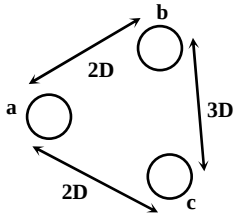
آزمون (۱)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ در یک بار امپدانسی به ضریب قدرت $\frac{۱}{۲}$ پس‌فاز، چهار درصد تغییر ولتاژ، چند درصد قدرت اکتیو را تغییر می‌دهد؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۲ ۴) ۸

۲ـ در آرایش نشان داده شده در شکل زیر، مقدار اندوکتانس L_a برحسب $\frac{H}{m}$ کدام است؟



$(r'_a = e^{-\frac{۱}{۴}} r_a)\ (I_a + I_b + I_c = ۰)$

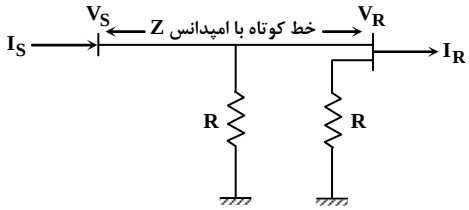
۱) $۲\times۱۰^{-۷}\ln\frac{۲D}{r_a}$ ۲) $۲\times۱۰^{-۷}\ln\frac{D}{r'_a}$

۳) $۲\times۱۰^{-۷} I_a \ln\frac{۲D}{r'_a}$ ۴) $۲\times۱۰^{-۷}\ln\frac{۲D}{r'_a}$

۳ـ در صورتی که در یک خط انتقال ۳ فاز، اندوکتانس و کاپاسیتانس واحد طول این سیستم به ترتیب $L = ۴\times۱۰^{-۷}$ و $C = \frac{۴۸}{۴۷}\pi\varepsilon_۰$ باشد، تعداد باندل این سیستم کدام است؟

۱) ۵ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۴

۴ـ در خط کوتاه زیر، در انتها و وسط خط، بار مقاومتی R وصل شده است. اگر برای خط از مدل کوتاه با امپدانس Z استفاده شود، کدام گزینه ماتریس انتقال را صحیح نشان می‌دهد؟



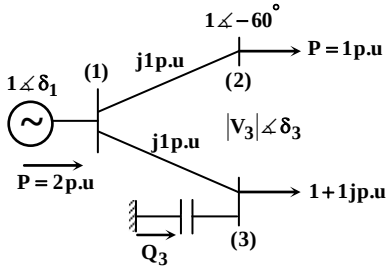
۱) $\begin{bmatrix} ۱+\frac{۳Z}{۲R}+\frac{Z^۲}{۴R^۲} & Z+\frac{Z^۲}{۴R} \\ \frac{۲}{R}+\frac{Z}{۲R^۲} & ۱+\frac{Z}{۲R} \end{bmatrix}$ ۲) $\begin{bmatrix} ۱+\frac{۳Z}{۲R}+\frac{Z^۲}{۴R^۲} & Z+\frac{Z^۲}{R} \\ \frac{۱}{R}+\frac{Z}{R^۲} & ۱+\frac{Z}{۲R} \end{bmatrix}$

۳) $\begin{bmatrix} ۱+\frac{Z}{۲R} & \frac{Z(۱+Z)}{۲R} \\ \frac{۲}{R}+\frac{۱}{Z} & ۱+\frac{Z}{۲R} \end{bmatrix}$ ۴) $\begin{bmatrix} ۱+\frac{۲Z}{R}+\frac{Z^۲}{۴R^۲} & Z+\frac{Z^۲}{۴R} \\ \frac{۲}{R}+\frac{۱}{Z} & ۱+\frac{Z}{۲R} \end{bmatrix}$

۵ـ در یک خط انتقال بلند بدون تلفات جبران‌نشده، اگر بخواهیم که $|V_S| = |V_R|$ و $|I_S| = |I_R|$ شود، آن‌گاه حداقل طول خط برحسب کیلومتر کدام است؟ $(f = ۶۰Hz)$

۱) ۲۰۰۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۲۵۰۰ ۴) ۳۵۰۰

۶ـ در سیستم قدرت زیر، $|V_۱| = |V_۲| = ۱p.u$ است. اگر بخواهیم دامنه ولتاژ شین ۳ برابر ۱p.u شود، مقدار توان راکتیوی که لازم است در شین ۳ تزریق شود، برحسب p.u چقدر است؟

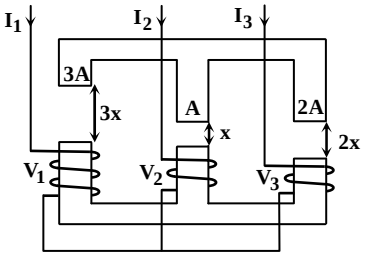


۱) ۲
۲) $۳-\sqrt{۳}$
۳) صفر
۴) $۲-\sqrt{۳}$

ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

۷ـ در مدار مغناطیسی زیر اگر در حوزه‌ی فازوری $V_۲ = j۰/۱\pi I_۲$ باشد و در شرایط حالت دائمی سینوسی باشیم، مقدار x چند سانتیمتر است؟

($f = ۵۰Hz$، تعداد دور همه‌ی سیم‌پیچ‌ها ۱۰۰ و مساحت سطح مقطع شاخه‌ی وسط برابر $A = \frac{۱۰۰}{\pi} cm^۲$ است.)



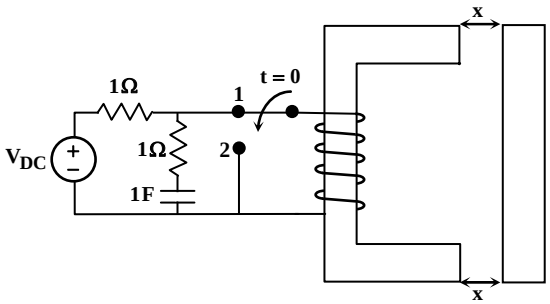
۱) ۴

۲) ۲

۳) ۱

۴) $\frac{۴}{۳}$

۸ـ در شکل زیر کلید مدت طولانی در وضعیت (۱) بوده است و در لحظه‌ی $t = ۰$ به وضعیت (۲) می‌رود. از مقاومت سیم‌پیچی صرف‌نظر می‌شود و انرژی ذخیره شده در فاصله‌ی هوایی W_f است. اگر فاصله‌ی هوایی به نصف کاهش یابد، تغییر انرژی مکانیکی، تغییر انرژی الکتریکی و تغییر انرژی فاصله‌ی هوایی به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱) $-W_f , ۰, W_f$

۲) $-W_f , W_f , ۲W_f$

۳) $-\frac{۱}{۲}W_f , ۰, \frac{۱}{۲}W_f$

۴) $W_f , W_f , ۲W_f$

۹ـ یک ژنراتور کمپوند تخت به شبکه وصل است. اگر در حین کار ناگهان کوپل مکانیکی قطع شود، ماشین به صورت کمپوند ..... درمی‌آید و اگر جهت اتصال سیم‌پیچی شنت را عوض کنیم، ..... .

۱) نقصانی ـ جهت چرخش عوض نمی‌شود

۲) تخت ـ جهت چرخش عوض می‌شود

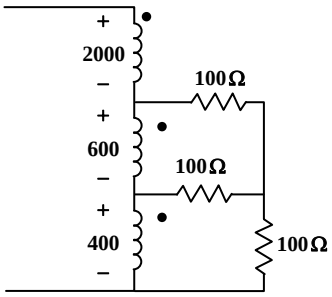
۳) نقصانی ـ ماشین می‌ایستد و قادر به ولتاژسازی نخواهد بود

۴) نقصانی ـ ماشین ابتدا می‌ایستد و سپس در جهت عکس به چرخش درمی‌آید

۱۰ـ یک موتور DC سری ۲۱۰ ولت با مدار مغناطیسی خطی مفروض است. این موتور در حال تغذیه‌ی یک بار است. جریان مدار موتور برابر $۵۰A$ است و از مقاومت سیم‌پیچی آرمیچر و سیم‌پیچی تحریک سری صرف‌نظر می‌شود. سیم‌پیچی تحریک سری را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و آن‌ها را با هم موازی می‌کنیم. اگر گشتاور بار و ولتاژ ورودی دو برابر شوند، سرعت موتور چند برابر می‌شود؟

۱) ۲/۷۸۵ ۲) $\frac{۵\sqrt{۲}}{۲}$ ۳) ۲ ۴) ۳/۱۲۵

۱۱ـ در اتوترانسفورماتور شکل زیر، توان منتقل شده به واسطه‌ی هدایت الکتریکی برابر با چند وات است؟



۱) ۲۸۸۵

۲) ۳۳۷۸

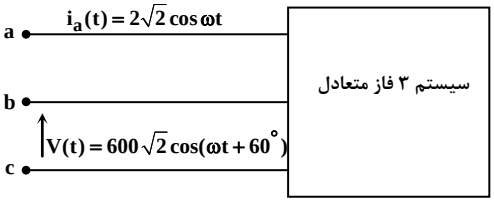
۳) ۱۸۹۲

۴) ۱۶۸۹

آزمون (۳)

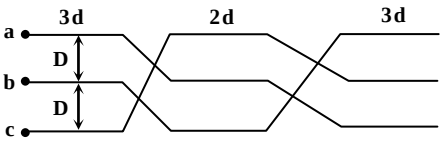
تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ شکل زیر، مقادیر ولتاژ و جریان اندازه‌گیری شده در یک پایانه ۳ فاز متعادل را نشان می‌دهد. توان این پایانه برحسب VA کدام است؟



۱) $1800 - j600\sqrt{3}$
۲) $-1800 + j600\sqrt{3}$
۳) $600\sqrt{3} + j1800$
۴) $-1800\sqrt{3} + j1800$

۲ـ شکل زیر، یک خط ۳ فاز را نشان می‌دهد که در آن جابجا شدن خط در فاصله‌های مساوی صورت نگرفته است. برای این خط اندوکتانس فاز a برحسب هانری بر متر کدام است؟



۱) $2\times10^{-7}\ln\frac{\sqrt{8}D}{r'}$
۲) $2\times10^{-7}\ln\frac{\sqrt{4}D}{r'}$
۳) $2\times10^{-7}\ln\frac{\sqrt[8]{8}D}{r'}$
۴) $2\times10^{-7}\ln\frac{8D}{r'}$

۳ـ در یک خط بلند بدون تلفات $50Hz$ به طول $500km$، که دارای افت ولتاژ ۵٪ است، در انتهای خط هیچ توان راکتیوی دریافت نمی‌شود. اختلاف فاز بین ولتاژ ابتدا و انتهای خط کدام است؟

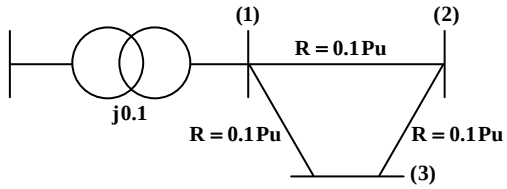
۱) $\cos^{-1}0/82$
۲) $\sin^{-1}0/82$
۳) $\cos^{-1}0/78$
۴) $\frac{\pi}{6}$

۴ـ برای یک خط انتقال، ماتریس T به صورت زیر است. حاصل $(Z_{OC} - Z_{SC})$ کدام است؟

$$T = \begin{bmatrix} 0/25 & j2 \\ \frac{j}{32} & 0/25 \end{bmatrix}$$

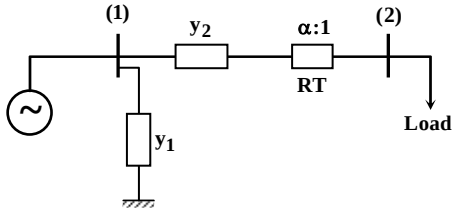
۱) $-16j$
۲) $16j$
۳) صفر
۴) $-8j$

۵ـ ماتریس ادمیتانس شبکه‌ی زیر در حالتی که شبکه با برق DC کار کند، کدام است؟



۱) $\begin{bmatrix} 20 & -10 & -10 \\ -10 & 20 & -10 \\ -10 & -10 & 20 \end{bmatrix}$
۲) $-j\begin{bmatrix} 20 & -10 & -10 \\ -10 & 20 & -10 \\ -10 & -10 & 20 \end{bmatrix}$
۳) $\begin{bmatrix} j20 & -10 & -10 \\ -10 & j20 & -10 \\ -10 & -10 & j20 \end{bmatrix}$
۴) $\begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$

۶ـ شکل زیر، یک سیستم قدرت را با حضور ترانس تنظیم نشان می‌دهد. در این حالت دترمینان ماتریس امپدانس کدام است؟



۱) $|\alpha|^2 y_1 y_2$
۲) $\frac{1}{|\alpha|^2 y_1 y_2}$
۳) $\frac{|\alpha|^2}{y_1 y_2}$
۴) $\frac{y_1 y_2}{|\alpha|^2}$

ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

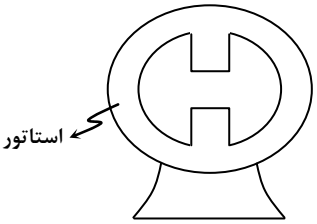
۷ـ یک موتور DC سری $150v$، $1/5kw$ و $500rpm$ با مدار مغناطیسی خطی را در نظر بگیرید. مقدار جریان این موتور در حالتی که روتور را ساکن نگه داشته‌ایم با ولتاژ ورودی ۱۰ ولت برابر $5A$ است. اگر در شرایط کار این موتور با ولتاژ ورودی و سرعت نامی، جریان $15A$ از شبکه بکشد، مقدار گشتاور حاصله کدام است؟

۱) ۳۴/۴۰
۲) ۳۵/۰۴
۳) ۳۳/۹
۴) ۳۵/۰۹

۸ـ در یک ژنراتور شنت که با سرعت نامی چرخانده می‌شود، مقاومت میدان تحریک را ۵٪ اضافه می‌کنیم. بر اثر عکس‌العمل آرمیچر در بار نامی، ۱۰٪ از شار هسته کاسته می‌شود. اگر بخواهیم ولتاژ بار کامل حالت جدید با ولتاژ بی‌باری در حالت اولیه برابر باشد، Δn (درصد افزایش سرعت ماشین) در کدام محدوده می‌بایست قرار گیرد؟ (از افت ولتاژ روی مقاومت آرمیچر در بی‌باری و بار کامل چشم‌پوشی شود.)

۱) $11\% < \Delta n < 17\%$
۲) $10\% < \Delta n < 17\%$
۳) $11\% < \Delta n < 15\%$
۴) $10\% < \Delta n < 15\%$

۸ـ ماشین زیر را در نظر بگیرید. در کدام‌یک از حالات زیر ماشین قادر به عملکرد صحیح خواهد بود؟



الف) مولد رلوکتانسی / روتور قطب برجسته / سیم‌پیچی روی روتور

ب) موتور رلوکتانسی / روتور قطب صاف / سیم‌پیچی روی استاتور

ج) موتور رلوکتانسی / روتور قطب برجسته / سیم‌پیچی روی روتور

۱) «الف» و «ج» ۲) «ب» و «ج» ۳) «الف» و «ب» و «ج» ۴) «ج»

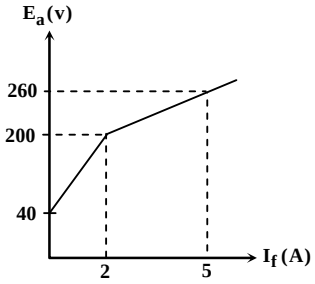
۹ـ در یک ژنراتور DC شنت، رابطه‌ی ولتاژ داخلی با جریان تحریک در سرعت ۱۱۴۰rpm به صورت $\frac{۳۱۵I_f}{۵+I_f}$ است. مقدار ولتاژ قلب مولد در سرعت ۹۱۲rpm و با جریان ترمینال ۱۰A چند ولت است؟ $(R_a = ۱\Omega\ ,\ R_f = ۳۱\Omega)$

۱) ۳۸ ۲) ۴۰ ۳) ۴۲ ۴) ۴۴

۱۰ـ یک موتور سری DC ۲۲۰ ولت با مدار مغناطیسی خطی مفروض است. این موتور در حال تغذیه‌ی بار ثابت با سرعت ۱۵۰۰rpm است و مقاومت آرمیچر ۰/۵Ω و مقاومت سیم‌پیچی تحریک سری ۰/۳Ω می‌باشد. تعداد دور سیم‌پیچی سری را دو برابر می‌کنیم و آن را به سه قسمت با تعداد دور مساوی و موازی با هم تبدیل می‌کنیم و یک مقاومت ۰/۲Ω با کل مجموعه‌ی تحریک DC موازی می‌کنیم. اگر جریان اولیه موتور ۱۰A باشد، سرعت موتور در این حالت کدام است؟

۱) ۱۵۱۸ ۲) ۲۱۲۸ ۳) ۱۰۷۳ ۴) ۲۱۴۶

۱۱ـ مشخصه‌ی مدار باز یک ژنراتور جریان مستقیم شنت ۲۲۰ ولتی و ۲۲kw در سرعت ۱۲۰۰rpm به صورت زیر است. اگر مقاومت سری آرمیچر و شاخه‌ی تحریک به ترتیب برابر ۰/۲۵ و ۵۵ اهم باشد، سرعت آرمیچر در بازه نامی چند (rpm) است؟



۱) ۱۲۲۰

۲) ۱۲۳۰

۳) ۱۲۴۵

۴) ۱۲۵۵/۵

۱۲ـ یک ترانسفورماتور تک فاز ۱۰kw و $\frac{۱۰kv}{۴۰۰v}$ مفروض است. این ترانس دارای حداکثر تنظیم ولتاژ ۵ درصد است که در ضریب توان ۰/۶ رخ می‌دهد. اگر تلفات آهن نصف تلفات اهمی در بار نامی باشد، راندمان ماکزیمم این ترانس چند درصد است؟

۱) ۹۶ ۲) ۹۳ ۳) ۹۰ ۴) ۸۷

۱۳ـ یک ترانس تک‌فاز ۱۰۰kvA را در نظر بگیرید. در آزمایش اتصال کوتاه روی این ترانس، زمانی که جریان نامی از سیم‌پیچ اولیه می‌گذرد، مقدار ولتاژ ورودی ۰/۰۵Pu و ضریب توان ۰/۶ است. این ترانس طبق جدول زیر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، به طوری که راندمان آن در ۲۴ ساعت برابر ۹۶ درصد است. مقدار تلفات بی‌باری چند کیلووات است؟

ساعت	درصد بار نامی (%)	ضریب توان
۱۰	۸۰	۰/۷۵
۸	۷۵	۱
۶	بی‌بار	—

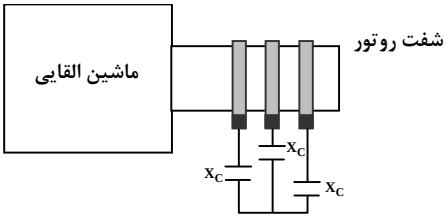
۱) $\frac{۱۷۳}{۲۴۰}$ ۲) $\frac{۱۷۳}{۱۸۰}$ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۲۲۱}{۲۴۱}$

۱۴ـ پارامترهای مدار معادل یک موتور القایی ۴ قطب ۵۰Hz و ۳۰۰v با اتصال مثلث به صورت مقابل است: $R_c = x_m = \infty \quad x_1 = x'_2 = ۱\Omega \quad R_1 = ۱\Omega$

این موتور دارای گشتاور بار کامل $\frac{۶۷۵}{\pi}$ نیوتن متر در سرعت ۱۴۲۵ دور در دقیقه است. مقدار مقاومت روتور ارجاع شده به سمت استاتور چند اهم است؟

۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۱۵ ۳) ۰/۲۵ ۴) گزینه‌های «۱» و «۳»

۱۵ـ یک موتور القایی ۶۰ هرتز ۶ قطب سه فاز روتور سیم‌پیچی شده مفروض است. یک بانک خازنی ستاره به مدار روتور مانند شکل زیر وصل شده است. اگر در حالت راه‌اندازی ضریب توان ۰/۷۰۷ باشد، در چه سرعتی ضریب توان برابر یک خواهد بود؟ (مقادیر پارامترهای مدار معادل ارجاع شده به سمت استاتور عبارتند از: $R_1 = ۱\Omega\ ،\ R'_2 = ۰/۵\Omega\ ،\ x_1 = x'_2 = ۱\Omega\ ،\ x_m = R_c = \infty$)



۱) ۱۲۰۰

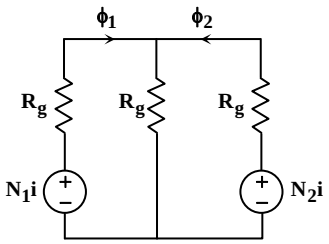
۲) ۱۰۸۰

۳) ۹۰۰

۴) ۶۰۰

ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

۷ـ گزینه «۱»



$$\begin{cases} N_1 i = R_g\phi_1 + R_g(\phi_1+\phi_2) = 2R_g\phi_1 + R_g\phi_2 \\ N_2 i = R_g\phi_2 + R_g(\phi_1+\phi_2) = R_g\phi_1 + 2R_g\phi_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \phi_1 = \dfrac{(2N_1 - N_2)i}{3R_g} \\ \phi_2 = \dfrac{(2N_2 - N_1)i}{3R_g} \end{cases} \Rightarrow \frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{2N_1 - N_2}{2N_2 - N_1} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\phi_1 N_1}{\phi_2 N_2} = \frac{2N_1^2 - N_1N_2}{2N_2^2 - N_1N_2}$$

۸ـ گزینه «۴» باید دقت داشت که در عمل ماشین رلوکتانسی فقط می‌تواند عملکرد موتوری داشته باشد و اصلاً مولد رلوکتانس وجود ندارد. حال برای ساخت موتور رلوکتانسی باید سیم‌پیچی را روی استاتور یا روتور به گونه‌ای قرار دهیم که دیگری قطب برجسته باشد. پس فقط حالت (ج) صحیح است.

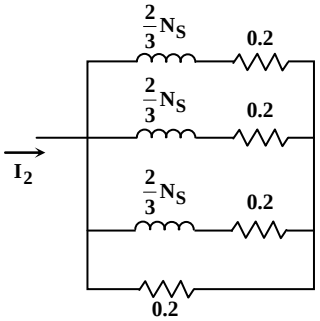
۹ـ گزینه «۳»

$$\frac{315I_f}{5+I_f} \times \frac{912}{1140} = \frac{252I_f}{5+I_f} = 31I_f + (10+I_f)\times 1 \Rightarrow 252I_f = (I_f+5)(32I_f+10)$$

$$32I_f^2 + 170I_f + 50 = 252I_f \Rightarrow 32I_f^2 - 82I_f + 50 = 0 \Rightarrow I_f = 1A$$

$$E_a = \frac{252\times 1}{5+1} = 42v$$

۱۰ـ گزینه «۴»



$$\frac{T_1}{T_2}\times 1 = \frac{\phi_1}{\phi_2}\times\frac{I_1}{I_2}$$

$$\phi_1 = k'I_1$$

$$\phi_2 = k'\times\frac{I_2}{4}\times 3\times\frac{2}{3} = k'\frac{I_2}{2}$$

$$2\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 = 1 \Rightarrow I_2 = \sqrt{2}\,I_1 = 10\sqrt{2}\,A$$

$$E_{a_1} = 220 - 10\times(0/5 + 0/3) = 212v$$
$$E_{a_2} = 220 - 10\times(0/5 + 0/05) = 214/5v \Rightarrow \frac{214/5}{212} = \frac{\phi_2}{\phi_1}\times\frac{n_2}{1500} = \frac{\sqrt{2}}{2}\times\frac{n_2}{1500}$$

$$n_2 = \frac{214/5}{212}\times\sqrt{2}\times 1500 = 2146rpm$$

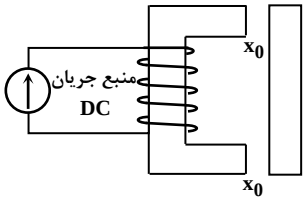
۱۱ـ گزینه «۲»

$$V_t = 220v \quad , \quad I_L = 100A$$

$$I_f = \frac{220}{55} = 4A \Rightarrow I_a = 104A \Rightarrow E_a^{\text{مداری}} = 220 + 104\times 0/25 = 246v$$

از روی منحنی : $I_f = 4A \Rightarrow E_a = 240v \Rightarrow \dfrac{n_2}{n_1} = \dfrac{E_2}{E_1} = \dfrac{246}{240} \Rightarrow n_2 = 1200\times\dfrac{246}{240} = 1230rpm$

۸ـ طول فواصل هوایی در مبدل الکترومکانیکی شکل زیر، x_0 فرض می‌شود. در این حالت انرژی ذخیره شده در میدان برابر W_{fo} است. اگر ابتدا طول فاصله‌ی هوایی ۲ برابر شود و سپس مقدار جریان منبع جریان هم ۲ برابر شود، قدرمطلق انرژی مبادله شده با منبع جریان (ΔW_e) و نیز تغییر انرژی ذخیره شده در میدان (ΔW_f) چقدر است؟ (از افت آمپر ـ دور در آهن، مقاومت اهمی سیم‌پیچی، نشت فلو و نیز پراکندگی فلو در فواصل هوایی صرف‌نظر می‌شود.)



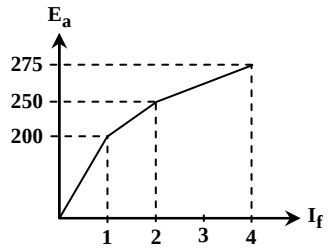
۱) $\Delta W_f = W_{fo}\ ,\ \Delta W_e = W_{fo}$

۲) $\Delta W_f = W_{fo}\ ,\ \Delta W_e = \frac{۱}{۲} W_{fo}$

۳) $\Delta W_f = \frac{۱}{۲}\Delta W_{fo}\ ,\ \Delta W_e = W_{fo}$

۴) $\Delta W_f = \frac{۱}{۲}\Delta W_{fo}\ ,\ \Delta W_e = \frac{۱}{۲} W_{fo}$

۹ـ مشخصه بی‌باری یک مولد با تحریک شنت در سرعت نامی به صورت شکل زیر داده شده است. اگر این مولد در حال کار با جریان آرمیچر حداکثر باشد، با فرض اینکه مقادیر مقاومت‌های این مولد به صورت $R_f = ۵۰$ و $R_a = ۱\Omega$ هستند، حداکثر تلفات مسی ایجاد شده در ماشین چند کیلووات است؟ (از عکس‌العمل آرمیچر صرف‌نظر شود.)



۱) ۲۲/۵

۲) ۱۵/۴

۳) ۲۲/۷

۴) ۱۵/۹

۱۰ـ مشخصه بی‌باری یک مولد شنت در سرعت $۱۰۰۰ rpm$ با معادله $E_a = ۱۰+۱۰۰\sqrt{I_f}$ تعیین می‌گردد. مقاومت تحریک این مولد ۶۰Ω و تعداد قطب‌های آن ۶ عدد می‌باشد که به صورت سری بسته شده‌اند. اگر سیم‌بندی قطب‌های این ماشین را دو به دو با یکدیگر سری و سه مجموعه را با یکدیگر موازی کنیم، ولتاژ ترمینال‌های مولد در بی‌باری در همان سرعت قبلی چند ولت می‌گردد؟

۱) ۵۲۰ ۲) ۴۱۰ ۳) ۳۸۶ ۴) ۴۴۹

۱۱ـ دو ترانسفورماتور تک‌فاز، یکی به قدرت $۱۰۰ kVA$ با امپدانس ۵% و دیگری به قدرت $۲۰۰ kVA$ با امپدانس ۸% را با یکدیگر موازی کرده‌ایم. اگر حداکثر ۱۰% اضافه بار مجاز باشد، چند کیلوولت آمپر توان می‌توانیم از این مجموعه موازی اخذ کنیم تا هیچ ترانسفورماتوری آسیب نبیند؟

۱) ۲۴۷/۵ ۲) ۲۲۵/۵ ۳) ۲۰۵ ۴) ۳۰۰

۱۲ـ یک ژنراتور DC تحریک مستقل با سرعت ۲۰۰۰^{rpm} می‌چرخد و جریان ۶۰^{A} را در ولتاژ ۱۸۰^{v} به یک بار اهمی ثابت تحویل می‌دهد. اگر سرعت ژنراتور به ۲۱۰۰^{rpm} افزایش یابد، توان تحویلی به بار چند وات خواهد بود؟ مقاومت آرمیچر ۰/۱ اهم است.

۱) ۱۱۹۰۷ ۲) ۱۲۷۰۰/۸ ۳) ۱۲۱۰۱ ۴) ۱۰۱۵۰

۱۳ـ یک ترانسفورماتور تک فاز $\frac{۱۰۰۰ v}{۴۰۰ v}$ و $۱۰ kVA$ را در نظر بگیرید. از امپدانس شاخه مغناطیس‌کنندگی صرف‌نظر می‌شود و تلفات مسی ناچیز است. ترانسفورماتور در حال تغذیه‌ی بار نامی با ضریب توان ۰/۹۶ است. اگر رگولاسیون ولتاژ صفر باشد، راکتانس سری معادل ترانس از دید فشار قوی چند اهم است؟

۱) ۸ ۲) ۲۵ ۳) ۳۴ ۴) ۵۶

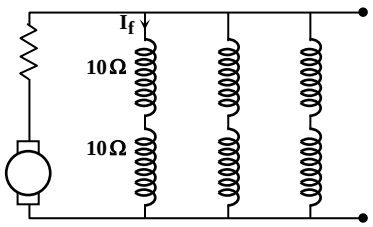
۱۴ـ یک موتور القایی سه فاز $۳۸۰ v$ و ۴ قطب و ۶۰ هرتز مفروض است. سرعت بار کامل این موتور ۱۷۲۸ دور در دقیقه می‌باشد. اگر گشتاور حداکثر ۲/۶ برابر گشتاور راه‌اندازی باشد، نسبت تلفات اهمی بار کامل به تلفات اهمی در گشتاور حداکثر کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۱۳}$ ۲) $\frac{۵}{۱۳}$ ۳) ۱۳ ۴) $\frac{۱۳}{۵}$

۱۵ـ در یک ترانسفورماتور تک فاز اگر ابعاد خطی این ترانس ۲ برابر شود و ضخامت ورقه‌های هسته نصف شود، جریان مغناطیس‌کنندگی و تلفات فوکو در ولتاژ تغذیه‌ی نامی به ترتیب از راست به چپ، چند برابر می‌شود؟ (مشخصه‌ی مغناطیسی هسته‌ی ترانسفورماتور خطی فرض می‌شود)

۱) $\frac{۱}{۲}\ ,\ \frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۸}\ ,\ \frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۱}{۴}\ ,\ \frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۸}\ ,\ \frac{۱}{۴}$

۱۰ـ گزینه «۱» در حالت اول تمامی قطب‌ها با یکدیگر سری هستند، لذا مقاومت هر قطب $\frac{۶۰}{۶}=۱۰\Omega$ است. در حالتی که سیم‌بندی‌ها دو به دو سری و سپس با یکدیگر موازی شده‌اند، داریم:



طبق توضیحات، در این حالت معادله خط القاء به صورت $E_a=۲۰I_f$ می‌گردد، لذا:

$$۱۰+۱۰۰\sqrt{I_f}=۲۰I_f \xrightarrow{\sqrt{I_f}=x} ۲۰x^۲-۱۰۰x-۱۰=۰$$

$$x=\frac{۱۰۰\pm\sqrt{۱۰۰^۲+۴\times۲۰\times۱۰}}{۲\times۲۰} \Rightarrow I_f=۲۶A \Rightarrow E_a=۲۰\times۲۶=۵۲۰v$$

۱۱ـ گزینه «۱» ترانسفورماتور ۱۰۰kVA چون امپدانس پریونیت کمتری دارد، در معرض اضافه بار شدید است. لذا سهم آن را در مقدار مجازش (۱۰% بیشتر از مقدار بار آن) تثبیت می‌کنیم، لذا:

$$\begin{cases} S_۱=S_n\dfrac{S_L}{\sum S_n}\dfrac{U_{k_{eq}}}{U_{k_۱}} \\ U_{k_{eq}}=\dfrac{۱۰۰+۲۰۰}{\frac{۱۰۰}{۵}+\frac{۲۰۰}{۸}}=\dfrac{۳۰۰}{۴۵} \end{cases} \Rightarrow ۱/۱=\frac{S_L}{۳۰۰}\times\frac{۳۰۰}{\frac{۴۵}{۵}} \Rightarrow S_L=۲۴۷/۵kVA$$

۱۲ـ گزینه «۱» ابتدا R_L و E_a را در سرعت ۲۰۰۰^{rpm} به‌دست می‌آوریم:

$$R_L=\frac{V_t}{I_L}=\frac{۷۸۰}{۶۰}=۳^{\Omega}$$

می‌دانیم در ژنراتورهای DC تحریک مستقل $I_a=I_L$ می‌باشد، بنابراین داریم:

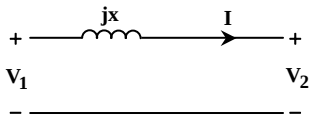
$$E_a=V_t+R_aI_a=۱۸۰+۰/۱\times۶۰=۱۸۶^{v}$$

چون ژنراتورهای تحریک مستقل می‌باشد، بنابراین شار ثابت است؛ با توجه به رابطه $E_a=K\varphi n$ خواهیم داشت:

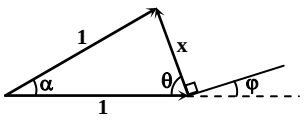
$$\frac{E_{a_۲}}{E_{a_۱}}=\frac{n_۲}{n_۱} \Rightarrow E_{a_۲}=۱۸۶\times\frac{۲۱۰۰}{۲۰۰۰}=۱۹۵/۳^{v} \quad , \quad I_{a_۲}=I_{L_۲}=\frac{E_{a_۲}}{R_a+R_L}=\frac{۱۹۵/۳}{۰/۱+۳}=۶۳^{A}$$

$$V_{t_۲}=E_{a_۲}-R_aI_{a_۲}=۱۹۵/۳-۰/۱\times۶۳=۱۸۹ \Rightarrow P_{out}=V_{t_۲}I_{L_۲}=۱۸۹\times۶۳=۱۱۹۰۷$$

۱۳ـ گزینه «۴»



$$\frac{V_۱-V_۲}{V_۲}=۰ \; ; \; V_۱=۱ \Rightarrow V_۲=۱pu$$



$$\varphi=\cos^{-۱}۰/۹۶ \Rightarrow \theta=۹۰^{\circ}-\cos^{-۱}۰/۹۶ \Rightarrow \cos\theta=\sin\varphi=\sqrt{۱-۰/۹۶^۲}=۰/۲۸$$

$$\alpha=۱۸۰^{\circ}-۲\theta \Rightarrow \cos\alpha=\cos(۱۸۰^{\circ}-۲\theta)=-\cos۲\theta=۱-۲\cos^۲\theta=\frac{۵۲۷}{۶۲۵}$$

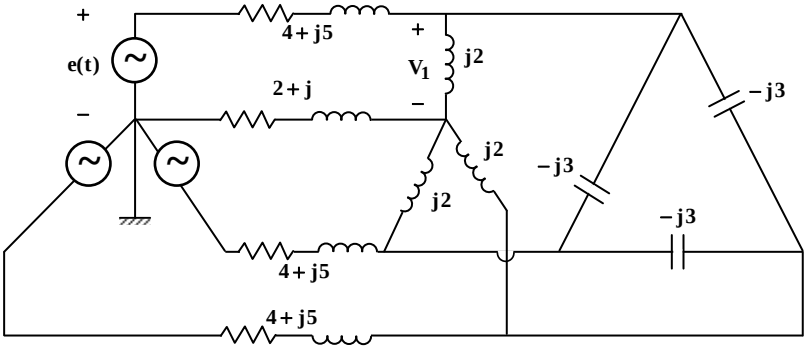
$$x^۲=۱+۱-۲\times\frac{۵۲۷}{۶۲۵}=\frac{۱۹۶}{۶۲۵} \Rightarrow x=۰/۵۶=|jx\times I|=x(pu)$$

$$x=۰/۵۶\times\frac{(۱۰۰۰)^۲}{۱۰۰۰۰}=۵۶\Omega$$

آزمون (II)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ شکل زیر مدار ۳ فاز متعادل را نشان می‌دهد. در صورتی که ولتاژ فازی منبع تغذیه برابر با $e(t) = ۱۵\circ \cos \omega t$ باشد، مقدار ولتاژ $V_۱$ کدام است؟ $(\sin ۳۷^\circ = \circ/۶)$



۱) $۶\circ \cos(\omega t - ۳۷^\circ)$

۲) $۱۲\circ \cos(\omega t - ۵۳^\circ)$

۳) $۶\circ \cos(\omega t - ۱۲۷^\circ)$

۴) $۱۲\circ \cos(\omega t - ۳۷^\circ)$

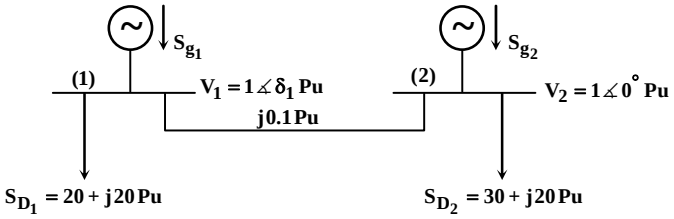
۲ـ چه تعداد از موارد زیر باعث افزایش اندوکتانس خط انتقال می‌شود؟

الف) افزایش فاصله بین هادی‌ها　　ب) افزایش شعاع هادی‌ها　　ج) افزایش ارتفاع خط از سطح زمین

د) باندل کردن　　هـ) دومداره کردن　　ر) کاهش تعداد رشته‌های باندل

۱) ۴　　۲) ۲　　۳) ۳　　۴) ۱

۳ـ در سیستم زیر، توان اکتیو تولیدی دو ژنراتور برابر می‌باشد. تفاضل توان راکتیو تولیدی ژنراتور اول و توان راکتیو بار در شین دوم برحسب پریونیت چقدر است؟



۱) $۲۵ - ۵\sqrt{۳}$

۲) صفر

۳) $۱۰ - ۵\sqrt{۳}$

۴) ۲۰

۴ـ کدام گزینه صحیح نیست؟

۱) قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع حلقه‌ای نسبت به سیستم شعاعی با چند انشعاب، بیشتر است.

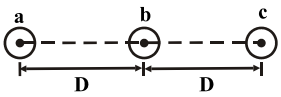
۲) هرچه نقاطی که شبکه از آن تغذیه می‌شود بیشتر باشد، افت ولتاژ ماکزیمم شبکه بیشتر می‌شود.

۳) در شبکه از دو سو تغذیه اگر ولتاژ دو طرف خط اختلاف پیدا کند، حتماً سطح مقطع باید بزرگتر انتخاب شود.

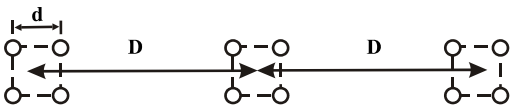
۴) در نقطه‌ی ژرف افت ولتاژ حداکثر می‌باشد و علامت جبری افت ولتاژ تغییر می‌کند.

۵ـ در شکل زیر به ازای چه مقدار ممکن برای d، اندوکتانس خودی ناشی از فاز a در هر دو آرایش زیر یکسان می‌باشد؟ (شعاع متوسط هندسی هادی‌ها در هر دو آرایش یکسان می‌باشد و شعاع هادی‌ها برابر R می‌باشد.)

(الف)



(ب)



۱) $\frac{Re^{-\frac{۱}{۴}}}{\sqrt[۶]{۲}}$　　۲) $Re^{-\frac{۱}{۴}}\sqrt[۸]{۲}$

۳) $\frac{Re^{-\frac{۱}{۴}}}{\sqrt[۸]{۲}}$　　۴) نمی‌توان چنین d ای یافت.

۶ـ هرگاه ولتاژ در یک خط بلند $۲۰۰\,kV$ از رابطه‌ی $V(x) = A_۱e^{j۳\times۱\circ^{-۵}x} + A_۲e^{-j۳\times۱\circ^{-۵}x}$ محاسبه گردد و راکتانس واحد طول خط $j\circ/\circ۱\frac{\Omega}{m}$ باشد، بار امپدانس موجی آن چقدر است؟

۱) $۳۰۰\,MW$　　۲) $\frac{۱۰۰۰}{۳}\,MW$　　۳) $۱۲\circ MW$　　۴) $۲۷\circ MW$

ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

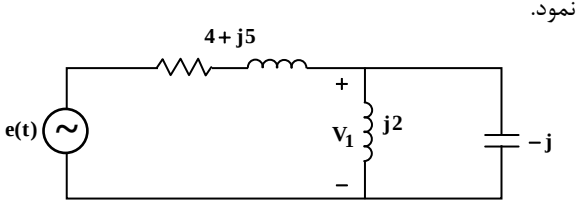
۷ـ در یک موتور القایی چهار قطب، $۵\circ Hz$ با اتصال ستاره، ولتاژ خط روتور قفل شده‌ی خوانده شده توسط ولت متر، برابر $۵\,v$ است. روتور دارای امپدانس نشتی $\circ/۱\Omega$ در هر فاز است. اگر جریان روتور در حالت کار نامی برابر $\frac{۲۵\sqrt{۶}}{۳}A$ با فرکانس $۵\,Hz$ باشد، گشتاور داخلی چند برابر $\frac{۱}{\pi}$ است؟

۱) ۲۵　　۲) ۱۴۸　　۳) $\frac{۵}{۶}$　　۴) $\frac{۵}{۲}$

پاسخنامه آزمون (II)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ گزینه «۳» در صورتی که دیاگرام تک خطی را رسم نماییم، باید اتصال مثلث خازن را به ستاره تبدیل کنیم، در ضمن با توجه به اینکه سیستم متعادل است، از هادی خنثی جریانی عبور نمی‌کند و می‌توان آن را در دیاگرام تک خطی حذف نمود.



$$\tan^{-1}(\frac{۳}{۴}) = ۳۷^\circ$$

$$Z_{Load} = j۲ \| -j = \frac{(j۲)(-j)}{j} = -j۲$$

$$V_۱ = \frac{-j۲}{-j۲+۴+j۵}e(t) = \frac{-j۲}{۴+j۳}e(t) = \frac{۲\angle -۹۰^\circ}{۵\angle ۳۷^\circ}e(t) = (۰/۴\angle -۱۲۷^\circ)e(t) = ۶۰\cos(\omega t - ۱۲۷^\circ)$$

۲ـ گزینه «۲» طبق رابطه‌ی $L = ۲\times ۱۰^{-۷}\ln\frac{GMD}{GMR}$، افزایش فاصله بین هادی‌ها باعث افزایش GMD و در نتیجه افزایش اندوکتانس خط می‌شود. افزایش شعاع هادی‌ها باعث افزایش GMR و در نتیجه کاهش اندوکتانس خط می‌شود. ارتفاع خط از سطح زمین تأثیری برروی اندوکتانس خط ندارد. باندل کردن و دومداره کردن باعث کاهش اندوکتانس خط شده، کاهش تعداد رشته‌های باندل اثر باندل را کمتر می‌کند و در نتیجه موجب افزایش اندوکتانس خط می‌شود.

۳ـ گزینه «۳»

$$\begin{cases} P_{g_۱} = P_{g_۲} \\ P_{g_۱} + P_{g_۲} = ۳۰+۲۰ = ۵۰ \end{cases} \Rightarrow P_{g_۱} = P_{g_۲} = ۲۵ \Rightarrow P_{۱۲} = ۲۵ - ۲۰ = ۵\,Pu$$

$$P_{۱۲} = \frac{|V_۱||V_۲|}{X_{۱۲}}\sin\delta_۱ = \frac{۱\times ۱}{۰/۱}\sin\delta_۱ = ۵ \Rightarrow \sin\delta_۱ = ۰/۵ \Rightarrow \delta_۱ = ۳۰^\circ$$

$$Q_{g_۱} = Q_{D_۱} + Q_{۱۲} = Q_{۱۲} + ۲۰ \Rightarrow Q_{g_۱} - Q_{D_۲} = (Q_{۱۲}+۲۰) - (۲۰) = Q_{۱۲}$$

$$Q_{g_۱} - Q_{D_۲} = Q_{۱۲} = \frac{|V_۱|}{X_{۱۲}}(|V_۱| - |V_۲|\cos\delta_۱) = \frac{۱}{۰/۱}(۱ - ۱\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}) = ۱۰ - ۵\sqrt{۳}$$

۴ـ گزینه «۲» با افزایش نقاطی که شبکه از آن تغذیه می‌شود، مسیرها کوتاه‌تر و افت ولتاژ ماکزیمم کمتر می‌شود.

۵ـ گزینه «۴»

اندوکتانس خودی فاز a: شکل (الف) $= \frac{\mu_۰}{۲\pi}\ln\frac{۱}{R'}$

اندوکتانس خودی فاز a: شکل (ب) $= \frac{\mu_۰}{۲\pi}\ln\frac{۱}{\sqrt[۴]{R'd^۳\sqrt{۲}}}$

$$\Rightarrow \frac{۱}{R'} = \frac{۱}{\sqrt[۴]{R'd^۳\sqrt{۲}}} \Rightarrow \frac{۱}{R'^۴} = \frac{۱}{R'd^۳\sqrt{۲}} \Rightarrow R'^۳ = d^۳\sqrt{۲} \Rightarrow R' = d\times\sqrt[۶]{۲} \Rightarrow d = \frac{R'}{\sqrt[۶]{۲}} = \frac{Re^{-\frac{۱}{۴}}}{\sqrt[۶]{۲}}$$

اما نکته‌ی مهم در اینجاست که مقدار بدست آمده برای d نمی‌تواند درست باشد؛ زیرا حداقل d می‌تواند ۲R باشد (وقتی که ۲ باندل به هم بچسبند و مقادیر کمتر به معنای ادغام شدن باندل‌هاست که غیرممکن است).

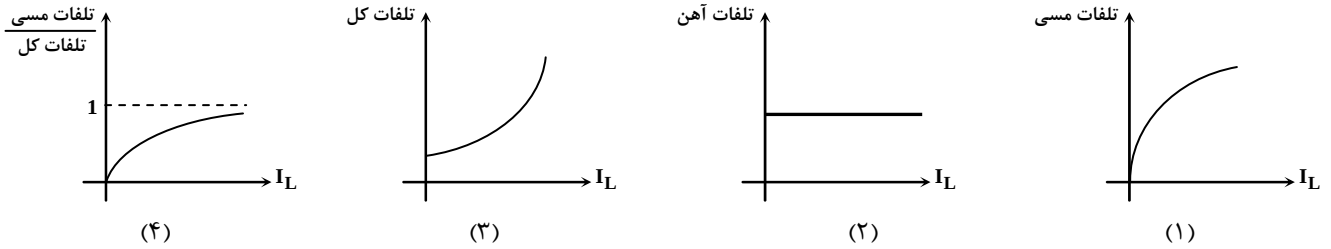
۶ـ گزینه «۳» از نحوه‌ی معادلات مشخص می‌شود که خط بدون تلف بوده و $\alpha = ۰$ می‌باشد.

$$\left.\begin{aligned} \gamma &= j۳\times ۱۰^{-۵} = j\beta \\ \beta &= \omega\sqrt{LC} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \omega\sqrt{LC} = ۳\times ۱۰^{-۵}$$

$$L\omega = ۰/۰۱ \Rightarrow \frac{L\omega}{\omega\sqrt{LC}} = \frac{۱۰^{-۲}}{۳\times ۱۰^{-۵}} = \frac{۱۰^۳}{۳} = \frac{۱۰۰۰}{۳} = \sqrt{\frac{L}{C}} \Rightarrow Z_C = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{۱۰۰۰}{۳}\Omega$$

$$\Rightarrow SIL = \frac{V_{LL}^۲}{Z_C} = \frac{۲۰۰\times ۲۰۰\times ۱۰^۶}{\frac{۱۰۰۰}{۳}} = ۱۲۰\times ۱۰^۶\ W = ۱۲۰\,MW$$

۱۳ـ ترانسفورماتورها دارای تلفات مختلفی می‌باشند. در کدام گزینه نمودار رسم شده صحیح نیست؟



(۱) (۲) (۳) (۴)

۱۴ـ در ماشین‌ها معمولاً نسبت X به R امپدانس روتور مقدار ثابتی است. اگر اندازه امپدانس روتور سه موتور به ترتیب ۳، ۴ و ۵ باشد و باری را با گشتاور ثابت بچرخاند، در صورتی که ولتاژ تغذیه افت کند، کدام موتور می‌تواند بیشتر به کار خود ادامه دهد؟

۱) موتور اول
۲) موتور دوم
۳) موتور سوم
۴) از روی اندازه امپدانس نمی‌توان اظهارنظر قطعی کرد.

۱۵ـ کدام گزینه در مورد راندمان ترانسفورماتور نادرست است؟

۱) با افزایش ضریب قدرت بار تا مقدار واحد، راندمان ترانسفورماتور زیاد می‌شود.
۲) حداکثر راندمان وقتی رخ می‌دهد که حداقل یکی از دو مورد قدرت بار واحد یا بار نامی اتفاق بیفتد.
۳) نمودار راندمان برحسب بار ترانسفورماتور ابتدای صعودی و سپس نزولی است.
۴) در یک ترانس واقعی هیچ‌گاه توان خروجی ماکزیمم و راندمان ماکزیمم با هم حاصل نمی‌شوند.

آزمون (۱۴)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

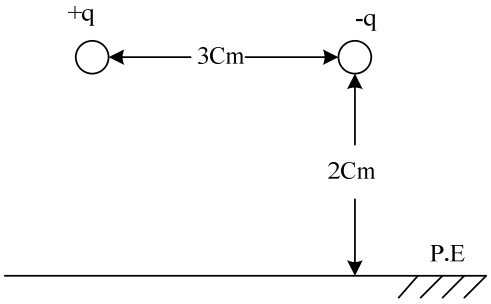
۱ـ شبکه‌ای یک بار ۱۰۰۰kVA با ضریب توان ۰/۸ پس فاز را تغذیه می‌کند. اگر ضریب توان ۰/۹ مطلوب باشد، برای رسیدن به این هدف، به چه مقدار خازن نیاز داریم؟ ($\sqrt{19} \simeq 4/5$)

۱) ۱۵۰kVAr ۲) ۲۲۵kVAr ۳) ۲۰۰kVAr ۴) ۲۵۰kVAr

۲ـ اندوکتانس یک خط انتقال سه فاز با باندل دوتایی، معکوس کاپاسیتانس آن است. کاپاسیتانس این خط تقریباً برابر است با:

۱) $55/6\times10^{-12}$ ۲) 3×10^{-5} ۳) 5×10^{6} ۴) 4×10^{7}

۳ـ در آرایش زیر یک‌بار خازن یک فاز نسبت به نقطه خنثی را با در نظر گرفتن اثر زمین و یک‌بار بدون در نظر گرفتن اثر زمین محاسبه نموده‌ایم. میزان خطای محاسبه شده در اثر صرف نظر کردن از زمین، چقدر است؟ $\left(Ln2=0/7 \;,\; Ln3=1/1 \;,\; Ln5=1/5\right)$



۱) ۱ درصد

۲) ۱۲ درصد

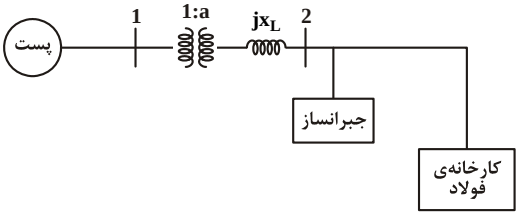
۳) ۸ درصد

۴) ۱۰ درصد

۴ـ در صورتی که از مقاومت سری یک خط انتقال طویل صرف‌نظر نکنیم، با فرض ثابت ماندن ولتاژ، کدام گزینه در مورد اندازه بار طبیعی خط در دو حالت موج صاعقه و موج AC ماندگار صحیح می‌باشد؟

۱) بارگیری طبیعی خط در حالت موج صاعقه با حالت موج AC برابر است.
۲) بارگیری طبیعی خط در حالت موج صاعقه از حالت موج AC کمتر است.
۳) بارگیری طبیعی خط در حالت موج صاعقه از حالت موج AC بیشتر است.
۴) نسبت مقاومت سری خط به اندوکتانس سری خط باید مشخص باشند.

۵ـ یک کارخانه فولاد از طریق یک ترانسفورماتور دارای تپ با تپ ایده‌آل و از طریق خطی با امپدانس ($Z_{Line} = jX_L$) مطابق شکل زیر از پست ۱ تغذیه می‌شود. اگر در فرایند نورد فولاد از یک جبران‌ساز توان راکتیو به موازات کارخانه استفاده شود، به‌طوری که ضریب توان کارخانه برابر واحد باشد، با افزایش تپ ترانسفورماتور در طرف کارخانه (با فرض ثابت بودن توان اکتیو مصرفی کارخانه)، توان راکتیو کشیده شده از پست چه تغییری می‌کند؟ (ولتاژ پست ثابت)



۱) افزایش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) تغییر نمی‌کند.
۴) به میزان تغییر تپ و اندازه ولتاژ شین‌ها بستگی دارد.

۶ـ ماتریس ادمیتانس یک سیستم با سه باس به صورت زیر است. فرض کنید ۲ خط موازی بین باس‌های ۱و۲ متصل است. در صورتی که یکی از خطوط فوق قطع و در سمت باس ۱ زمین شود، ماتریس ادمیتانس به چه صورتی درمی‌آید؟

$$\begin{bmatrix} -j45 & j20 & j5 \\ j20 & -j40 & j20 \\ j5 & j20 & -j25 \end{bmatrix}$$

۱) $\begin{bmatrix} -j45 & j20 & j5 \\ j20 & -j40 & j20 \\ j5 & j20 & -j25 \end{bmatrix}$ ۲) $\begin{bmatrix} -j15 & j10 & j5 \\ j10 & -j30 & j10 \\ j5 & j20 & -j25 \end{bmatrix}$

۳) $\begin{bmatrix} -j45 & j10 & j5 \\ j20 & -j40 & j20 \\ j5 & j20 & -j25 \end{bmatrix}$ ۴) $\begin{bmatrix} -j45 & j20 & j5 \\ j20 & -j30 & j20 \\ j5 & j20 & -j25 \end{bmatrix}$

ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

۷ـ در یک موتور القایی سه فاز ۴ قطب و ۵۰Hz، گشتاور ماکزیمم در لحظه‌ی راه‌اندازی رخ می‌دهد. ولتاژ حالت سکون هر فاز روتور ۲۰۰ ولت بوده و مقاومت هر فاز روتور ۵Ω می‌باشد. چنانچه مقاومت روتور $\frac{1}{10}$ شود سرعت موتور به ۱۳۵۰r.p.m می‌رسد. توان مکانیکی تولیدی موتور در این حالت چقدر است؟

۱) ۲۱/۶kw ۲) ۱۲kw ۳) ۱۰/۸kw ۴) ۷/۲kw

پاسخنامه آزمون (۱۴)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ گزینه «۳»

$$S = ۱۰۰۰ kVA \ , \ PF = ۰/۸ \Rightarrow P_L = ۸۰۰ kW$$

$$Q_c = P_L (\tan\phi_{\text{اولیه}} - \tan\phi_{\text{نهایی}})$$

$$= ۸۰۰(\tan(\cos^{-۱}۰/۸) - \tan(\cos^{-۱}۰/۹)) = ۸۰۰ \times (\frac{۳}{۴} - \frac{\sqrt{۱-۰/۸۱}}{۰/۹}) = ۸۰۰(۰/۷۵ - ۰/۵) \Rightarrow Q_c = ۲۰۰ \ kVAr$$

۲ـ گزینه «۴»

با توجه به رابطه $C = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{-\frac{۱}{۴b} + \frac{L}{۲\times۱۰^{-۷}}}$ داریم:

$$C = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{-\frac{۱}{۸} + \frac{\frac{۱}{C}}{۲\times۱۰^{-۷}}} \rightarrow -\frac{C}{۸} + \frac{۱}{۲\times۱۰^{-۷}} = ۲\pi\varepsilon_۰$$

$$-\frac{C}{۸} = -\frac{۱}{۲\times۱۰^{-۷}} + ۲\pi\varepsilon_۰ \Rightarrow -\frac{C}{۸} = -۵\times۱۰^{۶} + ۲\pi\varepsilon_۰ \Rightarrow C = ۴\times۱۰^{۷} - ۱۶\pi\varepsilon_۰$$

با توجه به این‌که $\varepsilon_۰$ عددی بسیار کوچک $(\varepsilon_۰ = ۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲})$ است، داریم:

$$C = ۴\times۱۰^{+۷}$$

۳ـ گزینه «۴» خازن نسبت به نقطه خنثی به‌صورت مقابل است:

$$C = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{Ln\left(\frac{۳}{۱}\right)} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{۱/۱} \simeq ۱/۸\pi\varepsilon_۰$$

و خازن این خط با در نظر گرفتن اثر زمین برابر است با:

$$C = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{Ln\left(\frac{D}{r}.\frac{۲H}{D'}\right)} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{Ln\left(\frac{۳}{۱}.\frac{۴}{۵}\right)} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{Ln\frac{۱۲}{۵}}$$

$$C = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{۲Ln۲ + Ln۳ - Ln۵} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{۱/۴ + ۱/۱ - ۱/۵} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰}{۱} = ۲\pi\varepsilon_۰$$

در نتیجه داریم:

$$\text{خطا} = \frac{۲\pi\varepsilon_۰ - ۱/۸\pi\varepsilon_۰}{۲\pi\varepsilon_۰} = \frac{۰/۲\pi\varepsilon_۰}{۲\pi\varepsilon_۰} = ۰/۱ \Rightarrow \text{درصد خطا} = ۱۰\%$$

۴ـ گزینه «۳» در حالتی که از مقاومت سری خط صرف‌نظر نکنیم، امپدانس واحد طول خط برابر خواهد بود با: $z = r + j\omega L$

و همچنین ادمیتانس واحد طول برابر است با: $y = j\omega c$

بارگیری طبیعی خط به امپدانس مشخصه خط وابسته است (البته در صورت ثابت بودن ولتاژ خط) و مطابق رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\text{بار طبیعی خط}: SIL = \frac{V^۲}{Z_C}$$

در رابطه بالا Z_C امپدانس مشخصه خط است و برابر مجذور نسبت امپدانس واحد طول به ادمیتانس واحد طول می‌باشد، یعنی:

$$Z_C = \sqrt{\frac{Z}{y}} = \sqrt{\frac{r + j\omega L}{j\omega c}}$$

موج صاعقه مشابه یک موج ضربه است و شامل فرکانس‌های بزرگ می‌باشد. در رابطه Z_C هرچه مقدار ω بزرگ‌تر باشد، می‌توان از مقاومت r در مقابل $j\omega L$ صرف نظر کرد، بنابراین:

$$Z_{C(\text{صاعقه})} \simeq \sqrt{\frac{L}{C}}$$

اما در مورد موج AC ماندگار با فرکانس 50^{Hz} یا 60^{Hz}، مقاومت r در مقابل $j\omega L$ ممکن است قابل صرف‌نظر کردن نباشد، بنابراین:

$$Z_{C_{(\text{ماندگار AC})}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{r}{j\omega c}$$

همان‌طور که مشخص است:

$$\left|Z_{C_{(\text{ماندگار AC})}}\right| > \left|Z_{C_{(\text{صاعقه})}}\right|$$

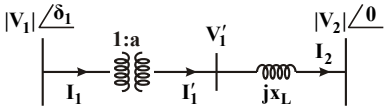
امپدانس مشخصه در حالت موج AC ماندگار بزرگ‌تر است از امپدانس مشخصه در حالت موج صاعقه و بنابراین، بار امپدانس موجی یا همان بار طبیعی خط در موج صاعقه از موج AC ماندگار بزرگ‌تر خواهد بود. $(SIL = \frac{V^2}{Z_C})$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۵ـ گزینه «۴» با توجه به این‌که در کنار کارخانه یک جبران‌ساز توان راکتیو وجود دارد و به‌طور نامحدود، توانایی مبادله توان راکتیو را دارد، ولتاژ در ترمینال کارخانه و فرایند آن ثابت خواهد ماند (دامنه ولتاژ). برای تحلیل میزان تغییرات توان راکتیو تحویلی توسط پست ۱ می‌توانیم ولتاژ ترمینال کارخانه یا همان باس ۲ را به‌عنوان ولتاژ مرجع قرار دهیم:

$$V_2 = |V_2|\angle 0 = \text{ثابت}$$

در شکل روبه‌رو، جریان‌ها و ولتاژهای شبکه سؤال نشان داده شده است.



با توجه به شکل خواهیم داشت:

$$I_1' = I_2 = \frac{V_1' - V_2\angle 0}{jX_L}$$

$$V_1' = aV_1 = aV_1\angle\delta_1$$

دامنه ولتاژ پست ثابت است؛ بنابراین دامنه ولتاژ V_1' نیز ثابت می‌ماند. اگر قبل از تغییر تپ، زاویه ولتاژ را δ_1^{old} و پس از افزایش تپ، زاویه ولتاژ را δ_1^{new} بنامیم، خواهیم داشت:

$$\text{توان کارخانه ثابت است} \Rightarrow P^{new} = P^{old} \Rightarrow \frac{a^{new}V_1V_2}{X_L}\sin\delta_1^{new} = \frac{a^{old}V_1V_2}{X_L}\sin\delta_1^{old}$$

با توجه به این‌که تپ ترانسفورماتور افزایش یافته است، داریم:

$$a_{new} > a_{old} \Rightarrow \delta_1^{new} < \delta_1^{old}$$

بنابراین مطابق با رابطه توان راکتیو خروجی ترانسفورماتور داریم:

$$Q_{1'2} = \frac{V_1'}{X_L}(V_1' - V_2\cos\delta_1) = \frac{a^2V_1^2}{X_L} - \frac{aV_1V_2}{X_L}\cos\delta_1$$

با توجه به این‌که ترانسفورماتور ایده‌آل مصرف توان اکتیو و راکتیو ندارد، $Q_1 = Q_{1'2}$. بنابراین:

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_1^{new} = (a_{new}^2)\frac{V_1^2}{X_L} - (a_{new}\cos\delta_1^{new})\frac{V_1V_2}{X_L} \\ Q_1^{old} = (a_{old})^2\frac{V_1^2}{X_L} - (a_{old}\cos\delta_1^{old})\frac{V_1V_2}{X_L} \end{cases}$$

توجه کنید که مقادیر V_1، V_2 و X در روابط بالا ثابت هستند. بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta Q_1 = Q_1^{new} - Q_1^{old} = \underbrace{(a_{new}^2 - a_{old}^2)\frac{V_1^2}{X_L}}_{\text{ترم (۱)}} - \underbrace{(a_{new}\cos\delta_1^{new} - a_{old}\cos\delta_1^{old})\frac{V_1V_2}{X_L}}_{\text{ترم (۲)}}$$

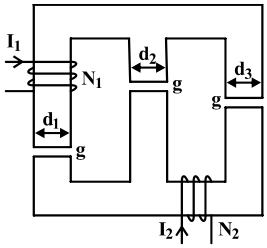
$$\left.\begin{array}{l} a_{new} > a_{old} \\ \delta_1^{new} > \delta_1^{old} \\ \cos\delta_1^{new} < \cos\delta_1^{old} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{ترم (۱)}: + \\ \text{ترم (۲)}: + \end{array}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، ترم‌های ۱ و ۲ در عبارت ΔQ_1 مثبت هستند. بنابراین افزایش یا کاهش و یا به‌طور کلی تغییرات به میزان افزایش تپ (a) و اندازه ولتاژ شین‌ها وابسته است.

بنابراین گزینه (۴) صحیح می‌باشد.

۱۲ـ در مدار مغناطیسی زیر دو آزمایش انجام می‌دهیم. بار اول سیم‌پیچ دوم مدار باز است و سیم‌پیچ ۱ را به منبع ولتاژ dc با اندازه v وصل می‌کنیم. در آزمایش دوم هرکدام از دو سیم‌پیچ را به منبع ولتاژ dc با همان اندازه v متصل می‌کنیم. شار عبوری از ساقه وسط در آزمایش دوم چه تغییری می‌کند؟

(دو سیم‌پیچ از هر نظر مشابه‌اند و تنها $N_1 = 2N_2$ ، ضخامت هسته همه جا یکسان است و $d_1 = \frac{d_2}{3} = \frac{d_3}{2}$)

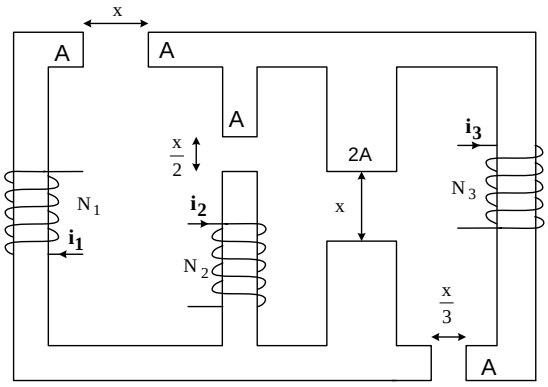


۱) به ۲ برابر مقدار آن در آزمایش اول کاهش می‌یابد.
۲) به ۴ برابر مقدار آن در آزمایش اول افزایش می‌یابد.
۳) به ۳ برابر مقدار آن در آزمایش اول افزایش می‌یابد.
۴) به ۱ برابر مقدار آن در آزمایش اول کاهش می‌یابد.

۱۳ـ دو موتور القایی A و B به‌صورت هم‌محور بسته شده‌اند، استاتور موتور B از روتور موتور A تغذیه می‌شود. موتور A دارای P_A قطب و موتور B دارای P_B قطب می‌باشد. لغزش دو موتور برابر است و مقدار آن ۰/۵ می‌باشد. کدام رابطه درست است؟

۱) $P_B = P_A$ ۲) $P_B = \frac{1}{2}P_A$ ۳) $P_B = \frac{1}{3}P_A$ ۴) $P_B = \frac{1}{6}P_A$

۱۴ـ با صرف نظر از مقاومت قسمت‌های آهنی (ایده‌آل بودن هسته) اندوکتانس متقابل بین سیم‌پیچ‌های N_1 و N_2 چقدر است؟ سطح مقطع قسمت‌های مختلف در شکل مشخص شده است.



۱) $\frac{2N_1 N_2 A\mu_0 i_1}{8x}$
۲) $\frac{5N_1 N_2 A\mu_0}{8x}$
۳) $\frac{2N_1 N_2 A\mu_0}{8x}$
۴) $\frac{N_1 N_3 A}{\mu_0 8x}$

۱۵ـ یک ژنراتور DC تحریک مستقل در سرعت نامی جریان ۹۰ آمپر را در ولتاژ ۳۰۰ ولت به بار ثابت اهمی می‌دهد. درصورتی‌که سرعت ژنراتور $\frac{3}{4}$ برابر شود، توان تحویلی به بار $\frac{4}{9}$ مقدار قبلی می‌شود. مقاومت آرمیچر چند اهم است؟

۱) داده‌های مسئله کافی نیست ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{3}{4}$ ۴) مسئله جواب ندارد

فرکانس تغذیه موتور B برحسب فرکانس تغذیه موتور A محاسبه می‌شود و برحسب آن سرعت سنکرون نیز قابل محاسبه است:

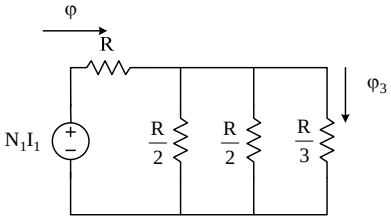
$$f_{1B}=f_{2A}=S_A f_{1A} \Rightarrow n_{sB}=\frac{120 f_{1B}}{P_B}=\frac{120\times S_A\times f_{1A}}{P_B}$$

$$S_B=\frac{n_{sB}-n_{mB}}{n_{sB}}=1-\frac{(1-S_A)(\frac{120}{P_A})f_{1A}}{\frac{120}{P_B}\times S_A\times f_{1A}}=1-\frac{(1-S_A)\times P_B}{P_A S_A}=\frac{1}{2}$$

با طرفین وسطین کردن رابطه سطر بالا به‌ازای $S_A=S_B=0/5$ داریم:

$$(1-\frac{1}{2})\times P_B=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times P_A \Rightarrow \frac{1}{2}P_B=\frac{1}{4}P_A \Rightarrow P_B=\frac{1}{2}P_A$$

۱۴ـ گزینه «۳» تمام منابع غیر از $N_1 i_1$ را خاموش می‌کنیم و مدار معادل می‌کشیم.



$$\frac{R}{2}\|\frac{R}{2}=\frac{R}{4} \quad , \quad \frac{R}{4}\|\frac{R}{3}=\frac{R}{7}$$

$$\Rightarrow R_{eq}=R+\frac{R}{7}=\frac{8R}{7} \rightarrow \varphi=\frac{N_1 i_1}{\frac{8R}{7}} \rightarrow \varphi=\frac{7N_1 i_1}{8R} \xrightarrow{R=\frac{1}{\mu_0}\frac{x}{A}} \Rightarrow \varphi=\frac{7N_1 i_1 A\mu_0}{8x}$$

حال φ_2 را حساب می‌کنیم:

$$\varphi_3=\frac{\frac{R}{5}}{\frac{R}{2}+\frac{R}{5}}\times\varphi \rightarrow \varphi_3=\frac{\frac{R}{5}}{\frac{7R}{10}}\times\varphi \rightarrow \varphi_2=\frac{2}{7}\varphi \rightarrow \varphi_2=\frac{2N_1 i_1 A\mu_0}{8x}$$

$$\begin{cases}\lambda_2=N_2\varphi_2 \rightarrow \lambda_2=\dfrac{2N_1 N_2 A\mu_0 i_1}{8x} \rightarrow \text{مقایسه با پایین}\\ \lambda_2=L_2 i_2+L_{12} i_1+L_{23} i_3\end{cases} \qquad \boxed{L_{13}=\frac{2N_1 N_3 A\mu_0}{8x}}$$

۱۵ـ گزینه «۴» توان تحویلی به بار ثابت اهمی $=RI^2$ است، درنتیجه وقتی توان $\frac{4}{9}$ برابر می‌شود، جریان $\frac{2}{3}$ برابر شده است.

بنابراین:

$$I_2=\frac{2}{3}I_1=\frac{2}{3}\times 90=60$$

و طبق رابطه $V=RI$ وقتی جریان $\frac{2}{3}$ برابر می‌شود، ولتاژ هم $\frac{2}{3}$ برابر می‌شود، بنابراین:

$$V_2=\frac{2}{3}V_1=200$$

$$E_a=V_t+RI \Rightarrow E_{a_1}=300+90R \ , \ E_{a_2}=200+60R$$

از طرفی داریم:

$$E_a=k\varphi\omega \Rightarrow \frac{E_{a_2}}{E_{a_1}}=\frac{\varphi_2}{\varphi_1}\times\frac{\omega_2}{\omega_1}$$

چون تحریک مستقل است، درنتیجه:

$$\varphi_2=\varphi_1$$

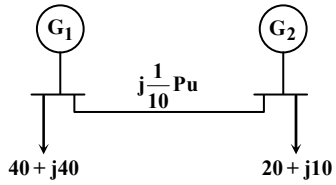
$$\Rightarrow \frac{E_{a_2}}{E_{a_1}}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{3}{4} \rightarrow \frac{200+60R}{300+90R}=\frac{3}{4} \Rightarrow 800+240R=900+270R \Rightarrow 30R=-100 \Rightarrow R=-\frac{100}{30}=-\frac{10}{3}$$

با توجه به اینکه مقدار R منفی به‌دست آمد، چنین حالتی امکان‌پذیر نیست و مسئله جواب ندارد.

آزمون (۲۰)

تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

۱ـ دو واحد نیروگاهی توسط خط انتقالی مطابق شکل به هم متصل شده‌اند. می‌خواهیم اندازه ولتاژ در هر دو نیروگاه برابر یک پریونیت شود. با فرض اینکه نیروگاه اول ۳ برابر نیروگاه دوم توان حقیقی تولید کند، توان راکتیو تولیدی نیروگاه اول کدام است؟



۱) $(۵۰-۵\sqrt{۳})Pu$

۲) $(۵۰+۵\sqrt{۳})Pu$

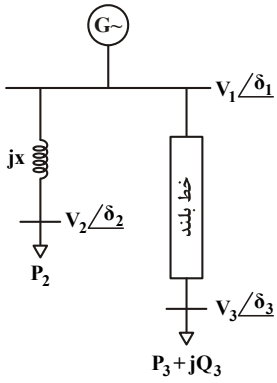
۳) $۴۵Pu$

۴) $(۱۰-۵\sqrt{۳})Pu$

۲ـ در یک خط انتقال سه فاز با باندل‌های پنج تایی، کاپاسیتانس واحد طول برابر $C=\frac{۲۰}{۷}\pi\varepsilon_{۰}$ می‌باشد. اندوکتانس واحد طول این سیستم کدام است؟

۱) ۳×۱۰^{-۷} ۲) $۰/۷۵\times۱۰^{-۷}$ ۳) ۶×۱۰^{-۷} ۴) $۱/۵\times۱۰^{-۷}$

۳ـ در شبکه شکل زیر، خط انتقال بلند بدون تلفات، باری برابر بار طبیعی خط را تغذیه می‌کند. اگر راکتانس خط مجاور دو برابر شود، با فرض ثابت ماندن دامنه ولتاژ باس‌ها تلفات توان راکتیو خط انتقال بلند چند درصد تغییر می‌کند؟



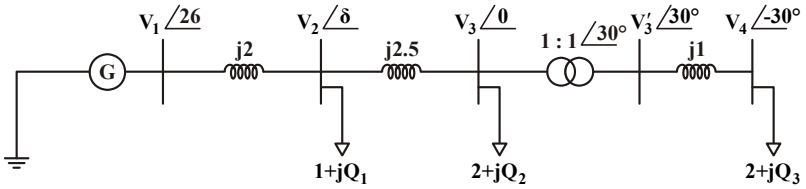
۱) بستگی به پارامترهای خط دارد.

۲) %۲۰۰

۳) %۰

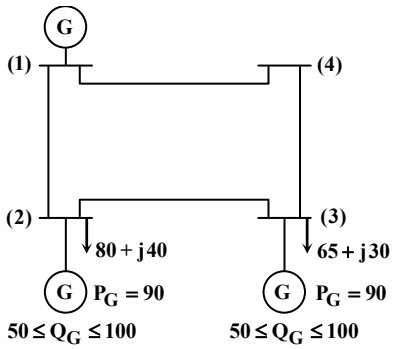
۴) %۵۰

۴ـ در شبکه شکل زیر، بار شین ۴ از طریق یک ترانسفورماتور با تپ ایده‌آل تغذیه می‌شود. دامنه ولتاژ $V_۴$ چقدر است؟ $(V_۱=۱^{pu})$



۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$ ۲) $\frac{۸\sqrt{۳}}{۳}$ ۳) $\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$ ۴) $\frac{۴\sqrt{۳}}{۳}$

۵ـ در شبکه شکل زیر، در تکرار iام روش نیوتن ـ رافسون مقدار $Q_۲$ و $Q_۳$ به ترتیب ۸۰ و ۵۶ مگاوار به دست آمده‌اند. ابعاد ماتریس ژاکوبین در تکرار $(i+۱)$ام کدام است؟



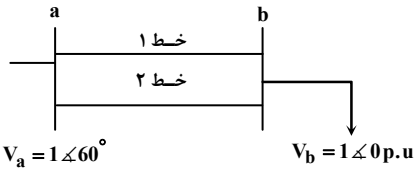
۱) ۵×۵

۲) ۴×۴

۳) ۲×۲

۴) ۶×۶

۶ـ مطابق شکل زیر، دو شین a و b از طریق دو خط ۱ و ۲ به هم متصل‌اند. اگر امپدانس این دو خط به ترتیب $Z_۱=j۰/۳p.u$ و $Z_۲=j۰/۶p.u$ باشد، در این صورت نسبت دورهای $(a:۱)$ ترانسفورماتور تنظیم‌کننده‌ای که به طور سری با خط ۲ قرار می‌گیرد، چقدر باشد تا هیچ توان راکتیوی از خط ۱ عبور نکند؟



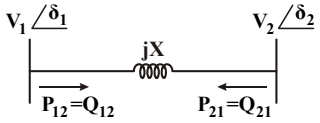
۱) $a=۳/۵$

۲) $a=۲$

۳) $a=۳$

۴) $a=۲/۵$

۴ـ گزینه «۴» در حل این‌گونه سؤالات، استفاده از روابط توان و ارتباط توان بین باس‌ها، راه‌گشای مسأله است. در این‌جا روابط توان را دوباره می‌نویسیم:

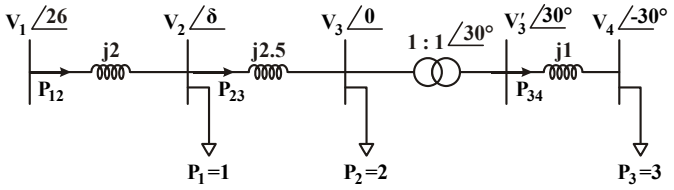


$$\begin{cases} P_{12}=\dfrac{V_1V_2}{X}\sin(\delta_1-\delta_2) \\ Q_{12}=\dfrac{V_1}{X}(V_1-V_2\cos(\delta_1-\delta_2)) \end{cases} \qquad \begin{cases} P_{21}=\dfrac{V_1V_2}{X}\sin(\delta_2-\delta_1) \\ Q_{21}=\dfrac{V_2}{X}(V_2-V_1\cos(\delta_2-\delta_1)) \end{cases}$$

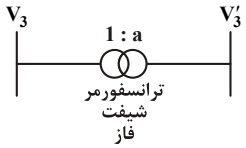
در رابطه با حل سؤال بالا، توان انتقالی از شین ۱ به شین ۲ یعنی (P_{12})، کل توان شبکه را شامل می‌شود (زیرا امپدانس خطوط سلفی هستند و تلفات اکتیو ندارند و همچنین ترانسفورماتور ایده‌آل فرض شده و تلفات ندارد). در این صورت طبق روابط انتقال توان داریم:

$$\left.\begin{aligned} P_{12}=\frac{V_1V_2}{2}\sin(2\delta-\delta)=1+2+2 \;\Rightarrow V_2\sin\delta=10 \\ Q_{23}=\frac{V_2V_3}{2/5}\sin(\delta-0)=2+2 \;\Rightarrow V_3(V_2\sin\delta)=10 \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_3=1^{pu}$$

توان‌های انتقالی میان باس‌ها به‌صورت مقابل است:



ولتاژ V_3 بعد از عبور از ترانسفورماتور به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:



$$V_3'=aV_3=(1\angle30^\circ)(1\angle0)=1\angle30^\circ$$

شین ۴ توسط شین $3'$ و از طریق امپدانس $j1$ تغذیه می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{cases} P_{34}=\dfrac{V_3'V_4}{X_{34}}\sin(\delta_3'-\delta_4)=\dfrac{1V_4}{1}\sin(+30^\circ-(-30^\circ))=V_4\sin60^\circ \\ P_{34}=2(pu) \end{cases} \Rightarrow V_4=\frac{2}{\sin60}=\frac{2}{\sqrt{\frac{3}{2}}}=\frac{4}{\sqrt{3}}=\frac{4\sqrt{3}}{3}$$

۵ـ گزینه «۱» همان‌طور که مشاهده می‌شود، شبکه دارای ۴ شین می‌باشد. در حالت عادی یک شین به عنوان شین slack و دو شین نیز PV هستند و در حالی که این دو شین (شین ۲ و ۳) کنترل شده باقی بمانند، خواهیم داشت:

ابعاد ماتریس ژاکوبین $=(2\times4-3-1)(2\times4-3-1)=4\times4$

اما در مورد محدودیت‌های توان راکتیو داریم:

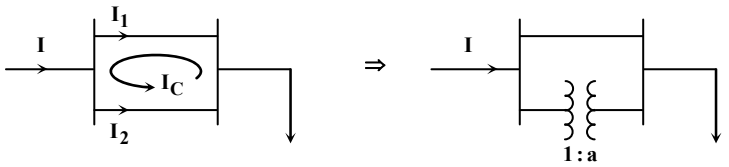
$$50\le Q_{G_2}\le100 \Rightarrow 10\le Q_2=Q_{G_2}-Q_{L_2}\le60$$

$$50\le Q_{G_3}\le100 \Rightarrow 20\le Q_3=Q_{G_3}-Q_{L_3}\le70$$

به دلیل اینکه در تکرار iام، $Q_2=80$ و $Q_3=56$ مگاوار هستند، شین ۲ تبدیل به شین PQ می‌شود و شین شماره (۳)، PV باقی می‌ماند و برای ماتریس ژاکوبین داریم:

ابعاد ماتریس ژاکوبین $=(2\times4-2-1)(2\times4-2-1)=5\times5$

۶ـ گزینه «۴»



$$I=\frac{V_a-V_b}{(Z_1\parallel Z_2)}=\frac{1\angle60^\circ-1\angle0}{j0/2}=5\angle30^\circ \Rightarrow \begin{cases} I_1=\dfrac{2}{3}I=\dfrac{2}{3}(5\angle30^\circ)=\dfrac{10}{3}\angle30^\circ\ p.u=(\dfrac{10\sqrt{3}}{6}+j\dfrac{5}{3})p.u \\ I_2=\dfrac{1}{3}I=\dfrac{1}{3}(5\angle30^\circ)=\dfrac{5}{3}\angle30^\circ\ p.u=(\dfrac{5\sqrt{3}}{6}+j\dfrac{5}{6})p.u \end{cases}$$

چون توان راکتیو انتقالی از خط ۱ باید صفر باشد، لذا بایستی:

$$I_C=j\frac{5}{3}p.u \Rightarrow |I_C(Z_1+Z_2)|=|\Delta V| \Rightarrow \frac{5}{3}\times0/9=|\Delta V|=\frac{\Delta a}{a}=1/5$$

$$a_0=1 \Rightarrow a=1+1/5=2/5$$