

# مهندسی - ۹۹، ۹، ۱۸

## ماشین‌های الکتریکی (۱) و تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی

۷۶- در یک موتور القایی سه فاز قفس سنجابی، گشتاور ماکزیمم ۲ برابر گشتاور بار کامل است. مقاومت و راکتانس حالت سکون هر فاز روتور ارجاع شده به سمت استاتور به ترتیب برابر  $2\Omega$  و  $0.2\Omega$  است. اگر موتور به روش ستاره - مثلث راهاندازی شود، گشتاور راهاندازی چند برابر گشتاور نامی خواهد بود؟ از ایندیانس استاتور

چشم‌پوشی شود.

۱) ۱۳۲ ✓

۲) ۱۹۸

۳) ۳۹۶

۴) ۵۹۴

$$\frac{T_m}{T_n} = \frac{s_m^2 + s_n^2}{2s_m s_n} \rightarrow \frac{s_m^2 + s_n^2}{s_n} = E s_m \quad ①$$

$$\frac{T_{st}}{T_n} = \frac{s_m^2 + s_n^2}{s_n(s_m + 1)} = \frac{s_m^2 + s_n^2}{s_n} \cdot \frac{1}{s_m + 1} = E s_m \cdot \frac{1}{s_m + 1}$$

$$s_m \cdot \frac{R'_r}{X'_r} = \frac{R_r}{X_r} \cdot \frac{1}{s_m + 1} \rightarrow \frac{T_{st}}{T_n} = \frac{1}{s_m + 1}$$

$$\frac{T_{st}}{T_n} = \frac{1}{s_m + 1} \times \frac{1}{s_m + 1} = \frac{1}{(s_m + 1)^2}$$

$$\text{و داشتاره مثلث} \rightarrow V_{ph} = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

۷۷- یک ماشین القایی که سرعت سنکرون آن  $n_s$  است، با سرعت  $n_r$  می‌چرخد. می‌توان گفت که سرعت میدان گردان روتور نسبت به:

(۱) روتور،  $n_T$  است.

✓ (۲) استاتور،  $n_S$  است.

(۳) استاتور،  $n_T$  است.

(۴) روتور،  $n_S$  است.

- ۷۸ - یک موتور الکتریکی سه فاز،  $15\text{ kW}$ ،  $400$  ولت،  $4$  قطب،  $50\text{ Hz}$  با اتصال ستاره زیر بار کامل با گشتاور الکترومغناطیسی  $100\text{ Nm}$  کار می‌کند. مقاومت هر فاز استاتور یک اهم است. جریان بی‌باری موتور  $8\text{ A}$ ، توان ورودی در حالت بی‌باری  $1/5\text{ kW}$  و تلفات هسته  $800\text{ rpm}$  است. سرعت موتور در بار کامل چند rpm است؟

(۱)  $1430$ (۲)  $1440$ (۳)  $1480$ (۴)  $1490$ 

$$\begin{aligned} P_{NL} &= P_{cu} + P_{pe} + Dp_{mech} \rightarrow 15000 = 3 \times 1 \times 8^2 + 8 \times 8 + Dp_{mech} \\ P_{cu} &= \bar{V} R_1 I_{av}^2 \quad \rightarrow Dp_{mech} = 800\text{ W} \\ \rightarrow P_{conv} &= 18000 + 800 = 18800 \\ T_{ag} &= \frac{P_{ag}}{\omega_m} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} \rightarrow \omega_m = \frac{18800}{100} = 188 \\ \omega_m &= \frac{4\pi}{2} \times 188 = 1480 \end{aligned}$$

- ۷۹ - در یک موتور dc تحریک مستقل مقادیر نامی به شرح زیر است:

$$V_{an} = 210\text{ V}, I_{an} = 10\text{ A}, n_1 = 1000\text{ rpm}, I_{fm} = 1\text{ A}, R_a = 1\Omega$$

این موتور به منبع ولتاژ نامی وصل می‌شود و با  $25\%$  گشتاور نامی در سرعت  $n_2 = 2000\text{ rpm}$  کار می‌کند. جریان تحریک در این حالت چند آمپر است؟ مدار مغناطیسی ماشین خطی فرض می‌شود.

(۱)  $0/13$ (۲)  $0/27$ (۳)  $0/51$ (۴)  $0/91$ 

$$E_1 = V_t - R_a I_{ar} = 210 - 1 \times 1 = 200$$

$$\frac{q_r}{q_i} = \frac{mmfr}{mmf_i} = \frac{N_r I_{fr}}{N_i I_{fi}} = \frac{N_r^2 N_i}{I_{fi}} = \frac{I_{fr}}{I_i}$$

$$\frac{E_r}{E_i} = \frac{I_{fr}}{I_{fi}} \cdot \frac{N_r}{N_i} = \frac{I_{fr}}{I_i} \cdot 2 \rightarrow E_r = 200 I_{fr}$$

$$E_r = V_t - R_a I_{ar} = 210 - 1 \times I_{ar}$$

گشتاور تنفس کرده به جریان آریجین و مجموع تنفس را کن

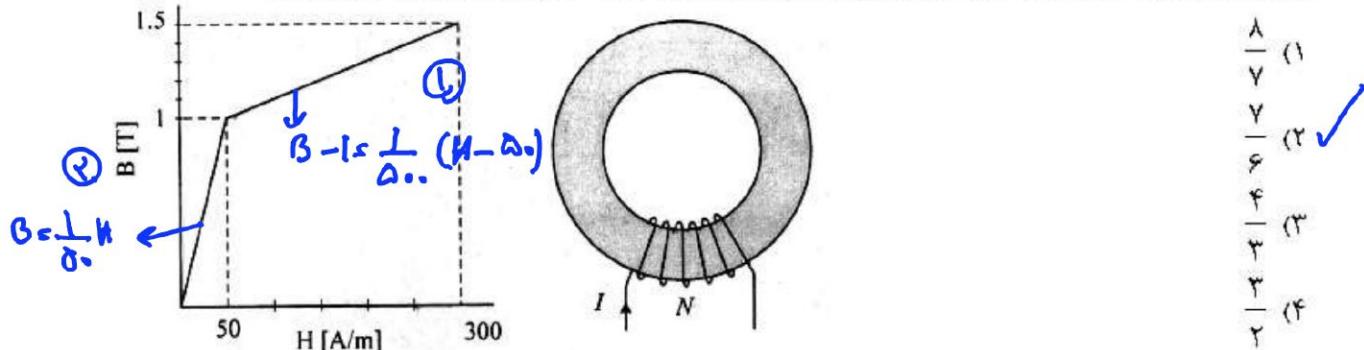
$$200 I_{fr} = 210 - I_{ar} \quad (1)$$

همهی براس پاقن حمل آریجین از رابطه گشتاور استفاده کنیم

$$\frac{T_r}{T_i} = \frac{q_r}{q_i} \cdot \frac{I_{ar}}{I_{fi}} = \frac{I_{fr}}{I_{fi}} \cdot \frac{I_{ar}}{I_{fi}} \rightarrow 120 = \frac{I_{fr}}{1} \times \frac{I_{ar}}{1} \rightarrow I_{fr} I_{ar} = 120$$

$$(1), (2) \rightarrow I_{fr} = 120$$

- ۸۰ - یک مدار مغناطیسی با هسته، با مقطع تاج دایره مطابق شکل زیر مفروض است. مشخصه  $B(H)$  هسته نیز در شکل زیر داده شده است. سیم پیچ دارای ۲۰۰ دور است و جریان ۴۵ آمپر از آن عبور داده می شود. محیط داخلی هسته  $1/2$  متر و محیط خارجی آن ۲ متر است و با توجه به زیاد بودن اختلاف آین دو محیط، چگالی شار در هسته یکنواخت نیست. نسبت بیشترین چگالی شار در هسته به کمترین مقدار آن کدام است؟



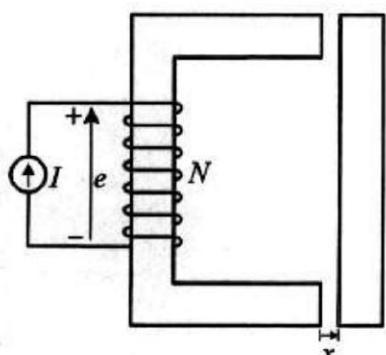
$$\Theta_{SNi} = \int B \cdot d\ell = B \ell \rightarrow B = \frac{N_i}{\ell}$$

$$B_1 = 1,08 \xrightarrow{\text{معادله ۱}} \rightarrow B_{\max} \sim l_1 = 1,2m \rightarrow H_1 = \frac{200 \times 1,08}{1,2} = 180 \text{ A/m}$$

$$B_2 = 1,9 \xrightarrow{\text{معادله ۲}} \rightarrow B_{\min} \sim l_2 = 2m \rightarrow H_2 = \frac{200 \times 1,9}{2} = 190 \text{ A/m}$$

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{1,08}{1,9} = \frac{1}{2}$$

- ۸۱ - سیم پیچ مدل الکترومکانیکی شکل زیر، از یک منبع جریان ثابت  $I$  آمپر تغذیه می شود. قسمت متحرک نیز تحت یک نیروی خارجی متناوب قرار دارد به طوری که مقدار  $x$  نشان داده شده در شکل به صورت  $x = 2x_0 + x_0 \sin \omega t$  با زمان تغییر می کند. سطح مقطع هسته یکنواخت و برابر  $A$  است. از افت آمپر دور در هسته، و نیز از نشت و پراکندگی شار چشم پوشی می شود. معادله نیروی حرکة التا شده در دو سر سیم پیچ کدام است؟



$$e = -\frac{\mu_0 A \omega N^2 I}{x} \cos \omega t \quad (1)$$

$$e = -\frac{\mu_0 A \omega N^2 I}{2x_0} \cos \omega t \quad (2)$$

$$e = -\frac{\mu_0 A \omega N^2 I}{2x_0} \cos \omega t \quad (3)$$

$$e = -\frac{\mu_0 A \omega N^2 I}{4x_0} \cos \omega t \quad (4)$$

$$\begin{cases} R \varphi = NI \\ R = \frac{2x}{\mu_0 A} \end{cases} \rightarrow \varphi = \frac{NI}{R} = \frac{NIA}{2x_0}$$

$$e = N \frac{d\varphi}{dt} = N \frac{d\varphi}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -\frac{N^2 I N_A}{2x_0^2} (\omega x_0 \cos \omega t) \rightarrow \text{وجود نیست}$$

-۸۲- یک موتور سری با مدار مغناطیسی خطی از یک منبع ولتاژ  $40$  ولتی راهاندازی می‌شود و ولتاژ آن به تدریج تا  $200$  ولت افزایش داده می‌شود و در نهایت به حالت ماندگار می‌رسد. گشتاور راهاندازی موتور چهار برابر گشتاور بار است. اگر گشتاور بار  $30$  نیوتن متر باشد، سرعت موتور چند دور در دقیقه خواهد بود؟ (مجموع مقاومت‌های آرمیچر و میدان  $8\%$  اهم است).

$$\begin{aligned} & \text{راهنمای از این راه راهنمای از این راه} \\ & \rightarrow E_{as} = 8I_{as} \rightarrow I_{as} = 8A \quad (1) \\ & \rightarrow \varphi \alpha I_p = I_a \rightarrow T_r = \frac{T_r}{T_1} = \frac{I_{ar}}{I_{a1}} \cdot \frac{I_{ar}}{I_{a1}} = \left( \frac{I_{ar}}{I_{a1}} \right)^2 \rightarrow \frac{T_r}{T_1} = \left( \frac{I_{as}}{I_{a1}} \right)^2 \quad (2) \\ & \rightarrow T_s k \varphi I_a = k' I_a^2 \rightarrow T_s = k' I_a^2 \rightarrow k' = \frac{E_{as}}{\omega} = \frac{8 \times 30}{\pi \times 180} = \frac{40}{\pi} \quad (3) \\ & \left\{ \begin{array}{l} E_{as} = k \varphi w = k' I_a w = 10 \times 8 \times 20 \times w \\ E_{as} = 100 - 8 \times 20 \end{array} \right. \quad (4) \end{aligned}$$

-۸۳- مشخصه بی‌باری یک موتور  $dc$  شنت به صورت  $E_a = \frac{(qI_{sh} + 2)n}{57(I_{sh} + 2)}$  ولت است که در آن،  $n$  سرعت موتور بر حسب دور در دقیقه و  $I_{sh}$  شدت جریان میدان بر حسب آمپر است. مقاومت آرمیچر  $2\%$  اهم است. موتور از یک منبع  $200$  ولتی تغذیه می‌شود و با جریان آرمیچر  $25$  آمپر و با سرعت  $1800$  دور در دقیقه می‌چرخد. مقاومت میدان شنت چند اهم است؟

$$E_{as} = V_t - R_a I_a = 200 - 2 \times 20 = 200 \quad | n = 1800 \quad (1)$$

$$E_{as} = \frac{(qI_{sh} + 2)n}{57(I_{sh} + 2)} \rightarrow 200 = \frac{(qI_{sh} + 2) \times 1800}{57(I_{sh} + 2)} \rightarrow I_{sh} = 4A \quad (2)$$

$$R_p = \frac{V_t}{I_{sh}} = \frac{200}{4} = 50 \Omega \quad (3)$$

-۸۴- یک ترانسفورماتور تک فاز  $10$  kVA، مفروض است. تلفات هسته تحت ولتاژ نامی  $100$  W نامی  $200$  و منحنی بار روزانه این ترانسفورماتور به صورت زیر است:

$$10 \text{ ساعت با } 70\% \text{ بار نامی و ضریب توان } 0.8 \text{ کیلووات} \quad (4)$$

۴ ساعت بی‌بار

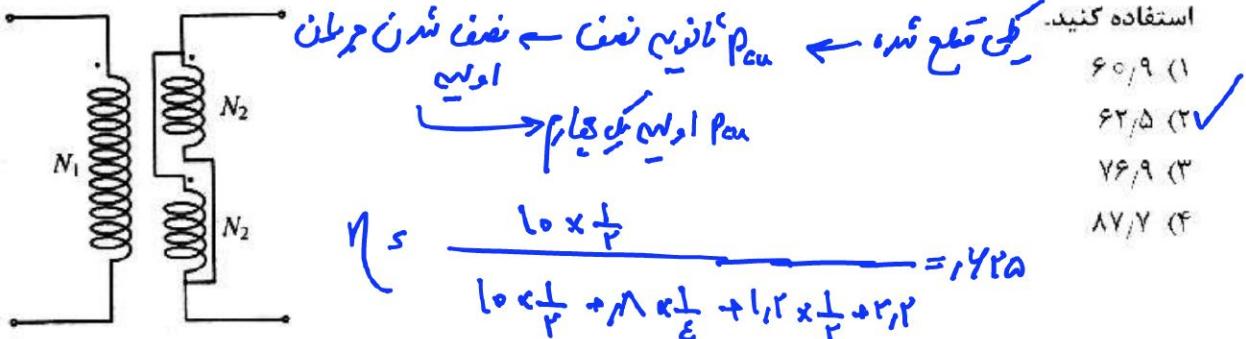
۱۰ ساعت با  $90\%$  بار نامی و ضریب توان  $0.9$

RANDMAN شبانه‌روزی ترانسفورماتور، چند درصد است؟

$$\eta = \frac{10 \times 10 \times 10 \times 10 + E_{as} + 10 \times 9 \times 10 \times 9}{(10 \times 10 \times 10 \times 10 + 10 \times 9 \times 10 \times 9) + 10 \times 10 \times 10 \times 10 + 10 \times 10 \times 10 \times 10} \quad (1)$$

$$= 0.94 \text{ (2)}$$

- ۸۵ ثانویه یک ترانسفورماتور تکفاز  $10\text{kVA}$  مطابق شکل زیر از دو سیم پیچ مشابه، که موازی هم هستند، تشکیل شده است. ترانسفورماتور با ولتاژ نامی تغذیه می‌شود و هنگامی که در بار کامل قرار دارد، تلفات آهن معادل  $2/2\text{kW}$  و تلفات مس در اولیه و ثانویه به ترتیب  $8\text{kW}$  و  $1/2\text{kW}$  می‌شود. یکی از سیم پیچ‌های ثانویه مدار باز می‌شود و اولیه از منبع ولتاژ نامی خود تغذیه می‌شود. راندمان ترانسفورماتور در حالی که سیم پیچ دیگر ثانویه یک بار را با جریان نامی خود و با ضریب توان واحد تغذیه می‌کند، چند درصد می‌شود؟ از مدار معادل تقریبی استفاده کنید.



۶۰/۹ (۱)

۶۲/۵ (۲) ✓

۷۶/۹ (۳)

۸۷/۷ (۴)

- ۸۶ انتهای یک خط تکفاز دو سیم به طول  $50$  کیلومتر اتصال کوتاه شده است. چنانچه ولتاژ سینوسی  $314$  ولتی با فرکانس  $50$  هرتز به ابتدای خط اعمال شود. جریان  $200$  آمپر در خط جاری می‌شود. اندوکتانس خودی سیم رفت  $3/5$  میلی‌هانزی است. فاصله بین سیم رفت و برگشت چند متر است؟ (هادی سیم رفت و برگشت یکسان است.)

$$L_s = \frac{314}{200} = 1.57 \text{ mH} \quad e^{-0/25} (1)$$

$$L_s = \frac{1.57}{100} = 0.0157 \text{ m} \quad e^{-0/2} (2)$$

$$L_s = \frac{0.0157}{0.02103} = 0.746 \text{ m} \quad e^{-0/15} (3)$$

$$L_s = \frac{(314)^2}{0.02103} = 4820 \text{ m} \quad e^{-0/1} (4) \quad \text{✓}$$

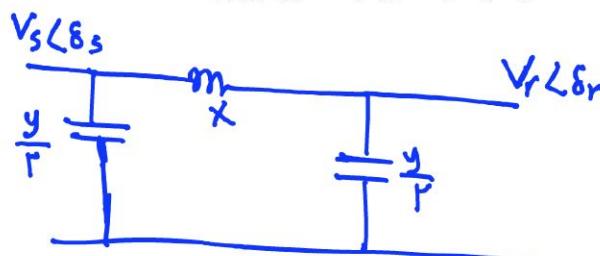
$$\rightarrow \ln \frac{1}{D_s} = 0.1 \rightarrow D_s e^{-0.1}$$

- ۸۷ در صورتی که اختلاف فاز بین ولتاژهای دو پایانه یک خط انتقال با طول متوسط افزایش یابد و اندازه این دو ولتاژ ثابت بماند، کدام گزینه در مورد قدرت راکتیو جذب شده توسط اندوکتانس سلفی خط (QL) و قدرت راکتیو تولیدی توسط خازن خط (QC)، صحیح است؟

(۱) QL و QC هر دو افزایش می‌یابند.

(۲) QL و QC هر دو کاهش می‌یابند.

(۳) QC افزایش و QL کاهش می‌یابند. ✓



$$Q_{es} = \frac{V_r - V_s}{V_r + V_s} = \frac{1}{2} \quad \text{نمایش } Q_{es} \text{ و با تغییر تازه تغییر تسلیمه}$$

نمایش  $Q_{es}$  و با تغییر تازه تغییر تسلیمه

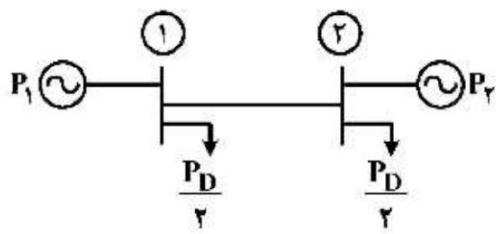
افزایش اختلاف تازه بین ولتاژها  $\Delta V$   $\rightarrow \Phi_{Ls} \frac{\Delta V}{X} \rightarrow \Phi_{Ls} \uparrow$

دوسرین افزایش از وقار و تغییراتها و ولتاژها  $\rightarrow \Phi_{Ls} \uparrow$

- ۸۸ در شبکه بدون تلفات شکل زیر، توزیع بار اقتصادی بدون در نظر گرفتن محدودیت خط انتقال به نحوی است که

هزینه حاشیه‌ای سیستم برابر با  $\frac{S}{MWh}$  ۲۴ به دست می‌آید. با در نظر گرفتن توابع هزینه زیر برای دو واحد

تولیدی و فرض محدودیت انتقال توان  $100 MW$  برای خط انتقال، مقدار بار کل شبکه ( $P_D$ ) و توان تولیدی واحدهای تولیدی در وضعیت بهره‌برداری اقتصادی کدام است؟



$$F_1 = 0.1P_1^2 + 14P_1 + 100$$

$$F_2 = 0.2P_2^2 + 20P_2 + 80$$

$$P_1 = 400, P_2 = 200, P_D = 600 \quad (1) \checkmark$$

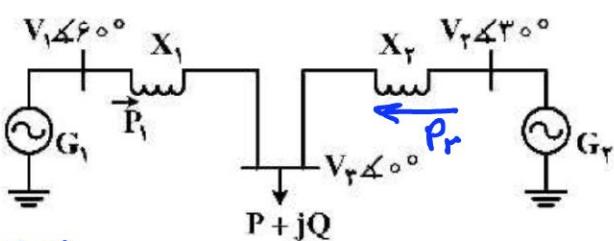
$$P_1 = 1000, P_2 = 200, P_D = 1200 \quad (2)$$

$$P_1 = 500, P_2 = 100, P_D = 600 \quad (3)$$

$$P_1 = 700, P_2 = 500, P_D = 1200 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \frac{dF_1}{dP_1} = \frac{dF_2}{dP_2} = 2E \rightarrow \begin{cases} 10P_1 + 14 = 2E \\ 10E P_2 + 20 = 2E \end{cases} \rightarrow \begin{cases} P_1 = 200 \\ P_2 = 100 \end{cases} \rightarrow P_D = P_1 + P_2 = 300 \\ & \text{قطع تقریبی ۲ مکاره مذکور را در نظر بگیرید} \rightarrow \text{توان انتقال} \end{aligned}$$

-۸۹ در سیستم زیر، اندازه ولتاژ پایانه ژنراتور  $G_2$  کدام است؟ ( $X_1 = 2X_2$ )



$$P_1 = \frac{V_1 V_r}{X_1} \sin(90^\circ - \phi) = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{V_1 V_r}{X_1}$$

$$P_r = P - P_1 = \frac{V_r V_r}{X_2} \sin(30^\circ - \phi) = \frac{1}{2} \frac{V_r V_r}{X_2}$$

$$\frac{P - P_1}{P_1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_r}{V_1} \times \cancel{\frac{X_1}{X_2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{V_r}{V_1} \rightarrow V_r = \frac{\sqrt{3}}{2} V_1 \left( \frac{P - P_1}{P_1} \right)$$

$$\sqrt{3} V_1 \frac{(P - P_1)}{P_1} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{3}} V_1 \frac{(P - P_1)}{P_1} \quad (2)$$

$$\frac{V_1 (P - P_1)}{2 P_1} \quad (3)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} V_1 \frac{(P - P_1)}{P_1} \quad (4) \quad \checkmark$$

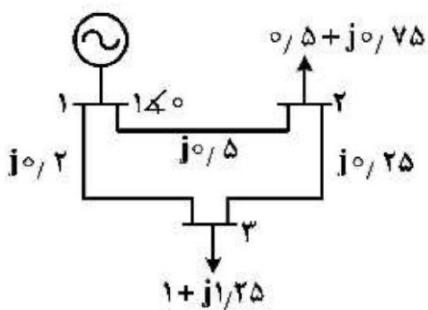
$$P_1 = \frac{V_1 V_r}{X_1} \sin(90^\circ - \phi) = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{V_1 V_r}{X_1}$$

$$P_r = P - P_1 = \frac{V_r V_r}{X_2} \sin(30^\circ - \phi) = \frac{1}{2} \frac{V_r V_r}{X_2}$$

$$\frac{P - P_1}{P_1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_r}{V_1} \times \cancel{\frac{X_1}{X_2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{V_r}{V_1} \rightarrow V_r = \frac{\sqrt{3}}{2} V_1 \left( \frac{P - P_1}{P_1} \right)$$

-۹۰ در شبکه زیر، با مقادیر اولیه  $V_1 = 145^\circ$ ، ولتاژ باس ۲ پس از یک تکرار روش گوس - سایدل، کدام است؟

(امپدانس‌ها و ولتاژ‌ها و توان‌ها بر حسب pu است.)



$$Y_{bus} = j \begin{bmatrix} -7 & 2 & 5 \\ 2 & -6 & 4 \\ 5 & 4 & -9 \end{bmatrix}$$

$$\frac{5/25 - j0/5}{6} \quad (1) \checkmark$$

$$\frac{6/75 + j0/5}{6} \quad (2)$$

$$\frac{-6/25 - j0/5}{6} \quad (3)$$

$$\frac{-5/25 + j0/5}{6} \quad (4)$$

$$V_i^{(k+1)} = \frac{1}{|y_{ii}|} \left( \frac{P_i - jQ_i}{(V_i^k)^*} - \sum |y_{ij}| |V_j^k| \right)$$

$$V_r^{(k)} = \frac{1}{y_{rr}} \left( \frac{P_r - jQ_r}{(V_r^k)^*} - y_{rn} V_r^{(k)} - y_{rr} V_{rr}^{(k)} \right)$$

$$= \frac{1}{-j5} \left( \frac{-10 - (-j10)}{100} - (10)(140) - (10)(140) \right) = \frac{8/25 - j1}{4}$$

$$P_r = -P_0 = -10$$

$$Q_r = -Q_0 = -10$$

حالع سریع