power system analysis2

aliboubehrezh.blogfa.com

جزوه سیستم‌های قدرت ۲

سرفصل ها:

① مفاهیم اولیه و یادآوری

نمرات پایان ترم

② پخش بار

۵ نمره تمرین

۱۵ نمره پایانی

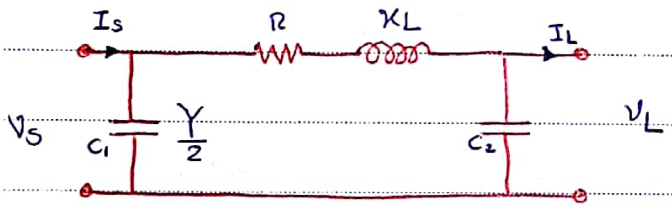
③ اتصال کوتاه

④ پایداری

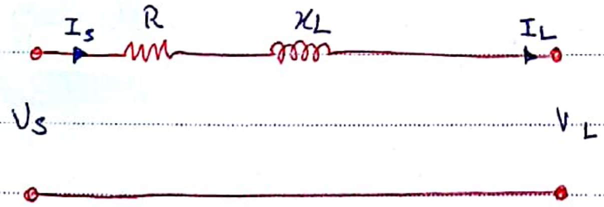
(جلسه ی اول)

① مفاهیم اولیه و یادآوری:

مدل خط = L و R و C خط



- مدل خط متوسط (بلند)



- مدل خط کوتاه

$$L = 2\times10^{-7} \ln\left(\frac{GMD}{GMR}\right) \rightarrow X_L = 2\pi f L \ (\Omega/m)$$

خط $R = \rho \frac{L}{A} \times 1.02 \times K$

ضریب پوستی

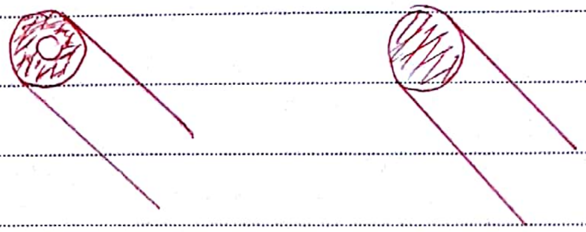
$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\frac{GMD}{GMR}} \ (F/m) \qquad X_c = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow Y = 2\pi f C \ (\mho/m)$$

راکتانس

ادمیتانس

Subject: 2/

Year: Month: Date:



$\uparrow R = \rho \frac{L}{A\downarrow}$

ماتریس انتقال:

$$T \rightarrow \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ I_L \end{bmatrix}$$

خط کوتاه:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow[\pi\ \text{مدل}]{\text{خط متوسط}} \begin{bmatrix} 1+\frac{ZY}{2} & Z \\ Y\left(1+\frac{ZY}{4}\right) & 1+\frac{ZY}{2} \end{bmatrix}$$

خاصیت ماتریس های بالا: ① $A=D$ و ② $AD-BC=1$

- خط کوتاه: خطی که طولش کمتر از $80\ km$ است. $L<80\ km$

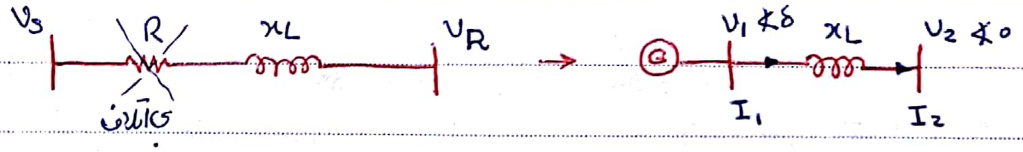
KCL و KVL جواب می دهد.

- خط متوسط: خطی که طولش بین $80\ km$ و $240\ km$ باشد. $80\ km < L < 240\ km$

خط بلند: خطی که بیشتر از $240\ km$ طول دارد. $L>240\ km$ { معادلات دیفرانسیل (هیپربولیک)

پخش توان:

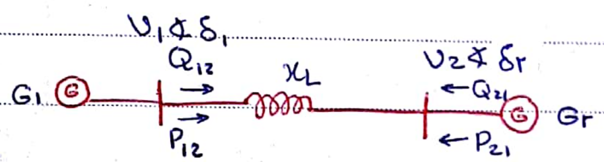
- حالت اول:



اکتیو: $P = \frac{V_1 V_2}{X_L}\sin\delta$

راکتیو: $Q = \frac{V_1^2}{X} - \frac{V_1 V_2}{X}\cos\delta$

- حالت دوم:



$P_{12} = \frac{V_1 V_2}{X}\sin(\delta_1-\delta_2)$

$Q_{12} = \frac{V_1^2}{X} - \frac{V_1 V_2}{X}\cos(\delta_1-\delta_2)$

توان های وارد شده از ژنراتور اول:

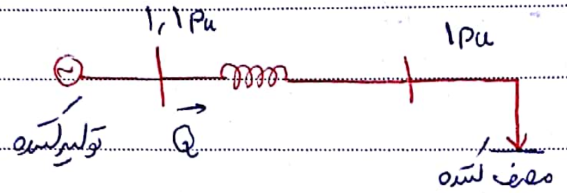
$P_{21} = \frac{V_1 V_2}{X}\sin(\delta_2-\delta_1)$

$Q_{21} = \frac{V_2^2}{X} - \frac{V_1 V_2}{X}\cos(\delta_2-\delta_1)$

توان های داده شده از ژنراتور دوم:

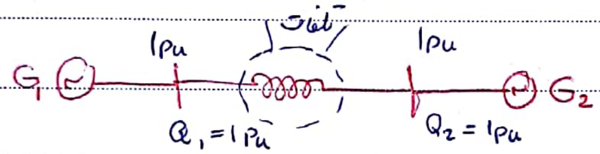
نکته: اگر $\delta_1 > \delta_2$ باشد حتماً باس یا شینه ① تولیدکننده ی (P_1) است و باس ۲ یا شینه ۲ مصرف‌کننده ی P_1 است.

- نکته ②: اگر $|V_1| > |V_2|$ باشد حتماً باس ۱ تولیدکننده Q (توان راکتیو) و باس ۲ مصرف‌کننده Q است. و بالعکس



- نکته ③: اگر $\delta_1 = \delta_2$ باشد تبادل توان اکتیو بین دو باس صفر است.

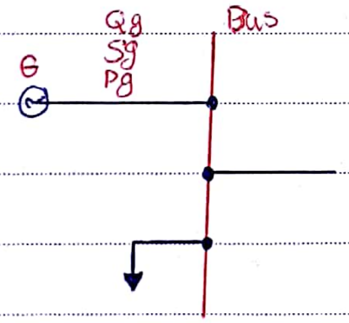
نکته ④: اگر $V_1 = V_2$ باشد در این صورت تبادل Q بین دو باس صفر است، اما هر باس نیمی از Q مصرفی خط را تأمین می‌کند.



- توازن KCL: در هر باس در سیستم قدرت بین توان‌ها رابطه‌ی KCL توازن برقرار است.

توان اکتیو

توان مختلط $\leftarrow S = P + jQ \rightarrow$ توان راکتیو



$$P_S = P_g - P_L$$

$$Q_S = Q_g - Q_L$$

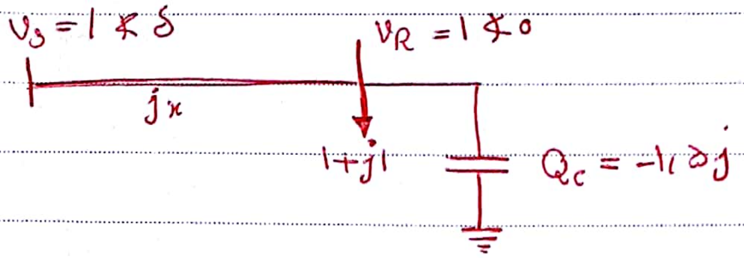
$$S_L = P_L + jQ_L$$

$$S_S = S_g - S_L$$

$$P_g = P_S + P_L$$

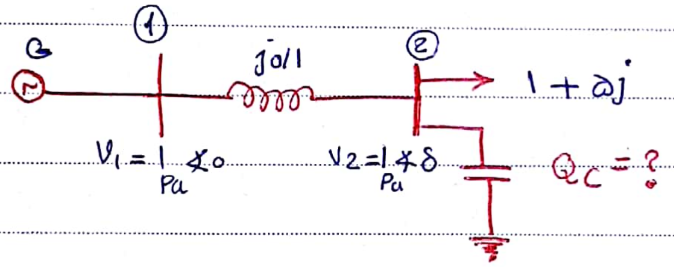
تمرین: در شکل زیر تزریق توان راکتیو Q (1.5 pu) توسط خازن سبب تساوی ولتاژ انتهای خط با ابتدای

خط شده است. مقدار راکتانس خط چقدر است؟



۱) جلسه‌ی دوم ۵.

مثال: در سیستم قدرت زیر ولتاژ باس ۲ با نصب خازن در 1pu ثابت شده است، ظرفیت این خازن چقدر است؟



حل/

$$\begin{cases} Q_2 = Q_{g_2} - Q_{L2} = Q_c - 5 \Rightarrow \dfrac{V^2}{x} - \dfrac{V_1V_2}{x}\cos\delta = \dfrac{1}{0.1} - \dfrac{1}{0.1}\cos\delta = \boxed{10 - 10\cos\delta} \\ P_2 = P_{g_2} - P_{L2} = 0 - 1 = -1 \rightarrow \dfrac{V_1V_2}{x}\sin\delta = \dfrac{1}{0.1}\sin\delta = \boxed{\sin\delta = -0.1} \end{cases}$$

$$\cos\delta = \sqrt{1 - \sin^2\delta} = \sqrt{1 - (0.1)^2} = \boxed{0.995}$$

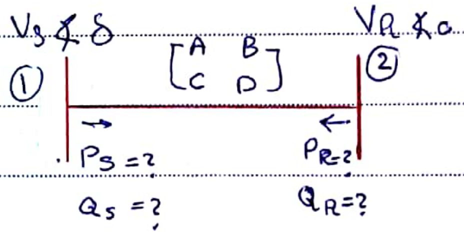
$$Q_c - 5 = 10 - 10\cos\delta = 10 - 10 \times 0.995 = 10 - 9.95 = \boxed{0.05}$$

$$Q_c = 5 + 0.05 = \boxed{5.05\ Pu}$$

Subject: 6/

Year: Month: Date:

محاسبه‌ی توان‌ها با داشتن پارامترهای خط انتقال:



$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \angle \delta & B \angle \beta \\ C \angle \gamma & D \angle \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$V_S = A V_R + B I_R$$

$$I_S = \frac{V_S - A V_R}{B} \longrightarrow S_R = V_R I_R^*$$

$$I_R = \frac{V_S}{B} - \frac{A V_R}{B}$$

$$I_R = \frac{V_S \angle \delta}{B \angle \beta} - \frac{A \angle \alpha \times V_R \angle 0}{B \angle \beta}$$

$$I_R = \frac{|V_S|}{|B|} \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle \alpha - \beta$$

$$I_R^* = \frac{|V_S|}{|B|} \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle \beta - \alpha$$

$$\left\{ S_R = V_R I_R^* = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \angle \beta - \alpha \right.$$

$$\begin{cases} P_R = \dfrac{|V_S||V_R|}{|B|}\cos(\beta-\alpha) - \dfrac{|A||V_R|^2}{|B|}\cos(\beta-\alpha) \\ Q_R = \dfrac{|V_S||V_S|}{|B|}\sin(\beta-\delta) - \dfrac{|A||V_R|^2}{|B|}\sin(\beta-\alpha) \end{cases}$$

نحوه‌ی تبدیل P_R و Q_R به P_S و Q_S :

شرایط تبدیل P_R به P_S چهارمورد است :

① $-\delta \to \delta$ ② $V_S \to V_R$ ③ $V_R \to V_S$ ④ منفی درهمه‌ی روابط ضرب می‌شود.

پس برای P_S داریم :

$$P_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|}\cos(\beta-\alpha) - \frac{|V_R||V_S|}{|B|}\cos(\beta+\delta)$$

برای Q_S داریم :

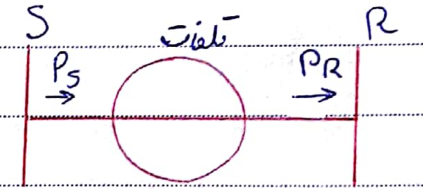
$$Q_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|}\sin(\beta-\alpha) - \frac{|V_S||V_R|}{|B|}\sin(\beta-\delta)$$

و برای S_S داریم :

$$S_S = \frac{|A||V_S|^2}{|B|}\angle(\beta-\alpha) - \frac{|V_S||V_R|}{|B|}\angle(\beta+\delta)$$

Subject: 8/
Year: Month: Date:

تلفات :



$$P_{loss} = P_S - P_R$$

$$Q_{loss} = Q_S - Q_R$$

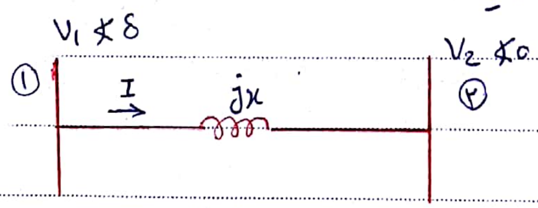
پخش بار: حل مدار الکتریکی سیستم قدرت در شرایط کار پایدار را پخش بار یا Load Flow می‌گویند. اهداف پخش بار به صورت زیر است:

۱) توان تولیدی نیروگاه ها با توان مصرفی و تلفات سیستم در حالت پایدار برابر باشد.

۲) افت ولتاژ در کل سیستم محدود باشد (در حالت پایدار)

۳) اضافه بار نداشته باشیم تا به تجهیزات آسیب وارد نشود (در حالت پایدار)

اگر یک خط کوتاه با دو باس داشته باشیم محاسبه جریان عبوری تقریباً کاری راحت است، اما با افزایش تعداد باس ها و تبدیل شدن شبکه به شبکه حلقوی نوشتن رابطه ی جریان (و به همین ترتیب توان و ولتاژ) کار بسیار دشواری خواهد بود. در نتیجه معادلات به صورت ماتریسی نوشته شود.



منطقی اول :

Subject: ۹

Year: Month: Date:

مرحله‌ی دوم:

قانون اهم $\rightarrow I = \dfrac{V_1 \angle \delta - V_2 \angle 0}{jx} = -jY(V_1 \angle \delta - V_2 \angle 0)$

راکتانس $= \dfrac{1}{x}$ ادمیتانس $= Y$ $\rightarrow \boxed{\dfrac{1}{x} = Y}$

مرحله‌ی سوم:

$I = Y(V) \longrightarrow \underset{\text{ماتریس}}{I_{Bus}} = \underset{\text{ماتریس}}{Y_{Bus}} \times \underset{\text{ماتریس}}{V_{Bus}}$

تشکیل های حلقوی:

چگونگی تشکیل ماتریس Y_{Bus}:

$$\begin{cases} y_{ii} = \text{مجموع ادمیتانس متصل به باس } i \\ y_{ij} = -(\text{ادمیتانس های بین گره } i \text{ و } j) \end{cases}$$

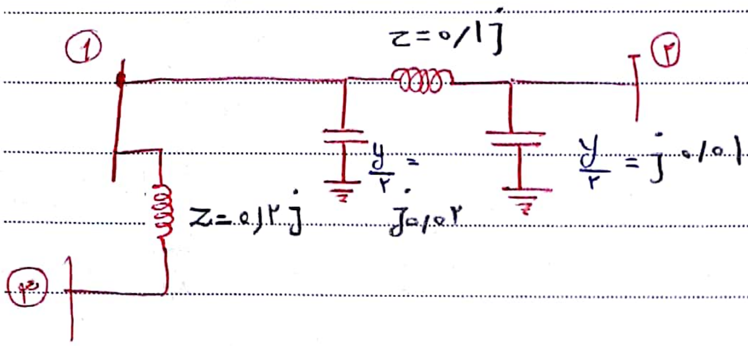
$$Y_{Bus}: \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & y_{n3} & \cdots & y_{n3} \end{bmatrix}$$

Subject: 10)

Year: Month: Date:

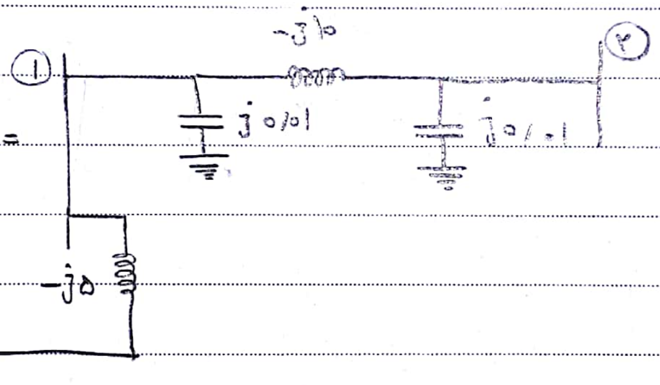
حل سری سوم:

مثال: در شکل زیر ماتریس Y_{Bus} را بیابید:



$$y_1 = \frac{1}{j0.1} = -j10 \qquad y_2 = \frac{1}{j0.2} = -5j$$

مدل ادمیتانسی =



$$y_{Bus} = \begin{bmatrix} (-j10 + j0.01 - j5) & j10 & j5 \\ +j10 & (-j10 + j0.01) & 0 \\ +j5 & 0 & j5 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} -j14.99 & j10 & j5 \\ j10 & -j9.99 & 0 \\ j5 & 0 & -j5 \end{bmatrix}$$

خواص Y_{Bus}: ① ماتریس ادمیتانس ما از لحاظ اندازه متقارن است ($Y_{Bus} = Y_{Bus}^T$) ولی از نظر

YEKTA

زاویه ممکن است متقارن نباشد.

(اگر ترانس ستاره مثلث یا مثلث ستاره داشته باشیم در این حالت از نظر اندازه متقارن است. اما از نظر زاویه ممکن است متقارن نباشد)

۲- ماتریس Y_{Bus} در شبکه‌های بزرگ، تُنُک است (Sparse). یعنی تعداد صفرهای درایه‌های این ماتریس زیاد است.

نکته ۳- مجموع سطر و ستون‌ها در ماتریس Y_{Bus} اگر منبع ولتاژ (ژنراتور) نداشته باشیم تقریباً صفر است.

(اگر مدل خط کوتاه به کار ببریم و ژنراتور نداشته باشیم قطعاً صفر است)

۴- هیچگاه بار متصل به باس‌ها وارد محاسبه‌ی (Y_{Bus}) نمی‌شود. (چون ممکن است میزان بار تغییر کند و باید Y_{Bus} در حالت عادی همیشه ثابت باقی بماند تا بتوانیم محاسبات را انجام دهیم.

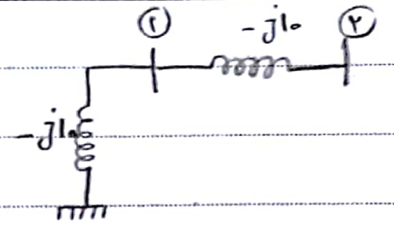
- مثال: ماتریس یک شبکه دو شینه که بین دو باس دو خط کاملاً مشابه قرار دارند به صورت زیر است، چنانچه یکی از خطوط از وسط پاره شده و روی زمین بیافتد، ماتریس Y_{Bus} چه تغییری می‌کند:

$$Y_{Bus}: \begin{array}{c|cc} & ① & ② \\ \hline ① & -j20 & j10 \\ ② & j10 & -j10 \end{array}$$

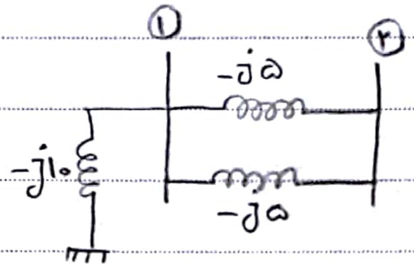
Subject: 12

Year: Month: Date:

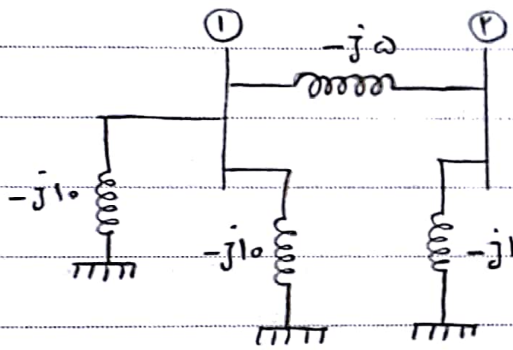
حل ①



② دو خط مشابه ⟶



③ * خط اگر از وسط نصف شود در حالت ادمیتانس مقدار آن نصف می شود. ولی امپدانس آن دو برابر می شود

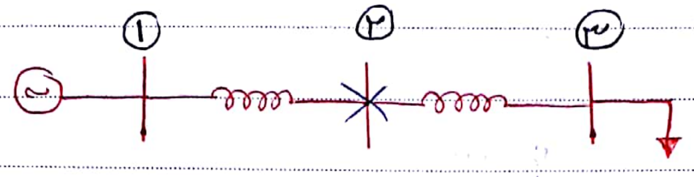


$$Y_{bus\,\text{جدید}} = \begin{bmatrix} -j5 - j10 - j10 & +j5 \\ j5 & -j5 - j10 \end{bmatrix}$$

$$Y_{bus\,\text{جدید}} = \begin{bmatrix} -j25 & +j5 \\ +j5 & -j15 \end{bmatrix}$$

Subject: 13/
Year: Month: Date:

- کاهش مرتبه‌ی Y_{Bus}: اگر باسی به ژنراتور یا مصرف‌کننده‌ای به طور مستقیم متصل نباشد می‌توان آن باس را از محاسبات حذف نمود. این عمل باعث کاهش حجم محاسبات در برنامه‌های کامپیوتری پخش باری شود.

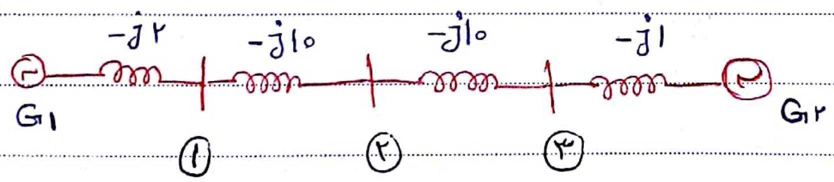


برای حذف یک باس لازم است شماره‌گذاری طوری باشد که باس حذفی در آخرین سطرهای ماتریس Y_{Bus} قرار گیرد. آنگاه درایه‌های جدید ماتریس بعد از حذف شینه‌ی n ام از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

* (n) باس حذفی می‌باشد.

$$Y_{jk(new)} = Y_{jk(old)} - \frac{Y_{jn} \cdot Y_{nk}}{Y_{nn}}$$

مثال: در شکل روبرو مطلوبست:



۱) بدست آوردن Y_{Bus}:

۲) با روش مستقیم Y_{Bus} را با حذف باس ۳ بدست آورید:

۳) Y_{Bus} را با حذف باس ۳ با روش حذف باس بدست آورید: (با فرمول)

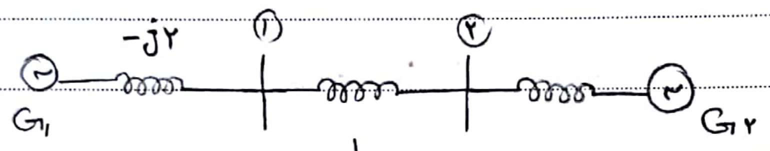
YEKTA

Subject: ۱۴
Year: Month: Date:

جواب ①

$$Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j12 & 0 & j10 \\ 0 & -j11 & +j10 \\ +j10 & +j10 & -j20 \end{bmatrix}$$

جواب ②



ادمیتانس نصف می‌شود .

$$* \; Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j7 & +j5 \\ +j5 & -j9 \end{bmatrix}$$

جواب ③

$$Y_{Bus}(old) = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} -j12 & 0 & +j10 \\ 0 & -j11 & +j10 \\ j10 & j10 & \underbrace{\boxed{-j20}}_{Y_{33}} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$Y_{11}(new) = Y_{11}(old) - \frac{Y_{13} \cdot Y_{31}}{Y_{33}} = -j12 - \frac{j10 \times j10}{-j20} = -j12 - \frac{j100}{20} \rightarrow$$

$$Y_{11}(new) = -j12 + j5 = \boxed{-j7}$$

$$Y_{21}(new) = Y_{12}(new) = Y_{21}(old) - \frac{Y_{23} \times Y_{31}}{Y_{33}} = 0 - \frac{j10 \times j10}{-j20} = \boxed{j5}$$

$$Y_{22}(new) = Y_{22}(old) - \frac{Y_{23} \cdot Y_{32}}{Y_{33}} = -j11 - \frac{j10 \times j10}{-j20} = -j11 + j5 = \boxed{-j6}$$

$$* \quad Y_{Bus}(new) = \begin{bmatrix} -j7 & +j5 \\ +j5 & -j6 \end{bmatrix}$$

- جلسه ی ۴ «

انواع باس :

① باس بار (load Bus) (PQ Bus) $\left.\begin{matrix} P \\ Q \end{matrix}\right\}$

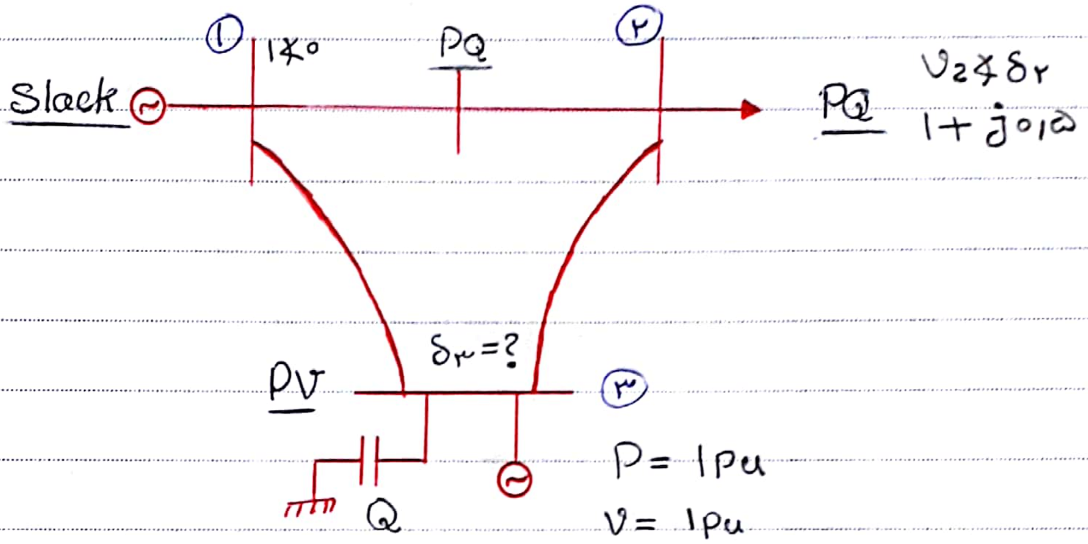
② باس کنترل ولتاژ (PV Bus) $\left.\begin{matrix} P \\ V \end{matrix}\right\}$

③ باس اسلک (Slack Bus) (Swing Bus) (باس مرجع) $\left.\begin{matrix} V=1 \\ \delta=0 \end{matrix}\right\}$

① باس بار: باسی است که در آن توان اکتیو و راکتیو مشخص است، در یک شبکه معمولاً ۷۰ تا ۸۰ درصد باس ها از این نوع است.

② باس کنترل ولتاژ: در این باس ها توان اکتیو و ولتاژ باس مشخص است. این باس ها معمولاً دارای یک ژنراتور یا یک خازن می باشند. حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد باس ها در سیستم قدرت (PV) هستند.

۳- باس اسلک: باسی است که ولتاژ و زاویه‌ی آن مشخص می‌باشد، این باس معمولاً به بزرگترین ژنراتور شبکه متصل است.



- جدول جداسازی معلومات و مجهولات:

نوع باس	معلومات	مجهولات
Slack	V_1 و δ_1	P_1 و Q_1
PV	P_j و V_j	Q و δ_j
PQ	P_i و Q_i	V_i و δ_i

* اگر این مجهولات بدست آید کل مسئله حل می‌شود و از طریق آن ۶ معادله ۶ مجهول بدست می‌آید.

*معلومات را نوشته و برای آن ۶ معادله ۶ مجهول می‌نویسیم

Subject: 17
Year: Month: Date:

$N_{PV} \rightarrow$ تعداد باس PV

$N_{PQ} \rightarrow$ تعداد باس PQ

$\boxed{2N_{PQ} + N_{PV}} \rightarrow$ تعداد مجهولات

5- برای این که تعداد معادلات با تعداد مجهولات برابر باشد (تا مسئله پخش بار حل شود) باید معادله ی توان اکتیو باس های PV و همچنین معادله ی توان های اکتیو و راکتیو باس های P و Q را بنویسیم

- معادلات اساسی پخش بار:

$$I_{Bus} = Y_{Bus} \cdot V_{Bus}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{13} \\ \vdots & & & \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \cdots & Y_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}$$

$$I_i = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \cdots + Y_{ii}V_i + \cdots + Y_{nn}V_n$$

$$I_i = \sum_{k=1}^{n} Y_{ik}V_k$$

$$S_i = V_i \times I_i^* \rightarrow S_i = V_i \sum_{k=1}^{n} Y_{ik}V_k^*$$

$$V_i = |V_i| \measuredangle \delta_i$$

$$V_k = |V_k| \angle \delta_k \rightarrow V_k^* = |V_k| \angle -\delta_k$$

$$Y_{ik} = |Y_{ik}| \angle \theta_{ik}$$

معادلات اساسی توان ظاهری:

$$S_i = |V_i| \sum_{k=1}^{n} |Y_{ik}||V_k| \angle \delta + \theta_{ik} - \delta_k$$

معادلات اساسی توان اکتیو:

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k||Y_{ik}| \cos(\theta_{ik} + \delta_i - \delta_k)$$

معادلات اساسی توان راکتیو:

$$Q_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k||Y_{ik}| \sin(\theta_{ik} + \delta_i - \delta_k)$$

- انواع روش های حل عددی معادلات اساسی پخش بار:

(۱) نیوتن رافسون (۲) گاوس سایدل

تعریف: معمولاً در سیستم های قدرت از یکی از دو روش نیوتن رافسون یا گاوس سایدل برای محاسبهٔ شبکه قدرت استفاده می شود. نیوتن رافسون برای شبکه های بزرگ مناسب است و گاوس سایدل برای شبکه های کوچک مورد استفاده قرار می گیرد. در هر دو این روش ها حل مسئله با یک حدس اولیه شروع می شود و با تکرار مراحل به جواب نهایی نزدیک می شویم.

روش نیوتن رافسون:

$$y-y_0=\overset{f'(x_0)}{m}(x-x_0) \to y-y_0=f'(x_0)(x-x_0)$$

$$\underbrace{\Delta y}_{\text{معلومات}}=f'(x_0)\,\underbrace{\Delta x}_{\text{مجهولات}} \to \boxed{\Delta x=\frac{\Delta y}{f'(x_0)}}$$

مثال ٤: معادله‌ی زیر را به روش نیوتن رافسون حل کنید:

$$x^2-2x+4=y=3$$

حدس اولیه $\to x_0=0.8$

$$f'(x_0)=2x-2=\boxed{-0.4}$$

$$\Delta x=x-0.8$$

$$\Delta y=y-y_0=3-3.04=-0.04$$

$$\Delta x=\frac{\Delta y}{f'(x_0)}=x-0.8=\frac{-0.04}{-0.4}=0.1 \qquad x=0.9$$

$$\left|x^{(2)}-x^{(1)}\right|<\varepsilon \leftrightarrow (0.01)$$

Subject: 20/
Year: Month: Date:

- جلسه ۵ :

- الگوریتم روش نیوتن رافسون :

نکته :

ماتریس معلومات

ماتریس مجهولات ← $\Delta x = \frac{\Delta y}{f'(x_0)} \rightarrow \underset{\sim}{\Delta x} = J^{-1} \underset{\sim}{\Delta y}$

ماتریس مشتقات (ژاکوبین)   معکوس

- مرحله ۱ : تشکیل جدول مجهولات و معلومات.

- مرحله ۲ : تشکیل بردار مجهولات و معلومات و حدس اولیه.

- مرحله ۳ : محاسبه ی (Y_{Bus})

- مرحله ۴ : محاسبه ی P_i و Q_i ها با استفاده از روابط اساسی پخش بار.

- مرحله ۵ : تشکیل ماتریس ژاکوبین :

$$J = \left[\begin{array}{c|c} \frac{dP_i}{d\delta_i} & \frac{dP_i}{dV_i} \\ \hline \frac{dQ_i}{d\delta_i} & \frac{dQ_i}{dV_i} \end{array}\right]$$

نکته مرحله ۵ : مشتق ($\sin u \rightarrow u' \cos u$) و مشتق ($\cos u \rightarrow -u' \sin u$) است.

- مرحله ۶ : تشکیل معادله ی روبرو :

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_i^{(k)} \\ \Delta V_i^{(k)} \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix}$$

$$\Delta P_i = P_i - P_i^{cal}$$

$$\Delta Q_i = Q_i - Q_i^{cal}$$

- مرحله‌ی ⑦: بدست آوردن جواب نهایی از فرمول های زیر:

نکته مرحله‌ی ۷: زاویه برحسب رادیان (rad) است.

$$\text{زاویه (درجه)} = \frac{\text{زاویه برحسب rad} \times 180}{\pi}$$

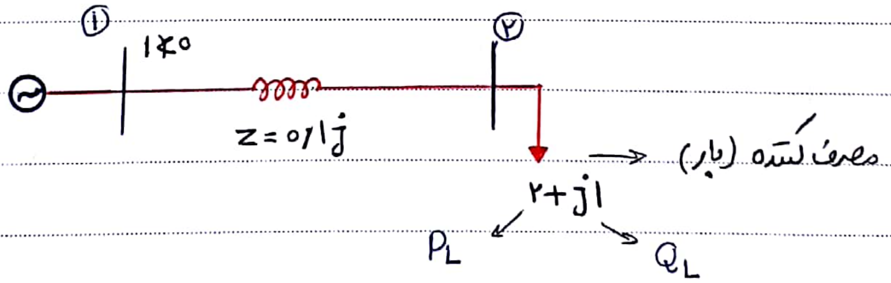
$$\begin{cases} |V_i|^{(k+1)} = |V_i|^{(k)} + \Delta V_i^{(k)} \\ \delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \end{cases}$$

مثال: در شبکه‌ی ۲ باسه‌ی زیر پخش بار به روش نیوتن رافسون را تا دو مرحله حل نمایید:

معادلات اساسی پخش بار در شبکه بدون تلف به صورت زیر است:

$$P_i = \sum |V_i||V_k| \left(B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) \right)$$

$$Q_i = \sum |V_i||V_k| \left(-B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k) \right)$$



جواب:

مرحله‌ی ①: رسم جدول معلومات و مجهولات:

Subject: 22/
Year: Month: Date:

شماره باس	نوع باس	V_i	δ_i	P_i	Q_i
۱	Slack	۱	۰	؟	؟
۲	PQ	؟	؟	-۲	-۱

بردار مجهولات بردار معلومات

$$\begin{cases} P_2 = Pg_2 - P_{L2} = -2 \\ Q_2 = Qg_2 - Q_{L2} = -1 \end{cases}$$

- مرحله ی ۲ : حدس اولیه از روی slack بدست می آید :

بردار مجهولات $= \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_1 \end{bmatrix} \overset{\text{حدس اولیه}}{=} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ ✓

بردار معلومات $= \begin{bmatrix} P_2 \\ Q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \end{bmatrix}$

- مرحله ی ۳ :

$$Y_{Bus} = \begin{array}{c|cc} & ① & ② \\ \hline ① & -j10 & j10 \\ ② & j10 & -j10 \end{array} \longrightarrow B = \begin{bmatrix} -10 & 10 \\ 10 & -10 \end{bmatrix}$$

B_{11} B_{12} B_{21} B_{22}

- مرحله ی ۴ :

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k| \, B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)$$

$$P_2 = \sum_{k=1}^{2} |V_2||V_k| \, B_{2k} \sin(\delta_2 - \delta_k)$$

$$P_2 = |V_2|\overset{1}{|V_1|}\,\overset{10}{B_{21}} \sin(\delta_2 - 0) + \cancel{|V_2|^2 B_{22} \sin(\delta_2 - \delta_2)}^{\,0}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_2 = 10\,|V_2| \sin \delta_2} \xrightarrow{\text{حدس اولیه}} P_2^{cal} = 10 \times |1| \times \sin(0) \Rightarrow 0$$

$$\boxed{P_2^{cal} = 0}$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k| \left(-B_{ik} \cos(\delta_i - \delta_k)\right)$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{2} |V_2||V_k| \left(-B_{2k} \cos(\delta_2 - \delta_k)\right)$$

$$Q_2 = |V_2||V_1| \left(-B_{21} \cos(\delta_2 - \delta_1)\right) + |V_2|^2 \left(-B_{22} \cos(\delta_2 - \delta_1)\right)$$

$$\boxed{Q_2 = \cancel{|V_2|}^{\,1}\left(-10\,\cancel{\cos \delta_2}^{\,0}\right) + 10\,|V_2|^2} \xrightarrow{\text{حدس اولیه}} \boxed{Q_2^{cal} = 0}$$

- مرحله ی ۵ :

$$J = \begin{bmatrix} \dfrac{dP_i}{d\delta_i} & \dfrac{dP_i}{dV_i} \\[2ex] \dfrac{dQ_i}{d\delta_i} & \dfrac{dQ_i}{dV_i} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \dfrac{dP_2}{d\delta_2} & \dfrac{dP_2}{dV_2} \\[2ex] \dfrac{dQ_2}{d\delta_2} & \dfrac{dQ_2}{dV_2} \end{bmatrix}$$

$$\frac{dP_2}{d\delta_2} = 10|V_2|\cos\delta_2 \qquad \frac{dQ_2}{d\delta_2} = 10|V_2|\sin\delta_2$$

$$\frac{dP_2}{dV_2} = 10\sin\delta_2 \qquad \frac{dQ_2}{dV_2} = -10\cos\delta_2 + 20|V_2|$$

ماتریس ژاکوبین =

$$J = \begin{array}{cc} J_{11} & J_{12} \\ \begin{bmatrix} 10|V_2|\cos\delta_2 & 10|V_2|\sin\delta_2 \\ 10\sin\delta_2 & -10\cos\delta_2 + 20|V_2| \end{bmatrix} \\ J_{21} & J_{22} \end{array}$$

باجدس اولیه = $\begin{bmatrix} 10 & 0 \\ 0 & 10 \end{bmatrix}$

مرحله ی ۶ :

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_2^{(1)} \\ \Delta V_2^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \end{bmatrix}$$

$$P_2 - P_2^{cal} = -2 - 0 = -2$$

$$Q_2 - Q_2^{cal} = -1 - 0 = -1$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_2^{(1)} \\ \Delta V_2^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/1 & 0 \\ 0 & 0/1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/1 & 0 \\ 0 & 0/1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} -2 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0/2 \text{ rad} \\ -0/1 \text{ Pu} \end{bmatrix}$$

- مرحله ی ۷ : بدست آوردن جواب های مسئله :

$$\delta_2^{(1)} = \delta_2^{(0)} + \Delta\delta_2^{(1)} = ۰ + (-۰/۲) = -۰/۲\ rad \rightarrow \frac{-۰/۲ \times ۱۸۰}{۳/۱٤} = \boxed{-۱۱/٤۵^\circ}$$

$$|V_2|^{(1)} = |V_2|^{(0)} + \Delta V_2^{(1)} = ۱ + (-۰/۱) = \boxed{۰/۹\ pu}$$

$$V_2 \measuredangle \delta_2 \rightarrow \boxed{۰/۹ pu \measuredangle -۱۱/٤۵^\circ}$$

* برای حل مرحله ۲ جواب ـ از مرحله ۴ الگوریتم ادامه می دهیم:

مرحله ④: بدست آوردن P و Q   *(جواب های V_2 و δ_2 در مرحله ۱ می‌شود حدس ثانویه)*

$$\begin{cases} P_2 = ۱۰ \overset{۰/۹pu}{|V_2|} \sin \overset{-۱۱/٤۵^\circ}{\delta_2} = \boxed{P_2^{cal} = -۱/۷۸۶۶} \\ Q_2 = -۱۰ \overset{۰/۹pu}{|V_2|} \cos \underset{-۱۱/٤۵}{\delta_2} + ۱۰ \underset{۰/۹pu}{|V_2|} = \boxed{Q_2^{cal} = -۰/۷۲۰۹} \end{cases}$$

ـ مرحله ⑤:

$$J = \begin{bmatrix} ۱۰|V_2|\cos\delta_2 & ۱۰|V_2|\sin\delta_2 \\ ۱۰\sin\delta_2 & -۱۰\cos\delta_2 + ۲۰|V_2| \end{bmatrix} \xRightarrow[V_2 = ۰/۹pu]{\delta_2 = -۱۱/٤۵} \begin{bmatrix} -۸/۸۲۰۹ & -۱/۹۸۵۱ \\ -۱/۷۸۶۶ & ۸/۱۹۹۱ \end{bmatrix}$$

ـ مرحله ⑥:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \rightarrow A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

$$\dot{J}^{-1} = \frac{1}{۶۸٫۷۷} \cdot \begin{bmatrix} ۸٫۱۹۹۱ & ۱٫۹۸۵۱ \\ ۱٫۷۸۶۶ & ۸٫۸۲۰۹ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۰٫۱۱۹۹ & ۰٫۰۲۸۹ \\ ۰٫۰۲۵۹ & ۰٫۱۲۸۳ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_۲^{(۲)} \\ \Delta V_2^{(۲)} \end{bmatrix} = \dot{J}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \end{bmatrix}$$

$$P_2 - P_2^{cal} = -۲ + ۱٫۷۸۶۶ = \boxed{-۰٫۲۱۳}$$

$$Q_2 - Q_2^{cal} = -۱ + ۰٫۷۲۰۹ = \boxed{-۰٫۲۷۹}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_۲^{(۲)} \\ \Delta V_2^{(۲)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۰٫۱۱۹۹ & ۰٫۰۲۸۹ \\ ۰٫۰۲۵۹ & ۰٫۱۲۸۳ \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -۰٫۲۱۳ \\ -۰٫۲۷۹ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -۰٫۰۳۳ \\ -۰٫۰۴۱۳ \end{bmatrix}$$

$$\delta_۲^{(۲)} = \delta_۲^{(۱)} + \Delta\delta_۲^{(۲)} = -۰٫۲ + (-۰٫۰۳۳) = -۰٫۲۳۳ \, rad \Rightarrow \boxed{-۱۳٫۳۵^\circ}$$ - مرحله ۷

$$V_2^{(2)} = V_2^{(۱)} + \Delta V_2^{(۲)} = ۰٫۹ + (-۰٫۰۴۱۳) = \boxed{۰٫۸۵۸۷ \, pu}$$

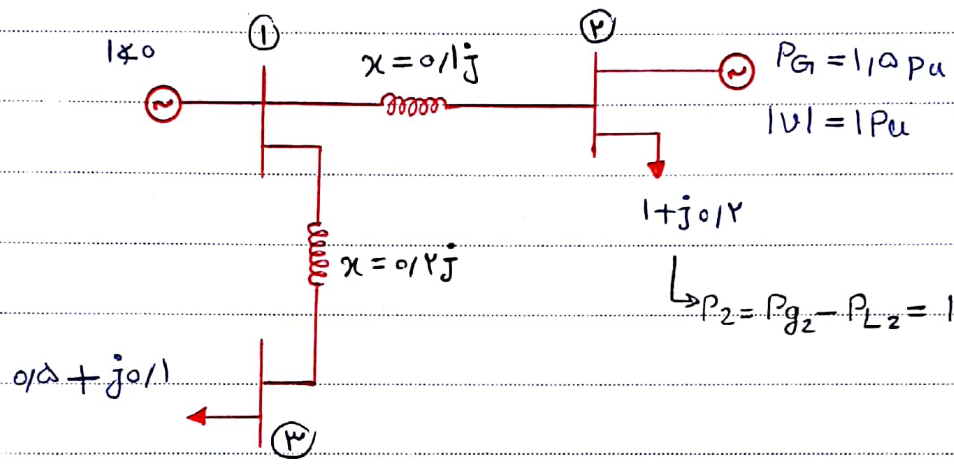
$$V_2^{(۲)} \angle \delta_۲^{(۲)} \rightarrow \boxed{۰٫۸۵۸۷_{pu} \angle -۱۳٫۳۵^\circ}$$

Subject: 27

Year: Month: Date:

- جلسه‌ی ۶ :

مثال: در شبکه‌ی سه باسه‌ی زیر به روش نیوتن را فسون تایک مرحله پخش بار را انجام دهید:



$P_2 = P_{g_2} - P_{L_2} = ۱/۵ - ۱ = \boxed{۰/۵}$

$P_3 = P_{g_3} - P_{L_3} = ۰ - ۰/۵ = \boxed{-۰/۵}$

$Q_3 = Q_{g_3} - Q_{L_3} = ۰ - ۰/۱ = \boxed{-۰/۱}$

حل:

مرحله‌ی ۱:

شماره باس	نوع باس	$\|V_i\|$	δ_i	P_i	Q_i
۱	Slack	۱	۰	?	?
۲	PV	۱	?	۰/۵	?
۳	PQ	?	?	-۰/۵	-۰/۱

* چون Q ژنراتور مشخص نیست و آن $Q=۰/۲$ برای بار است.

مجهولات

معلومات

YEKTA

Subject: 28

Year: Month: Date:

- مرحله ی ۲:

$$\text{بردار مجهولات} = \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \\ \hline |V_3| \end{bmatrix} \xRightarrow{\text{حدس اولیه}} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \text{بردار معلومات} = \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \\ \hline Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ -0.5 \\ -0.1 \end{bmatrix}$$

- مرحله ی ۳:

$$Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j15 & j10 & j5 \\ j10 & -j10 & 0 \\ j5 & 0 & -j5 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} -15 & 10 & 5 \\ 10 & -10 & 0 \\ 5 & 0 & -5 \end{bmatrix}$$

مرحله ی ۴:

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k| \left(B_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k)\right)$$

$$P_2 = \sum_{k=1}^{3} |V_2||V_k| \left(B_{2k} \sin(\delta_2 - \delta_k)\right)$$

$$P_2 = |V_2||V_1| \left(B_{21} \sin(\delta_2 - \cancel{\delta_1})\right) + \underbrace{|V_2|^2 \left(B_{22} \sin(\delta_2 - \delta_2)\right)}_{0} + |V_2||V_3|$$

$$\left(B_{23} \sin(\delta_2 - \delta_3)\right) \Rightarrow \boxed{P_2 = 10 \sin \delta_2} \quad \boxed{P_2^{cal} = 0}$$

$$P_3 = \sum_{k=1}^{3} |V_3||V_k| \left(B_{3k} \sin(\delta_3 - \delta_k)\right)$$

$$P_3 = |V_3||V_1| \left(B_{31} \sin(\delta_3 - \cancel{\delta_1})\right) + |V_3||V_2| \left(B_{32} \sin(\delta_3 - \delta_2)\right)$$

$$+ |V_3|^2 \left(B_{33} \sin(\delta_3 - \delta_3)\right) \Rightarrow \boxed{P_3 = 5 |V_3| \sin \delta_3} \quad \boxed{P_3^{cal} = 0}$$

$$Q_3=\sum_{k=1}^{n}|v_i||v_k|\left(-B_{ik}\cos(\delta_i-\delta_k)\right)$$

$$Q_3=\sum_{k=1}^{۳}|v_۳||v_k|\left(-B_{۳k}\cos(\delta_۳-\delta_k)\right)$$

$$Q_3=|V_3||V_1|^{1}\left(-B_{31}^{-۵}\cos(\delta_۳-\delta_1^{0})\right)+|V_3||V_2|^{1}\cancel{\left(-B_{۳۲}^{0}\cos(\delta_۳-\delta_۲)\right)}+$$

$$|V_3|^2\left(-B_{33}^{۵}\cos(\delta_۳-\delta_۳)\right)=\boxed{Q_3=-۵|V_3|\cos\delta_۳+۵|V_3|^2}\ \boxed{Q_3^{cal}=0}$$

مرحله‌ی ۵: ماتریس ژاکوبین:

$$J=\begin{bmatrix}\frac{dP_2}{d\delta_۲}&\frac{dP_2}{d\delta_۳}&\frac{dP_2}{d|V_3|}\\\frac{dP_3}{d\delta_۲}&\frac{dP_3}{d\delta_۳}&\frac{dP_3}{d|V_3|}\\\frac{dQ_3}{d\delta_۲}&\frac{dQ_3}{d\delta_۳}&\frac{dQ_3}{d|V_3|}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}۱۰\cos\delta_۲&0&0\\0&۵|V_3|\cos\delta_۳&۵\sin\delta_۳\\0&۵|V_3|\sin\delta_۳&-۵\cos\delta_۳+۱۰|V_3|\end{bmatrix}$$

$$\frac{dP_2}{d\delta_۲}=۱۰\cos\delta_۲\qquad\frac{dP_2}{d\delta_۳}=0\qquad\frac{dP_2}{d|V_3|}=0$$

$$\frac{dP_3}{d\delta_۲}=0\qquad\frac{dP_3}{d\delta_۳}=۵|V_3|\cos\delta_۳\qquad\frac{dP_3}{d|V_3|}=۵\sin\delta_۳$$

$$\frac{dQ_3}{d\delta_۲}=0\qquad\frac{dQ_3}{d\delta_۳}=۵|V_3|\sin\delta_۳\qquad\frac{dQ_3}{d|V_3|}=-۵\cos\delta_۳+۱۰|V_3|$$

مقدار ژاکوبین با مقدار اولیه $\Rightarrow J=\begin{bmatrix}۱۰&0&0\\0&۵&0\\0&0&۵\end{bmatrix}\Rightarrow J^{-1}=\begin{bmatrix}0/۱&0&0\\0&0/۲&0\\0&0&0/۲\end{bmatrix}$

مرحله‌ی ۶ :

$$\begin{bmatrix}\Delta\delta_2^{(1)}\\ \Delta\delta_3^{(1)}\\ \Delta|V_3|^{(1)}\end{bmatrix} = J^{-1} \times \begin{bmatrix}\Delta P_2 \to P_2 - \cancel{P_2^{cal}} \to 0 \\ \Delta P_3 \to P_3 - \cancel{P_3^{cal}} \to 0 \\ \Delta Q_3 \to Q_3 - \cancel{Q_3^{cal}} \to 0\end{bmatrix} \to \begin{bmatrix}0.1 & 0 & 0\\ 0 & 0.2 & 0\\ 0 & 0 & 0.2\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}0.5\\ -0.5\\ -0.1\end{bmatrix} =$$

$$P_2 = 0.5,\quad P_3 = -0.5,\quad Q_3 = -0.1$$

$$\to \boxed{\begin{bmatrix}0.05\\ -0.1\\ -0.02\end{bmatrix}}$$

$$\Delta\delta_2^{(1)} = 0.05$$
$$\Delta\delta_3^{(1)} = -0.1$$
$$\Delta|V_3|^{(1)} = -0.02$$

مرحله‌ی ۷ : جواب پایانی :

$$\delta_2^{(1)} = \delta_2^{(0)} + \Delta\delta_2^{(1)} = 0 + 0.05 = \boxed{0.05\ \text{rad}}$$

$$\delta_3^{(1)} = \delta_3^{(0)} + \Delta\delta_3^{(1)} = 0 + (-0.1) = \boxed{-0.1\ \text{rad}}$$

$$|V_3|^{(1)} = |V_3|^{(0)} + \Delta|V_3|^{(1)} = 1 + (-0.02) = \boxed{0.98\ \text{pu}}$$

- پخش بار DC : در این پخش بار فرض می‌شود که ولتاژ همه‌ی باس‌ها ۱ می‌باشد ، و چون زاویه‌ها مقادیر کوچکی می‌باشند ($\sin\delta = \delta$) است و همچنین همه‌ی خطوط بدون تلفات می‌باشد . در این حالت توان انتقالی

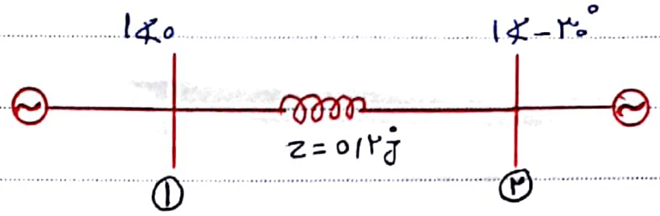
بین خطوط از رابطه‌ی زیر یافت می‌شود:

$$P_{ik} = \frac{\cancel{|V_i|}^{1}\,\cancel{|V_k|}^{1}}{x_{ik}} \sin(\delta_i - \delta_k) \to \frac{1}{x_{ik}}(\delta_i - \delta_k) \to \left(\frac{\delta_i - \delta_k}{x_{ik}}\right)$$

* درصورتی که برحسب رادیان باشد .

Subject: 31
Year: Month: Date:

مثال: در شکل زیر توان انتقالی از خط با محاسبه‌ی پخش بار DC چقدر است؟



جواب)

$$P_{12}=\frac{(\delta_1-\delta_2)\times\frac{\pi}{180}}{x_{12}}=\frac{(0-(-30))\times\frac{\pi}{180}}{0/2}\rightarrow\frac{30\times\frac{\pi}{180}}{0/2}=\boxed{2/66\ pu}$$

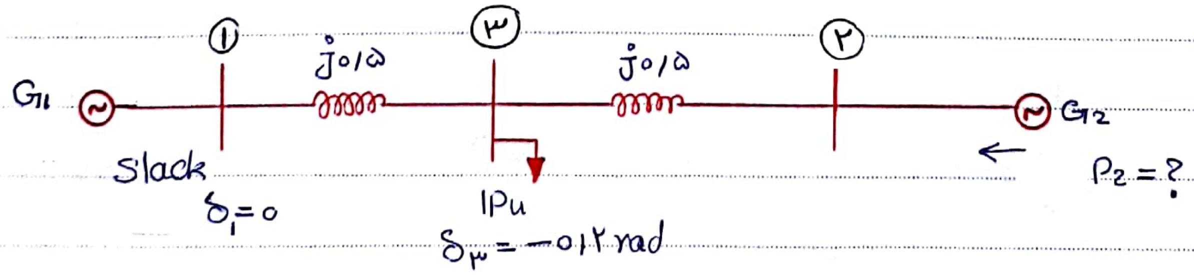
جلسه ۷:

- پخش بار DC در یک شبکه‌ی n باس: در این حالت با استفاده از فرمول زیر پخش بار DC را انجام می‌دهیم:

* B': ماتریس بدون باس اسلک (Slack) است.

$$\begin{bmatrix}\delta_2\\ \delta_3\\ \vdots\\ \delta_n\end{bmatrix}=-\begin{bmatrix}B'\end{bmatrix}^{-1}\times\begin{bmatrix}P_2\\ P_3\\ \vdots\\ P_n\end{bmatrix}$$

مثال: در شکل زیر توان اکتیو تولیدی ژنراتور ۲ چقدر است؟



جواب)

$$Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j۲ & ۰ & j۲ \\ ۰ & -j۲ & j۲ \\ j۲ & j۲ & -j٤ \end{bmatrix} \rightarrow B' = \begin{bmatrix} -۲ & ۲ \\ ۲ & -٤ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} -۲ & ۲ \\ ۲ & -٤ \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = -\frac{1}{۸-٤} \times \begin{bmatrix} -٤ & -۲ \\ -۲ & -۲ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_{g3}-P_{L3}=-1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = -\frac{1}{٤} \begin{bmatrix} -٤ & -۲ \\ -۲ & -۲ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & ۰/۵ \\ ۰/۵ & ۰/۵ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ -1 \end{bmatrix}$$

دو معادله

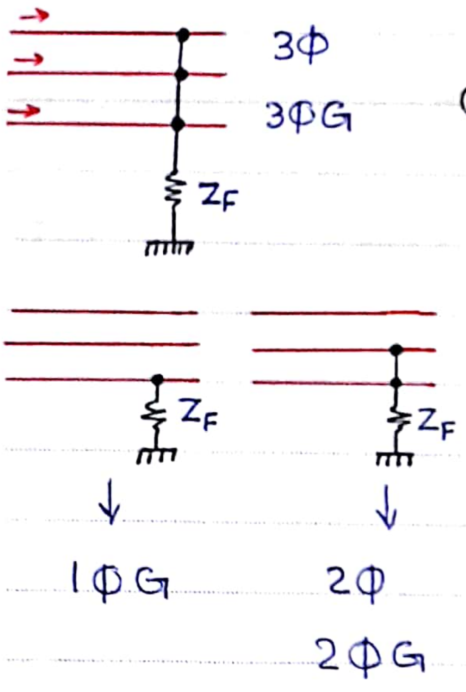
$$\begin{cases} \delta_۲ = P_2 - ۰/۵ \\ \delta_۳ = ۰/۵P_۲ - ۰/۵ \rightarrow -۰/۲ = ۰/۵P_۲ - ۰/۵ \rightarrow ۰/۵P_2 = ۰/۵ - ۰/۲ \end{cases}$$

$$۰/۵P_2 = ۰/۳ \rightarrow P_2 = \frac{۰/۳}{۰/۵} = \boxed{۰/۶ \ Pu}$$

$$\delta_۲ \Rightarrow P_2 - ۰/۵ \rightarrow ۰/۶ - ۰/۵ = \boxed{۰/۱ \ rad}$$

Subject: 33
Year: Month: Date:

(فصل سه) (اتصال کوتاه)



اتصال کوتاه:
1. اتصال کوتاه متقارن: سه فاز – سه فاز با زمین
2. اتصال کوتاه نامتقارن: ٪۹۰

Z_F:
1. بدون واسطه $Z_F = 0$
2. با واسطه $Z_F \neq 0$

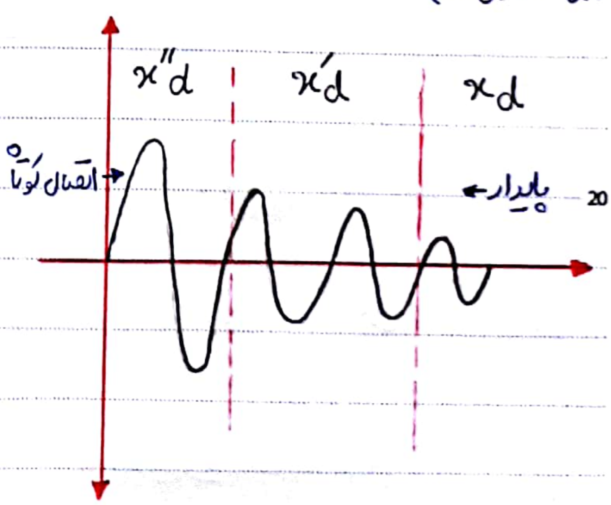
- نکته: در حین اتصال کوتاه راکتانس ژنراتور با گذشت زمان تغییر می‌کند یعنی در ابتدا راکتانس عدد کوچکی است

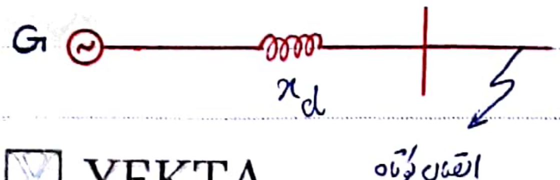
(x''_d) در نتیجه جریان عبوری بسیار زیاد است و سپس راکتانس افزایش می‌یابد و جریان عبوری کاهش می‌یابد

(x_d و x'_d)

$x''_d < x'_d < x_d$

x''_d	x'_d	x_d
راکتانس زیرگذرا	راکتانس گذرا	راکتانس دائمی
(حالت اتصال کوتاه)	(حالت پایداری)	(حالت پیش بار)





- راه حل کلی مسائل اتصال کوتاه متقارن: ① تونن ② از طریق ماتریس Z_{Bus}

الگوریتم اتصال کوتاه متقارن با روش تونن:

- مرحله‌ی ①: بدست آوردن ولتاژ شینه‌ی اتصالی شده (با محاسبات پخش بار) $(V_k^{(0)})$

- مرحله‌ی ②: بدست آوردن جریان اتصالی در باس اتصالی شده از طریق فرمول زیر:

$$I_k(F) = \frac{V_k^{(0)}}{Z_{th}+Z_F}$$

(امپدانس تونن از دید باس k)

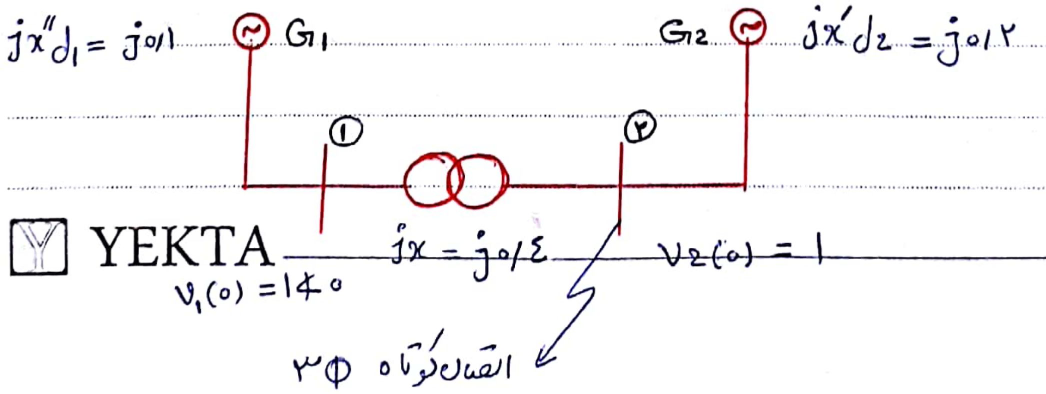
- مرحله‌ی ③: سهم هر ژنراتور را در جریان اتصالی بیابید. (با استفاده از قانون تقسیم جریان)

- مرحله‌ی ④: افت ولتاژ را بدست می‌آوریم. (ΔV_i)

- مرحله‌ی ⑤: بدست آوردن ولتاژ باس های دیگر حین اتصالی از طریق فرمول زیر:

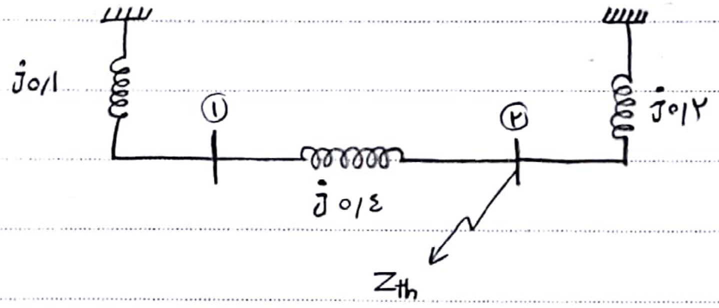
$$V_i(F) = V_i(0) + \Delta V_i$$

مثال: در شکل زیر در باس ۲ یک اتصال کوتاه سه فاز بدون واسطه رخ می‌دهد. ولتاژ باس های اتصالی را بیابید:



جواب

- مرحله ی ①

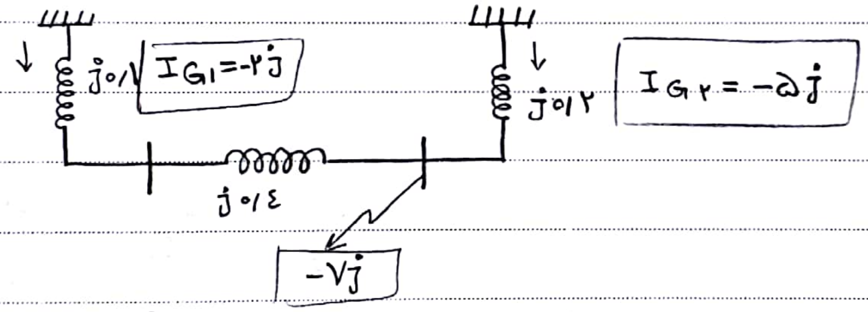


- مرحله ی ②:

$$Z_{th} = j0/5 \parallel j0/2 = \frac{j0/5 \times j0/2}{j0/5 + j0/2} = \frac{-0/1}{j0/7} = j\,\frac{0/1}{0/7} \rightarrow \frac{j}{7}$$

$$I_k(F) = I_2(F) = \frac{V_2(0)}{Z_{th}} \rightarrow \frac{1\angle 0}{\frac{j}{7}} \rightarrow \frac{7}{j} = \boxed{-7j\ Pu}$$

- مرحله ی ③: بدست آوردن جریان از رابطه تقسیم جریان:



$$I_{G2} = \frac{j0/5}{j0/2 + j0/4} \times -7j = \frac{j0/5}{\cancel{j0/7}} \times \cancel{-7j} = -5j$$

$$I_{G1} = -2j$$

- مرحله ی ④:

$$\begin{cases} \Delta v_1 = 0 - \underbrace{(-2j) \times j0/1}_{-1} = 0 - 0/2 \rightarrow \boxed{-0/2} \\ \Delta v_2 = 0 - \underbrace{(-5j) \times j0/2}_{-1} = 0 - 1 = \boxed{-1} \end{cases}$$

Subject: ۳۶

Year: Month: Date:

- مرحله‌ی ⑤:

$$\begin{cases} V_1(F) = V_1(0) + \Delta V_1 = 1 + (-0/2) = \boxed{0/8\ Pu} \\ V_2(F) = V_2(0) + \Delta V_2 = 1 + (-1) = \boxed{0} \end{cases}$$

- جلسه‌ی ⑧:

حل مسائل اتصال کوتاه سه فاز از طریق (Z_{BUS}): $Z_{BUS} = Y_{BUS}^{-1}$

الگوریتم روش Z_{BUS}:

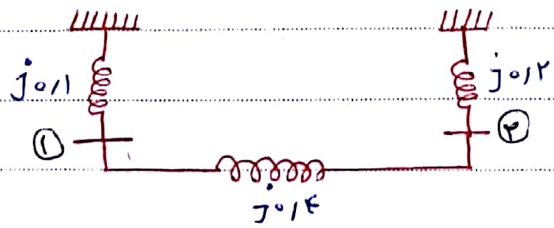
۱- Z_{BUS} را بیابیم $(Z_{BUS} = Y_{BUS}^{-1})$

۲- $I_{k(F)} = \dfrac{V_k(0)}{Z_{kk} + Z_F}$

۳- $\Delta V_i = -Z_{ik} \cdot I_{k(F)}$

۴- $V_i(F) = V_i(0) + \Delta V_i$

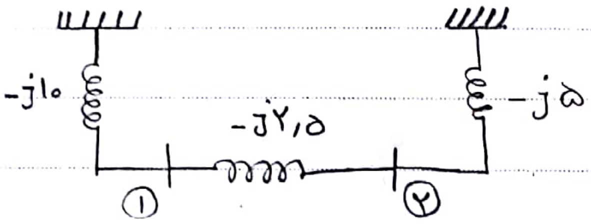
مثال: مسئله‌ی قبل را به روش Z_{BUS} حل کنید:



YEKTA

Scanned by CamScanner

حل : مرحله‌ی ۱ — مدل ادمیتانسی



$$Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j12.5 & j2.5 \\ j2.5 & -j7.5 \end{bmatrix}$$

$$Y_{Bus} = \begin{bmatrix} -j12.5 & j2.5 \\ j2.5 & -j7.5 \end{bmatrix} \rightarrow Z_{Bus} = \frac{1}{-12.5 \times 7.5 + 2.5^2} \begin{bmatrix} -j7.5 & -j2.5 \\ -j2.5 & -j12.5 \end{bmatrix}$$

$Z_{th} = Z_{11}$

$$= \frac{1}{-87.5} \times \begin{bmatrix} -j7.5 & -j2.5 \\ -j2.5 & -j12.5 \end{bmatrix} \rightarrow Z_{Bus} = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & j0.08571 & j0.02875 \\ 2 & j0.02875 & j0.1428 \end{array}$$

$Z_{th} = Z_{22}$

* عناصر روی قطر اصلی (Z_{Bus}) امپدانس‌های تونن از دید باس می‌باشند.

مرحله‌ی ۲ـ

$$I_k(F) = \frac{V_k(0)}{Z_{22}} = \frac{1}{0.1428} = \boxed{-j7}$$

مرحله‌ی ۳ـ

$$\Delta V_i = -Z_{ik} \, I_k(F)$$

$$\begin{cases} \Delta V_1 = -Z_{12} \times I_2(F) = -j0.2857 \times -j7 = \boxed{-0.2 \, pu} \\ \Delta V_2 = -Z_{22} \times I_2(F) = -j0.1428 \times -j7 = \boxed{-1 \, pu} \end{cases}$$

مرحله ۴ـ $V_i(F) = V_i(0) + \Delta V_i$

$$\begin{cases} V_1(F) = V_1(0) + \Delta V_1 = 1\angle 0 - 0/2 = \boxed{0/8} \\ V_2(F) = V_2(0) + \Delta V_2 = 1\angle 0 - 1 = \boxed{0 pu} \end{cases}$$

مثال: ماتریس امپدانس یک شبکه قدرت سه باسه بصورت زیر است. نتایج پخش بار شبکه به صورت: $V_1 = 1/05 \angle 10^\circ$ و $V_2 = 0/95 \angle 0$ و $V_3 = 1\angle 5^\circ$ است. بعد از اتصالی در باس ۲ (بدون واسطه) ولتاژ باس ۱ را بدست آورید:

$$Z_{Bus} = \begin{bmatrix} j0/2 & j0/15 & j0/1 \\ j0/15 & j0/3 & j0/15 \\ j0/1 & j0/15 & j0/25 \end{bmatrix}$$

حل از مرحله ی ۲ شروع می شود. چون Z_{Bus} داده شده است.

مرحله ۲: $I_K(F) = \dfrac{V_K(0)}{Z_{KK} + \cancel{Z_F}^{\to 0}} = I_2(F) = \dfrac{V_2(0)}{j0/3} = \dfrac{0/95}{j0/3} = \boxed{j3/16 pu}$

مرحله‌ی ۳:

$\Delta V_i = -Z_{ik} \quad I_k(F)$

$\Delta V_1 = -Z_{12} \times I_2(F)$

$\Delta V_1 = j0/15 \times -j3/16 \rightarrow \boxed{\Delta V_1 = -0/474 \, pu}$

مرحله‌ی ۴:

$V_1(F) = V_1(0) + \Delta V_1 \rightarrow V_1(F) = 1/05 \angle 10^\circ - 0/474$

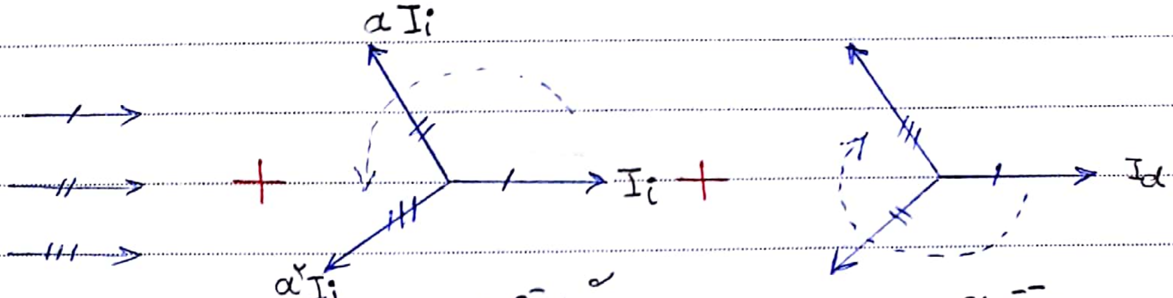
$V_1(F) = \boxed{0/8854 \angle 11/88^\circ}$

– تبدیل فورتسکیو: براساس این تبدیل می‌توان سیستم‌های سه فاز نامتقارن را به سه سیستم متقارن تبدیل نمود. که به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_0 \\ I_i \\ I_d \end{bmatrix} \begin{array}{l} \rightarrow \text{مؤلفه صفر (هموپلر)} \\ \rightarrow \text{مؤلفه اینورس (منفی)} - \\ \rightarrow \text{مؤلفه دایرکت (مثبت)} + \end{array}$$

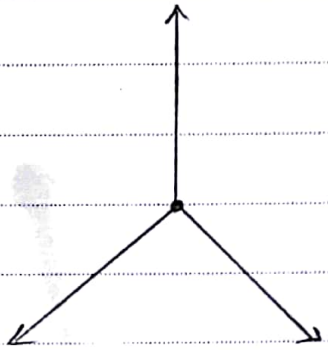
$a = 1 \angle 120^\circ$

$$= \begin{bmatrix} I_0 \\ I_0 \\ I_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_i \\ a I_i \\ a^2 I_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_d \\ a^2 I_d \\ a^2 I_d \end{bmatrix}$$



چپگرد متقارن　　　　متقارن

سیستم سه فاز نامتقارن:

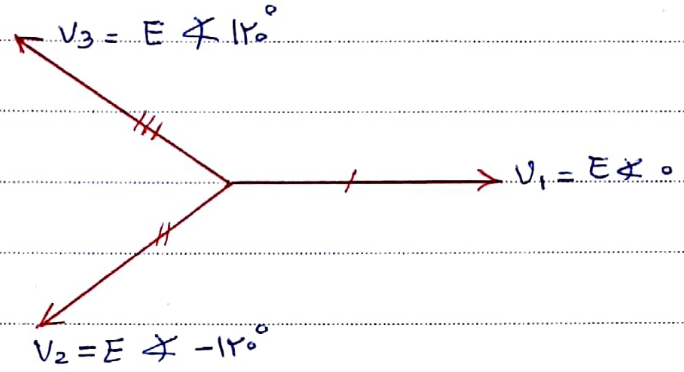


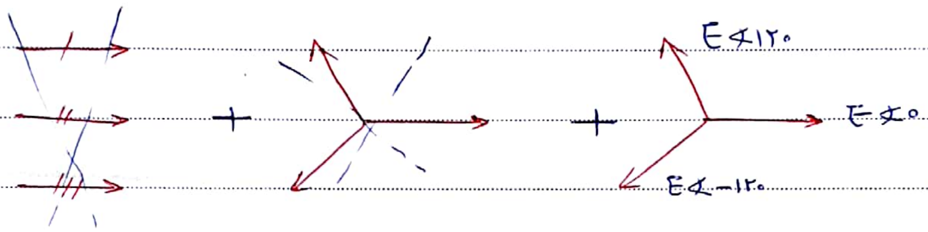
$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_i \\ I_d \end{bmatrix} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

جلسه‌ی ۹:

توضیح: ① در مدارهای قبلی که در بخش بار استفاده می‌شد، ما سیستم سه فاز را توسط یک نمودار تک خطی مدل کرده و حل می‌کردیم (یک فاز را تحلیل می‌کردیم). اما اگر سیستم نامتقارن شود، مانند حالات اتصال کوتاه) لازم است همان نمودار تک خطی هم به سه مؤلفه‌ی (۰) و (i) و (d) تبدیل شده و تحلیل شود.

مثال: در شکل زیر مؤلفه‌های (o) و (i) و (d) را بدست آورید:



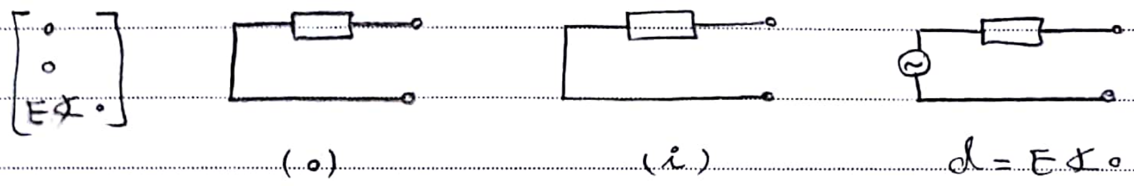


- راه حل طولانی:

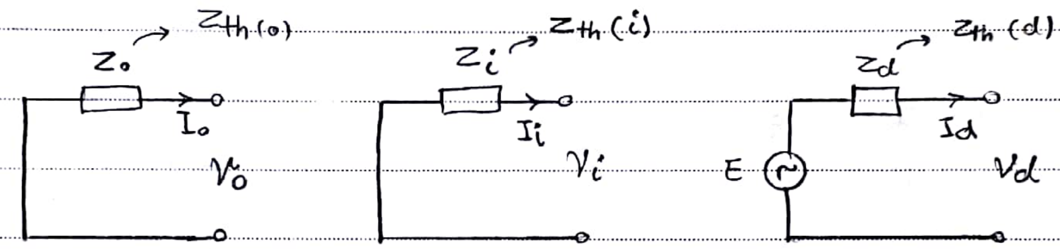
$$\begin{bmatrix}V_o\\V_i\\V_d\end{bmatrix}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}1&1&1\\1&a^2&a\\1&a&a^2\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}V_1\\V_2\\V_3\end{bmatrix}$$

توضیح مسئله ۲: اگر ولتاژها (جریان‌ها) متقارن باشند یکی از مؤلفه‌ها برابر ولتاژها (جریان‌ها) فازی است. مثلاً در این شکل که ولتاژها راست‌گرد هستند، مؤلفه‌ی d برابر ولتاژهای فازی است. و دو مؤلفه‌ی دیگر صفر می‌شود. اگر ولتاژها چپ‌گرد بودند مؤلفه‌ی i برابر ولتاژهای فازی بود و دو مؤلفه‌ی دیگر صفر می‌شدند.

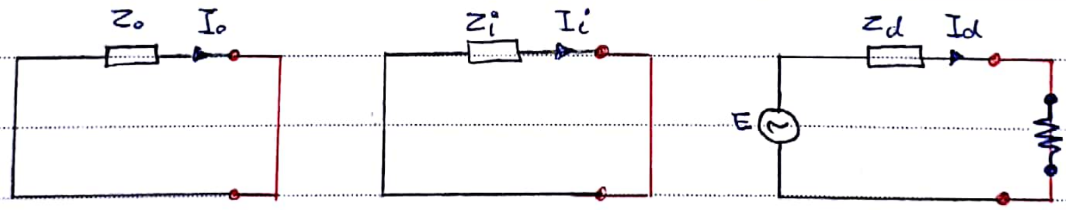
نکته: * ولتاژ اولیه در مثال‌های اتصال کوتاه را، راست‌گرد می‌گیریم *

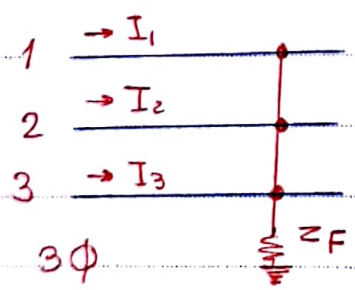


توضیح ۳: برای حل مثال‌های اتصال کوتاه ابتدا مدار تونن مدار را در مؤلفه‌های (صفر) و (i) و (d) می‌یابیم. (فقط مؤلفه‌ی (d) منبع ولتاژ دارد.) و با توجه به اتصالی رخ داده این سه مدار را با هم ارتباط می‌دهیم.



الف) اتصال سه فاز:





بدون واسطه: $I_d = \frac{E}{Z_d}$

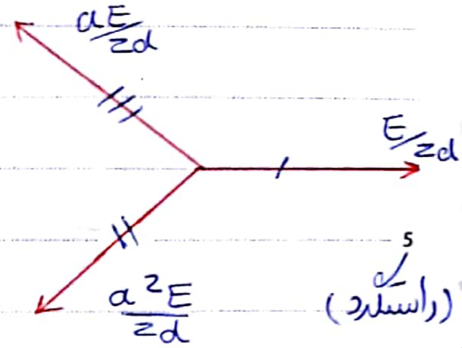
با واسطه: $I_d = \frac{E}{Z_d + Z_F}$

Subject: 43

Year: Month: Date:

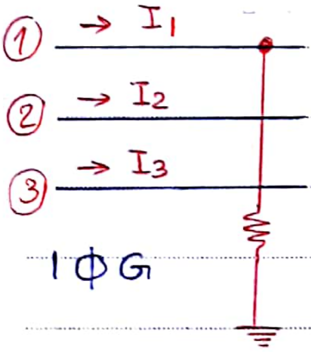
$V_1 , V_2 , V_3 = 0 \qquad V_0 , V_i , V_d = 0$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ E/z_d \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} E/z_d \\ \frac{a^2 E}{z_d} \\ \frac{aE}{z_d} \end{bmatrix}$$



- توضیح: در اتصال کوتاه سه فاز حتی بعد از اتصالی هم جریان‌ها متقارن می‌باشد و اگر ولتاژ قبل از اتصالی راستگرد باشد، جریان اتصالی راستگرد خواهد بود.

۲) اتصالی تک فاز با زمین:



$$\begin{cases} V_1 = 0 \to V_0 + V_i + V_d = 0 \\ I_2 , I_3 = 0 \to I_0 + aI_i + a^2 I_d = \end{cases}$$

$(I_i = I_d) \quad I_0 + a^2 I_i + aI_d = 0$

$I_0 + a^2 I_d + aI_d = 0$

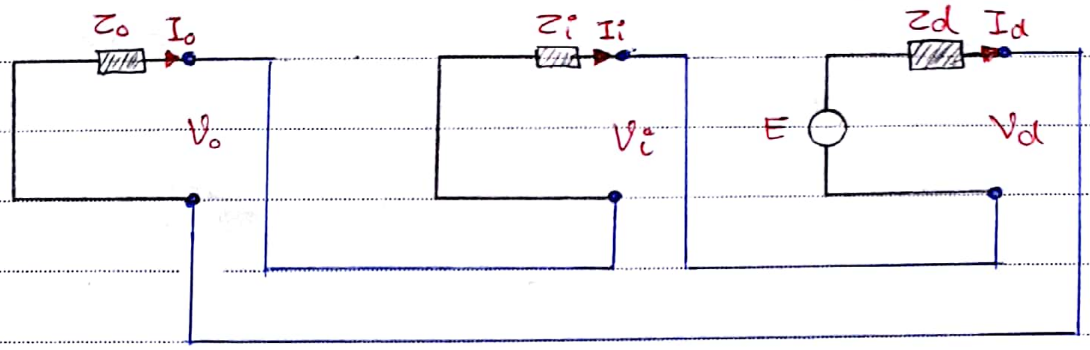
$I_0 + I_d = 0 \; (\underbrace{a + a^2}_{(-1)}) = 0$

$I_0 - I_d = 0 \to \boxed{I_0 = I_d}$

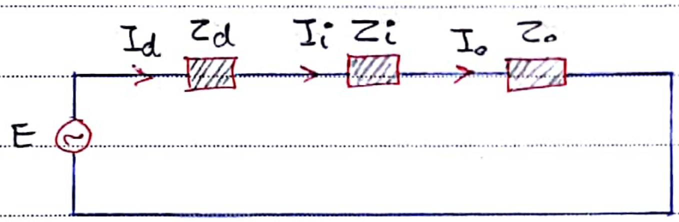
$(1),(2) \to \boxed{I_0 = I_i = I_d}$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_i \\ V_d \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_i \\ I_d \end{bmatrix}$$



(سری)



$$I_d = \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_0}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \frac{E}{Z_0 + Z_d + Z_i} \\ \frac{E}{Z_0 + Z_d + Z_i} \\ \frac{E}{Z_0 + Z_d + Z_i} \end{bmatrix}$$

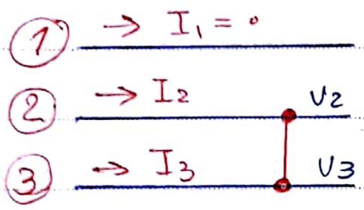
$$I_1 = \frac{3E}{Z_0 + Z_i + Z_d}$$

توضیح: در اتصال کوتاه تک فاز با زمین باید مدار معادل های توالی مؤلفه های (0) و (i) و (d) با یکدیگر سری شوند؛ جریان اتصالی فاز 1 برابر است با سه برابر مؤلفه‌ی مستقیم جریان اتصالی.

جلسه‌ی ۹ام:

۳) اتصالی دوفاز (خط به خط):

Subject: 45/
Year: Month: Date:



$I_1 = 0 \rightarrow I_0 + I_i + I_d = 0$

$V_2 = V_3 \rightarrow \cancel{V_0} + aV_i + a^2V_d = \cancel{V_0} + a^2V_i + aV_d$

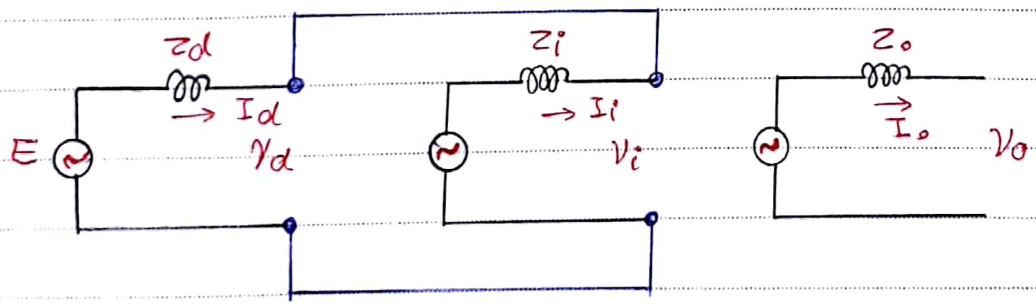
$$\boxed{V_i = V_d}$$

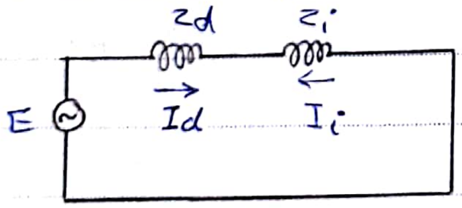
$I_2 + I_3 = 0 \rightarrow I_0 + aI_i + a^2I_d + I_0 + a^2I_i + aI_d = 0$

$$2I_0 + (a+a^2)I_i + (a^2+a)I_d = 0$$

$$2I_0 - I_i - I_d = 0$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_i \\ I_d \end{bmatrix}$$





$I_d = -I_i - \frac{E}{Z_i + Z_d}$

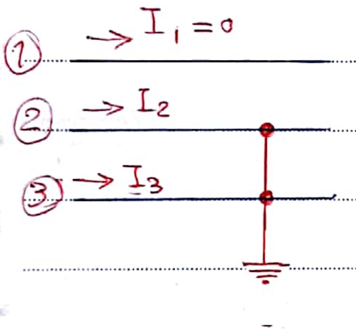
YEKTA

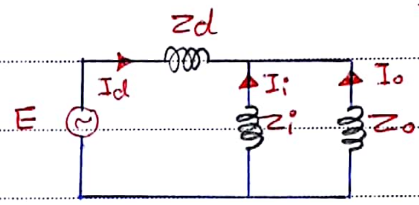
Subject: 46
Year: Month: Date:

$$I_2 = -I_3 = j\sqrt{3}\, I_d$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -\dfrac{E}{Z_i + Z_d} \\ \dfrac{E}{Z_i + Z_d} \end{bmatrix}$$

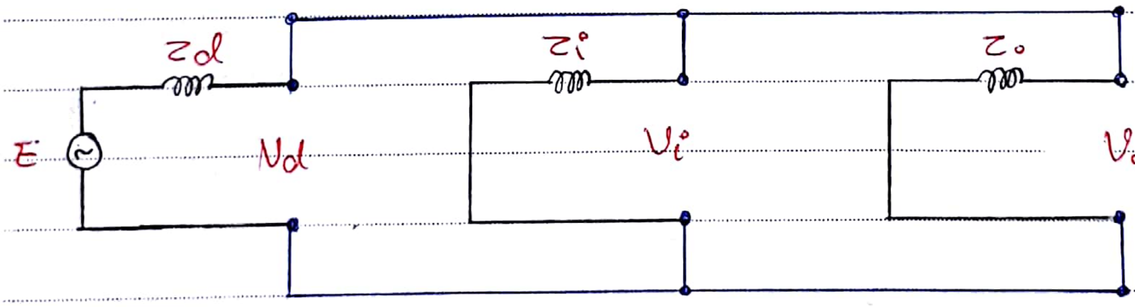
۴) اتصالی دو فاز به زمین :





مدار معادل دو فاز به زمین $2\Phi G$

$$V_i = V_d = V_0$$

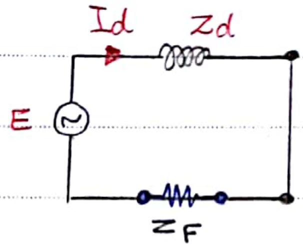


$$I_d = \frac{E}{Z_d + (Z_i \parallel Z_0)}$$

$I_0 =$ قانون تقسیم جریان

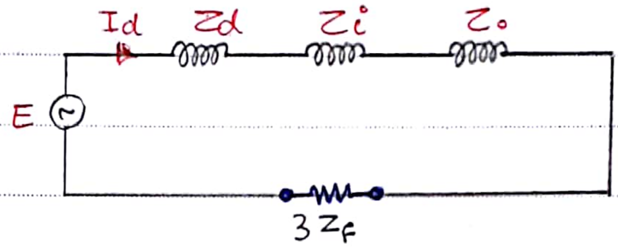
$$I_1 = 3 I_0$$

3φ , 3φG



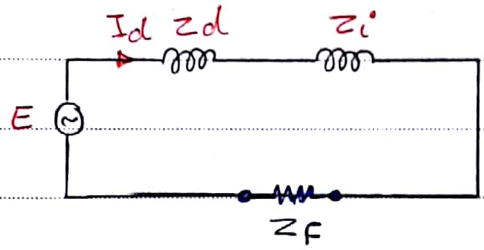
$I_i = I_d$

1φG



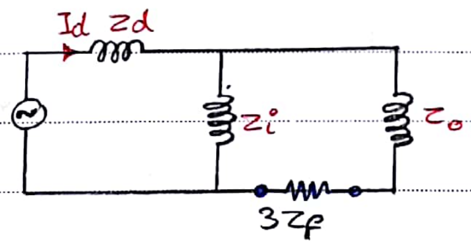
$I_i = 3 I_0$

2φ



$I_2 = +j\sqrt{3} I_d$

2φG

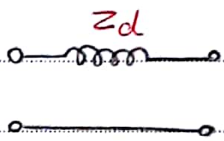


$I_1 = 3 I_0$

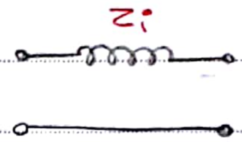
- نتیجه‌گیری: با توجه به مدارات کشیده شده می‌توان به صورت کلی مدارهای معادل را به صورت بالا رسم نمود، و از فرمول های نوشته شده جریان های خطا در فاز یا فازهای اتصالی را یافت.

- مدار معادل های (۰) و (i) و (d)، عناصر مختلف مداری:

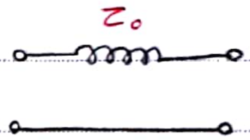
① امپدانس سری:



مدار معادل (d)

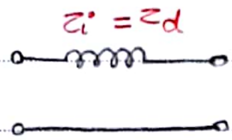


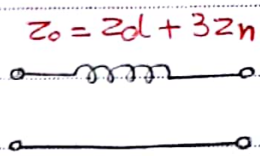
مدار معادل (i)



مدار معادل (o)

② خط انتقال کوتاه:





$$Z_d = 2\times10^{-7}\ln\left(\frac{GMD}{GMR}\right) \times 2\pi f$$

مدار معادل (d)

مدار معادل (i)

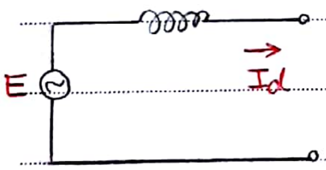
$$3Z_n = 2\times10^{-7}\ln\left(\frac{GMD_H}{GMR_H}\right)$$

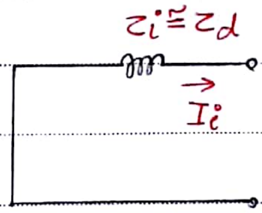
Z_n = امپدانس نسبت به زمین

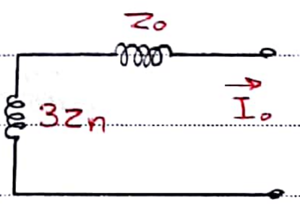
مدار معادل (o)

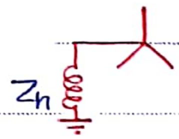
③ ژنراتور سنکرون:

$Z_d = x_d$ یا x_d' یا x_d''







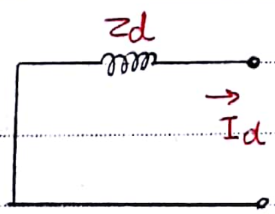


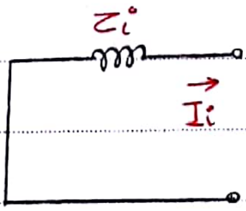
مدار معادل (d)

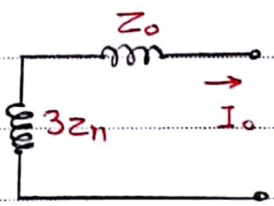
مدار معادل (i)

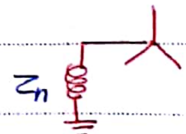
مدار معادل (o)

④ موتور آسنکرون:







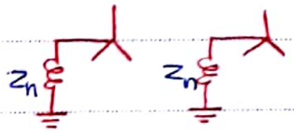


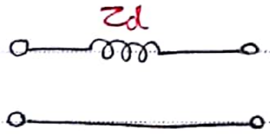
مدار معادل (i)

مدار معادل (o)

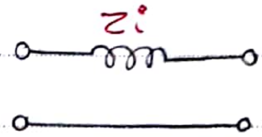
مدار معادل (d)

⑤ ستاره زمین شده:

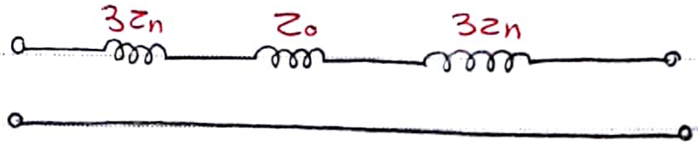




مدار معادل (d)

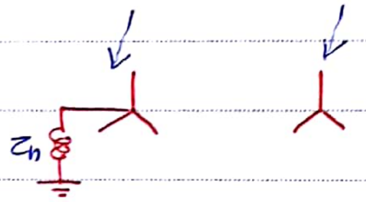


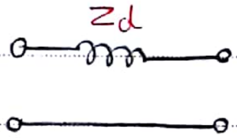
مدار معادل (i)



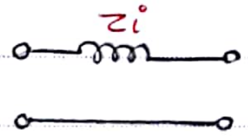
مدار معادل (0)

⑥ ستاره باز و ستاره بسته:

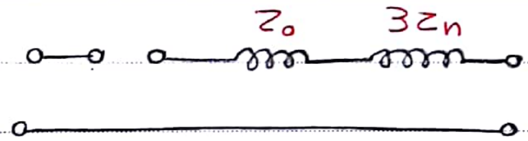




مدار معادل (d)

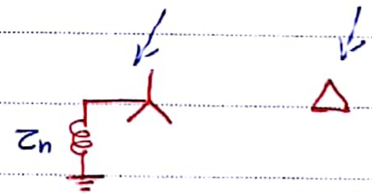


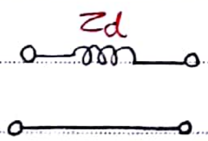
مدار معادل (i)



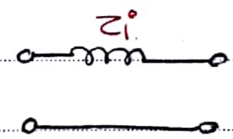
مدار معادل (0)

⑦ مثلث باز و ستاره بسته:

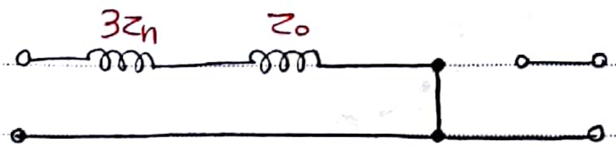




مدار معادل (d)

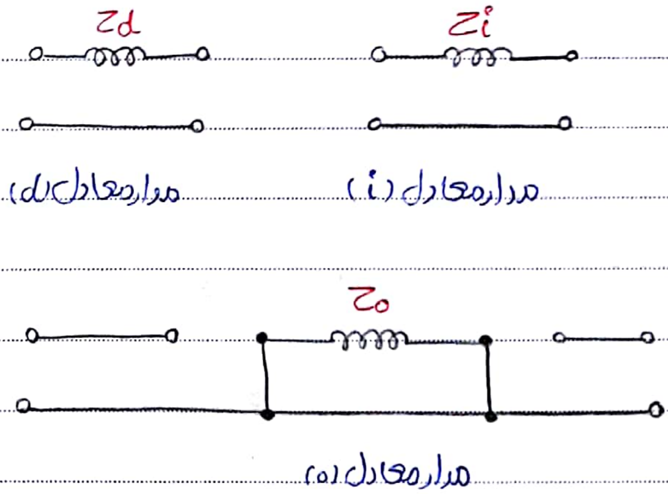


مدار معادل i

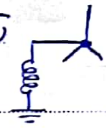


مدار معادل (0)

۸) مثلث باز و مثلث باز:



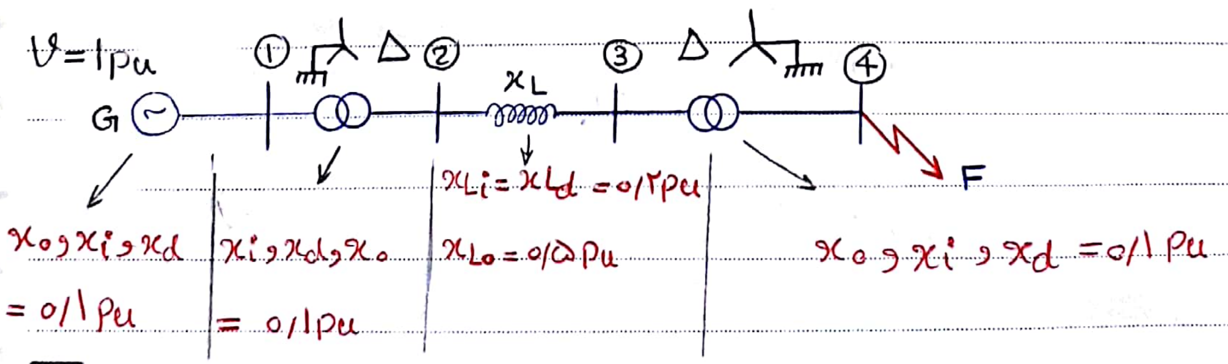
- نکته: در مدار معادل (0) یا (همولپر) تبدیل به مدار باز و Δ تبدیل به اتصال به خط مرجع و

 تبدیل به $3Z_n$ می‌شود.

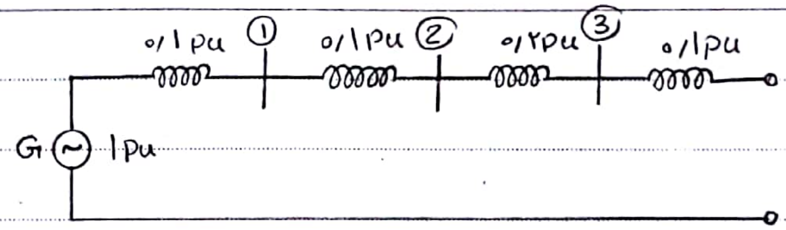
- جلسه‌ی ۱۱:

مثال: (دکتری ۹۷) اگر در شبکه‌ی زیر در نقطه F اتصالی کوتاه رخ دهد، مقدار جریان اتصال کوتاه را

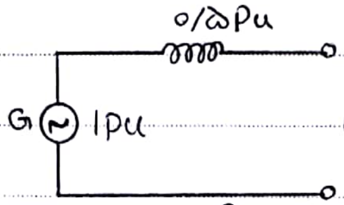
در شرایط زیر بیابید:



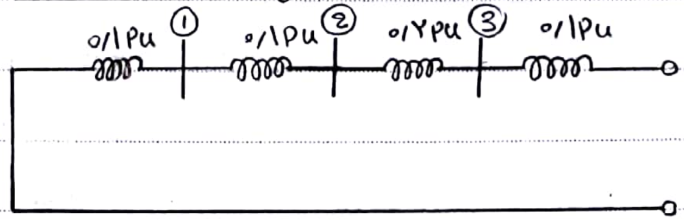
مدار معادل (d) ⇒



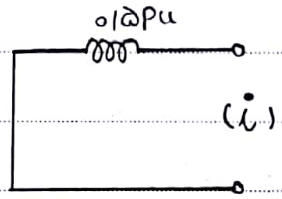
ساده شده ی مدار معادل (d) ⇒



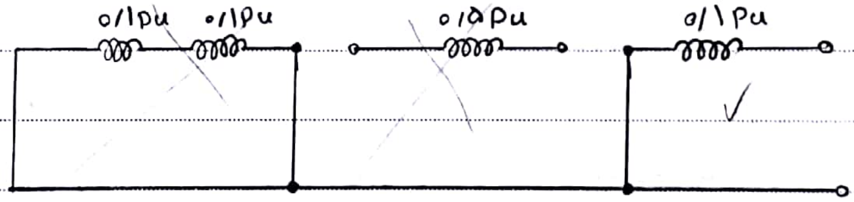
مدار معادل (i) ⇒



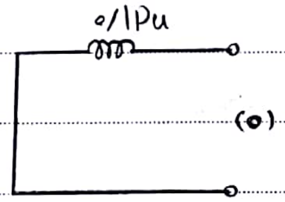
ساده شده ی مدار معادل (i) ⇒



مدار معادل (0) ⇒



ساده شده ی مدار معادل (0)

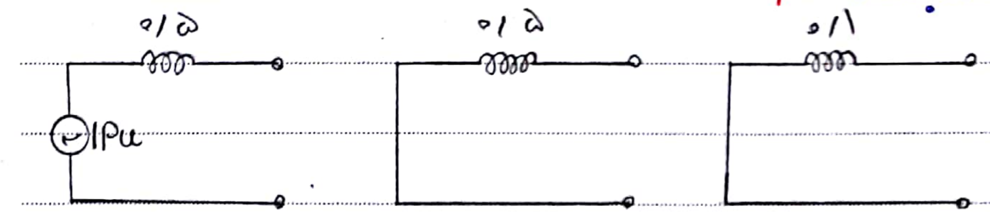


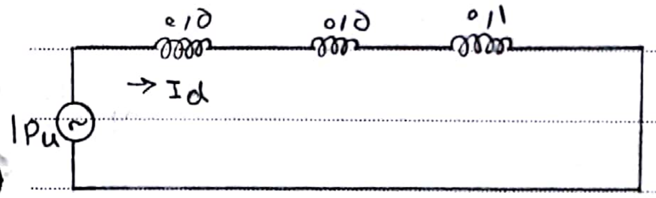
نکته: اگر ترانس ستاره مثلث باشد، قبل از اتصال مثلث را به زمین وصل می کنیم و اگر مثلث ستاره باشد، بعد از مثلث را به زمین وصل می کنیم.

Subject: 52

Year: Month: Date:

الف) اگر اتصال کوتاه تک فاز باشد: 1Φ

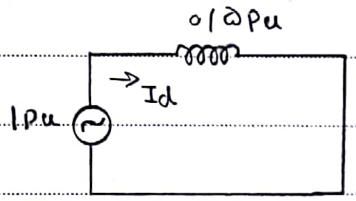




$$I_d=\frac{1}{0/5+0/5+0/1}=\boxed{0/9pu}$$

$$I_{sc}=3I_d \rightarrow 3\times 0/9=\boxed{2/7pu}$$

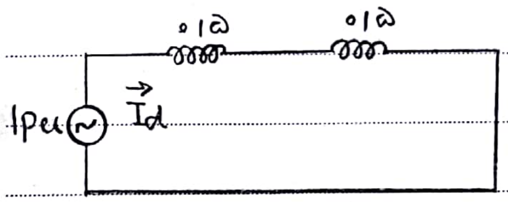
ب) اتصال کوتاه سه فاز: 3Φ



$$I_d=\frac{1}{0/5}=\boxed{2pu}$$

$$I_{sc}=I_d=\boxed{2pu}$$

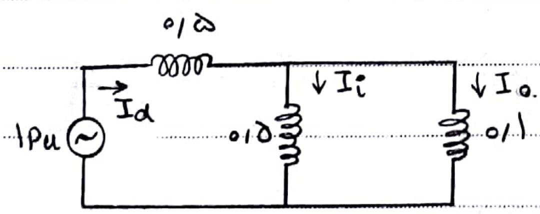
ج) اتصال خط به خط یا 2Φ:



$$I_d=\frac{1}{0/5+0/5}=1pu$$

$$I_{sc}=\sqrt{3}\,I_d=\sqrt{3}\times 1=\boxed{\sqrt{3}\,pu}$$

د) اتصال دو فاز به زمین: 2ΦG



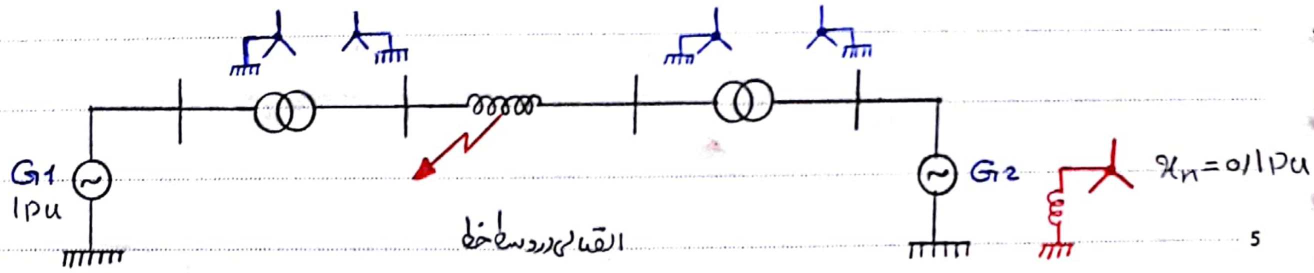
$$I_d=\frac{1}{0/5+(0/5\|0/1)}=\frac{1}{0/5+0/083}=\boxed{1/715pu}$$

$$I_0=\frac{0/5}{0/5+0/1}\times I_d=\boxed{1/43pu}$$

$$I_{sc}=3I_0=3\times 1/43=\boxed{4/29pu}$$

Subject: 53/
Year: Month: Date:

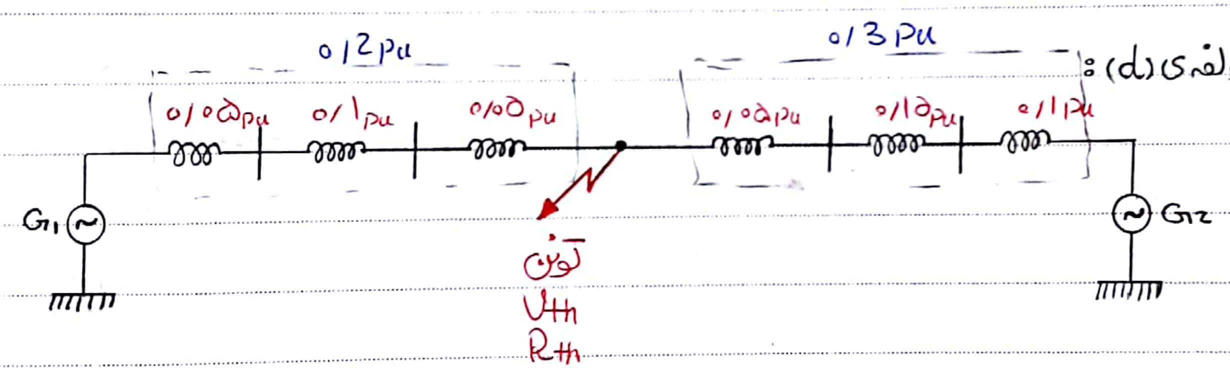
مثال: در شکل زیر اگر اتصالی تک فاز به زمین رخ دهد، مقدار جریان اتصال کوتاه را حساب کنید:



$x_d = 0.05pu$	x_0 و x_i	$x_d = x_i = 0.1pu$	x_0 و x_i	$x_d = 0.1pu$
$x_i = 0.1pu$	و x_d =		و x_d =	$x_i = 0.15pu$
$x_0 = 0.05pu$	$0.1pu$	$x_0 = 0.3pu$	$0.15pu$	$x_0 = 0.05pu$

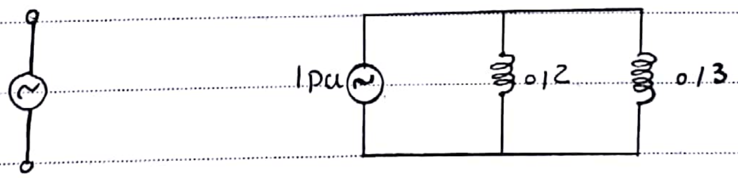
حل مثال:

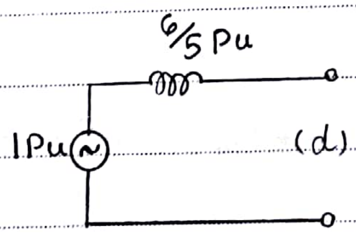
مؤلفه‌ی (d):



$V_{th} = V_d = 1pu$

ولتاژ مدار باز

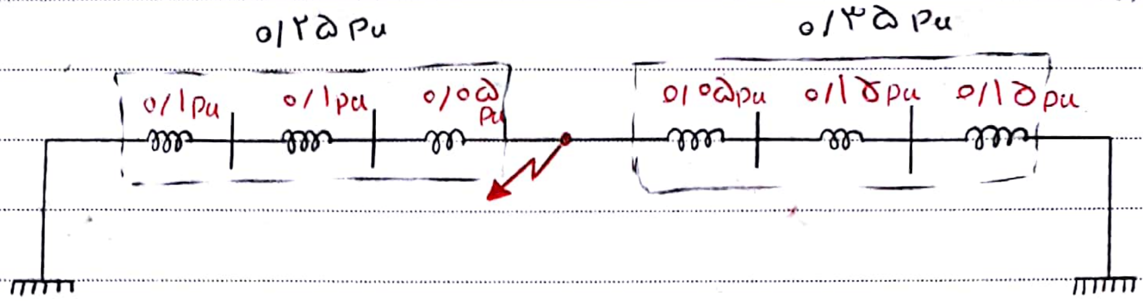




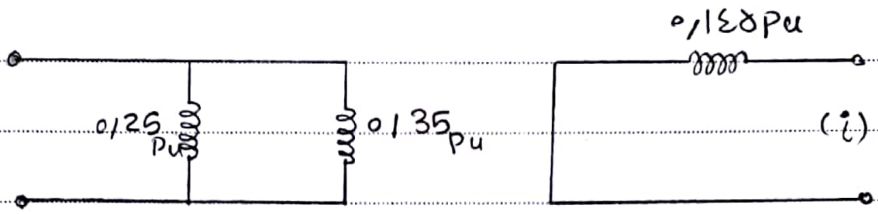
مدار معادل مؤلفه‌ی (d) ←

Subject : 54/
Year : Month : Date :

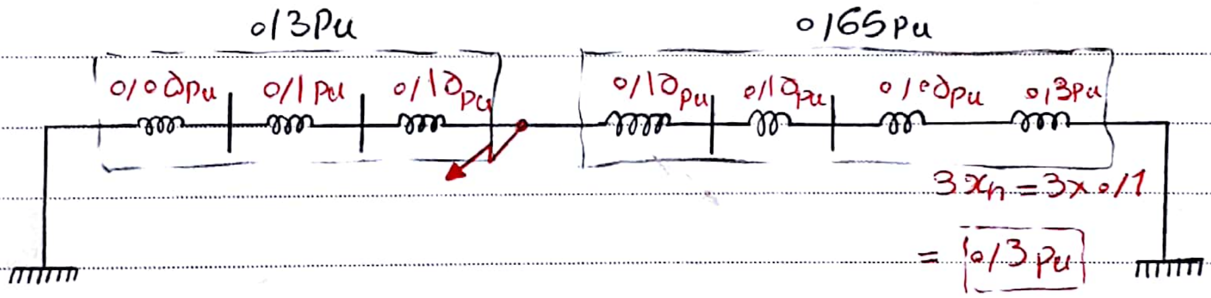
مؤلفه‌ی (i) :



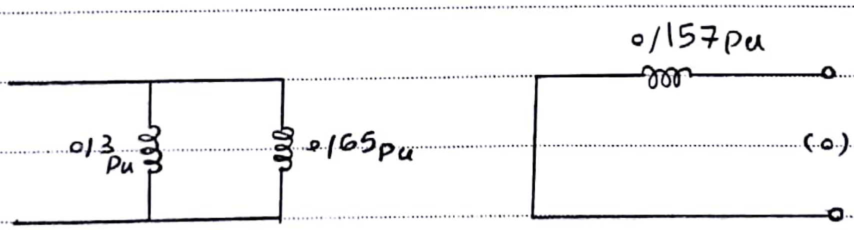
مدار معادل (i)



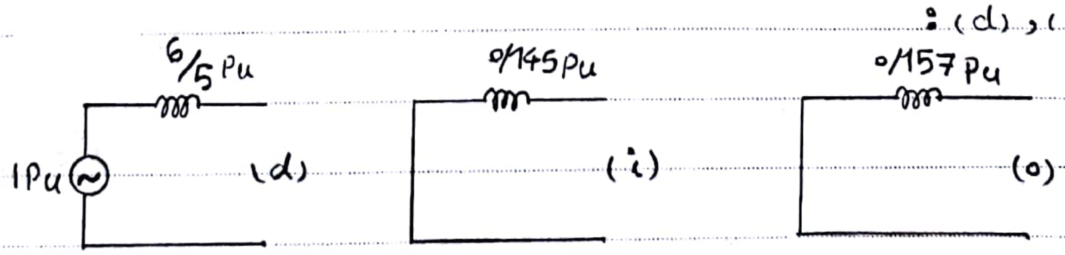
مؤلفه‌ی (o) :



مدار معادل مؤلفه‌ی (o)

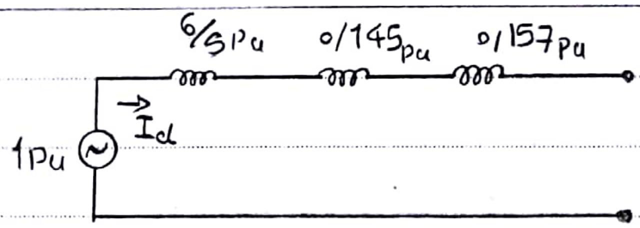


سه مؤلفه‌ی (o) و (i) و (d) :



Subject: 55/

Year: Month: Date:

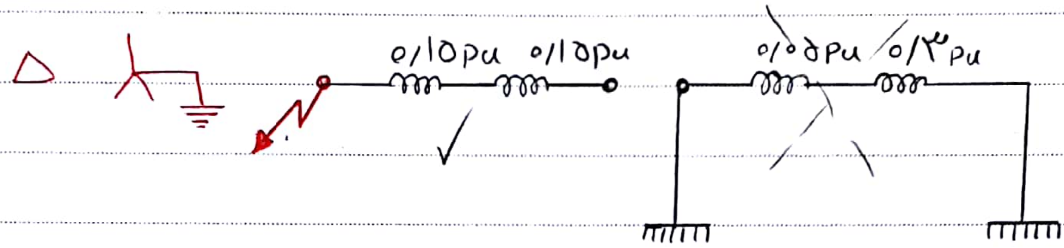


$$I_d = \frac{1}{\frac{6}{5} + 0/145 + 0/157} = \boxed{0/66\,pu}$$

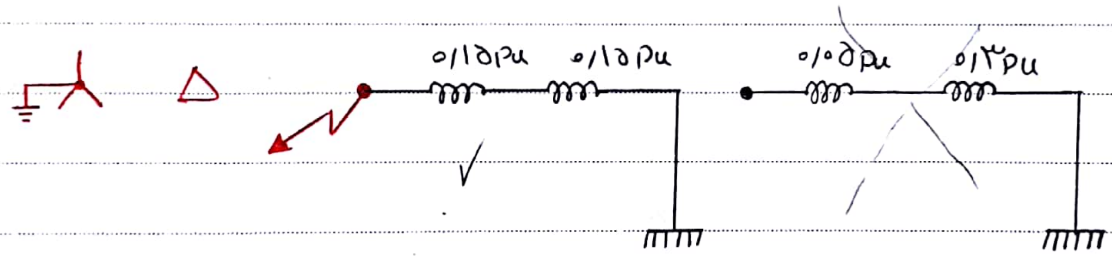
$$I_{sc} = 3I_d = 3 \times 0/66 = \boxed{1/98\,pu}$$

5/

نکته



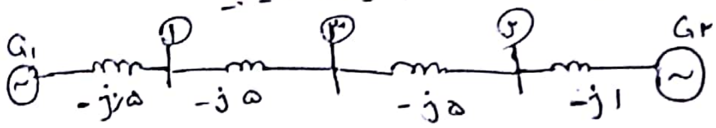
①



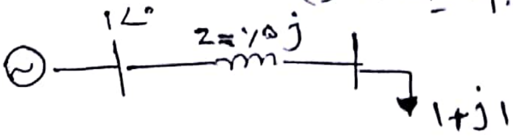
②

نمونه سؤال:

۱- در شکل زیر الف) Y_{Bus} را بیابید ب) Z_{Bus} جدید بعد از حذف باس ③ را بیابید. (با روش حذف باس)
(۲ نمره)

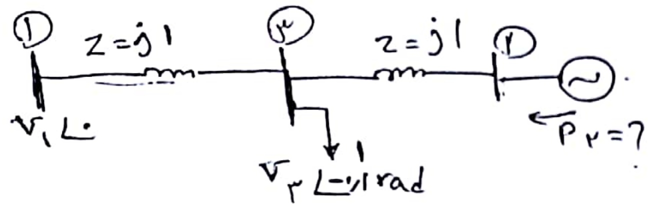


۲- در شکل زیر با روش نیوتون رافسون تا یک مرحله پخش بار را انجام دهید (۴ نمره)



$$\begin{cases} P_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k|(B_{ik}\sin(\delta_i-\delta_k \\ Q_i = \sum_{k=1}^{n} |V_i||V_k|(-B_{ik}\cos(\delta_i-\delta_k \end{cases}$$

۳- به وسیله پخش بار DC در شکل زیر، مقادیر P_2 ① و δ_2 ② را بیابید و P_{23} ③ را نیز بیابید. (۳ نمره)



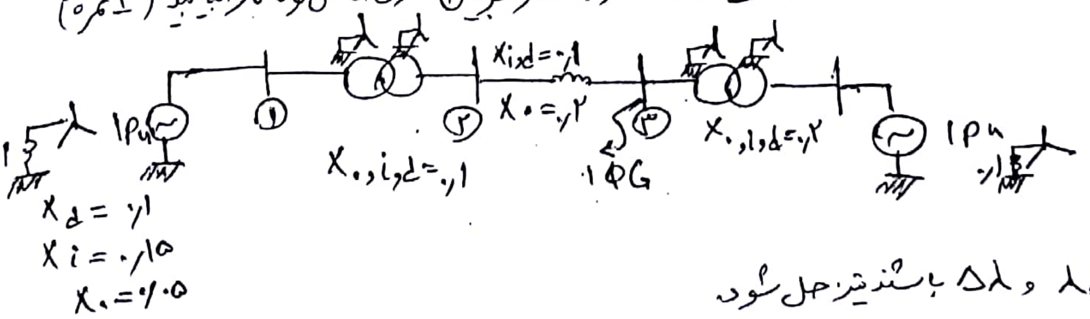
۴- ماتریس امپدانس یک شبکه قدرت ۳ شینه به صورت زیر باشد. نتایج پخش بار شبکه به صورت زیر است.

$V_1 = 1.02\angle 5^\circ$ و $V_2 = 0.97\angle 3^\circ$ $V_3 = 1\angle 0^\circ$

بعد از اتصالی به واسطه 3φG در باس ۳، ولتاژ در باس ۱ چقدر می شود. (۲ نمره)

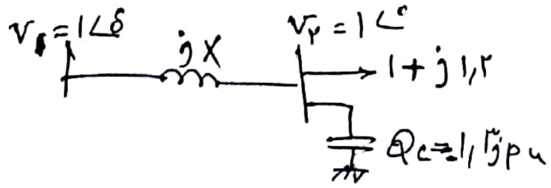
$$Z_{Bus} = \begin{bmatrix} j0.15 & j0.1 & j0.05 \\ j0.1 & j0.2 & j0.1 \\ j0.05 & j0.1 & j0.15 \end{bmatrix}$$

۵- در شبکه زیر در باس ③ اتصالی تکفاز به زمین رخ می دهد. مقدار (اندازه) جریان فازی اتصال کوتاه را بیابید (۳ نمره)



* اگر ترانس ها به ترتیب Δλ و λΔ باشند نیز حل شود.

۶- در شکل زیر، تزریق توان راکتیو 1.3pu توسط خازن سبب تساوی ولتاژ انتهای خط با ابتدای آن شده است. مقدار راکتانس خط چقدر است؟ (۲ نمره).



۷ـ الف) اهداف پخش بار چیست؟

ب) معادلات اساسی [illegible] در خطوط انتقال را در [illegible] سمت دریافت اثبات کنید (P_R و Q_R).

۱-

$$Y_{Bus} = \begin{array}{c|ccc} & ① & ② & ③ \\ \hline ① & -j۵,۵ & ۰ & +j۵ \\ ② & ۰ & -j۴ & j۵ \\ ③ & j۵ & j۵ & -j۱۰ \end{array}$$

$$Y_{11new} = Y_{11old} - \frac{Y_{۱۳}Y_{۳۱}}{Y_{۳۳}} = -j\,۵,۵ - \frac{j۵ \times j۵}{-j۱۰} = -j۵,۵ + j۲,۵ = \boxed{-j۳}$$

$$Y_{۱۲new} = Y_{۱۲old} - \frac{Y_{۱۳}Y_{۳۲}}{Y_{۳۳}} = ۰ - \frac{j۵ \times j۵}{-j۱۰} = \boxed{j۲,۵} \rightarrow Y_{۲۱new}$$

$$Y_{۲۲new} = Y_{۲۲old} - \frac{Y_{۲۳}Y_{۳۲}}{Y_{۳۳}} = -j۴ - \frac{j۵ \times j۵}{-j۱۰} = -j۴ + j۲,۵ = \boxed{-j۱,۵}$$

$$Y_{Bus\,new} = \begin{pmatrix} -j۳ & j۲,۵ \\ j۲,۵ & -j۱,۵ \end{pmatrix}$$

۲-

شماره باس		v_i	δ_i	P_i	Q_i
۱	slack	۱	۰	?	?
۲	PQ	?	?	-۱	-۱

مجهولات — معلومات

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ V_۲ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۰ \\ ۱ \end{bmatrix}_{\text{حدس اولیه}} \quad , \quad \begin{bmatrix} P_۲ \\ Q_۲ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -۱ \\ -۱ \end{bmatrix}$$

$$Y_{Bus} = \begin{pmatrix} -۲j & ۲j \\ ۲j & -۲j \end{pmatrix} \rightarrow B = \begin{array}{c|cc} & ① & ② \\ \hline ① & -۲ & ۲ \\ ② & ۲ & -۲ \end{array}$$

$$P_۲ = \sum_{k=1}^{۲} |V_۲||V_K|(B_{۲K} \sin(\delta_۲ - \delta_K)$$

$$P_۲ = |V_۲||V_۱|(B_{۲۱}\sin(\delta_۲ - \delta_۱) + |V_۲|^۲ \cancel{B_{۲۲}\sin(\delta_۲ - \delta_۲)}^{۰}$$

$$P_۲ = ۲|V_۲|\sin(\delta_۲ - ۰) = ۲|V_۲|\sin\delta_۲ \xrightarrow{\text{حدس اولیه}} \boxed{P_{۲}cal = ۰}$$

$$Q_۲ = \sum_{K=1}^{۲} |V_۲||V_K|(-B_{۲K}\cos(\delta_۲ - \delta_K)$$

$$Q_۲ = |V_۲||V_۱|(-B_{۲۱}\cos(\delta_۲ - \delta_۱) + |V_۲|^۲(-B_{۲۲}\cancel{\cos(\delta_۲ - \delta_۲)}^{۱})$$

$$Q_۲ = -۲|V_۲|\cos\delta_۲ + ۲|V_۲|^۲ \longrightarrow \boxed{Q_{۲}cal = ۰}$$

ادامه ۲

$$J = \begin{bmatrix} \frac{dP_۲}{d\delta_۲} & \frac{dP_۲}{dV_۲} \\ \frac{dQ_۲}{d\delta_۲} & \frac{dQ_۲}{dV_۲} \end{bmatrix}$$

$$\frac{dP_۲}{d\delta_۲} = ۲|V_۲|\cos\delta_۲ = ۲ \qquad \frac{dP_۲}{dV_۲} = ۲\sin\delta_۲ = ۰$$

$$\frac{dQ_۲}{d\delta_۲} = ۲|V_۲|\sin\delta_۲ + ۰ = ۰ \qquad \frac{dQ_۲}{dV_۲} = -۲\cos\delta_۲ + ۴|V_۲| = ۲$$

$$J = \begin{bmatrix} ۲ & ۰ \\ ۰ & ۲ \end{bmatrix}$$

$$P_۲ - P_{۲cal} = -۱ - ۰ = -۱$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_۲^{(1)} \\ \Delta V_۲^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۲ & ۰ \\ ۰ & ۲ \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P_۲ \\ \Delta Q_۲ \end{bmatrix}$$

$$Q_۲ - Q_{۲cal} = -۱ - ۰ = -۱$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta_۲^{(1)} \\ \Delta V_۲^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۰٫۵ & ۰ \\ ۰ & ۰٫۵ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -۱ \\ -۱ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -۰٫۵ \\ -۰٫۵ \end{bmatrix}$$

$$\Delta\delta_۲^{(1)} = -۰٫۵ \rightarrow |\delta_۲|^{(1)} = \delta_۲^{(0)} + \Delta\delta_۲ = ۰ + (-۰٫۵) = -۰٫۵\,\text{rad} = -\frac{۰٫۵ \times ۱۸۰}{\pi} =$$

$$\Delta|V_۲|^{(1)} = -۰٫۵ \rightarrow |V_۲|^{(1)} = |V_۲|^{(0)} + \Delta V_۲ = ۱ + (-۰٫۵) = \boxed{+۰٫۵\,pu}$$

$$V_۲^{(1)} \angle \delta_۲^{(1)} = +۰٫۵ \angle$$

$$Y_{Bus} = \begin{array}{c|ccc} & ① & ② & ③ \\ \hline ① & -j۱ & ۰ & +j۱ \\ ② & ۰ & -j۱ & +j۱ \\ ③ & +j۱ & +j۱ & -j۲ \end{array} \xRightarrow{\text{حذف اسلک}} Y = \begin{bmatrix} -j۱ & j۱ \\ j۱ & -j۲ \end{bmatrix} \rightarrow B' = \begin{bmatrix} -۱ & ۱ \\ ۱ & -۲ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} -۱ & ۱ \\ ۱ & -۲ \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_۲ \\ P_۳ = -۱ \end{bmatrix} = -\frac{۱}{۱}\begin{bmatrix} -۲ & -۱ \\ -۱ & -۱ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_۲ \\ -۱ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۲ & ۱ \\ ۱ & ۱ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_۲ \\ -۱ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \delta_۲ \\ \delta_۳ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۲P_۲ - ۱ \\ P_۲ - ۱ \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{l} P_۲ - ۱ = -۰٫۱ \rightarrow \boxed{P_۲ = ۰٫۹} \\ ۲P_۲ - ۱ = \delta_۲ \Rightarrow \boxed{\delta_۲ = ۰٫۸}\,\text{rad} \end{array}$$

$-۰٫۱$

$$P_{۲۳} = \frac{\delta_۲ - \delta_۳}{x_{۲۳}} = \frac{+۰٫۸ + ۰٫۱}{۱} = \boxed{۰٫۹\,pu}$$

۴-

$I_k(F) = \frac{V_k(0)}{Z_{kk}+\cancel{Z_f}} \Rightarrow I_3(F) = \frac{1\angle 0^\circ}{j\,0.15} = -j\,6.6$

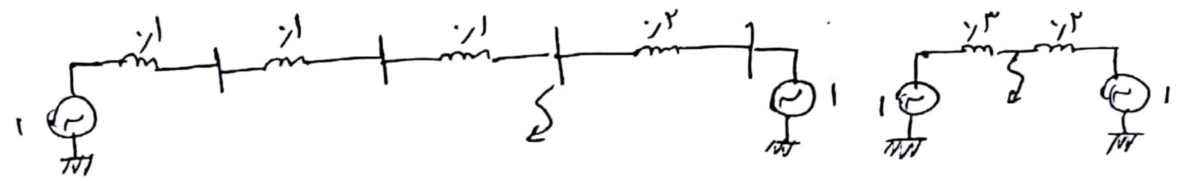
طبق رابطه (۳)

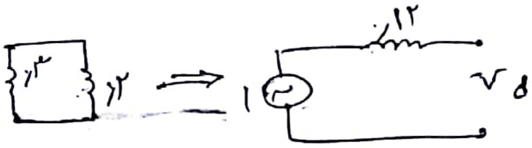
$\Delta V_i = -Z_{ik} I_k(F) \longrightarrow \Delta V_1 = -Z_{13} I_3(F) = -j\,0.05 \times -j\,6.6 = -0.33\ \text{pu}$

$V_i(F) = V_i(0) + \Delta V_i \Rightarrow V_1(F) = V_1(0) + \Delta V_1 = 1.02\angle 5^\circ + -0.33\angle 0 = ?$

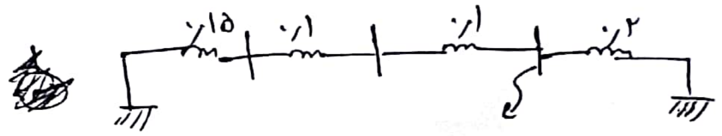
۵-

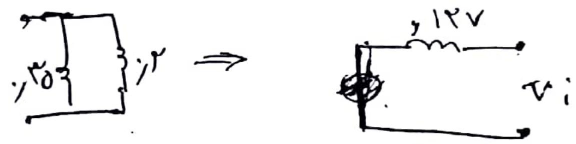
مؤلفه d



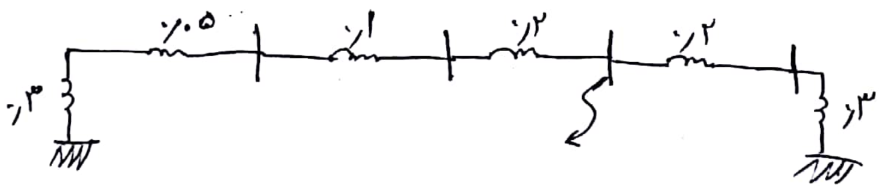


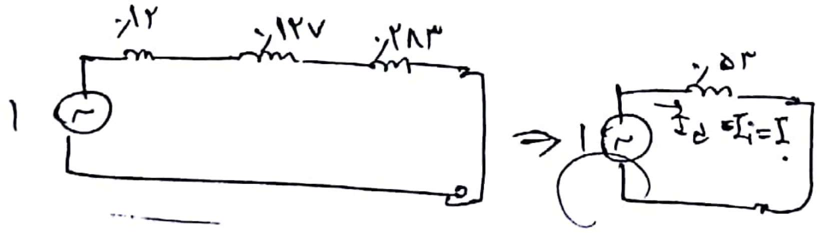
مؤلفه i





مؤلفه ۰

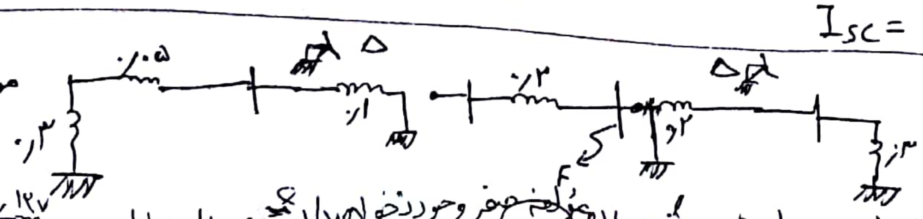




$I_d = \frac{1}{0.53} = 1.89$

$I_{sc} = 3 I_0 = 3 \times 1.89 = 5.67$

مؤلفه ۰
در حالت Δ،Δ،Δ



... جریان مؤلفه صفر وجود نخواهد داشت و مدار معادل ... 0.12 0.127 ... خواهد بود.

$$\overline{\cos -\delta = \cos\delta}$$

-۶

$$Q_۲ = Q_{g_۲} - Q_{L۲} = ۱٫۳ - ۱٫۲ = ۰٫۱ = \frac{V_۲^۲}{X} - \frac{V_۱ V_۲}{X}\cos(\delta_۲ - \delta_۱)$$

$$۰٫۱ = \frac{۱}{X} - \frac{۱}{X}\cos\delta$$

$$P_۲ = P_{g_۲} - P_{L۲} = ۰ - ۱ = -۱ \Rightarrow \frac{V_۱ V_۲}{X}\sin\delta = ۱ \rightarrow \frac{۱}{X}\sin\delta = ۱$$

$$\boxed{\sin\delta = X} \Longrightarrow ۰٫۱\,x = (۱ - \cos\delta)$$

$$\cos\delta = \sqrt{۱ - x^۲}$$

$$۰٫۱\,x = ۱ - \sqrt{۱ - x^۲} \Rightarrow ۰٫۱x - ۱ = -\sqrt{۱ - x^۲}$$

$$(۱ - ۰٫۱x)^۲ = ۱ - x^۲ \Rightarrow \cancel{۱} + ۰٫۰۱x^۲ - ۰٫۲x = \cancel{۱} - x^۲$$

$$۱٫۰۱x^۲ - ۰٫۲x = ۰ \Rightarrow ۱٫۰۱x - ۰٫۲ = ۰$$

$$x = \frac{۰٫۲}{۱٫۰۱} = \boxed{۰٫۱۹۸}$$