.3\angle -5.25$$

$$A = \cosh\gamma L = 0.8475 + j0.0277 = A_1 + jB_1$$

$$\sinh\gamma L = \frac{B}{Z_e} = 0.5331\angle 85.28 = 0.044 + j0.5333 = C_1 + jO_1$$

$$\Rightarrow \gamma L x j L y = \gamma L, \Rightarrow \gamma_1 x = t_q h^{-1}\left(\frac{c1}{A1}\right) = 0.052, \gamma y = \cos^{-1}\left(\sqrt{A_1^2 - C_1^2}\right) = 0.5617$$

$$\Rightarrow \gamma L = 0.56 + 1 < 84.71^\circ \ ]$$

$$Z = Zx.\gamma L = 2 + 8.37 < 79.46^\circ \ ] \quad , \quad Y = \frac{\gamma L}{Zc} = 10281m \quad 689.96^\circ \ ]$$

(۶

$$\begin{bmatrix} Vp \\ Ip1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A1 & B1 \\ C1 & D1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vs \\ Is1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Vp \\ Ip1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A1 & B1 \\ C1 & D1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vs \\ Is1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Vp \\ Ip1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vj \\ Ij \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} I_{p1} + I_{p2} = I_p \\ I_{s1} + I_{s2} = I_s \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Vp = A_1 vs + B_1 I_{s1} \\ V_p = A_1 vj + B_1 Is2 \end{cases} , \quad \begin{cases} I_p = C_1 vs + D_1 Is1 \\ T_{p2} = C_1 vs + D_1 Is2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow (\Delta\Delta), \varphi \Rightarrow \begin{cases} Zvp = 2A_1 vj + B_1 Is \\ I_p = 2c_1 vs + D_1 Is \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{bmatrix} Vp \\ Ip \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A1 & \frac{B1}{Z} \\ 2c1 & D1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vs \\ Is \end{bmatrix}$$

(۷

$$\begin{cases} Vj + Vr = Vt = Vt2 = Vt3 \quad , \quad Ii = \frac{Vj}{Zc1}, Ir = \frac{-Vr}{Zc1} \\ Ij + Ir = It2 + Its \quad , \quad It2 = \frac{Vt}{Zc2}, It3 = \frac{Vt}{Zc3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{Vt}{Zc3} - \frac{Vr}{Zc1} = \frac{Vt}{Zc2} + \frac{Vt}{Zc3} \quad \Rightarrow \quad Vj - Vr = Zc1 + Vt(\frac{1}{Zc2} + \frac{1}{Zc3})$$

$$\Rightarrow Zvj = Zc1 \quad Vt(\frac{1}{Zc1} + \frac{1}{Zc2} + \frac{1}{Zc3}) \Rightarrow \frac{Vt}{Vj} = \frac{2/Zc1}{\frac{1}{Zc1} + \frac{1}{Zc2} + \frac{1}{Zc3}} = \beta$$

$$\frac{Ir}{Tj} = -\frac{Vr}{Vj} = -a \quad]\frac{It2}{Ij} = \frac{Zc1}{Zc2}.\frac{Vt}{Vj} = \beta\frac{Zc1}{Zc2} \quad] = \frac{It2}{Ij} = \frac{Zc1}{Zc3}.\beta \quad]$$

(۸

الف _ خط $y_S = -j5, y_p = j0.02, Y :;= \sum_{j=i}^{m} ysij + ypij, Y : j = -ysij$

$$\Rightarrow \qquad Ybv = j\begin{bmatrix} -19.98 & 5 & 5 \\ 5 & -19.98 & 5 \\ 5 & 5 & -19.98 \end{bmatrix}$$

$$fjp = \sum_{j=1}^{m} |vj||vj|.|2ij|\cos|\delta i - yj - tij|,\ f_{iq} = \sum_{j=1}^{m} |vj||vj|.|Yij|\sin|\delta i_i - \delta_j - \gamma ij| \qquad \text{ب}_$$

$$f_2 p = \varphi,\ f3p = \varphi$$

$$f2q = 1, c2\varphi\ ],\ f3q = -0.5L\ ]$$

$$P = Pc - 10 \Rightarrow \begin{cases} p2 = 0.67 \\ q2 = qcz \end{cases}, \begin{cases} p3 = -2.87 \\ q3 = -1.2 \end{cases} \quad q2 = 1.028 < 1.2 \Rightarrow \quad |Vc1| = 1.05,$$

$$\begin{cases} \Delta pi = p2 = -fip \\ \Delta qi = qi - fiq \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta p2 = 0.67 - 0 = 0.67 \\ \Delta q3 = -2.87 - 0 = -2.87 \end{cases} \quad \begin{cases} \Delta p3 = -1.2 + 0.52 = -0.6 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta p2 \\ \Delta p3 \\ \Delta q3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial fp2}{\partial j1} & \dfrac{\partial fp2}{\partial j3} & :\dfrac{\partial fp2}{\partial |v3|} \\ \dfrac{\partial fp3}{\partial j1} & \dfrac{\partial fp3}{\partial j3} & :\dfrac{\partial fp2}{\partial |v3|} \\ \dfrac{\partial fp3}{\partial j1} & \dfrac{\partial fp3}{\partial j3} & :\dfrac{\partial fp2}{\partial |v3|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta s2 \\ \Delta s3 \\ \Delta |v3| \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial fp2}{\partial s2} = -|v2|.|v1|.|Y = 1|.\sin(-\gamma = 1) - |v2|.|v3|.|Y = 3|.\sin(-\gamma = 3) = 21\ ]$$

$$\frac{\partial fp2}{\partial s3} = -|v2|.|v1|.|Y = 3|.\sin(\partial l..\partial 3 - \gamma = 3) = 1.05 * 10\sin(-90) = -10.5\ ]$$

$$\frac{\partial fp3}{\partial s2} = \frac{\partial fp2}{\partial s3} = -10.5 \ ]$$

$$\frac{\partial fp3}{\partial s3} = -|v3|.|v1|.|Y=3|.\sin(-\gamma=3) - |v3|.|v2|.|Y=2|\sin(-\gamma 32) = 20.5 \ ]$$

$$\frac{\partial fp2}{\partial |v2|} = |v2|.|Y=3|.\cos(\partial 2 - \partial 3 - \gamma 23) = \varphi]$$

$$\frac{\partial fp3}{\partial |v3|} = \varphi \ ]$$

$$\frac{\partial fq3}{\Delta s2} = \varphi \ ] \qquad\qquad \frac{\partial fq3}{\partial s1}\phi \ ]$$

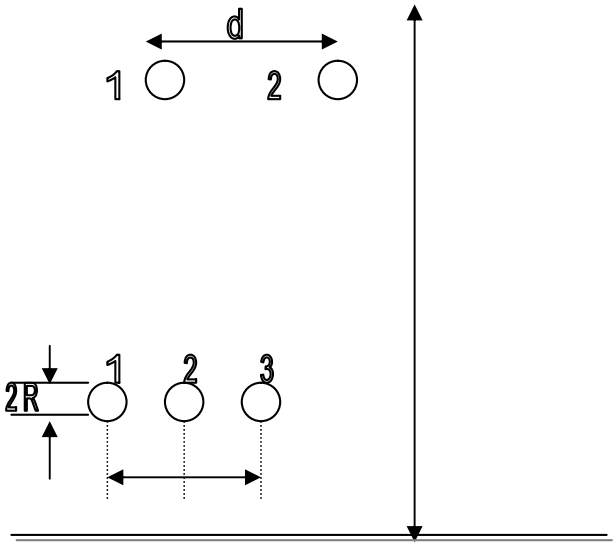
$$\frac{\partial fp3}{\partial |v3|} = -|v1|.|Y=31|.\sin(-\gamma=3) + |v2|.|Y=2|\sin(-\gamma 32) + 2|v3|.|Y3j|\sin(-\gamma 33)$$

$$= -10 - 10.5 + 2 + 19.98 = 19.46 \ ]$$

$$\Rightarrow \tau = \begin{bmatrix} 21 & -10.5 & 0 \\ -10.5 & 20.5 & 0 \\ 0 & 0 & 19.46 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta\partial 2 \\ \Delta\partial 3 \\ \Delta|v3| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.064 & 0.033 & 0 \\ 0.033 & 0.0064 & 0 \\ 0 & 0 & 0.051 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.67 \\ -2.87 \\ -0.68 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -0.052 rad \\ -0.167 rad \\ -0.035 \end{bmatrix} \qquad \Rightarrow v3 = 1 - 0.035 = 0.965$$

خط تکفاز دارای پنج هادی مشابه می باشد . ۳ هادی برای جریان رفت و دو هادی برای جریان برگشت.



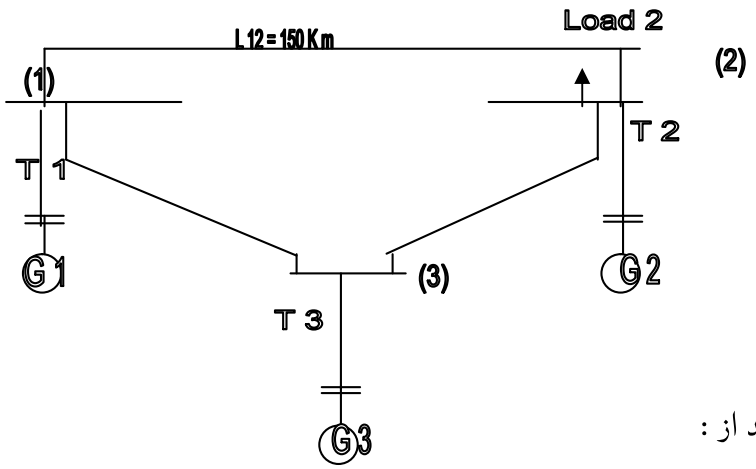
مطلوبست :

الف .مطلوبست اندوکتانس مسیر برگشت

ب. کل ظرفیت خازنی مسیر رفت و برگشت نسبت به

زمین (با احتساب اثر زمین)

۲. دیاگرام تکخطی مدل سیستم قدرت زیر را بر حسبژ P.U مشخص نمائید . بنحویکه امپدانس کلیه اجزاء سیستم قدرت (در مبنای 400 MVA و 400 KV در سمت خطوط انتقال) بهمراه مدار معـادل الکتریکـی آنهـا مـشخص گردد .



مقادیر نامی و مشخصات اجزاء سیستم قدرت عبارتند از :

$G1: 80MVA, 11kv, Xs1 = 0.1^{p.u}$

$G1: 160MVA, 20kv, Xs2 = 0.1^{p.u}$

$G1: 250MVA, 14kv, Xs3 = 0.1^{p.u}$

$T1: 100MVA, 13kv / 400kv, XT1 = 0.15^{p.u}\ Rt1 = 0.05^{p.u}$

$L12: R = 40\Omega, Xl = 80\Omega, y_C = 0.01$

$L13: R = 100\Omega, y_C = 0.01$

$L23: R = 60\Omega, Xl = 150\Omega, y_C = 0.02$

$T2: 200MVA, 20kv / 400kv, XT2 = 0.15^{p.u}\ Rt2 = 0.05^{p.u}$

$T3: 400MVA, 14kv / 400kv, XT3 = 0.15^{p.u}\ Rt3 = 0.05^{p.u}$

مقادیر پارامترهای خط انتقال سه فاز بطول 500 km عبارتند از :

مطلوبست محاسبه ثابتهای A,B,C,D

$R = 15 * 10^{-6}\ \Omega/k$

$L = 1.25 * 10^{-6}\ H/m$

$C = 10 * 10^{-12}\ F/m$

$F = 50Hz$

۴. ثابتهای ABCD خط بر حسب پریونیت عبارتند از :

توان مبنا سه فاز 320 MVA و ولتاژ مبنا 200 kv می باشد . $A = D = 0.95 < 0.5^{\circ}$

الف) درصورتیکه باس انتها باس مصرف باشد ، $B = 0.72 < 85^{\circ}\ p.u$

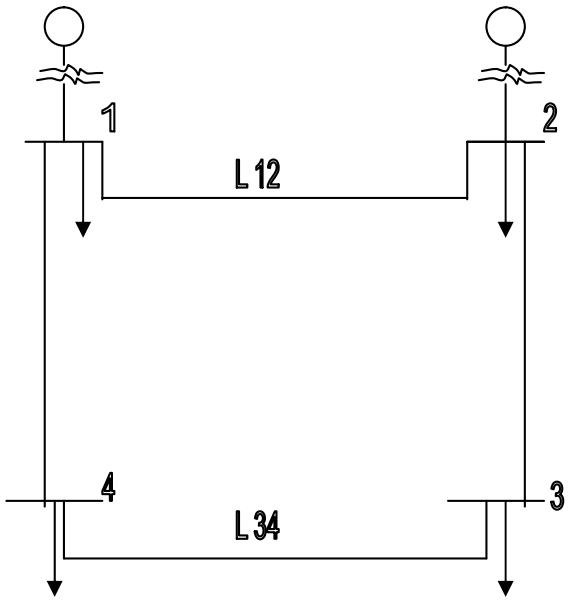
اگر حداکثر ام ولتاژ مجاز ۱۵٪ و ضریب $C = 0.125 < 9.5^{\circ}\ p.u$

قدرت بار مصرفی 0.85 باشد ، آنگاه حداکثر توان انتقالی چقدر خواهد بود .

ولتاژ ابتدایی خط 400 kv و باس ابتدایی خط کنترل ولتاژ می باشد .

ب) در صورتیکه باس انتها باس کنترل باشد بنحویکه ولتاژ ابتدا و انتهای خط در تمام شرایط کار همواره 400 kv ثابت بماند در هنگام عبور توان ماکزیمم ، توان راکتیو یا مصرفی در ابتدا و انتهای خط (Q_R, Qs) چقدر است .

۵. در دیاگرام تک خطی سیستم قدرت و باسهای ۴،۳ مصرف می باشند . در جداول زیر مشخصات امپدانس خطوط توانهای تولیدی و مصرفی باسها و حدس اولیه ولتاژ باسها ارائه شده است .



توان مبنا سیستم درست فشار قوی خطوط انتقال 100 MVA,138 kv می باشد .

نام خط	(طولkm)	R(p.u)	Xl(p.u)	Yc(p.u)
L12	65	0.042	0.168	0.041
L23	48	0.031	0.126	0.031
L34	130	0.084	0.336	0.082
L48	80	0.053	0.21	0.051

الف) تکرار اول محاسبات پخش بار به روش گرس سایدل را انجام دهید و میزان توان اکتیوواکتیو تولیدی در باس ۱ را محاسبه کنید .

شماره باس	تولید p(mw)Q(MVAR)		مصرف p(mw)Q(MVAR)		حدس اولیه
1	?	?	65	30	1.01<0
2	180	?	115	60	1.01<0
3	0	0	85	40	1<0
4	0	10	70	30	1<0

ب) ابعاد ماتریس ژاکوبین چقدر است و عناصر سطر و ستون دوم آنرا محاسبه کنید .

آزمون شماره ۲ بررسی ۱

۱. سه بار موازی به یک منبع ولتاژ تک فاز با ولتاژ 1400V و فرکانس 60Hz متصل اند .

بار ۱: بار سلفی – 125 kva با ضریب توان 0.28

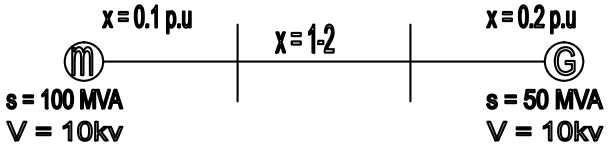
بار ۲ : بار خازنی – 10kw و 40 kvar

بار ۳ : بار مقاومتی– 15 kW

الف) کل توان حقیقی و موهونی و ضریب توان منبع را محاسبه کنید .

ب) یک خازن ایده آل با سه بار فوق موازی وصل می شود تا ضریب توان را به 0.8 پس فاز برساند مطلوب است نرخ KvAr خازن .

۲. نمودار تک خطی زیر را به یک پریونت یکسان تبدیل کنید .

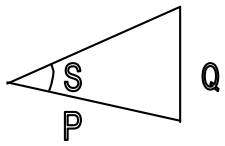


حل ۱-

$$S1 = 125x < \cos^{-1} 0.28 = 35xw + j120xvAr \qquad (2)$$
$$S2 = 10kw - j40xvAr \qquad (2)$$
$$S3 = 15kw \qquad (2)$$
$$St = s1 + S2 + S3 = 60kw + j80kvAr \qquad (2)$$
$$\cos l = \cos^{*}(tg^{-1}\left(\frac{8}{6}\right)) = 0.6 \qquad (2)$$

الف)

ب) می خواهیم



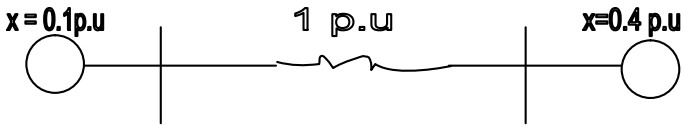
$$Q = p + gp$$
$$= p + y(\cos^{-1} 0.8), 60ktg(\cos^{-1} 0.8) = 45kvAr \qquad (3)$$
$$\Rightarrow e\circ = 80k - 45x = 35xvAr \qquad (2)$$

توان موهومی خازن

۲- همه جا $V = 10xv, S = 100M$

$$Zb = \frac{Vb^2}{Sb} = \frac{(10x)^2}{100M} = 1\Omega$$

$$\leftarrow x2 = x1(\frac{s2}{s1})(\frac{V1}{V2})^2$$



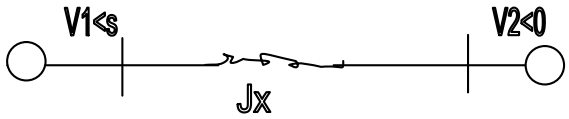
****

آزمون شماره ۲ بررسی ۱

۱. دوامپدانس $Z2.8 - j16\Omega, Z1 = 0.8 + j5.6\Omega$ و یک موتور تک فاز به قدرت 5 kvA و ضـریب تـوان 0.8 پس فاز بصورت موازی به یکدیگر متصل شده اند و به منبع ولتاژ تک فاز 200v متصل اند .

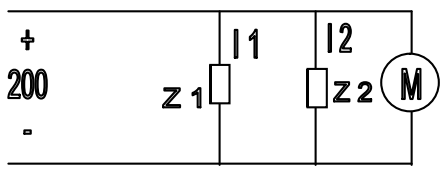
الف) مطلوب است محاسبه توان کل منبع و ضریب توان آن

ب) یک خازن موازی به سه بار وصل شده است تا ضریب توان به یک رسد مطلوب است : محاسبه توان تولیـدی خازن



۲. در مدار زیر ثابت کنید :

$$Q1 = \frac{v_1^2 - V1V2\cos\partial}{X}$$



حل ۱-

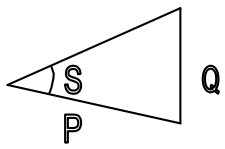
$$\begin{cases} Si = \hat{V}_1.\hat{I}_1 \\ \hat{I}_1 = \dfrac{\hat{V}_1}{Z_1} \end{cases} \Rightarrow \quad S1 = \frac{V_1^2}{Z_1} \Rightarrow \quad S1 = \frac{200^2}{0.8 - J5.6} = 1K + J7K$$

$$S2 = \frac{200^2}{8 + J16} = 1K - J2K$$

$$Sm = 5K < \cos 0.8 = 4K + j3K$$

الف)

$$\Rightarrow St = S1 + S2 + S3 = 6K^{w} + j8kvqr$$



$$\cos l = \cos(tq^{-1}\frac{8}{6}) = 0.6$$

می خواهیم $\cos l = 1 \Leftarrow$ مقدار توان موهومی کل $Q = pty(\cos^{-1}1) = \phi$

ب)

$$\Rightarrow Qc = 8k - \varphi = 8KvAr \ ]$$

$$P1 + jQ1 = s1 = \hat{V}1.\hat{I} = \hat{V}1(\frac{\hat{V}1 - \hat{r}2}{jx}) = \frac{\hat{V}1 - V1V = 0s}{-jx}$$

۲.

$$= \frac{\hat{V}1 - V1V2\cos - jV1V2\sin\partial}{-\partial x} \Rightarrow Q1 = \frac{V_1^2 - V1V2\cos\partial}{-\partial x}$$

****

۱. یک موتور سه فاز ، ۶۰ اسب ، ۴۴۰ ولت ، در ضریب قدرت ۰/۷۵ پس فاز کار می کند.

الف) توان حقیقی ، موهومی و توان ظاهری مصرفی یک فاز موتور را محاسبه کنید .

ب) مقدار R , X موتور را پیدا کنید اگر موتور با امپدانس ثابت R + jX مدل زده شود .

ج) قسمت الف و ب را تکرار کنید اگر راندمان موتور ۸۵٪ باشد . ۱ اسب = ۷۴۶ W

۲. الف) ثابت کنید که شعاع متوسط یک سیستم n باندله به شعاع باندل r و شعاع هادی Ds بصورت زیر محاسبه می شود :

$$GMR = (nD_S r^{n-1})^{1/n}$$

ب) اندوکتانس هر فاز سیستم دو مداره و ۸ باندله زیر را محاسبه کنید . (فازها جابه جا شده اند)

قطر هادی = D= 27.81 mm

شعاع متوسط هادی = Ds = 11.37 mm

شعاع باندل = r =n 0.45

ج) ثابت کنید رابطه خازن با اثر زمین بصورت زیر محسوب می شود : $C_{an} = \frac{2\pi\varepsilon 0}{Ln(GMD/GMR)}$

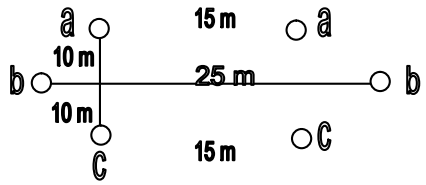
$$GMD = (\frac{(D_{ab}D_{ac}D_{bc})(D_{ab'}D_{ac'}D_{bc'})}{(D_{ab1}D_{ac1}D_{bc1})(D_{ab'1}D_{ac'1}D_{bc'1})})^{1/3}$$
$$GMD = (\frac{(D_{aa}D_{bb}D_{cc})(D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'})}{(D_{aa1}D_{bb1}D_{cc1})(D_{aa'1}D_{bb'1}D_{cc'1})})^{1/3}$$

زیر نویس یک ۱ به سفارش تصویر هر هادی است .

۳. الف) ثابت کنید که شعاع متوسط یک سیستم n باندله به شعاع باندل r و شعاع هادی Ds بصورت زیر محاسبه می شود :

$$GMR = (nD_S r^{n-1})^{1/n}$$

ب) اندوکتانس هر فاز سیستم دو مداره و ۸ باندله زیر را محاسبه کنید . (فازها جابه جا شده اند)



قطر هادی = D= 27.81 mm

شعاع متوسط هادی = Ds = 11.37 mm

شعاع باندل = r =n 0.45

ج) ثابت کنید رابطه خازن با اثر زمین بصورت زیر محسوب می شود :

$$C_{an} = \frac{2\pi \in_{\circ}}{Ln(GMD/GMR/GMR)}$$

$$GMD = \left(\frac{(D_{ab}D_{ac}D_{bc})(D_{ab'}D_{ac'}D_{bc'})}{(D_{ab1}D_{ac1}D_{bc1})(D_{ab'1}D_{ac'1}D_{bc'1})}\right)^{1/3} \qquad GMD = \left(\frac{(D_{aa}D_{bb}D_{cc})(D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'})}{(D_{aa1}D_{bb1}D_{cc1})(D_{aa'1}D_{bb'1}D_{cc'1})}\right)^{1/3}$$

زیر نویس ۱ به معنای تصویر هر هادی است (a_1 تصویر a است)

****

۱. یک موتور سه فاز ، ۶۰ اسب ، ۴۴۰ ولت در ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز کار می کند .

الف) توان حقیقی ، موهومی و توان ظاهری مصرفی یک فاز موتور را محاسبه کنید .

ب) فرض کنید موتور توسط یک خط انتقال با امپدانس ۰/۳ j +۰/۵ به منبع ولتاژ ۴۴۰ ولت (خط به خط) متصل شود . ولتاژ دو سر موتور ، ضریب توان منبع و بازده خط انتقال را محاسبه کنید . ۱ اسب = ۷۴۶ W

۲. خط تک فازی دارای ۵ هادی تو خالی مشابه به شعاع r می باشد . ۲ هادی برای جریان رفت و ۳ هادی برای جریان برگشت .

الف) مطلوبست محاسبه اندوکتانس مسیر رفت ، برگشت و اندوکتانس کل

ب) مطلوبست کل ظرفیت خازن مسیر رفت و برگشت نسبت به زمین (با احتساب اثر زمین) . رابطه لازم را ثابت کنید .

(A) فاصله هادیهای برگشت (B) از زمین = H

(B) فاصله هادیهای رفت از هادیهای برگشت = D

فاصله هادیها از یکدیگر = d

زمین $D= 10d \quad , d= 10r \quad , H= 2D$

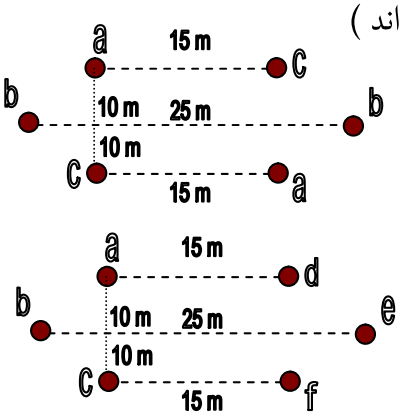
****

۱. خط انتقال به فازی با امپدانس $Z_S = 0.5 + j2(\Omega)$ بار ستاره ای در انتهای خط را تغذیه می کند . بار مذکور در ضریب قدرت 0.9 پس فاز و ولتاژ خط 10kv ، توان 200 kw را جذب می کند .

الف) مطلوبست ولتاژ ابتدای خط و توان حقیقی و موهومی تولیدی در ابتدای خط

ب) اگر بخواهیم ضریب قدرت باربه 0.98 برسد به چه مقدار خازن نیازمندیم $(Q_C, C = ?)$

۲. اندوکتانس هر فاز دو خط انتقال زیر را با هم مقایسه کنید ؟(فازها جابجا شده اند)



قطر هادی : D= 27.81 mm

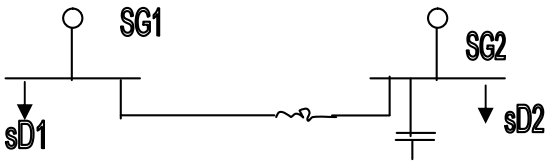
شعاع متوسط هادی Ds = 11.37 mm

هر فاز باندل چهارتایی است .

۳. خازن مدار سئال (۲ الف) را بدون اثر زمین محاسبه کنید .

۴. در یک خط انتقال به فاز به طول 400 km راکتانس سری خط $0.6\frac{\Omega}{km}$، مقاومت آن $0.11\frac{\Omega}{km}$وارمیتانس موازی خط $3.2\times10^{-6}\,{}^{u}/_{km}$می باشند مطلوبست محاسبه ثوابت ABCD خط

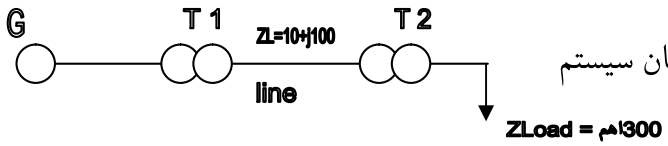
۵. سیستم دو با سه شکل مقابل را در نظر بگیرید .



الف) در صورتیکه داشته باشیم $S_{D2} = 0.6 + j1$و از S_{G2}، با شرط اولیه $V2 = 0.99 < 0$از روش گوس سایدل پس ازیک مرتبه تکرار V2 را بدست آورید و سپس S1 را محسبه کنید .

ب) درصورتیکه کلید بسته شود و بخواهیم $|V2| = 1$باشد مقدار توان مورد نیاز تولیدی توسط خازن را پس از یک مرحله تکرار توسط گوس سایدل محاسبه کنید .

۶. در سیستم رو به رو مطلوبست پریونیت کردن یکسان سیستم



$G: S_n = 10MVA, V_n = 13.2kv, X_G = 0.1p.n$

$T1: S_n = 5MVA, 13.2kv/132v, XT1 = 0.1p.n$

$G: S_n = 10MVA, 138kv/69kv, XT2 = 0.08p.n$

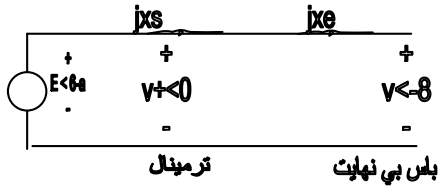
توان مبنا = $10\ MVA$

ولتاژ مبنا در طرف ژنراتور = $13.2kv$

****

۱. خط سه فاز 2300V , 100 kvA را در نظر بگیرید . در بازه ، افت ولتاژ روی مقاومت و راکتانس خط به ترتیب و 3.6 درصد ولتاژ نامی است . اگر خط بار 60 kw را در ضریب توان 0.8 پس فاز و ولتاژ 2300v تغذیه کند مطلوب است توان بار ، توان مصرفی خط و توان ورودی به خط .

۲.(تعیین منحنی حد پایداری استاتیک یک ژنراتور سنکرون) مدل روبرو رو به رو را برای یک ژنراتور سنکرون که به یک باس بی نهایت متصل است در نظر بگیرید .



اگر P , Q توان تولیدی ژنراتور در ترمینال ژنراتور باشند :

اولاً حداکثر توان تولیدی P درجه زاویه ای اتفاق می افتد ؟ (نکته E , Vثابت اند)

ثانیاً : ثابت کنید $E = \frac{Xt}{Xe}.Vt.\frac{\sin\theta}{\sin\delta}$

ثالثاً : ثابت کنید در زاویه قسمت (اولاً) رابطه بین P , Q به قرار زیر است : $P^2 + (Q - Q\circ)^2{}_\circ = R_0^2$

$$Q\circ = \frac{Vt^2}{2}(\frac{1}{Xe} - \frac{1}{Xs}), \qquad R\circ = \frac{Vt^2}{2}(\frac{1}{Xe} - \frac{1}{Xs})$$

۳. رابطه باندل n تا را ثابت کنید اگر داشته باشیم : $\left[2\sin(\frac{\pi}{n})\right]\left[2\sin(\frac{2\pi}{n})\right]...\left[2\sin(\frac{(n-1)\pi}{n})\right] = n$

R = شعاع باندل

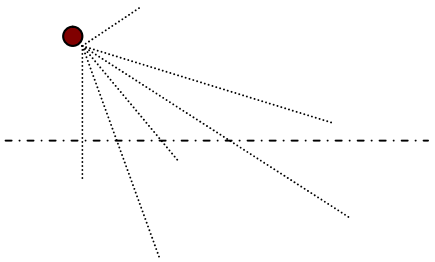
N = تعداد هادیهای باندل

Ds = شعاع متوسط هر هادی

$GMR = \sqrt[n]{n.Ds.R^{n-1}}$

(هادی توپر) شعاع متوسط باندل را متوسط کنید .

۴. محاسبه خازن سیستم دو مدار با در نظر گرفتن زمین :



$D_{c1b2}=D_{12'}$

$D_{a1a'2}=H_{11'}$

$D_{c1b'2}=H_{12'}$

روش شماره گذاری : $\overset{\circ}{D}=$ برای فاصله فازهای اصلی

$\overset{\circ}{H}=$برای فاصله فازهای از تصاویر

۳,۲,۱ برای c,b,a –

$Ca=\dfrac{2C1\varepsilon 0}{Ln\dfrac{GMD}{GMR}-Ln\dfrac{Hm}{HR}}$ ثابت کنید.

که:

$$CMD\sqrt[12]{(D_{12}D_{12'}D_{12'}D_{12'})(D_{13}D_{13'}D_{13'}D_{13'})(D_{23}D_{23'}D_{23'}D23')}$$

$$CMD=\sqrt[12]{r^{6}D11^{-2}D_{22'}{}^{2}D_{33'}^{2}}$$

$$Hm=\sqrt[12]{(H_{12}H_{12'}H1'2H1'2')(H13H13'H1'3H1'3')(H23H23'H2'3H2'3')}$$

$$H_R=\sqrt[12]{(h_1H_{1'}H_{12}^{2})(H2H2'H22^{2})(H3H3'H3^{-2})}$$

نکات حل :

۱) $H11'=H1' \quad ,D12'\neq H1'2, \quad D12'\neq D1'2$

۲) ابتدا از رابطه ولتاژ $Va1,Vi = \Sigma \frac{9i}{2\pi\varepsilon} Ln \frac{1}{Dij}$ را در ازای تمام بارها بدست آورید (دقت کنید چون دو سیستم متصل داریم رابطه در ۱/۲ ضرب می شود)

۳) رابطه بالا را به ساده ترین شکل بیان کنید . مثلاً $Va1I = \frac{1}{4\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H1.H11'}{r.D11'} + ...$

۴) از رابطه گردشی $1 \to 2 \to 3$ استفاده کرد و $Va1II, Va1III$ را بنویسید

۵) ولتاژ Va1 را با متوسط گیری از VaII , V a1III بدست آورید .

مثلاً : $Va1 = \frac{1}{12\pi \in \circ}(qaLn\frac{H1H11'.H2H22'....}{r^3 D11'.D...} + ...$

۶) ولتاژ V a2 را از رابطه ۵ با تغییر : با(ر) $\leftrightarrow$ بدون (ر) بدست آورید :

دقت کنید : $H11' = H1'1 \quad , \quad D12' \neq D1'2,....$

۷) از V a 1 متوسط گیری کنید و va2 را محاسبه کنید .

$$Va1 = \frac{1}{24\pi \in \circ}(qaLn\frac{H1H11'^2.....}{r^6 D11'^2...} + ...$$

۸) از $qb + qc = -qa$ استفاده کنید و C_a را مرتب نمائید .

****

پاسخ میان ترم بررسی ۱

$$\Delta VR = RI = \frac{0.024 * 2300}{\sqrt{3}} = 31.87 \qquad R = 1.27\Omega$$

$$\Rightarrow$$

$$\Delta Vx = xI = \frac{0.036 * 2300}{\sqrt{3}} = 47.80 \qquad x = 1.90\Omega$$

$$In = \frac{100kvA}{2300\sqrt{3}} = 25.10A$$

۱.

$$I_e = \frac{60kw}{\sqrt{3} * 2300 * 0.8} = 18.83A \qquad \Rightarrow \begin{cases} Pline = 3RI_e^2 = 1351w \\ eline = 3xI_e^2 = 2021vAr \end{cases}$$

$$Se = \frac{60x}{0.8} < 10^{-1} * 0.8 = 60k + j + 5k$$

$$\sin = Se + sLine = 61.351 + j47.021k$$

۲.اولاً

$$p = \frac{E.V}{xt}\sin(\delta - \theta - (-\theta)) = \frac{E.V}{xt}\sin\delta, xt = s + xe$$

$$\Rightarrow PMAX = \frac{E.V}{xt}, \delta PMAX = 90^\circ$$

$$P.\frac{E.V}{xt}SIN\delta = \frac{VT.v}{xE}SIN\theta$$

ثانیاً : رابطه توان را بین می نویسیم :

$$\Rightarrow e = \frac{XT}{XE}.vT.\frac{SIN\theta}{SIN\delta} \qquad (1)$$

ثالثاً :

رابطه توان را بین $E, V+$ می نویسیم :

$$\delta = 90^0, \begin{cases} P = \frac{E.Vt}{Xs}\sin(\delta - Q) \\ Q = \frac{E.Vt + \cos(\delta - \theta) - V_+^2}{Xs} \end{cases}$$

$$\delta = 90^0, \begin{cases} P = \frac{E.Vt + \cos\theta}{Xs} \\ \\ Q = \frac{E.Vt + \sin\theta - V_+^2}{Xs} \end{cases}$$

$$(2),(1) \Rightarrow E = V + .\frac{xt}{xe}\sin\theta \qquad (3)$$

$$\delta = 90^0, \begin{cases} P = \dfrac{.Vt^2 + xt}{Xs.Xe}\cos\theta \\ Q = \dfrac{.Vt^2 + \sin^2\theta.xt}{Xe.xs} - \dfrac{vt^2}{xs} \end{cases} \qquad \begin{cases} P = \dfrac{.Vt^2 + xt}{2Xs.Xe}\sin 2\theta \\ Q = \dfrac{.Vt^2 + xt(1-\cos\theta)}{zXe - .xs} - \dfrac{vt^2}{xs} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P = \dfrac{.Vt^2 + xt}{Xs.Xe}\sin 2\theta \\ Q = \dfrac{.Vt^2.xt}{2Xe.xs} - \dfrac{vt^2}{xs} - \dfrac{.Vt^2.xt}{2Xe.xs}\cos 2\theta \end{cases} \qquad \Rightarrow \begin{cases} P = \dfrac{.Vt^2 + xt}{2Xs.Xe}\sin 2\theta \\ Q = \dfrac{.Vt^2(xt - 2xe)}{zXe - .xs} - \dfrac{.Vt^2.xt}{2Xe.xs}\cos 2\theta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P = \dfrac{.Vt^2}{2}\dfrac{(xs + ye)}{xs.ye}\sin 2\theta \\ Q = \dfrac{.Vt^2}{2}\dfrac{(xs - ye)}{xs.ye} - \dfrac{vt^2}{z} - \dfrac{(xs + ye)}{xs.ye}\cos 2\theta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P = R \circ \sin 2\theta \\ Q = Q \circ -R \circ \cos 2\theta \end{cases} \Rightarrow p^2 + (Q - Q)^2 = R_0^2$$

۳.

با توجه به شکل $\dfrac{D12}{2} = R\sin\dfrac{\pi}{n}$:

به همین ترتیب $D13 = 2R\sin\dfrac{2\pi}{n}$

$$D1n = 2R\sin\frac{(n-1)\pi}{n}$$

$$\Rightarrow GMR = \sqrt[n]{Ds * D12 * .... * D1n} = \sqrt{Ds * (2R\sin\frac{\pi}{n}).... (2R\sin\frac{(n-1)\pi}{n})} = \sqrt[x]{DsR^{n-1} * x}$$

قسمت دوم :

$$D12 L2R \sin\frac{\pi}{n} \qquad n=\delta, D12=0.4572$$

فاصله هر دو هادی $\Rightarrow R=\dfrac{0.4572}{2\sin\dfrac{\pi}{8}}=0.5974m, GmR=\sqrt[n]{Ds.nR^{n-1}}$

$$Ds=\frac{4.572*10^{-2}}{2}*0.7788=17.8*10^{3}m \Rightarrow GMR=\sqrt[8]{Ds*8*(0.597)^{7}}=0.499$$

.۴

$$Va1I=\frac{1}{4nt.}(qaLn\frac{1}{r}+9a'Ln+9bLn+9b'lLn\frac{1}{R12}+9cLn\frac{1}{D13}$$

$$9-1Ln=\frac{1}{H13}+qa2Ln\frac{1}{D12}+qa'2Ln\frac{1}{H11'}+qb2Ln\frac{1}{D12}+qb'2Ln\frac{1}{H12'}+$$
$$qc2Ln\frac{1}{D13'}+qc'Ln\frac{1}{H13'})$$

داریم: $qa'1=-qa, qa'2=-g2, qa2=qa1$

$$Va1I=\frac{1}{4\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H1.H11'}{r.D11'}+qaLn\frac{H12.H12'}{D12.D12'}+qaLn\frac{H13.H13'}{D13.D13'}$$
$\Rightarrow 1\rightarrow 2\rightarrow 3$

$$Va1II=\frac{1}{4\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H2.H22'}{r.D22'}+qaLn\frac{H23.H23'}{D23.D23'}+qaLn\frac{H21.H21'}{D21.D12'}$$

$$Va1III=\frac{1}{4\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H3.H33'}{r.D33'}+qaLn\frac{H31.H31'}{D31.D31'}+qaLn\frac{H32.H32'}{D32.D32'}$$

$$Va1=\frac{Va1I+VaII+Va1III}{3}$$

$$Va1=\frac{1}{12\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H1.H2.H3.H11'.H22'.H33'}{r^{3}.b11'.D22'.D33'}+qbLn\frac{H12..H23.H31.H12'..H23'.H31'}{D12..D23.D31.D12'..D23'.D31'}$$

$$+qcLn\frac{H13..H21.H32.H13'.H21'.H32'}{D13.D21.D32.D13'.D21'.D32'})$$

با تبدیل:(ر)با $\leftrightarrow$ بدون(ر) $H = 11' = H1'1$

$$Va1 = \frac{1}{12\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H1'.H2'.H3'.H11'.H21'.H33'}{r^3.b11'.D22'.D33'} + qbLn\frac{H1'2'..H2'3'.H3'1'.H12'..H23'.H31'}{D1'2'..D2'3'.D3'1'.D12'..D23'.D31'}$$

$$+ qcLn\frac{H1'3'.H2'1'.H3'2.'H1'3.H2'1.H3'2}{D1'3'.D2'1'.D3'2.'D1'3.D2'1.D3'2})$$

با متوسط گیری داریم:$vA = (vA1 + vA2)/2$

$$Va1 = \frac{1}{12\pi\varepsilon\circ}(qaLn\frac{H1.H2.H3.H1'.H2'.H3'.h11'^2.h21'^2.H33'^2}{r^3.b11'^2.D22'^2.D33'^2} +$$

$$(qb+qc)Ln\frac{H12..H23.H31.H12'.H23'.H31'.H1'2'.H2'3'.H3'1'.H1'2'..H2'3'.H3'1'.H1'2.H2'3H3'1}{D12..D23.H31.D12'.D23'.D31'.D1'2'.D2'3'.D3'1'.D1'2'..D2'3'.D3'1'.D1'2.D2'3D3'1}) = \frac{qa}{ca}$$

$$\Rightarrow Va = \frac{1}{24\pi 6}(qaLn\frac{HR^{12}}{GMR^{12}} - qaLn\frac{Hm^{12}}{GMR^{12}})\frac{qa}{ca}$$

$$\Rightarrow Ca = \frac{2\pi\varepsilon\circ}{Ln\frac{GMR}{GMR} - Ln\,Hm/HR}$$

****

۱. در سیستم سه فاز دو مدار $abc0a'b'c'$ که ca', bb', ac'هم راستا و موازی سطح زمین می باشند فاصله راستاها از یکدیگر 10m می باشند . عمل جابجایی فازها انجام شده است . بقیه مشخصات عبارتند از :

قطر $D = 27.81mm$ فاصله باندل $D_{ac'}=15m=D_{ca'}, D_{bb'} = 25m, d = 0.35m$

هر هادی باندل سه تایی است . (شعاع متوسط) $D_S = 11.37mm$

مطلوب است محاسبه سلف و خازن خط

۲. یک خط انتقال سه فاز ، 230 KV با ثوابت ABCD زیر مفروض است :

$$A = D0.94 + j0.02, B = 32.7 + j154, c = j0.00109$$

در حالیکه ابتدای خط تحت ولتاژ 225 KV قرار دارد و ضمن اینکه از انتهای خط توان 80 MW مصرف می شود ، ولتاژ انتهای خط را در 225 KV تثبیت کرده ایم . در این شرایط توان موهومی مصرفی یا تولیدی بـار را محاسـبه کنید .

۳. در یک خط انتقال بلند $B = 235.6 < 80.03^\circ, A = 0.848 < 1.874^\circ$ مقادیر زیر را برای خط محاسبه کنید :

$Z_C, \gamma L, Z, Y$

۳.اگر دو طرف خط انتقالی با امپندانس Z ، ترانسهای با تپ چنجر $(1.t_S, T_r : 1)$ وجود داشته باشد با فرض معقول رابطه ای برای t_S بر حسب ولتاژ ابتدا و انتهای خط ،توان حقیقی و موهومی بار و امپدانس خط بیابید.

۴. برای سیستم سه باسه ای با مشخصات زیر ، پخش بار را به روش گوس سایدل و یک مرتبه تکرار حل کنید : برای مرحله دوم چه کارهایی باید کرد؟ (دقت کنید آیا باس ۳ ، کنترل ولتاژ می ماند یا نه ؟)

باس یک ، باس مرجع است .

$Z12 = 0.02 + j.04 pu, Z13 = .01 + j0.03 pu, Z_{23} = 0.0125 + j0.025 pu$

$V1 = 1.05 < 0, |V3| = 1.04, V2^{(0)} = 1 < 0, p_{g3} = 200MW, P_{d2} = 400MW$

$Q_{d2} = 250MVAr, P_{base} = 100MVA, 100MVAr < Q_{g3} < 200MVAr$

باس ا و ۳ باس ژنراتور و باس ۲ باس بار است .

*****

حل بعضی از تمرینات بررسی ۱

۱. $\hat{VR} = \frac{132}{\sqrt{3} < 0} \hat{IR} = \frac{100M}{132k\sqrt{3} * 0.8} \Rightarrow \hat{I}_R = 546.7 \prec -\cos^{-1} 0.8$

خط کوتاه است :

$$Z = (0.0308 + j2\pi * 50 * 0.95m) * 50 \Rightarrow Z = R + jx = 1.54 + j14.92\Omega$$

$$\Rightarrow \hat{V}_S = \hat{V}_R + \hat{Z}I_R = \frac{132x}{\sqrt{3}} \lhd 0(1.54 + j14.92) * 546.7 \lhd -\cos^{-10.8}$$

$$\Rightarrow \hat{V}_S = 81999 \lhd 4.21, V_{sL-L} = 142027V$$

$$\mathrm{Re}\, g\% = \frac{142.027 - 132}{132} * 100 = \frac{VsF.L. - VsN.L.}{VsN.L.} * 100 = 7.596\%$$

.٢

$$Z = R + jx = 20(0.0195 + j2\pi * 50 * 0.63m) = 0.39 + j3.958$$

الف)

$$\Rightarrow Z = 3.977 \lhd 84.37^\circ, V_R = 10k \lhd 0, I_R = \frac{5m}{\sqrt{10k * 0.707}} = 707.2 \lhd -45^\circ$$

$$\Rightarrow \hat{V}_S = \hat{V}_R + Z0\hat{I}R = 12.304k \lhd 8.34^\circ, R\% = \frac{Vs - VR}{VR} * 100 = 23.04\%$$

ب) با دو روش تقریبی و دقیق حل می کنیم :

روش تقریبی :

$$R = 0.5 * 23.04 = 11.52\% = \frac{RP + XQ}{VR^2}$$

$$Q2 = Q1 + Q2 \Rightarrow \frac{0.39 * 5M + 3.958Q}{(10K)^2} \Rightarrow Q2 = 20418MVA$$

$$\Rightarrow 2.582 = 2\pi * 50 * C * 1101^2 \Rightarrow C = 52.19Nf$$

روش دقیق :

$$R = 0.0052 = \frac{Vs - VR}{VR} = \frac{Vs - 10x}{10x} \Rightarrow Vs = 11.152xv$$

از مسئله ١٠ داریم :

$$p2 = \frac{1}{R^2 + X^2}(R(v1.V2\cos - V_2^2) + x.V1.V2.\sin\delta)$$

که :

$$p2 = 5m, V2 = VR, V1 = Vs$$

$$\Rightarrow 5m = \frac{1}{(0.39)^2 + (3.958)^2}\left[0.39(11.152k * 10k\cos\delta - (10x)^2 + 3.958 * 10x * 11.152k\sin\delta\right]$$

$$\Rightarrow 43.49\cos\delta + 441.4\sin - 118.09 = 0$$

با استفاده از روش تکراری نیوتن مسئله را حل می کنیم :

$$\Rightarrow f(\delta) \to \delta^{(x+1)} = \delta^{(x)} + \frac{f(\delta^{(x)})}{f(\delta^{(x)})}$$

$$\Rightarrow \delta = 9.814^{0} \Rightarrow \qquad \hat{I} = \frac{11.152x \lhd 9.814 - 10k \lhd 0}{0.39 + j3.958}$$

$$538.7 \lhd -21.86$$

$$\Rightarrow Q2 = VR.IR.\sin PR = 10k * 538 - 7.\sin 21.86 = 2M$$

$$Qc = -3M = -B|V|^{2} \Rightarrow c = 95.49NF$$

ج)

$$\eta 1 = \frac{p0ut}{p\,\text{int} + pLoss} = \frac{58*100}{5M + 0.39*(707.2)^{2}} = 96.25\%, Ploss = RI^{2}$$

(روش دقیق) :

$$\eta 2 = \frac{5M}{5M + 0.30*(538.7)^{2}} *100 = 97.79\%$$

۴. الف)

در خط کوتاه: $A^{2} - BC = 1 - 0 = 1$

در خط متوسط :

$$A^{2} - BC = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right)^{2} - \left(1 + \frac{ZY}{4}\right)ZY = 1 + \frac{Z^{2}Y^{2}}{4} + ZY - ZY$$

$$\frac{Z^{2}Y^{2}}{4} = 1$$

خط بلند: $A^{2} - BC = (\cosh \gamma L)^{2} - (\sin \gamma L)^{2} = 1$

ب) ارتباط بین ثوابت نصف خط و تمام خط بصورت زیر می باشد :

A=D,a=d

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} a^2 + bc = A \\ 2ab = B \end{bmatrix}, \begin{cases} 2ac = C \\ a^2 - bc = 1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2a^2 = A+1 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{1+A}{2}} = d, b = \frac{B}{2a}, c = \frac{C}{2a}$$

۵. الف)

$$\hat{V}R = \frac{3+5}{\sqrt{3}} \lhd 0, \hat{I}R = \frac{400M}{354\sqrt{3}} \lhd \cos^{-1} o.8$$

$$\hat{I}R = 669.4 \lhd -\cos^{-1} 0.8, \begin{bmatrix} \hat{V}s \\ \tilde{I}s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \hat{V}R \\ \tilde{I}R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 256.673k \lhd 20.15^\circ \\ 447.67 \lhd 8.54^\circ \end{bmatrix}$$

درصد افت ولتاژ :

$$DV\% = \frac{Vs - VR}{Vs} = \frac{256.737 - 345/\sqrt{3}}{256.737} = 22.42\%$$

درصد تنظیم (فرض می شود LvR ثابت است)

$$\begin{cases} R\% = \dfrac{VsFL - VsNL}{VsNL} = 57.57\% \\ \text{که} \quad : Vsf.l = 256.737x, vsnl = AvR = 162.939k \end{cases}$$

ب) در حالت بی باری :

$$\hat{V}s = A\hat{v}R, \hat{I}s = C\hat{V}z$$

$$\Rightarrow \hat{V_S} = 256.737k \lhd 20.15^\circ \Rightarrow \hat{V}R = 313.859 \lhd 18.85^\circ$$

$$\hat{I}s = 606.69 \lhd 109.25^\circ, \%R = \frac{VRN.L - VRF.L}{VxF.L} = \frac{313.859 - \dfrac{345}{\sqrt{3}}}{\dfrac{345}{\sqrt{3}}}$$

درصد تنظیم ولتاژ (Vs =Lثابت)

$$\Rightarrow yR = 57.57\%$$

ج) از مسئله

۶.

ج) از مسئله ۲۶ داریم :

$$a=\sqrt{\frac{1+A}{2}}=d, b=\frac{B}{2a}, C=\frac{C}{2a}$$

$$\Rightarrow a=d=\frac{\sqrt{1+0.818\lhd 1.32}}{2}0.9534\lhd 0.29^\circ$$

$$b=\frac{172.2\lhd 84.2}{2a}=90.31\lhd 8391, c=\frac{c}{2a}=0.00101+\lhd 90.11^\circ$$

د) $\Rightarrow$ ثوابت خط جدید $=\begin{bmatrix}a & b\\ c & d\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & z\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a & b\\ c & d\end{bmatrix}, z=-j146.6$

$\Rightarrow$ ثوابت جدید $\begin{bmatrix}a & 51.01\lhd -78.365\\ c & 1.102\lhd 0.266\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a & b\\ c & d\end{bmatrix}$

ثوابت $=\begin{bmatrix}0.9598\lhd 1.178^\circ & 42.44\lhd 63.78^\circ\\ 0.002084\lhd 90.39^\circ & 0.9597\lhd 1.178^\circ\end{bmatrix}$

تکرار قسمت (الف) $\begin{bmatrix}\hat{V}s\\ \hat{I}s\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}217.|2|k & \lhd 4.43^\circ\\ 520.49 & \lhd 4.44^\circ\end{bmatrix}, \begin{cases}Dv\%=8.26\%\\ R\%=13.57\%\end{cases}$

تکرار قسمت (ب) $\hat{V}s=217.121k\lhd 4.43, \hat{V}R=\frac{\hat{V}s}{A}=\frac{\hat{V}s}{0.9598\lhd i,178}$

$=226.215x\lhd 3.25^\circ, \hat{I}s=C\hat{V}R=0.00208+\lhd 90.39*\hat{V}R=471043\lhd 93.64^\circ$

$$R\%=\frac{VRN.L.VR.F.L}{VRFL}*100=\frac{226.215\frac{3*5}{\sqrt{3}}}{\frac{3*5}{\sqrt{3}}}*100=13.57\%$$

هـ) ثوابت خط جدید $=\begin{bmatrix}A & B\\ C & D\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0\\ Y & 1\end{bmatrix}$ $\qquad Y=-j0.0021\upsilon$

ثوابت جدید $=\begin{bmatrix}1.t78 & \lhd -0.875 & B\\ 0.000217\lhd 83.26 & & D\end{bmatrix}$,

تکرار قسمت ب : $\hat{V}R=\frac{\hat{V}s}{1.178\lhd -0.875}=217.943k\lhd 21.03^\circ$

جریان و ولتاژ کاهش یافته است .

$$\hat{IS} = C\hat{VR} = 42.29 \lhd 104.3^\circ$$

****

مسائل بخش بار

۴. حدس

$$Ybus = j\begin{bmatrix} -40 & 20 & 20 \\ 20 & -40 & 20 \\ 20 & 20 & -40 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} V1 = 1 \lhd 0 \\ V2 = 1 \lhd 0 \\ V3 = 1 \lhd 0 \end{matrix}$$

$$\Rightarrow fa3 = \sum_{j=1}^{3} |V3||Vj|.|Y3j|.\sin(\delta 3 - \delta j - \gamma 3j$$

$$= |V3|(|V_1|.|V31|\sin(\delta 3 - \delta 1 - \gamma 31)| + |V2||1Y12|\sin|\delta 3 - \delta 2 - \gamma 32|$$

$$+ |Vs||Y32|\sin(\delta 3 - \delta 3 - \gamma 33)$$

برای مرحله (.)

$$= 1*(20\sin(0-0-90^\circ) + 20\sin(0-0-20)$$
$$+ 40\sin(0-0+90^\circ))0$$

به همین ترتیب :

$$fq2 = G1$$
$$fq3 = qG - qD \Rightarrow qG = fq3 + qd = 0 + 5 = 5 \Rightarrow 4 < 3.5 \Rightarrow$$

باس (۳) کنترل ولتاژ نیست لذا داریم :

$$qG3 = 3.5 = QG3\max$$

$$\Rightarrow \frac{\delta f2p}{\delta s2} = 40, \frac{\delta f2p}{\delta s3} - 20, \frac{\delta fa2}{\delta |V3|} = -20,$$

$$\Rightarrow \frac{\delta faq}{\delta |V2|} = 40 \Rightarrow T1 = \begin{bmatrix} 40 & -20 \\ -20 & 40 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta p2 \\ \Delta p3 \end{bmatrix} = [\tau 1]\begin{bmatrix} \Delta \delta 2 \\ \Delta \delta 3 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta \delta 2 \\ \Delta \delta 3 \end{bmatrix} = [\tau 1]^{-1}\begin{bmatrix} \Delta p2 \\ \Delta p3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \Delta p2 = p2 - f2p = p2 = p92 - pd2 = 10 = 10 \\ \Delta p3 = p3 - f3p = p3 = p93 - pd13 = 0 - 10 = -10 \end{cases}$$

$$[\tau 1]^{-1}=\begin{bmatrix}\frac{1}{30} & \frac{1}{60}\\ \frac{1}{60} & \frac{1}{30}\end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix}\Delta\delta 2\\ \Delta\delta 3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{6}\\ \frac{1}{6}\end{bmatrix}^{vad}=\begin{bmatrix}9.549^\circ\\ -9.549^\circ\end{bmatrix}$$

به همین ترتیب :

$$[\tau_4]=\begin{bmatrix}40 & -20\\ -20 & 40\end{bmatrix},\begin{bmatrix}\Delta|V2|\\ D|v3|\end{bmatrix}=[J4]^{-1}\begin{bmatrix}\Delta q2\\ \Delta q3\end{bmatrix}$$

$$\begin{cases}\Delta q2=q2-f2q=q2=q92-qd2=10412-*=104/2\\ \Delta q3=q3-f3q=q3=q93-qd13=3.5-5=1.5\end{cases}$$

$$\Rightarrow\begin{bmatrix}\Delta|V2|\\ D|v3|\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{30} & \frac{1}{60}\\ \frac{1}{60} & \frac{1}{30}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}10412\\ -1.5\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.0221\\ -0.0265\end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow\begin{bmatrix}V2\\ V3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\ 1\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0.0221\\ -0.265\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1.0221\\ 0.9735\end{bmatrix}$$

مرحله بعدی :

$$fq3=...=$$

$$|V3|(|V1|.|V3.1)|.\sin(\delta 3-\gamma-\gamma 31)+|V2||Y32|=|\sin(\delta 3-\delta 2-\gamma 32)|+$$
$$|V3||Y33|.\sin(\delta 3-\delta 3-\gamma 33))$$
$$=-0.0971$$

باز هم کنترل ولتاژ نیست

$$\Rightarrow qG3=fq3+qD=-0.0971+5=4.9029\rightarrow$$

****

حل میان ترم

۱.

سه فاز

$$\begin{cases}p_{out}=60*7*6=44.76kw\\ Q=ptyp=39.475kvAr\\ S=\frac{p}{\cos p}=59.68kvA\end{cases}\xrightarrow{\text{تکفاز}}\begin{cases}pr_{out}=14.92kw\\ Qr=13.158x\,\text{var}\\ Sr=19.89kvA\end{cases}$$

$$V1^* = \frac{440}{\sqrt{30}} \Rightarrow IR\frac{sr}{VR} = 78.3A$$

ب :

$$Z = \frac{V1^*}{IR} = 3.24\Omega \begin{cases} p = RI^2 \Rightarrow R = \dfrac{14.42k}{(78.3)^2} = 2.43\Omega \\ Q = xI^2 \Rightarrow x = 2.15\Omega \end{cases}$$

ج : الف)

$$\begin{cases} \Pr = 18.65kw = \dfrac{14.92}{0.8}xw \\ ar = \dfrac{13.158}{0.8}xvAr = 16.45xvAr \\ Sr = \dfrac{19.89kVA}{0.8} = 24.86kVA \end{cases}$$

ب)

$$V1^* = \frac{440}{\sqrt{3}}, IR = \frac{sr}{vr}97.86A$$

$$Z = \frac{V1^*}{IR}2.6\Omega \qquad R = \frac{18.65x}{97.86^2}1.95\Omega$$

$$x = \frac{16.45x}{97.86^2} = 1.72\Omega$$

الف :

$$\theta = \frac{2\pi}{n}, \qquad D_{12}^2 = r^2 + r^2 - 2r^2\cos\theta$$

$$= 2r^2 - 2r^2\cos\theta = 2r^2(1-\cos\theta) = 2r^2(2\sin\frac{\theta}{2})$$

$$\Rightarrow D12 = 2r\sin\frac{\theta}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} D12 = 2r\sin\dfrac{\pi}{n} \\ D13 = 2r\sin\dfrac{2\pi}{n} \qquad\qquad ,GMR\sqrt[x]{Ds*12*...D1n} \\ \vdots \\ D1 \qquad n = 2r\sin\dfrac{(n-1)\pi}{n} \end{cases}$$

$$,(2\sin\frac{\pi}{n})*(2\sin\frac{2\pi}{n})*.....(2\sin(2\sin\frac{(n-1)\pi}{n})=n$$

$$\Rightarrow GMR=\sqrt[x]{Ds*r^{n-1}*x}$$

$$GMR=\sqrt[8]{(11.37m)*(0.45^{7}*8}=0.3685=DsA$$ ب :

$$L=2*10^{-7}Ln\frac{GMD}{GMR},GMD=\sqrt[3]{Dabeq*Dacey*Dbceq}$$

$$Dabeq=\sqrt[4]{DabDab'.Da'b.da'b'}=\sqrt[4]{(5^2+10^2)(10^2+20^2)}=15.81$$

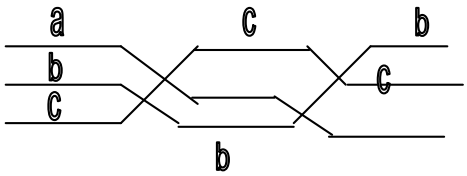
$$Daceq=\sqrt[4]{(20)^2(15^2+20^2)}=22.36$$

$$Dbceq=Dabeq=15.81 \qquad \Rightarrow GMD=17.75$$

$$GMR=\sqrt[6]{(DsA)^3*Daa'*Dbb'*Dcc'}=\sqrt[6]{(0.3685)^7*15^2*25}=2.56$$

$$\Rightarrow L=2*10^{-7}Ln\frac{17.75}{2.56}=3.873*10^{-7}$$

- a — a'
- b — b'
- c — c'



ج .

- $a1$ — $c'1$
- $b1$ — $b'1$
- $c1$ — $a'1$

$$+qa'1Ln\frac{1}{Daa'1}+qb'1Ln\frac{1}{Dab'1}+qc'1Ln\frac{1}{Dac'1}$$

$$qa1=-qa,qa',qa.(\qquad c,b)$$

$$\Rightarrow Va_I = \frac{1}{2\pi \in \circ}(qaLn\frac{Daa'.Daa'1}{ra.Daa'} + qbLn\frac{Dab1.Dab'1}{Dab.Dab'} +$$

$$qcLn\frac{Dac1.Dac'1}{Dac.Dac'})$$

$$\Rightarrow VaII = \frac{1}{2\pi\varepsilon \circ}(qaLn\frac{Dbb1.Dbb'1}{ra.Dbb'} + qbLn\frac{Dbc1.Dbc'1}{Dbc.Dbc'} + +qcLn\frac{Dba1.Dba'1}{Dba.Dba'})$$

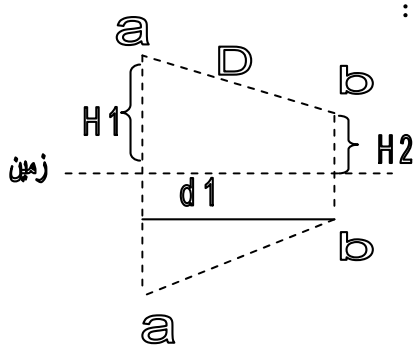
$$VaIII = \frac{1}{2\pi\varepsilon \circ}(qaLn\frac{Dcc1.Dcc'1}{ra.Dcc'} + qbLn\frac{Dca1.Dca'1}{Dca.Dca'} + +qcLn\frac{Dcb1.Dcb'1}{Dcb.Dcb'})$$

$$\Rightarrow Va = \frac{VaI + VaII + VaIII}{3} = \frac{1}{6\pi \in \circ}(ga\ln\frac{Daa1.Dbb1.Dcc1.Daa'1.Dbb'1.Dcc'1}{ra^3.Daa'.Dbb'.Dcc'}$$

$$+ (qb + ac)Ln\frac{(Dab1.Dbc1.Dca1).(Dab'1.Dbc'1.Dca'1)}{(Dab.Dbc.Dca).(Dab'.Dbc'.Dca')})$$

$$\Rightarrow Va = \frac{qa}{2\pi \in \circ}Ln\frac{GMD}{GMR} \Rightarrow can = \frac{20160}{Ln\frac{GMD}{GMR}}$$

اثبات رابطه خازن با اثر زمین در حالت عدم شادی فاصله فازها تا زمین :



$$Va = \frac{1}{2\pi \in \circ}(qaLn\frac{1}{ra} + qbLn\frac{1}{D} + (-ga)Ln\frac{1}{2H1} + (-qb)Ln\frac{1}{Dab'}), qa = -qb = q$$

$$= \frac{q}{2\pi \in \circ}Ln\frac{D * 2H1}{ra * Dab'}$$

$$d1 = \sqrt{D^2 - (H1 - H2)^2}$$

$$\Rightarrow can = \frac{2\pi\varepsilon \circ}{Ln\frac{D * 2H1}{ra\sqrt{D^4 + DH1H2}}}$$

$$Dab' = \sqrt{d_1^2 + (H1 + H2)^2} = \sqrt{D^2 + 4H1H2}$$