# فصل اول

## «مدارهای مغناطیسی»

### تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث مقدمات و اصول اولیه در تحلیل مدارات مغناطیسی

۱ــ در مدار مغناطیسی سؤال قبل نسبت آمپر دور فاصله هوایی به آمپر دور هسته آهنی برابر است با: (آزاد ۸۲)

۱) ۲۷۱ ۲) ۳۸۵ ۳) ۲۴۲۰ ۴) ۳۸۵۰

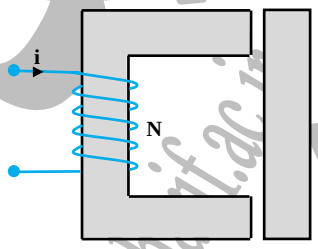
۲ــ اگر در یک مدار مغناطیسی به طول هسته یک متر و ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی ۱۰۰۰ یک فاصله هوایی بطول ۱mm ایجاد شود برای داشتن همان شار، آمپر دور باید چند برابر شود؟ (آزاد ۸۶)

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) ۱/۵ ۴) ۴

۳ــ در دایره‌ای از ماده مغناطیسی به محیط ۱ متر و با ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی ۱۰۰۰ یک فاصله هوایی ۲ میلیمتری ایجاد می‌شود. برای ثابت ماندن شار در ماده مغناطیسی نیروی محرکه مغناطیسی باید چند برابر گردد؟ (قدرت ـ آزاد ۹۰)

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۱/۵

۴ــ در مدار مغناطیسی شکل زیر تعداد دور سیم پیچ ۵۰۰ دور و طول متوسط مسیر هسته معادل ۳۶۰ میلی‌متر است. اگر طول هر شکاف فاصله هوایی ۱/۵ میلی‌متر باشد و چگالی شار لازم برای عملکرد رله ۰/۸ تسلا باشد، با فرض اینکه شدت میدان مغناطیسی مورد نیاز هسته در این نقطه $\frac{AT}{m}$ ۵۱۰ است، نسبت جریان‌های لازم در حالت وجود شکاف هوایی به عدم وجود آن‌ها چقدر است؟ (آزاد ۹۲)




۱) حدود ۸ برابر

۲) حدود ۱۳ برابر

۳) حدود ۱۱ برابر

۴) حدود ۱۵ برابر

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث مقدمات و اصول اولیه در تحلیل مدارات مغناطیسی

**۱ــ گزینه «۱»** بخش اول KVL مغناطیسی تست قبل، اُفت آمپردور در هسته و بخش دوم آن اُفت و آمپردور در فاصله هوایی است لذا:

$$\frac{H_{ag}L_{ag}}{H_cL_c}=\frac{۷۵۷۹/۷۷}{۲۷/۹۷}=۲۷۱$$

**۲ــ گزینه «۱»** در حالت اول (بدون فاصله هوایی) فوران جاری شده در هسته برابر است با:

$$\varphi_۱=\frac{NI_۱}{R_{m_۱}}\quad,\quad R_{m_۱}=\frac{L}{\mu_\circ\mu_rA}=\frac{۱}{۱۰۰۰\mu_\circ A}$$

در حالت دوم که فاصله هوایی ۱mm در هسته ایجاد می‌شود فوران جاری شده در هسته برابر است با:

$$\varphi_۲=\frac{NI_۲}{R_{m_۲}}\quad,\quad R_{m_۲}=\frac{L_{ag}}{\mu_\circ A}+\frac{L}{\mu_\circ\mu_rA}=\frac{۱\times۱۰^{-۳}}{\mu_\circ A}+\frac{۱}{۱۰۰۰\mu_\circ A}=\frac{۲}{۱۰۰۰\mu_\circ A}$$

اگر بخواهیم $\varphi_۱=\varphi_۲$ باشد داریم:

$$\varphi_۱=\varphi_۲\Rightarrow\frac{NI_۱}{R_{m_۱}}=\frac{NI_۲}{R_{m_۲}}\Rightarrow\frac{NI_۱}{\frac{۱}{۱۰۰۰\mu_\circ A}}=\frac{NI_۲}{\frac{۲}{۱۰۰۰\mu_\circ A}}\Rightarrow I_۲=۲I_۱$$

**۳ــ گزینه «۱»** در حالت اول (بدون ایجاد فاصله هوایی) معادله شار جاری شده در هسته برابر است با:

$$\varphi_۱=\frac{NI_۱}{R_{m_۱}}\quad,\quad R_{m_۱}=\frac{L}{\mu_\circ\mu_rA}=\frac{۱}{۱۰۰۰\mu_\circ A}\Rightarrow\varphi_۱=۱۰۰۰\mu_\circ ANI_۱$$

در حالت دوم که فاصله هوایی ۲mm در هسته ایجاد می‌شود معادله شار جاری شده در هسته برابر است با:

$$\varphi_۲=\frac{NI_۲}{R_{m_۲}}\quad,\quad R_{m_۲}=R_{m_c}+R_g=\frac{L}{\mu_\circ\mu_rA}+\frac{L_g}{\mu_\circ A}=\frac{۱}{۱۰۰۰\mu_\circ A}+\frac{۲\times۱۰^{-۳}}{\mu_\circ A}=\frac{۳}{۱۰۰۰\mu_\circ A}\Rightarrow\varphi_۲=\frac{۱۰۰۰}{۳}\mu_\circ ANI_۲$$

اگر بخواهیم $\varphi_۱=\varphi_۲$ باشد داریم:

$$۱۰۰۰\mu_\circ ANI_۱=\frac{۱۰۰۰}{۳}\mu_\circ ANI_۲\Rightarrow I_۲=۳I_۱$$

**۴ــ گزینه «۳»** اگر فرض کنیم در هر دو حالت مورد نظر یعنی بدون وجود فواصل هوایی و با وجود فواصل هوایی چگالی شار هسته همان $۰/۲T$ باشد داریم:

۱) با وجود فواصل هوایی: $NI_۱=H_cL_c+H_{ag}L_{ag}\Rightarrow ۵۰۰I_۱=۵۱۰\times۰/۳۶+\frac{۰/۸}{۴\pi\times۱۰^{-۷}}\times۳\times۱۰^{-۳}\Rightarrow I_۱=۴/۲\ A$

۲) بدون وجود فواصل هوایی: $NI_۲=H_cL_c\Rightarrow ۵۰۰I_۲=۵۱۰\times۰/۳۶\Rightarrow I_۲=۰/۳۶۷۲\ A$

با توجه به این دو جریان داریم:

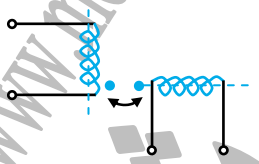
$$\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{۴/۲}{۰/۳۶۷۲}=۱۱/۴۳$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث محاسبه اندوکتانس سیم‌پیچ‌ها

**۱ــ** در یک سیم‌پیچی استوانه‌ای بدون هسته ضریب القاء $L$ است. در صورتی که هسته آهنی را وارد سیم‌پیچی کنیم ضریب القاء آن چند برابر می‌شود؟ (آزاد ۸۱)

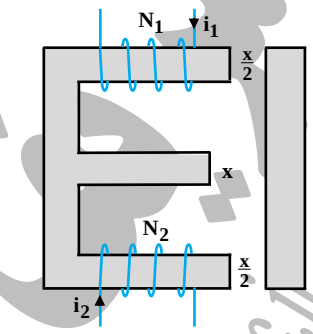
۱) $\frac{1}{\mu_r}$ ۲) $\mu_r$ ۳) $\mu_0\mu_r$ ۴) $\frac{l}{\mu_0\mu_r}$

**۲ــ** در شکل مقابل ضریب القاء متقابل برابر است با: (آزاد ۸۱)



۱) $l$
۲) $\infty$
۳) صفر
۴) مبهم است

**۳ــ** در مدار مغناطیسی شکل داده شده نسبت $\frac{L_{12}}{L_{11}}$ کدام است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۹)



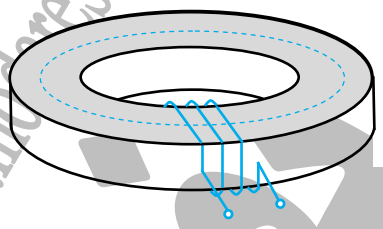

۱) $\frac{1}{3}\frac{N_2}{N_1}$
۲) $\frac{2}{3}\frac{N_2}{N_1}$
۳) $\frac{1}{3}\frac{N_1}{N_2}$
۴) $\frac{2}{3}\frac{N_1}{N_2}$

**۴ــ** در یک سیم‌پیچ استوانه‌ای با هسته آهنی ضریب القاء ۱ است. در صورتی که هسته آهنی را از سیم‌پیچ خارج کنیم ضریب القاء چند برابر می‌شود؟ (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) $\mu_r$ ۲) $\mu_0\mu_r$ ۳) $\frac{1}{\mu_r}$ ۴) $\frac{1}{\mu_0\mu_r}$

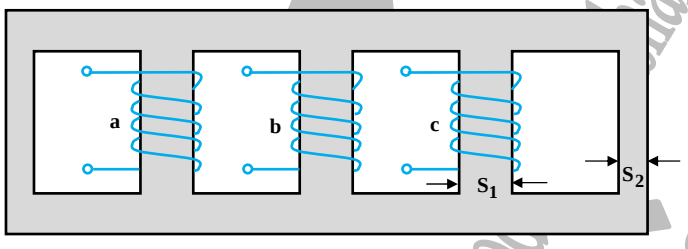
**۵ــ** با فرض یکنواخت بودن چگالی شار در هسته، مقدار اندوکتانس سیم‌پیچی را با داشتن مشخصات زیر محاسبه کنید؟ (آزاد ۹۲)

شعاع داخلی = ۸۰ میلی‌متر، شعاع خارجی = ۱۰۰ میلی‌متر، ارتفاع = ۲۰ میلی‌متر، تعداد دور = ۲۰۰ ، ضریب نفوذ نسبی = ۹۰۰



۱) ۰/۰۳۲ H
۲) ۰/۳۲ H
۳) ۰/۲۳ H
۴) ۰/۲۳ mH

**۶ــ** در مدار مغناطیسی شکل زیر به منظور اینکه $L_{aa} = 3L_{ab}$ شود. سطح مقطع ستون‌های کناری چند برابر ستون‌های وسطی بایست انتخاب گردند. تعداد دورها در تمامی سیم‌پیچ‌ها برابر و از رلوکتانس شاخه‌های افقی و شار پراکندگی چشم پوشی شود. (آزاد ۹۲)




۱) $S_1 = S_2$
۲) $S_2 = 2S_1$
۳) $S_1 = 2S_2$
۴) $S_2 = \frac{2}{3}S_1$

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث محاسبه اندوکتانس سیم‌پیچ‌ها

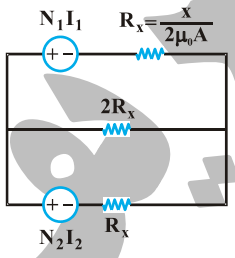
**۱ــ گزینه «۲»** طبق رابطه $L=\frac{N^2}{R_m}$ با وارد کردن هسته آهنی رلوکتانس کاهش و در نتیجه اندوکتانس افزایش می‌یابد. برای محاسبه میزان افزایش اگر اندوکتانس سیم‌پیچی در حالتی که بدون هسته (یا دارای هسته هوا است) را $L$ و در حالتی که دارای هسته آهنی است $L'$ بنامیم می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} L=\frac{N^2}{R_m}=\frac{\mu_0 N^2 A}{L_c} \\ L'=\frac{N^2}{R_m}=\frac{\mu_0\mu_r N^2 A}{L_c} \end{cases} \Rightarrow L'=\mu_r L$$

یعنی با وارد نمودن هسته اندوکتانس سیم‌پیچی $\mu_r$ برابر می‌شود (در ولتاژ یکسان اگر از مقاومت اهمی سیم‌بندی صرف‌نظر شود جریان آن $\frac{1}{\mu_r}$ برابر می‌شود)

**۲ــ گزینه «۳»** چون شار هر سیم‌پیچی عمود بر سیم‌پیچی دیگر است لذا هیچ تزویجی بین دو سیم‌پیچی وجود ندارد لذا ضریب القاء متقابل صفر است.

**۳ــ گزینه «۲»** با توجه به مدار مغناطیسی داده شده مدار مشابه الکتریکی با صرف‌نظر کردن از رلوکتانس هسته به صورت زیر قابل رسم است.




$$R_{eq_1}=R_x+(R_x \| 2R_x)=\frac{5}{3}R_x$$

$$L_{11}=\frac{N_1^2}{R_{eq}}=\frac{N_1^2}{\frac{5}{3}R_x}=\frac{3}{5}\frac{N_1^2}{R_x}$$

برای محاسبه $L_{12}$ ابتدا باید شار تولیدی سیم‌پیچی (۱) و مقدار شاری که به سیم‌پیچی (۲) می‌رسد را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\varphi_1=\frac{N_1 I_1}{R_{eq_1}} \Rightarrow \varphi_{21}=\frac{2R_x}{2R_x+R_x}\varphi_1=\frac{2}{5}\frac{N_1 I_1}{R_x}$$

شار دور سیم‌پیچی دوم و اندوکتانس متقابل آن با سیم‌پیچی اول برابرند با:

$$\lambda_2=N_2\varphi_{21}=\frac{2}{5}\frac{N_1 N_2 I_1}{R_x} \Rightarrow L_{12}=\frac{\lambda_2}{I_1}=\frac{2}{5}\frac{N_1 N_2}{R_x}$$

مجهول تست نسبت $\frac{L_{12}}{L_{11}}$ است لذا:

$$\frac{L_{12}}{L_{11}}=\frac{\frac{2}{5}\frac{N_1 N_2}{R_x}}{\frac{3}{5}\frac{N_1^2}{R_x}}=\frac{2}{3}\frac{N_2}{N_1}$$

**۴ــ گزینه «۳»** رابطه ضریب خود القاء برای یک سیم‌پیچی با هسته دارای ضریب نفوذ نسبی $\mu_r$ به‌صورت مقابل است:

$$L=\frac{N^2}{R_m}=\frac{N^2\mu_0\mu_r A}{L_{av}}$$

طبق این رابطه اگر هسته هوا باشد $\mu_r=1$ می‌شود لذا مقدار ضریب خود القاء $\frac{1}{\mu_r}$ برابر حالتی می‌شود که هسته آهنی موجود است.

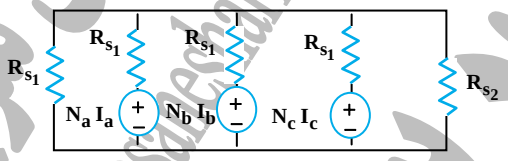
**۵ــ گزینه «۱»** برای محاسبه اندوکتانس سیم‌بندی ابتدا باید رلوکتانس هسته آن را بدست آورد لذا با توجه به ابعاد و اندازه‌های داده شده داریم:

$$R_m=\frac{L_{av}}{\mu A}=\frac{2\pi r_{av}}{\mu_0\mu_r A}=\frac{2\pi\times\frac{80+100}{2}\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}\times900\times(100-80)\times10^{-3}\times20\times10^{-3}}=1250\frac{kA}{Wb}$$

حال که رلوکتانس هسته بدست آمده داریم:

$$L=\frac{N^2}{R_m}=\frac{200^2}{1250\times10^3}=0/32H$$

**۶ـ گزینه «۳»** با توجه به صرف نظر کردن از رلوکتانس شاخه‌های افقی، مدار مشابه به صورت زیر قابل رسم است:




$$R_{s_1} = \frac{L}{\mu S_1}$$

$$R_{s_2} = \frac{L}{\mu S_2}$$

حال باید $L_{aa}, L_{ab}$ را یافته و در معادله صورت تست قرار داد لذا:

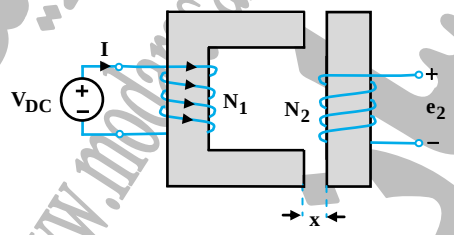
$$L_{aa} = \frac{N_a^2}{R_{eq_a}} = \frac{N_a^2}{(\frac{1}{2}R_{s_2} \| \frac{1}{2}R_{s_1}) + R_{s_1}}$$

$$\begin{cases} L_{ab} = \dfrac{\lambda_b}{I_a} \\ \lambda_b = \dfrac{N_a I_a}{R_{eq_a}} \dfrac{\frac{1}{2}R_{s_2} \| R_{s_1}}{(\frac{1}{2}R_{s_2} \| R_{s_1}) + R_{s_1}} \end{cases} \Rightarrow L_{ab} = \frac{N_a^2}{(\frac{1}{2}R_{s_2} \| \frac{1}{2}R_{s_1}) + R_{s_1}} \frac{\frac{1}{2}R_{s_2} \| R_{s_1}}{(\frac{1}{2}R_{s_2} \| R_{s_1}) + R_{s_1}}$$

اگر بخواهیم $L_{aa} = 3L_{ab}$ شود باید $S_1 = 2S_2$ گردد (جهت درک بهتر به مثال ۸ در متن درسنامه (۲) همین فصل مراجعه نمایید).

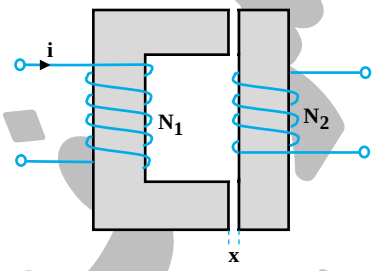
## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث محاسبه ولتاژ القایی در سیم‌پیچ‌ها

۱ــ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر هسته ایده‌آل است. اگر قسمت متحرک با سرعت $V$ حرکت کند، ولتاژ القایی در دو سر سیم‌پیچی باز برابر است با: (آزاد ۸۱)



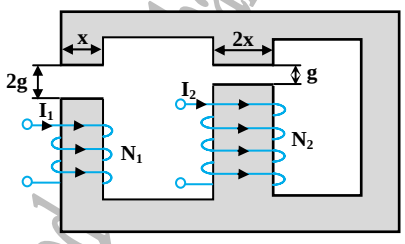

۱) $k\frac{V^2}{x^2}$
۲) $k\frac{x^2}{V}$
۳) $k\frac{V}{x^2}$
۴) $kVx$

۲ــ در مدار مغناطیسی شکل زیر $N_1 = 100$ و $N_2 = 1000$ و سطح مقطع هسته $10\,cm^2$ است. قسمت متحرک با سرعت $10\frac{m}{sec}$ به سمت راست حرکت می‌کند ولتاژ القایی در $N_2$ برابر چند ولت است؟ (آزاد۸۶)



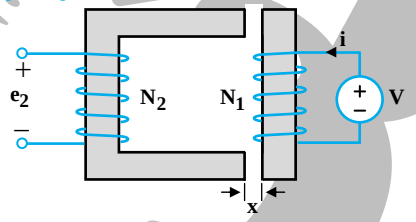

۱) ۳/۱۴
۲) ۶/۱۸
۳) ۱۲/۴۲
۴) ۱/۵۷

۳ــ در مدار مغناطیسی شکل زیر، هسته ایده‌آل بوده و از مقاومت اهمی سیم‌پیچی‌ها صرف‌نظر می‌شود. عمق هسته در تمام قسمت‌ها ثابت است. دو سیم‌پیچی با هم موازی شده و مجموعه به یک منبع ولتاژ سینوسی وصل می‌شود. نسبت $\left|\frac{I_1}{I_2}\right|$ چقدر است؟ (سراسری ۸۸)




۱) $(\frac{2N_1}{N_2})^2$
۲) $(\frac{2N_2}{N_1})^2$
۳) $\frac{N_1}{4N_2}$
۴) $\frac{N_2}{4N_1}$

۵ــ در رله الکترومغناطیسی شکل داده شده هسته ایده‌آل است، اگر قسمت متحرک با سرعت خطی $v$ حرکت کند ولتاژ القایی در سیم‌پیچ باز برابر است با: (قدرت ـ آزاد ۸۹)




۱) $e_1 = k\frac{v^2}{x^2}$
۲) $e_1 = k\frac{v}{x^2}$
۳) $e_1 = k\frac{x^2}{v}$
۴) $e_1 = kvx$

۶ــ در یک مدار مغناطیسی جریان متناوب به ولتاژ $V$ و فرکانس $f$ توان مغناطیس کننده برابر است با ( $k$ مقدار ثابت): (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) $-jk(\frac{V^2}{f})$
۲) $-jk(\frac{f}{V})^2$
۳) $-jk(\frac{f}{V^2})$
۴) $-jk(\frac{V}{f})$

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث محاسبه ولتاژ القایی در سیم‌پیچ‌ها

**۱ــ گزینه «۳»** در این مدار از آنجائیکه هسته ایده‌آل است فقط مقاومت مغناطیسی فاصله هوایی لحاظ می‌شود همچنین چون در مدار مغناطیسی هیچ انشعابی وجود ندارد پس شار در همه جا یکسان است لذا:

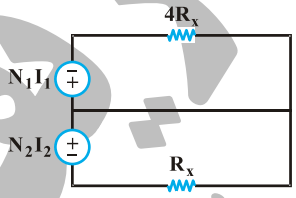
$$\varphi=\frac{NI}{R_m}\frac{N_1I}{\frac{2x}{\mu_\circ A}}=\frac{\mu_\circ AN_1I}{2x}\quad,\quad e_2=-N_2\frac{d\varphi}{dt}=-N_2\frac{d\varphi}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}=-N_2V\frac{d\varphi}{dx}\Rightarrow e_2=-N_2V\left(\frac{-2(\mu_\circ AN_1I)}{4x^2}\right)=k\frac{V}{x^2}$$

**۲ــ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** اگر سیم‌پیچ $N_1$ با جریان ثابت $I$ تغذیه شود فوران جاری شده در هسته و در نتیجه ولتاژ القایی در سیم‌بندی $N_2$ برابرند با:

$$\begin{cases}\varphi=\dfrac{N_1I}{R_m(x)}\\ R_m(x)=\dfrac{2x}{\mu_\circ A}\end{cases}\Rightarrow\varphi=\frac{\mu_\circ N_1A}{2x}I\Rightarrow e_2=-N_2\frac{d\varphi}{dt}=-N_2\frac{d\varphi}{dx}\frac{dx}{dt}=-N_2\frac{-2(\mu_\circ N_1A)I}{(2x)^2}\times V$$

دیده می‌شود که برای محاسبه ولتاژ القایی در دوسر $N_2$ باید مقادیر $I$ , $x$ معلوم باشند.

**۳ــ گزینه «۴»** به علت بزرگ بودن ضریب نفوذ مغناطیسی هسته از رلوکتانس آن صرف‌نظر می‌شود لذا می‌توان مدار مشابه الکتریکی این سیستم را به صورت زیر رسم نمود. طبق این مدار معادل با توجه به وجود شاخه اتصال کوتاه اندوکتانس متقابل بین دو سیم‌بندی صفر بوده لذا می‌توان نوشت:




$$L_{11}=\frac{N_1^2}{4R_x}\quad,\quad L_{22}=\frac{N_2^2}{R_x}\quad,\quad L_{12}=L_{21}=\circ$$

با توجه به موازی بودن مدار الکتریکی سیم‌بندی‌ها ولتاژ القایی در آن‌ها برابر یکدیگر یعنی $e_1=e_2$ می‌باشد لذا می‌توان نوشت:

$$L_{11}\frac{di_1}{dt}=L_{22}\frac{di_2}{dt}\Rightarrow\frac{N_1^2}{4R_x}\frac{di_1}{dt}=\frac{N_2^2}{R_x}\frac{di_2}{dt}\xrightarrow[i_1(\circ)=i_2(\circ)=\circ]{\text{با انتگرال‌گیری و ساده‌سازی}}\frac{N_1^2}{4}i_1=N_2^2i_2\Rightarrow\frac{1}{4}\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2=\frac{i_2}{i_1}$$

قابل ذکر است که با فرض متناوب بودن ورودی می‌توان از روابط فازوری نیز استفاده نمود یعنی:

$$j\omega L_{11}I_1=j\omega L_{22}I_2\Rightarrow\frac{I_2}{I_1}=\frac{L_{11}}{L_{22}}=\frac{1}{4}\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

از آنجائیکه توان مغناطیس‌کننده حاصلضرب ولتاژ القایی در جریان سیم‌پیچی است $(P_e=e.i)$ می‌توان نوشت:

$$\frac{P_{e_2}}{P_{e_1}}=\frac{e_2i_2}{e_1i_1}\xrightarrow{e_1=e_2=V_s}\frac{P_{e_2}}{P_{e_1}}=\frac{i_2}{i_1}=\frac{1}{4}\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

**۴ــ گزینه «۲»** با توجه به شکل مدار مغناطیسی می‌توان فوران جاری شده در هسته ناشی از سیم‌بندی $N_1$ را به همراه ولتاژ القایی در $N_2$ به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\varphi=\frac{N_1I_1}{R_x}=\frac{N_1I_1}{\frac{2x}{\mu_\circ A}}\Rightarrow e_2=-N_2\frac{d\varphi}{dt}=-N_2\frac{d\varphi}{dx}.\underbrace{\frac{dx}{dt}}_{v}=-N_2.v.\frac{d}{dx}\left(\frac{N_1I_1}{\frac{2x}{\mu_\circ A}}\right)=\frac{N_1N_2\mu_\circ AI_1}{2}\frac{v}{x^2}=k\frac{v}{x^2}$$

دقت شود که در ضریب ثابت $k$ مقدار $I_1$ را ثابت فرض نمودیم که این امر در حالت کلی ممکن است صادق نباشد زیرا همانطور که در فصل بعد (اصول تبدیل انرژی الکترومکانیکی) خواهیم دید، با توجه به سرعت بسته شدن رله، ممکن است $I_1$ ثابت باشد و یا نباشد.

**۵ــ گزینه «۱»** در هر مداری اندوکتانس $L$ باشد توان راکتیو اخذ شده توسط آن به نام توان یا قدرت مغناطیس‌کننده معروف بوده و با توجه به ولتاژ و فرکانس اعمالی به این اندوکتانس (مانند آنچه از درس مدارهای الکتریکی می‌دانیم) می‌توان نوشت.

$$Q_{mag}=\frac{V^2}{jX}=\frac{-jV^2}{2\pi fL}\Rightarrow Q_{mag}=-jk\frac{V^2}{f}$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث تلفات انرژی در مدارهای مغناطیسی

**۱ــ در دو آزمایش بی‌باری ترانسفورماتور یکفاز نتایج زیر بدست آمده است:**

| | | |
|---|---|---|
| ۲۲۰V | ۵۰Hz | ۲۵۰۰W |
| ۱۱۰V | ۲۵Hz | ۶۷۵W |

**تلفات پس‌ماند و فوکو در ۵۰Hz به ترتیب برابرند با:** (آزاد ۸۰)

۱) ۱۲۵۰W , ۱۲۵۰W ۲) ۲۰۰۰W , ۵۰۰W ۳) ۱۵۰۰W , ۱۰۰۰W ۴) ۲۳۰۰W , ۲۰۰W

**۲ــ در یک ترانسفورماتور یکفاز ۵۰Hz تلفات هیسترزیس ۲۰۰W و تلفات فوکو ۱۰۰W است. در شار ثابت با فرکانس ۶۰Hz تلفات هسته برابر است با:** (آزاد ۸۱)

۱) ۴۳۲W ۲) ۳۸۴W ۳) ۴۰۸W ۴) ۳۶۰W

**۳ــ یک هسته مغناطیسی با جریان متناوب با فرکانس ۴۰Hz تحریک می‌شود و چگالی شار حداکثر آن ۱/۲T است. تلفات فوکوی این هسته ۲۰W است. تلفات جریان فوکو وقتی چگالی شار هسته ۱T و فرکانس ۵۰Hz باشد، برابر چند وات است؟** (آزاد ۸۲)

۱) ۲۰ ۲) ۲۱/۷ ۳) ۱۳/۹۱ ۴) ۳۱/۲۵

**۴ــ تلفات پس‌ماند و فوکوی ترانسفورماتور تکفازی که از منبع ۲۰۰V و ۵۰Hz تغذیه می‌شود مقداری مفروض است. وقتی این ترانسفورماتور از منبع ولتاژ ۱۶۰V و ۴۰Hz تغذیه شود درصد کاهش این دو تلفات به ترتیب برابر است با:** (آزاد ۸۵)

۱) ۳۲ و ۳۶ ۲) ۲۵ و ۵۰ ۳) ۲۰ و ۳۶ ۴) ۴۰ و ۸۰

**۵ــ اگر فقط فرکانس تغذیه ترانسفورماتور دو برابر شود:** (آزاد ۸۵)

۱) تلفات پس‌ماند افزایش می‌یابد. ۲) تلفات فوکو افزایش می‌یابد. ۳) تلفات پس‌ماند کاهش می‌یابد. ۴) تلفات آهن افزایش می‌یابد.

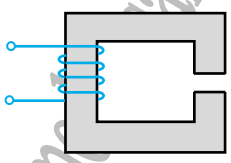
**۶ــ در آزمایش بی‌بار ترانسفورماتور تکفازی نتایج زیر به دست آمده است:** (کنترل ـ آزاد ۸۷)

$$\left.\begin{matrix}۲۵۰۰W, ۵۰Hz, ۲۲۰V\\ ۸۲۵W, ۲۵Hz, ۱۰۰V\end{matrix}\right\}$$

**نسبت تلفات فوکو به پس‌ماند در ۵۰Hz برابر است با:**

۱) ۱/۸۷۵ ۲) ۲/۱۲۵ ۳) ۲/۷۲۵ ۴) ۳/۱۶۵

**۷ــ در مدار مغناطیسی شکل زیر که با جریان متناوب تحریک می‌شود، اگر طول فاصله هوایی افزایش یابد شار:** (قدرت ـ آزاد ۸۷)



۱) ثابت می‌ماند.
۲) افزایش می‌یابد.
۳) کاهش می‌یابد.
۴) ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

**۸ــ در یک مدار مغناطیسی با فرکانس ۴۰۰Hz و چگالی شار ۱/۲T تلفات جریان فوکو ۱۵W است تلفات جریان فوکو در چگالی شار ۱T و فرکانس ۴۸۰Hz چند وات است؟** (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۵ ۲) ۳۰ ۳) ۱۷ ۴) ۲۵

**۹ــ در صورتی که در یک مدار مغناطیسی با تحریک AC با ولتاژ ثابت، فاصله هوائی دو برابر شود، جریان چند برابر می‌شود؟ (هسته ایده‌آل فرض می‌شود.)** (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) تغییر نمی‌کند. ۲) سه برابر ۳) دو برابر ۴) چهار برابر

**۱۰ــ دو مدار مغناطیسی با حجم یکسان با دو منبع ولتاژ سینوسی تغذیه شده‌اند. جریان در این دو مدار به صورت زیر است:**

$$i_۱ = I_{۱max}\sin\omega t \quad , \quad i_۲ = I_{۲max}\sin\omega t + \frac{I_{۲max}}{۳}\sin ۳\omega t$$

**اگر اندازه جریان مؤثر در دو مدار برابر باشد. کدام عبارت درباره تلفات مغناطیسی در مدار صحیح است؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) تلفات مغناطیسی در مدار ۱ بزرگتر از مدار ۲ است. ۲) تلفات مغناطیسی در مدار ۲ بزرگتر از مدار ۱ است.
۳) تلفات مغناطیسی هر دو مدار برابر است. ۴) درباره تلفات مغناطیسی در مدار نمی‌توان حکم داد.

**۱۱ـ یک هسته مغناطیسی با جریان متناوب و فرکانس ۵۰Hz تحریک می‌شود. چگالی شار در هسته ۱/۲T است. تلفات فوکوی این هسته ۳۰W است. تلفات جریان فوکو در چگالی شار ۱T و فرکانس ۶۰Hz برابر چند وات است؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۳۰W ۲) ۳۱/۲۵W ۳) ۲۰W ۴) ۲۶/۷W

**۱۲ـ در یک ترانسفورماتور تک‌فاز ۶۰Hz تلفات پس ماند ۲۴۰W و تلفات فوکو ۱۴۴W است. در فرکانس ۵۰Hz تلفات هسته به ازاء شار ثابت چقدر می‌باشد؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۳۲۴W ۲) ۳۱۴W ۳) ۳۰۰W ۴) ۳۰۴W

**۱۳ـ در یک شیر برقی الکترومغناطیسی فقط فرکانس منبع تغذیه دو برابر می‌شود تلفات آهن و راندمان چگونه تغییر می‌نماید؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) تلفات و راندمان تغییر نمی‌کند.
۲) تلفات چهاربرابر و راندمان کاهش می‌یابد.
۳) تلفات دو برابر و راندمان کاهش می‌یابد.
۴) تلفات کاهش و راندمان افزایش می‌یابد.

**۱۴ـ در یک ماشین القایی که با ولتاژ ثابت کار می‌کند، اگر فرکانس منبع کاهش یابد، تلفات هسته:** (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) کاهش می‌یابد. ۲) ثابت می‌ماند. ۳) افزایش می‌یابد. ۴) با مجذور فرکانس کاهش می‌یابد.

www.modaresaneshanif.ac.ir مدرسان شریف

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول ــ مبحث تلفات انرژی در مدارهای مغناطیسی

**۱ــ گزینه «۴»** چون در هر دو آزمایش نسبت ولتاژ به فرکانس یا $\frac{V}{f}$ مقدار ثابتی است، با توجه به موارد مطرح شده در متن درس می‌توان تلفات هسته را از رابطه مقابل محاسبه نمود:

$$P_c = P_{mag} = A_h f + A_f f^2 \longrightarrow \begin{cases} ۲۵۰۰ = A_h \times ۵۰ + A_f \times ۵۰^2 \\ ۶۷۵ = A_h \times ۲۵ + A_f \times ۲۵^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_f = ۰/۹۲ \\ A_h = ۴ \end{cases}$$

حال که ضرایب مربوط به تلفات فوکو و هیسترزیس به دست آمده می‌توان مقادیر این تلفات را در فرکانس $۵۰\,Hz$ به صورت زیر محاسبه نمود:

$$P_f\Big|_{۵۰Hz} = ۰/۹۲ \times ۵۰^2 = ۲۳۰۰W \quad , \quad P_h\Big|_{۵۰Hz} = ۴ \times ۵۰ = ۲۰۰W$$

---

**۲ــ گزینه «۲»** چنانچه شار ثابت بماند چگالی شار نیز ثابت می‌ماند، پس می‌توان با روابط ساده‌تری که مربوط به حالتی است که چگالی شار ثابت شده است به صورت زیر مساله را حل نمود:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{P_{f_1}}{P_{h_2}} = \frac{f_1}{f_2} \Rightarrow \frac{۲۰۰}{P_{h_2}} = \frac{۵۰}{۶۰} \Rightarrow P_{h_2} = ۲۴۰\ W \\ &\frac{P_{f_1}}{P_{f_2}} = (\frac{f_1}{f_2})^2 \Rightarrow \frac{۱۰۰}{P_{f_2}} = (\frac{۵۰}{۶۰})^2 \Rightarrow P_{f_2} = ۱۴۴\ W \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_c = ۲۴۰ + ۱۴۴ = ۳۸۴\,W$$

---

**۳ــ گزینه «۲»** چون در هر حالت مورد بحث فرکانس و چگالی میدان داده شده است می‌توان با استفاده از رابطه کلی تلفات فوکو به صورت زیر مساله را حل نمود:

$$\frac{P_{f_1}}{P_{f_2}} = (\frac{B_1 f_1}{B_2 f_2})^2 \Rightarrow \frac{۲۰}{P_{f_2}} = (\frac{۱/۲ \times ۴۰}{۱ \times ۵۰})^2 \Rightarrow P_{f_2} = ۲۱/۷\ W$$

---

**۴ــ گزینه «۳»** چون در هر دو آزمایش مورد بحث نسبت ولتاژ به فرکانس یکسان و برابر ۴ $= \frac{V}{f}$ است لذا:

$$\frac{P_{h_1}}{P_{h_2}} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{۵۰}{۴۰} \Rightarrow P_{h_2} = ۰/۸ P_{h_1} \Rightarrow \text{کاهش } \%۲۰$$

$$\frac{P_{f_1}}{P_{f_2}} = (\frac{f_1}{f_2})^2 = (\frac{۵۰}{۴۰})^2 \Rightarrow P_{f_2} = ۰/۶۴ P_{f_1} \Rightarrow \text{کاهش } \%۳۶$$

---

**۵ــ گزینه «۳»** روابط محاسبات تلفات هیسترزیس و فوکو در مدارهایی با تغذیه سینوسی عبارتند از:

$$\frac{P_{f_1}}{P_{f_2}} = (\frac{V_1}{V_2})^2 \quad , \quad \frac{P_{h_1}}{P_{h_2}} = (\frac{f_1}{f_2})^{1-n} (\frac{V_1}{V_2})^n$$

طبق روابط اگر فقط فرکانس دو برابر شود (ولتاژ ثابت بماند) تلفات فوکو بدون تغییر مانده اما تلفات هیسترزیس کاهش می‌یابد.

---

**۶ــ گزینه «۲»** چون نسبت $\frac{V}{f}$ در هر دو آزمایش تقریباً یکی است داریم:

$$P_{mag} = A_h f + A_f f^2 \Rightarrow \begin{cases} ۲۵۰۰ = A_h \times ۵۰ + A_f \times ۲۵۰۰ \\ ۸۲۵ = A_h \times ۲۵ + A_f \times ۶۲۵ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_f = ۰/۶۸ \\ A_h = ۱۶ \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_f\Big|_{۵۰Hz} = A_f \times ۲۵۰۰ = ۰/۶۸ \times ۲۵۰۰ = ۱۷۰۰W \\ P_h\Big|_{۵۰Hz} = A_h \times ۵۰ = ۱۶ \times ۵۰ = ۸۰۰W \end{cases} \Rightarrow \frac{P_f}{P_h}\Big|_{۵۰Hz} = \frac{۱۷۰۰}{۸۰۰} = ۲/۱۲۵$$

**۷ـ گزینه «۱»** طبق رابطه $\varphi_{max}=\frac{E_{rms}}{۴/۴۴Nf}$ چون ولتاژ و فرکانس ثابت است لذا $\varphi_{max}$ ثابت می‌ماند (اگر تحریک مدار dc باشد با افزایش طول فاصله هوایی فوران کاهش می‌یابد. (برای تشریح بیشتر به پاسخ تست ۷ همین درسنامه مراجعه نمایید)

**۸ـ گزینه «۱»** با توجه به اینکه در صورت تست هر دو مقدار B و f در دو حالت موردنظر داده شده است با استفاده از رابطه کلی تلفات فوکو داریم:

$$P_f=K_fB^۲f^۲\Rightarrow\frac{P_{f_۱}}{P_{f_۲}}=(\frac{B_۱f_۱}{B_۲f_۲})^۲\Rightarrow\frac{۱۵}{P_{f_۲}}=(\frac{۱/۲\times۴۰۰}{۱\times۴۸۰})^۲\Rightarrow P_{f_۲}=۱۵W$$

**۹ـ گزینه «۳»** برای حل این مدار از دو روش استفاده می‌کنیم:

**روش اول:** طبق رابطه $V_{max}\simeq E_{max}=۲\pi fN_c\varphi_{max}$ چون f و $N_c$ و $E_{max}$ ثابت است لذا $\varphi_{max}$ ثابت می‌ماند از طرفی داریم:

$$\varphi_{max}=\frac{NI_{max}}{R_m}$$

با دو برابر شدن فاصله هوایی $R_m$ دو برابر می‌شود پس برای ثابت ماندن $\varphi_{max}$ باید $I_{max}$ دو برابر شود.

**روش دوم:** مانند تحلیلی که در تست‌های قبلی و مثال‌های متن درس داشتیم می‌توان جریان عبوری از سیم‌پیچی مدار مغناطیسی را به صورت زیر به دست آورد:

$$I_{max}=\frac{V_{max}}{\sqrt{R_w^۲+(L_w\omega)^۲}}\xrightarrow[L_w=\frac{N^۲}{R_g}]{\text{با صرف‌نظر کردن از }R_w}I_{max}=\frac{V_{max}}{\frac{N^۲}{R_g}\omega}\xrightarrow{R_g=\frac{g}{\mu_۰A}}I_{max}=\frac{gV_{max}}{N^۲\mu_۰A\omega}$$

پس اگر طول فاصله هوایی (g) دو برابر شود دامنه جریان مدار (حداکثر و موثر) دو برابر می‌شود.

**۱۰ـ گزینه «۲»** در مدار دوم که جریان $i_۲$ از آن عبور می‌کند بعلت وجود هارمونیک سوم $(۳\omega t)$ تلفات مغناطیسی (فوکو و هیسترزیس) بالاتر از مدار اول است.

**۱۱ـ گزینه «۱»** با توجه به اینکه فرکانس و چگالی میدان در هر دو حالت موردنظر داده شده لذا با استفاده از رابطه اصلی تلفات فوکو داریم:

$$\frac{P_{f_۱}}{P_{f_۲}}=(\frac{B_۱f_۱}{B_۲f_۲})^۲\Rightarrow\frac{۳۰}{P_{f_۲}}=(\frac{۱/۲\times۵۰}{۱\times۶۰})^۲\Rightarrow P_{f_۲}=۳۰W$$

**۱۲ـ گزینه «۳»** با توجه به اینکه در هر دو حالت مورد بحث شارثابت در نظر گرفته شده پس چگالی شار (B) نیز ثابت است پس با توجه به روابط ساده شده‌ای که در متن درس تأکید شد داریم:

$$\begin{cases}\frac{P_{h_۱}}{P_{h_۲}}=\frac{f_۱}{f_۲}\Rightarrow\frac{۲۴۰}{P_{h_۲}}=\frac{۶۰}{۵۰}\Rightarrow P_{h_۲}=۲۰۰W\\ \frac{P_{f_۱}}{P_{f_۲}}=(\frac{f_۱}{f_۲})^۲\Rightarrow\frac{۱۴۴}{P_{f_۲}}=(\frac{۶۰}{۵۰})^۲\Rightarrow P_{f_۲}=۱۰۰W\end{cases}\Rightarrow P_{c_۲}\Big|_{۵۰Hz}=P_{h_۲}+P_{f_۲}=۲۰۰+۱۰۰=۳۰۰W$$

**۱۳ـ گزینه «۴»** روابط اصلی تلفات فوکو و هیسترزیس به صورت زیر است:

$$\frac{P_{f_۱}}{P_{f_۲}}=(\frac{V_۱}{V_۲})^۲\ ,\ \frac{P_{h_۱}}{P_{h_۲}}=(\frac{f_۱}{f_۲})^{۱-n}(\frac{V_۱}{V_۲})^۲$$

طبق این روابط اگر فقط فرکانس دو برابر شود (ولتاژ ثابت بماند) تلفات فوکو بدون تغییر مانده اما تلفات هیسترزیس کاهش می‌یابد لذا تلفات کل کاهش یافته در نتیجه راندمان افزایش می‌یابد.

**۱۴ـ گزینه «۳»** می‌دانیم تغییرات تلفات هسته (هیسترزیس و فوکو) نسبت به ولتاژ فرکانس به‌صورت زیر است:

$$p_h\sim V^nf^{۱-n}$$

$$P_f\sim V^۲$$

پس اگر طبق گفته صورت تست ولتاژ ثابت باشد با کاهش فرکانس تغذیه (چون $۱/۵\le n\le۲/۵$ است) تلفات هیسترزیس افزایش یافته (اما تلفات فوکو ثابت می‌ماند) لذا تلفات هسته زیاد می‌شود.

# فصل دوم

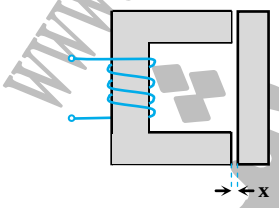
## « اصول تبدیل انرژی الکترومکانیکی »

### تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل دوم ــ مبحث اصول اولیه و بررسی مبدل‌های یک تحریکه

۱ــ در یک سیستم الکترومغناطیسی یک تحریکه $\lambda = \sqrt{i}\,x$ است، نیروی وارده بر قسمت متحرک به ازای جریان $2A$ چقدر است؟ (آزاد ۸۰)

۱) $1/88\,N$ ۲) $2/88\,N$ ۳) $0/66\,N$ ۴) $1/33\,N$

۲ــ در رله الکترومغناطیسی شکل مقابل هسته مغناطیسی ایده‌آل می‌باشد، اگر شار در فاصله هوائی $1mWb$ باشد، انرژی ذخیره شده در مدار مغناطیسی چقدر است؟ (طول فاصله هوائی $10\,mm$ و سطح مقاطع هسته $5\times 5\,cm$ است.) (آزاد ۸۰)

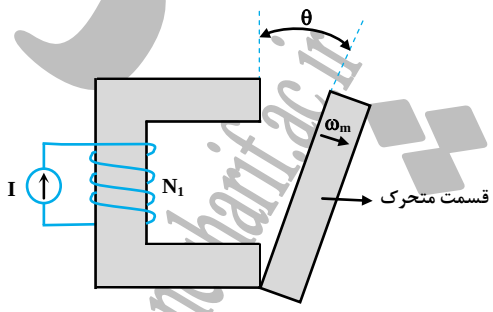



۱) $0/6\,J$
۲) $3/2\,J$
۳) $1/2\,J$
۴) $0/3\,J$

۳ــ در وسایل تبدیل انرژی الکترومکانیکی نیرو یا گشتاور طوری وارد می‌شود که در جریان ثابت: (آزاد ۸۰)

۱) انرژی و شبه انرژی را افزایش دهد.
۲) انرژی و شبه انرژی را کاهش دهد.
۳) انرژی را کاهش و شبه انرژی را افزایش دهد.
۴) انرژی را افزایش و شبه انرژی را کاهش دهد.

۴ــ در رله الکترومغناطیسی شکل مقابل گشتاور وارد بر قسمت متحرک برابر است با: (آزاد ۸۱)

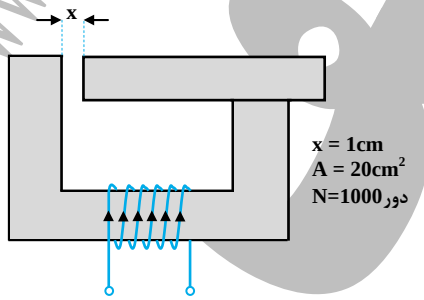



۱) $-k(\frac{I}{\theta})^2$
۲) $k\frac{I^2}{\theta}$
۳) $k(\frac{I}{\theta})^2$
۴) $-k\frac{I^2}{\theta}$

۵ــ در یک مدار مغناطیسی $\lambda = 0/66\,i^{\frac{1}{3}}$ است انرژی ذخیره شده در این مدار به ازای جریان $1\,A$ برابر است با: (آزاد ۸۱)

۱) $0/165\,J$ ۲) $0/66\,J$ ۳) $0/33\,J$ ۴) $1\,J$

۶ــ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر هسته ایده‌آل است. نیروی متوسط وارد بر عضو متحرک در صورتی که جریان مؤثر $1/41A$ از سیم‌پیچی بگذرد، برابر است با: (آزاد ۸۲)




۱) $25\,N$
۲) $50\,N$
۳) $12/5\,N$
۴) $75\,N$

۷ــ در رله الکترومغناطیسی تست قبل اگر فاصله $x$ به $5mm$ برسد، حداکثر نیروی وارد بر عضو متحرک برابر است با: (آزاد ۸۲)

۱) $5\,N$ ۲) $200\,N$ ۳) $1000\,N$ ۴) $100\,N$

۸ـ در یک رله الکترومغناطیسی با هسته ایده‌آل فاصله هسته متحرک از ثابت از ۲mm به ۱mm می‌رسد. نسبت نیروی حداکثر به حداقل برابر است با: (آزاد ۸۳)

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۹ـ در یک سیستم الکترومغناطیسی یک تحریکه $\lambda = \sqrt{i}\, x$ است. نیروی وارده بر قسمت متحرک به ازای جریان ۱A برابر است با: (آزاد ۸۳)

۱) $\frac{3}{2}$ N ۲) $\frac{1}{3}$ N ۳) $\frac{1}{2}$ N ۴) $\frac{2}{3}$ N

۱۰ـ در یک رله الکترومغناطیسی یک تحریکه: (آزاد ۸۵)

۱) نیروی وارده همیشه دافعه است. ۲) نیروی وارده همیشه جاذبه است.
۳) بسته به جهت جریان جاذبه یا دافعه است. ۴) بسته به مقدار و نوع جریان جاذبه یا دافعه است.

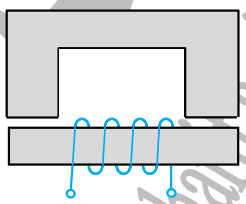
۱۱ـ در یک ترانسفورماتور که دچار اتصال کوتاه می‌شود بین حلقه‌های مجاور یک سیم‌پیچی : (آزاد ۸۵)

۱) نیروی جاذبه وارد می‌شود. ۲) نیروی دافعه وارد می‌شود.
۳) نیرویی وارد نمی‌شود. ۴) نیروی دافعه‌ای متناسب با فاصله بین حلقه‌های مجاور وارد می‌شود.

۱۲ـ در صورتی که در یک مدار مغناطیسی ایده‌آل فاصله هوایی به طول ۱ mm ایجاد کنیم انرژی ذخیره شده چه تغییری می‌کند؟ (آزاد ۸۵)

۱) از بی‌نهایت به صفر می‌رسد. ۲) انرژی به منبع برمی‌گردد. ۳) از صفر به بی‌نهایت می‌رسد. ۴) به مقدار معینی افزایش می‌یابد.

۱۳ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر هسته ایده‌آل است ولتاژ اعمالی به سیم‌پیچی ۱۰۰۰ دوری برابر $v = ۲۰\sin ۱۰۰t$ می‌باشد اگر $A = ۱۰\,cm^۲$ و $\frac{۱}{\mu_۰} = ۸۰۰۰۰۰$ باشد نیروی وارده چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۵)



۱) ۳۲
۲) ۱۶
۳) ۸
۴) ۲۴

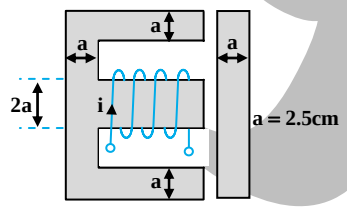
۱۴ـ نیرو یا گشتاور در وسیله تبدیل انرژی طوری عمل می‌کند که: (آزاد ۸۵)

۱) در mmf ثابت انرژی را افزایش و شبه انرژی را کاهش می‌دهد. ۲) در جریان ثابت انرژی و شبه انرژی را افزایش می‌دهد.
۳) در شار ثابت انرژی را افزایش می‌دهد. ۴) مقاومت مغناطیسی و اندوکتانس را افزایش می‌دهد.

۱۵ـ در یک رله الکترومغناطیسی $i = (\frac{\lambda}{x})^۲$ است نیروی وارده بر قسمت ساکن به ازاء جریان ۱A چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۵)

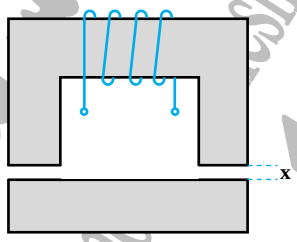
۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{3}{4}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) $\frac{2}{3}$

۱۶ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر فواصل هوایی هر کدام ۱mm و هسته ایده‌آل است. نیروی وارده بر قسمت متحرک چند نیوتن است؟(عمق هسته در همه جا ۱۰cm بوده تعداد دور سیم‌بندی ۲۰۰ دور جریان عبوری از آن ۱A مؤثر فرض شود) (آزاد ۸۵)



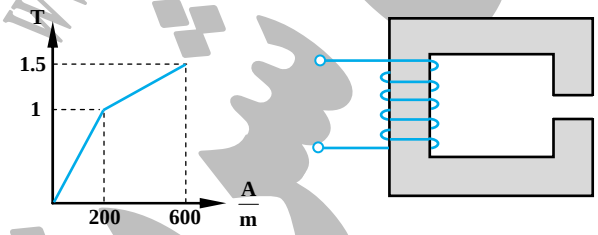

۱) $-۲۰\pi$
۲) $۴۰\pi$
۳) $-۲\pi$
۴) $۴\pi$

۱۷ـ در رله الکترومغناطیس شکل زیر با مقطع هسته $۱۰cm^۲$ و $x = ۱cm$ ، هسته و سیم‌پیچی هر دو ایده‌آل بوده و $N = ۱۰۰۰$ دور می‌باشد. اگر این رله در جریان سینوسی با فرکانس $۵۰Hz$ نیروی کافی ایجاد نماید در صورتی که این رله با منبع DC کار کند چه مقدار مقاومت باید با سیم‌پیچی سری نمود تا همان مقدار نیرو ایجاد شود؟ (آزاد ۸۶)




۱) $۱۰\Omega$
۲) $۵\Omega$
۳) $۱\Omega$
۴) $۲۰\Omega$

۱۸ـ در مدار مغناطیسی شکل زیر با منحنی داده شده تلفات هسته $۰/۱۵J$ و چگالی شار $۱/۵T$ است بازده انرژی این سیستم چند درصد است. (طول هسته $۱m$ و طول فاصله هوایی $۱mm$ و سطح مقطع همه‌جا $۱۰cm^۲$ است.) (آزاد ۸۷)

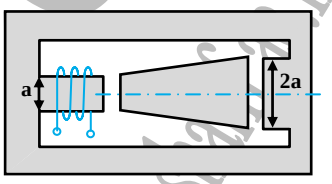



۱) ۷۸/۵
۲) ۸۷/۵
۳) ۸۲/۵
۴) ۷۹/۵

۱۹ـ در مدار مغناطیسی تست قبل نسبت انرژی ذخیره شده در فاصله هوایی به انرژی هسته چند است؟ (آزاد ۸۷)

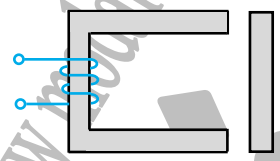
۱) ۳ ۲) ۱۲ ۳) ۶ ۴) ۹

۲۰ـ در سیستم مغناطیسی شکل زیر نسبت نیروهای وارده بر قسمت متحرک چقدر است؟ (هسته ایده‌آل و فواصل هوایی هم‌طولند.) (آزاد ۸۷)



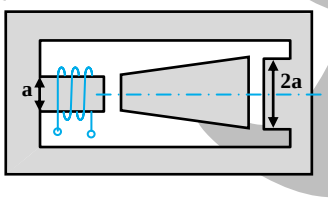

۱) ۱
۲) ۴
۳) صفر
۴) ۲

۲۱ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر که با ولتاژ مستقیم $۲۲۰V$ تحریک می‌شود برای داشتن نیرویی $۱N$ مقاومت سیم‌پیچی چند اهم باید باشد؟ (طول متوسط هسته $۰/۵m$ فاصله هوایی هر کدام $۱mm$ سطح مقطع هسته همه‌جا $\pi cm^۲$ و تعداد دور سیم‌بندی $N = ۱۰۰$ و هسته ایده‌آل است.) (آزاد ۸۷)



۱) ۲۲۰
۲) ۱۱۰
۳) $۲۲۰\sqrt{۲}$
۴) $۱۱۰\sqrt{۲}$

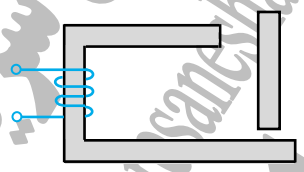
۲۲ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر نسبت انرژی ذخیره شده در دو فاصله هوایی با طول مساوی برابر است با: (آزاد ۸۷)




۱) ۱
۲) صفر
۳) ۳
۴) ۲

www.modaresanesharif.ac.ir

۲۳ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر سطح مقطع تمامی قسمت‌ها $\pi\ cm^2$ و طول فواصل هوایی یکسان است. چگالی شار $1T$ می‌باشد، نیروی وارد بر قسمت متحرک چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۷)

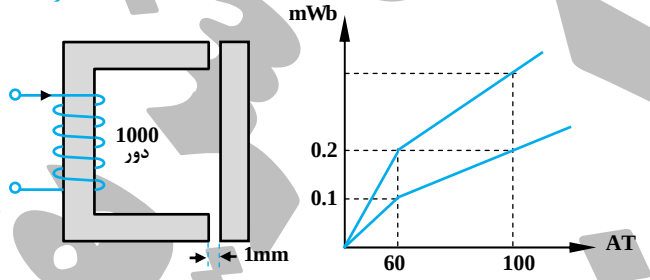


۱) ۱۲۵
۲) ۱۷۷
۳) ۱۳۴
۴) ۸۸/۵

۲۴ـ در یک رله الکترومغناطیسی $\lambda = \sqrt{\frac{i}{x}}$ است نیروی وارده بر قسمت ساکن به ازای جریان $1A$ و جابجایی $1m$ چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۷)

۱) $\frac{2}{3}$
۲) $-\frac{2}{3}$
۳) $\frac{1}{3}$
۴) $-\frac{1}{3}$

۲۵ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر که مشخصه $\varphi - \theta$ آن داده شده است نیروی وارد بر قسمت متحرک در حرکت سریع چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۸)



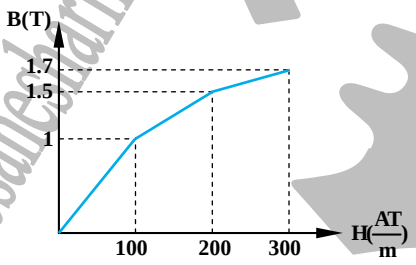

$mmf$ سیم پیچی $100AT$ است.

۱) ۵
۲) $-2/5$
۳) $2/5$
۴) $-5$

۲۶ـ در یک مدار مغناطیسی رابطه شار و جریان تحریک چنین است: $\lambda = 0/6\sqrt{i}$ انرژی ذخیره شده در این مدار به ازای $i = 4A$ چند ژول است؟ (آزاد ۸۸)

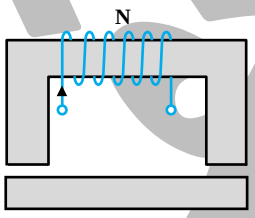
۱) ۳/۲
۲) ۱/۶
۳) ۲/۴
۴) ۰/۸

۲۷ـ در یک مدار مغناطیسی که منحنی مغناطیسی آن مطابق شکل زیر است یک فاصله هوائی وجود دارد، چگالی شار در همه نقاط $1/5T$ است. نسبت چگالی انرژی فاصله هوائی به چگالی انرژی هسته کدام است؟ (آزاد ۸۸)



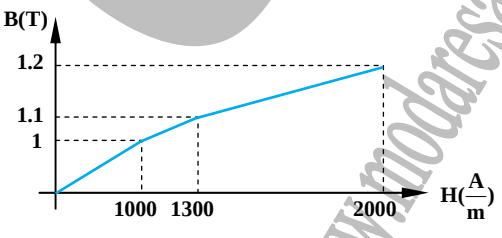

۱) ۳۶۰۰
۲) ۴۰۰۰
۳) ۲۴۰۰
۴) ۷۲۰۰

۲۸ـ در رله الکترومغناطیسی شکل زیر $N = 1000$ و سطح مقطع هسته همه جا $10cm^2$ و طول اولیه فاصله هوائی $5mm$ است. نیروی وارد بر قسمت متحرک به ازاء جریان $10A$ چند نیوتن است؟ ( هسته ایده‌آل است). (آزاد ۸۸)



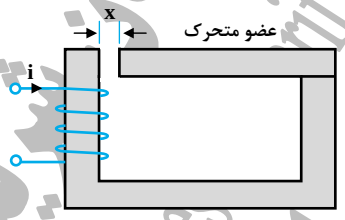

۱) $2\pi$
۲) $8\pi$
۳) $4\pi$
۴) $3\pi$

۲۹ـ نمودار $B-H$ ماده مغناطیسی در شکل نشان داده شده است. اگر چگالی شار نقطه کار $1/2T$ باشد، چگالی انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی چند $\frac{j}{m^3}$ است؟ (آزاد ۸۹)




۱) ۷۸۰
۲) ۱۶۵۰
۳) ۱۰۲۵
۴) ۱۵۶۰

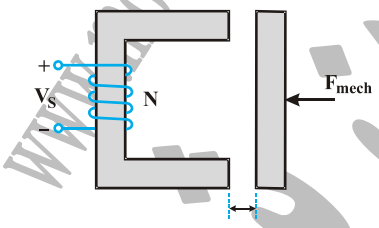
**۳۰ـ در رله الکترومغناطیسی شکل داده شده نیروی متوسط وارد بر عضو متحرک در صورتی که جریان مؤثر ۲A باشد برابر است با:** (آزاد ۸۹)




$N = 1000$
$x = 0.5\,cm$
همه جا $A = 20\,cm^2$

۱) ۲۵۰ N
۲) ۱۵۰ N
۳) ۲۰۰N
۴) ۱۷۵N

**۳۱ـ در یک رله الکترومغناطیسی مطابق شکل، اگر منبع جریان متناوب به سیم‌پیچ اعمال گردد و در حالت دیگری منبع جریان مستقیم به آن متصل شود، نیروی مکانیکی وارد بر جزء متحرک در کدام حالت بیشتر است؟** (قدرت ـ آزاد ۹۰)




۱) وقتی که منبع AC متصل می‌گردد.
۲) وقتی که منبع DC متصل می‌گردد.
۳) هر دو حالت یکسان است.
۴) به متناوب و مستقیم بودن شکل موج ارتباط ندارد بلکه به اندازه جریان عبوری از سیم‌پیچی وابسته است.

**۳۲ـ در یک ماشین دو تحریکه اندوکتانس متقابل $L_{sr}(\theta) = 0/04\cos\theta$ می‌باشد. اگر دو سیم‌بندی رتور و استاتور سری وصل شوند و جریان متناوب ۱۰A از آن‌ها عبور نماید، حداکثر گشتاور متوسط تولیدی چند N.m می‌گردد؟** (قدرت ـ آزاد ۹۰)

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۴

**۳۳ـ در یک مدار مغناطیسی با هسته ایده‌آل یک فاصله هوایی ایجاد می‌کنیم، نسبت انرژی ذخیره شده در هسته به انرژی ذخیره شده در این فاصله هوایی چقدر است؟** (آزاد ۹۲)

۱) صفر ۲) ∞ ۳) نامعین ۴) برابر

**۳۴ـ قسمت متحرک یک رله ساده الکترومغناطیسی در حالت باز قرار دارد، حال اگر قسمت متحرک تحت تأثیر نیروی مغناطیسی $F_e$ به طرف قسمت ثابت حرکت نماید، چگالی شار $B_g$ و نیروی مغناطیسی چگونه تغییر می‌نماید؟** (آزاد ۹۲)

۱) $B_g$ افزایش و $F_e$ کاهش می‌یابند.
۲) $F_e$ افزایش و $B_g$ کاهش می‌یابند.
۳) هر دو کاهش می‌یابند.
۴) هر دو افزایش می‌یابند.

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل دوم ــ مبحث اصول اولیه و بررسی مبدل‌های یک تحریکه

**۱ــ گزینه «۱»** در سیستم مورد بحث $\lambda = \lambda(i, x)$ داده شده است پس می‌توان با انتگرال‌گیری مستقیم از آن شبه انرژی سیستم را محاسبه نمود:

$$W'_{fld} = \int \lambda di = \int \sqrt{i}\, x\, di = \frac{۲}{۳} x i^{\frac{۳}{۲}} \Rightarrow F_e = \frac{\partial W'_{fld}}{\partial x} = \frac{۲}{۳} i^{\frac{۳}{۲}} \Big|_{i=۲A} = ۱/۸۸\ N$$

**۲ــ گزینه «۲»** چون هسته ایده‌آل است لذا انرژی مغناطیسی فقط در فاصله هوایی ذخیره می‌شود و مقدار آن برابر است با:

$$W_{fld} = \frac{۱}{۲} R_m(x) \varphi^۲ = \frac{۱}{۲} \times (\frac{۲x}{\mu_\circ A}) \varphi^۲ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۲ \times ۱\circ \times ۱\circ^{-۳}}{۴\pi \times ۱\circ^{-۷} \times ۲۵ \times ۱\circ^{-۴}} \times (۱ \times ۱\circ^{-۳})^۲ = ۳/۱۸\ j$$

**۳ــ گزینه «۱»** همانطور که در متن درسنامه بیان شد در مبدل‌های انرژی الکترومکانیکی نیرو یا گشتاور طوری ایجاد می‌شود که در جریان ثابت یا نیروی محرکه مغناطیسی ثابت انرژی و شبه انرژی را افزایش دهد.

**۴ــ گزینه «۱»** چون قسمت متحرک فاقد جریان است لذا گشتاور تولیدی در این رله فقط گشتاور رلوکتانسی ناشی از جریان قسمت ساکن (استاتور) و تغییرات رلوکتانس مسیر است، لذا برای محاسبه گشتاور ابتدا باید معادله رلوکتانس فاصله هوایی را بنویسیم (به چگونگی استخراج این معادله فکر کنید!)

$$\begin{cases} T_e = \frac{۱}{۲} I^۲ \frac{dL_{۱۱}}{d\theta} \\ R(\theta) = \frac{r\theta}{\mu_\circ A} \Rightarrow L_{۱۱}(\theta) = \frac{N^۲}{\frac{r\theta}{\mu_\circ A}} = \mu_\circ A \frac{N^۲}{r\theta} \end{cases} \Rightarrow T_e = \frac{۱}{۲} \times I^۲ \frac{d}{d\theta} (\frac{\mu_\circ A N^۲}{r\theta}) = \frac{۱}{۲} I^۲ (\frac{-\mu_\circ A N^۲}{r\theta^۲}) = \frac{\mu_\circ A N^۲}{۲r} (\frac{I}{\theta})^۲$$

در روابط فوق $r$ طول متوسط قسمت متحرک یا همان شعاع گردش قسمت متحرک است. با فرض $k = \frac{۱}{۲r} \mu_\circ A N^۲$ داریم: $T_e = -k(\frac{I}{\theta})^۲$

**۵ــ گزینه «۱»** در مدار مغناطیسی مورد بحث $\lambda = \lambda(i)$ داده شده یعنی جریان متغیر مستقل است پس برای محاسبه انرژی ذخیره شده نمی‌توان مستقیماً انتگرال‌گیری نمود. لذا ابتدا معادله را به صورت $i = i(\lambda)$ بازنویسی نموده و سپس انتگرال می‌گیریم:

$$\begin{cases} \lambda = ۰/۶۶ i^{\frac{۱}{۳}} \Rightarrow i = \frac{\lambda^۳}{(۰/۶۶)^۳} \\ i = ۱\ A \Rightarrow \lambda = ۰/۶۶\ Wb \end{cases} \Rightarrow W_{fld} = \int_\circ^\lambda i d\lambda = \int_\circ^{۰/۶۶} \frac{\lambda^۳}{(۰/۶۶)^۳} d\lambda = ۰/۱۶۵\ j$$

**روش دوم:** اگر نتوان از روی معادله $\lambda$، معادله جریان را استخراج نمود بهتر است با دیفرانسیل‌گیری از طرفین معادله $\lambda$ معادله $d\lambda$ را به دست آورد. یعنی:

$$\lambda = ۰/۶۶ i^{\frac{۱}{۳}} \Rightarrow d\lambda = ۰/۲۲ i^{-\frac{۲}{۳}} di \Rightarrow W_{fld} = \int i d\lambda = \int_\circ^۱ i(۰/۲۲ i^{-\frac{۲}{۳}} di) = \int_\circ^۱ ۰/۲۲ i^{\frac{۱}{۳}} di \Rightarrow W_{fld} = \frac{۰/۲۲}{\frac{۴}{۳}} i^{\frac{۴}{۳}} \Big|_\circ^۱ = ۰/۱۶۵\ j$$

**۶ــ گزینه «۱»** چون هسته ایده‌آل است فقط رلوکتانس فاصله هوایی در مدار تأثیر می‌گذارد لذا با توجه به این رلوکتانس می‌توان اندوکتانس سیم‌بندی و نیروی رلوکتانسی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\left.\begin{array}{l} F_e = \frac{۱}{۲} I^۲ \frac{dL(x)}{dx} \\ L(x) = \frac{N^۲}{R(x)} = \frac{N^۲}{\frac{x}{\mu_\circ A}} \end{array}\right| \Rightarrow F_e = -\frac{۱}{۲} I^۲ \frac{\mu_\circ A N^۲}{x^۲}$$

با توجه به جریان مؤثر ۱/۴۱A داده شده، دامنه حداکثر جریان $I_{max}=\sqrt{۲}I_{rms}=\sqrt{۲}\times ۱/۴۱=۲A$ بوده لذا معادله زمانی جریان سیم‌بندی به صورت $i(t)=۲\sin\omega t$ می‌باشد. پس می‌توان نوشت:

$$F_e=-\frac{۱}{۲}\times(۲\sin\omega t)^۲\times\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}\times ۲۰\times ۱۰^{-۴}\times ۱۰۰۰^۲}{(۱\times ۱۰^{-۲})^۲}\simeq -۲\times ۲۵\sin^۲\omega t \xrightarrow{\text{متوسط گیری}} F_{e_{av}}=-۲۵\,N.m$$

توجه شود همان‌طور که در متن درسنامه بیان شد می‌توان نیروی متوسط را به طور مستقیم از رابطه $F_{e_{av}}=\frac{۱}{۲}I_{rms}^۲\frac{dL}{dx}$ نیز به دست آورد.

---

**۷ـ گزینه «۲»** چون مقدار حداکثر نیرو خواسته شده (نه مقدار متوسط) باید ابتدا معادله نیروی حداکثر را یافت و سپس به جای متغیر x در آن مقدار ۵mm را جایگزین نمود. در اینجا بیان این نکته خالی از لطف نیست (همانطور که در متن درس اشاره شد). چنانچه در معادله نیرو مقدار مؤثر جریان $(I_{rms})$ را قرار دهیم به نیروی متوسط $(F_{e_{av}})$ می‌رسیم، حال اگر مقدار حداکثر جریان $(I_{max})$ را قرار دهیم به نیروی حداکثر $(F_{e_{max}})$ می‌رسیم لذا:

$$F_{e_{max}}=-\frac{۱}{۲}I_{max}^۲\frac{dL(x)}{dx}=-\frac{۱}{۲}(۲)^۲=\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}\times ۲۰\times ۱۰^{-۴}\times(۱۰۰۰)^۲}{(۵\times ۱۰^{-۳})^۲}=-۲۰۰N$$

---

**۸ـ گزینه «۴»** همانطور که در تست‌های قبلی همین درسنامه اثبات شد، در رله‌های با هسته متحرک اگر حرکت خطی باشد نیروی القایی ( یا نیروی کششی قسمت متحرک) برابر است با:

$$F_e=\frac{K}{x^۲}\Rightarrow\frac{F_{e_۱}}{F_{e_۲}}=(\frac{x_۲}{x_۱})^۲$$

یعنی نیروی کششی با فاصله نسبت عکس دارد پس در $x_۱=۲mm$ نیرو حداقل $(F_{e_۱})$ و در $x_۲=۱mm$ نیرو حداکثر $(F_{e_۲})$ است لذا:

$$\frac{F_{e_۱}}{F_{e_۲}}=(\frac{۱}{۲})^۲\Rightarrow\frac{F_{e_۲}}{F_{e_۱}}=۴$$

---

**۹ـ گزینه «۴»** چون $\lambda=\lambda(i,x)$ داده شده پس می‌توان با انتگرال‌گیری مستقیم شبه انرژی را محاسبه نموده و در نهایت نیرو را محاسبه نمود:

$$W'_{fld}=\int\lambda di=\int\sqrt{i}\,x\,di=\frac{۲}{۳}xi^{\frac{۳}{۲}}\Rightarrow F_e=\frac{\partial W'_{fld}}{\partial x}=\frac{۲}{۳}i^{\frac{۳}{۲}}\Rightarrow F_e\Big|_{i=۱A}=\frac{۲}{۳}N$$

---

**۱۰ـ گزینه «۲»** از آنجایی که نیروی القایی همواره در جهت کاهش رلوکتانس عمل می‌کند پس در رله‌ها به صورت جاذبه است تا سبب کاهش طول فاصله هوایی و در نتیجه کاهش رلوکتانس شود.

---

**۱۱ـ گزینه «۱»** به طور کلی بین دو حلقه سیم‌پیچی همواره نیروی جاذبه‌ای پدید می‌آید که علت آن نیز هم جهت بودن فوران‌های آن‌ها است؛ اما در حالت اتصال کوتاه به دلیل افزایش بیش از حد جریان، نیروی جاذبه‌ای بسیار قوی تولید می‌شود که متناسب با مجذور جریان بوده و با فاصله بین حلقه‌ها نسبت عکس دارد.

---

**۱۲ـ گزینه «۴»** بدون وجود فاصله هوایی چون هسته ایده‌آل است $(\mu_r=\infty)$ رلوکتانس هسته صفر بوده لذا $W_{fld}=۰$ می‌باشد. اما در صورت ایجاد شکاف هوایی چون رلوکتانس هسته دیگر صفر نیست پس $W_{fld}>۰$ می‌گردد، پس می‌توان گفت با ایجاد شکاف هوایی انرژی ذخیره شده در میدان یا هسته از صفر به مقدار مشخصی (که تابع اندازه شکاف هوایی و مشخصات تحریک است) افزایش می‌یابد.

---

**۱۳ـ گزینه «۲»** **روش اول:** با توجه به اینکه در صورت تست معادله ولتاژ اعمالی داده شده، ابتدا باید با انتگرال‌گیری از آن معادله فوران عبوری از هسته را به صورت زیر به دست آورد:

$$\varphi(t)=\frac{۱}{N}\int V(t)\,dt=\frac{۱}{N}\int ۲۰\sin ۱۰۰t\,dt=-\frac{۱}{۵N}\cos ۱۰۰t$$

چون معادله فوران هسته در دسترس است باید از مشتق رلوکتانس جهت محاسبه نیرو استفاده نمود لذا:

$$F_e=-\frac{۱}{۲}\varphi^۲\frac{dR_g}{dg}=-\frac{۱}{۲}(-\frac{۱}{۵N}\cos ۱۰۰t)^۲\frac{d}{dg}(\frac{۲g}{\mu_۰A})=-\frac{۱}{۵۰N^۲}\cos^۲ ۱۰۰t\times\frac{۲}{\mu_۰A}=-\frac{۱}{۲۵N^۲\mu_۰A}\cos^۲ ۱۰۰t\ N$$

با توجه به بسط $\cos^2 100t$ داریم:

$$F_e = -\frac{1}{25N^2\mu_0 A}\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cos 200t\right) = -\frac{1}{50N^2\mu_0 A} - \frac{1}{50N^2\mu_0 A}\cos 200t \quad N$$

دیده می‌شود که معادله نیروی القایی متغیر با زمان بوده لذا باید مقدار متوسط آن را به دست آورد. در این صورت دقت شود که مقدار متوسط جمله دوم صفر بوده و مقدار متوسط جمله اول برابر خودش است لذا:

$$F_{e_{av}} = -\frac{1}{50N^2\mu_0 A} = -\frac{1}{50\times 1000^2 \times \frac{1}{800000}\times 10\times 10^{-4}} = -16 \quad N$$

**روش دوم:** همانطور که در متن درس اشاره شد نیروی متوسط را می‌توان به طور مستقیم از رابطه زیر به دست آورد:

$$F_{e_{av}} = -\frac{1}{2}\varphi_{rms}^2 \frac{dR_g}{dg} = -\frac{1}{2}\varphi_{rms}^2 \frac{d}{dg}\left(\frac{2g}{\mu_0 A}\right) = -\frac{\varphi_{rms}^2}{\mu_0 A}$$

برای محاسبه $\varphi_{rms}$ با توجه به سینوسی بودن تغذیه داریم:

$$V_{max} = E_{max} = N\varphi_{max}\omega \Rightarrow \varphi_{max} = \frac{20}{1000\times 100} = 2\times 10^{-4}\ Wb \Rightarrow \varphi_{rms} = \sqrt{2}\times 10^{-4}\ Wb$$

با جایگذاری در معادله نیروی متوسط داریم:

$$F_{e_{av}} = -\frac{(\sqrt{2}\times 10^{-4})^2}{\frac{1}{800000}\times 10\times 10^{-4}} = -16N$$

علامت منفی نشان می‌دهد که نیرو در جهت کاهش رلوکتانس است.

---

**۱۴ـ گزینه «۲»** همانطور که در متن درس ذکر شد در کلیه مبدل‌های انرژی الکترومغناطیسی، نیرو و گشتاور در جهتی تولید می‌شود که در جریان ثابت انرژی و شبه انرژی را افزایش دهد.

---

**۱۵ـ گزینه «۴»** چون $i = i(\lambda, x)$ داده شده، ابتدا باید $\lambda = \lambda(x, i)$ به دست آورد و سپس کوانرژی را محاسبه نمود:

$$i = \left(\frac{\lambda}{x}\right)^2 \Rightarrow \lambda = x\sqrt{i}$$

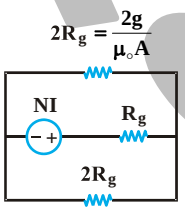
$$W'_{fld} = \int x\sqrt{i}\,di = \frac{2}{3}xi^{\frac{3}{2}} \Rightarrow F_e = \left.\frac{\partial W'_{fld}}{\partial x}\right|_{i=1A} = \frac{2}{3}N$$

توجه شود که این تست را می‌توان با محاسبه $W_{fld}$ نیز به صورت زیر حل نمود:

$$W_{fld} = \int i\,d\lambda = \int \frac{\lambda^2}{x^2}d\lambda = \frac{1}{x^2}\frac{\lambda^3}{3} \Rightarrow F_e = -\frac{\partial W_{fld}}{\partial x} = \frac{2}{3}\frac{\lambda^3}{x^3} \xrightarrow{i=1\Rightarrow\lambda=x} F_e = \frac{2}{3}N$$

---

**۱۶ـ گزینه «۱»** چون جریان مدار داده شده بهتر است از مشتق اندوکتانس جهت محاسبه نیرو استفاده نمود لذا:




$$L(g) = \frac{N^2}{R_{eq}} = \frac{N^2}{(2R_g \,||\, 2R_g) + R_g} = \frac{N^2}{2R_g} = \frac{N^2}{\frac{2g}{\mu_0(2a\times d)}} = \frac{\mu_0 N^2(2ad)}{2g}$$

$$F_e = \frac{1}{2}i^2\frac{dL(g)}{dg} = \frac{1}{2}i^2\times\frac{-\mu_0 N^2 ad}{g^2} \xrightarrow{\text{جایگذاری مقادیر}} F_e = -20\pi\ N$$

دقت شود که چون $1A$ داده شده مقدار مؤثر جریان فرض شده است مستقیماً در رابطه قرار داده و یک ضرب نیروی متوسط را محاسبه نمودیم.

**۱۷ـ گزینه «۴»** همان‌طور که در تست قبل دیدیم اگر بخواهیم نیرو در هر دو تحریک AC و DC یکسان باشد باید اندازه جریان تحریک DC برابر مقدار مؤثر جریان AC باشد لذا اگر در منبع ولتاژ داده شده در دو حالت شرط $V_{DC}=V_{rms}$ رعایت شود باید مقدار مقاومت پیش‌گذار در حالت DC به اندازه راکتانس سیم‌بندی در حالت AC باشد لذا داریم:

$$L(x)=\frac{N^2}{R_m(x)}=\frac{\mu_\circ AN^2}{2x}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times10\times10^{-4}\times(100)^2}{2\times1\times10^{-2}}=0/0628H$$

$$X_L=2\pi fL(x)=2\pi\times50\times0/0628=19/71\Omega$$

لذا مقدار مقاومت پیش‌گذار باید تقریباً $20\Omega$ باشد. (یعنی: $V_{rms}=V_{DC}\Rightarrow R=X_L$ اگر $I_{DC}=\frac{V_{DC}}{R}$ و $I_{rms}=\frac{V_{rms}}{X_L}$)

---

**۱۸ـ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** چون کار مکانیکی انجام شده در این سیستم صفر است (زیرا فاقد عنصر متحرک است) لذا بازده تبدیل انرژی ($R=\left.\frac{W_{mech}}{W_{elec}}\right|_{1cycle}$) همواره صفر است.

---

**۱۹ـ گزینه «۱»** انرژی ذخیره شده در فاصله هوایی را می‌توان با توجه به طول فاصله هوایی و سایر پارامترها به صورت زیر محاسبه نمود:

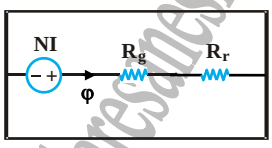
$$\begin{cases}R_{ag}=\frac{g}{\mu_\circ A}=\frac{1\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}\times(10\times10^{-4})}=\frac{10^7}{4\pi}\\ \varphi=B.A=1/5\times10\times10^{-4}=1/5\times10^{-3}\ Wb\end{cases}\Rightarrow W_{fld_{ag}}=\frac{1}{2}R_{ag}\varphi^2=\frac{1}{2}\times\frac{10^7}{4\pi}\times(1/5\times10^{-3})^2=0/895\,j$$

چون منحنی $B-H$ در دسترس است می‌توان چگالی انرژی ذخیره شده در هسته را به دست آورده و با داشتن حجم هسته، انرژی ذخیره شده در هسته را نیز به دست آورد برای این منظور:

$$W_{fld_c}=D_{fld_c}.V_{core}=[(\frac{200\times1}{2})+(\frac{(200+600)\times0/5}{2})]\times(10\times10^{-4}\times1)=0/3j\Rightarrow\frac{W_{fld_{ag}}}{W_{fld_c}}=\frac{0/895}{0/3}\simeq3$$

---

**۲۰ـ گزینه «۴»** طبق رابطه $F_e=-\frac{1}{2}\varphi^2\frac{dR_m(g)}{dg}$ برای دو قسمت چپ و راست (با توجه به یکی بودن فوران در آنها) داریم:




$$\begin{cases}R_L(g)=\frac{g}{\mu_\circ A}\Rightarrow F_{e_L}=-\frac{1}{2}\varphi^2\frac{dR_L}{dg}=-\frac{1}{2}\varphi^2\frac{1}{\mu_\circ A}\\ R_r(g)=\frac{g}{\mu_\circ 2A}\Rightarrow F_{e_r}=-\frac{1}{2}\varphi^2\frac{dR_r}{dg}=-\frac{1}{2}\varphi^2\frac{1}{2\mu_\circ A}\end{cases}\Rightarrow\frac{F_{e_L}}{F_{e_r}}=2$$

---

**۲۱ـ گزینه «۱»** با توجه به نیروی داده شده اگر معادله را برحسب جریان سیم‌بندی بنویسیم می‌توان جریان را محاسبه نموده و در نتیجه با توجه به ولتاژ تغذیه مقاومت اهمی سیم‌بندی را به دست آورد.

$$L(g)=\frac{N^2}{R_g}=\frac{N^2}{\frac{2g}{\mu_\circ A}}=\frac{\mu_\circ N^2A}{2g}$$

$$F_e=\frac{1}{2}I^2\frac{dL(g)}{dg}=\frac{1}{2}\times I^2\times\frac{-2\mu_\circ N^2A}{4g^2}\xrightarrow[g=1\times10^{-3}]{N=100\ ,\ A=\pi\times10^{-4}}-1=\frac{1}{2}\times I^2\times\frac{-2\times4\pi\times10^{-7}\times100^2\times\pi\times10^{-4}}{4\times1\times10^{-6}}\Rightarrow I=\frac{\sqrt{10}}{\pi}A$$

$$R=\frac{V_{dc}}{I_{dc}}=\frac{220}{\frac{\sqrt{10}}{\pi}}=22\pi\sqrt{10}\simeq220\Omega$$

**۲۲ـ گزینه «۴»** فوران در هر دو فاصله هوایی یکسان است اما به دلیل باریک‌تر بودن سطح مقطع سمت چپ چگالی فوران در فاصله هوایی سمت چپ دو برابر فاصله هوایی سمت راست است یعنی $B_{ag_L} = ۲B_{ag_R}$ همین طور حجم فاصله هوایی سمت چپ نصف حجم فاصله هوایی سمت راست است یعنی: $V_{ag_L} = \frac{۱}{۲}V_{ag_R}$. لذا داریم:

$$W_{fld_R} = \frac{۱}{۲}\frac{B_{ag_R}^۲}{\mu_۰}V_{ag_R} \quad و \quad W_{fld_L} = \frac{۱}{۲}\frac{B_{ag_L}^۲}{\mu_۰}V_{ag_L} \Rightarrow \frac{W_{fld_L}}{W_{fld_g}} = \frac{B_{ag_L}^۲ V_{ag_L}}{B_{ag_R}^۲ V_{ag_R}} = \frac{۴B_{ag_R}^۲ \times \frac{۱}{۲}V_{ag_R}}{B_{ag_R} \times V_{ag_R}} = ۲$$

**۲۳ـ گزینه «۲»** چون فواصل هوایی در دو راستای x و y قرار دارند لذا نیروی وارده به قسمت متحرک نیز در دو راستای x,y خواهد بود و برآیند آن بر قطعه وارد می‌شود. همین‌طور با توجه به یکی بودن طول فواصل هوایی نیروی وارده در هر دو جهت x و y با یکدیگر برابر است لذا:

$$\varphi = B.A = ۱\times\pi\times۱۰^{-۴} = \pi\times۱۰^{-۴}\ Wb \quad و \quad R_m(g) = \frac{g}{\mu_۰\times\pi\times۱۰^{-۴}}$$

نیروی وارده به قطعه متحرک در راستای محور x ها برابر است با: $F_{e_x} = -\frac{۱}{۲}\varphi^۲\frac{dR_m(g)}{dg} = -\frac{۱}{۲}\times\pi^۲\times۱۰^{-۸}\times\frac{۱}{۴\pi\times۱۰^{-۷}\times\pi\times۱۰^{-۴}} = ۱۲۵N$

همان‌طور که ذکر شد چون دو نیرو برابر هستند لذا:

$$F_{e_y} = F_{e_x} = ۱۲۵N \Rightarrow \vec{F}_{e_{av}} = \vec{F}_{e_x} + \vec{F}_{e_y} \Rightarrow |\vec{F}_{e_{av}}| = \sqrt{۲}\,|\vec{F}_{e_x}| = \sqrt{۲}\times۱۲۵ \simeq ۱۷۷N$$

**۲۴ـ گزینه «۴»** چون معادله داده شده به صورت $\lambda = \lambda(i,x)$ است می‌توان با انتگرال‌گیری مستقیم شبه انرژی را به صورت زیر به دست آورد:

$$W'_{fld} = \int\lambda di = \int\sqrt{\frac{i}{x}}di = \frac{۱}{\sqrt{x}}\int i^{\frac{۱}{۲}}di = \frac{۱}{\sqrt{x}}\times\frac{i^{\frac{۳}{۲}}}{\frac{۳}{۲}} \Rightarrow F_e = \frac{\partial W'_{fld}}{\partial x} = \frac{-\frac{۱}{۲\sqrt{x}}\times\frac{۲}{۳}\times i^{\frac{۳}{۲}}}{x}\Bigg|_{\substack{i=۱A\\x=۱m}} = -\frac{۱}{۳}N$$

**۲۵ـ گزینه «۴»** با توجه به مشخصه $\varphi - \theta_m$ داده شده به ازاء $\theta_m = ۱۰۰A.T$ فوران در حرکت سریع $۰/۲mWb$ است از طرفی برای محاسبه نیرو باید سطح بین دو منحنی را محاسبه نماییم لذا باید این سطح را تا مرز $۰/۲mWb$ و $۱۰۰A$ محاسبه نمود یعنی:

$$W_{mech} = \frac{۰/۱\times۱۰^{-۳}\times۶۰}{۲} + \frac{۰/۱\times۱۰^{-۳}\times(۱۰۰-۶۰)}{۲} = ۵\times۱۰^{-۳}\ j$$

با توجه به اینکه نیروی ایجاد شده، نسبت این انرژی به میزان جابجایی قطعه متحرک است داریم: $F_e = -\frac{\Delta W_{mech}}{\Delta x} = -\frac{۵\times۱۰^{-۳}}{۱\times۱۰^{-۳}} = -۵N$

**۲۶ـ گزینه «۲»** با توجه به اینکه $\lambda = \lambda(i)$ داده شده داریم: $\lambda = ۰/۶\sqrt{i} \Rightarrow d\lambda = \frac{۰/۶}{۲}i^{-\frac{۱}{۲}}di = ۰/۳i^{-\frac{۱}{۲}}di$

با قراردادن این تغییرات در معادله انرژی ذخیره شده می‌توان نوشت:

$$W_{fld} = \int_۰^{\lambda} id\lambda \Rightarrow W_{fld} = \int_۰^{۴} i\times۰/۳i^{-\frac{۱}{۲}}di = \int_۰^{۴} ۰/۳i^{\frac{۱}{۲}}di = ۰/۳\frac{۲}{۳}i^{\frac{۳}{۲}}\Big|_۰^{۴} = ۱/۶\ j$$

**۲۷ـ گزینه «۴»** چگالی انرژی در فواصل هوایی به دلیل خطی بودن مشخصه مغناطیسی آن همواره برابر است با:

$$D_{fld_{ag}} = \frac{۱}{۲}\frac{B^۲}{\mu_۰} = \frac{۱}{۲}\times\frac{۱/۵^۲}{۴\pi\times۱۰^{-۷}} = ۹\times۱۰^۵\ \frac{j}{m^۳}$$

در مورد هسته با توجه به مشخصه $B-H$ داده شده باید سطح بالای منحنی را تا $B = ۱/۵T$ محاسبه نمود لذا:

$$D_{fld_c} = \frac{۱۰۰\times۱}{۲} + \frac{۲۰۰+۱۰۰}{۲}\times۰/۵ = ۱۲۵\frac{j}{m^۳}$$

نسبت این دو مقدار برابر است با:

$$\frac{D_{fld_{ag}}}{D_{fld_c}}=\frac{۹\times۱۰^{۵}}{۱۲۵}=۷۲۰۰$$

---

**۲۸ـ گزینه «۳»** با توجه به ایده‌آل بودن هسته رلوکتانس مدار مغناطیسی فقط به واسطه فواصل هوایی ایجاد می‌شود لذا:

$$R_{eq}=۲R_{ag}=\frac{۲g}{\mu_{\circ}A}$$

$$L(g)=\frac{N^{۲}}{R_{eq}}=\frac{N^{۲}\mu_{\circ}A}{۲g}\Rightarrow F_e=\frac{-۱}{۲}I^{۲}\frac{dL(g)}{dg}\Rightarrow F_e=+\frac{۱}{۲}I^{۲}\frac{N^{۲}\mu_{\circ}A}{۲g^{۲}}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{۲}\times\frac{۱۰۰۰^{۲}\times۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۱۰\times۱۰^{-۴}}{۲\times(۵\times۱۰^{-۳})^{۲}}=۴\pi(N)$$

---

**۲۹ـ گزینه «۱»** سطح بالای منحنی $B-H$ بیانگر **چگالی حجمی انرژی** ذخیره شده در میدان است که با توجه به منحنی داده شده برابر است با:

$$D_{fid}=(\frac{۱}{۲}\times۱۰۰۰\times۱)+\frac{(۱۰۰۰+۱۳۰۰)\times۰/۱}{۲}+\frac{(۱۳۰۰+۲۰۰۰)\times۰/۱}{۲}=۷۸۰\frac{j}{m^{۳}}$$

---

**۳۰ـ گزینه «۳»** با توجه به اینکه جریان سیم‌پیچی مشخص است بهتر است از مشتق اندوکتانس استفاده شود لذا:

$$L=\frac{N^{۲}}{R_x}=\frac{N^{۲}\mu_{\circ}A}{x}\Rightarrow F_e=\frac{۱}{۲}I_{rms}^{۲}\frac{dL}{dx}=-\frac{۱}{۲}\times I_{rms}^{۲}\times\frac{N^{۲}\mu_{\circ}A}{x^{۲}}\Rightarrow F_e=\frac{-۴\times۱۰۰۰^{۲}\times۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۲۰\times۱۰^{-۴}}{۲\times(۰/۵\times۱۰^{-۲})^{۲}}=-۲۰۰N$$

---

**۳۱ـ گزینه «۴»** بسته به اندازه یا دامنه جریان، نیروی متوسط ایجاد شده متفاوت است مثلاً اگر دامنه جریان در تغذیه DC به صورت $I_{DC}=I_۱$ و معادله جریان در تغذیه AC به صورت $I_{AC}=I_۲\sin\omega t$ باشد داریم:

$$\left.\begin{matrix}F_{DC}=KI_۱^{۲}\\F_{AC_{av}}=\frac{۱}{۲}KI_۲^{۲}\end{matrix}\right\}\Rightarrow\frac{F_{DC}}{F_{AC}}=۲(\frac{I_۱}{I_۲})^{۲}\begin{cases}\text{اگر } I_۱=I_۲ \rightarrow F_{DC}=۲F_{AC}\\ \text{اگر } I_۱=\frac{۱}{\sqrt{۲}}I_۲ \rightarrow F_{DC}=F_{AC}\end{cases}$$

دیده می‌شود که بسته به مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ نیروهای ایجاد شده متفاوت است (جهت درک بهتر به تست ۲۱ از همین درسنامه مراجعه کنید)

---

**۳۲ـ گزینه «۲»** با توجه به اینکه فقط اندوکتانس متقابل دو سیم‌بندی داده شده پس فقط قادریم گشتاور الکترومغناطیسی بین دو سیم‌بندی را به صورت زیر محاسبه نماییم:

$$T_e=i_s i_r\frac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta}=(۱۰\sin\omega t)(۱۰\sin\omega t)\frac{d}{d\theta}(۰/۰۴\cos\theta)=-۱۰۰\sin^{۲}\omega t\times۰/۰۴\sin\theta\ \ N.m$$

با استفاده از بسط $\sin^{۲}\omega t$ داریم:

$$T_e=-۱۰۰(\frac{۱-\cos۲\omega t}{۲})(۰/۰۴\sin\theta)=-۲\sin\theta+۲\sin\theta\cos۲\omega t\Rightarrow T_{e_{av}}=-۲\sin\theta\ \ N.m$$

حداکثر این مقدار گشتاور متوسط در شرایط رخ می‌دهد که $\sin\theta=\pm۱$ باشد (یعنی $\theta=\pm\frac{\pi}{۲}$ شود) که در این صورت:

$$T_{e_{av_{max}}}=۲N.m$$

---

**۳۳ـ گزینه «۱»** اگر $W_{fld_c}$ انرژی ذخیره شده در هسته و $W_{fld_{ag}}$ انرژی ذخیره شده در فاصله هوایی باشد داریم:

$$\frac{W_{fld_c}}{W_{fld_{ag}}}=\frac{\frac{۱}{۲}\frac{B^{۲}}{\mu}V_c}{\frac{۱}{۲}\frac{B^{۲}}{\mu_{\circ}}V_{ag}}\xrightarrow[\text{در هسته ایده‌آل}]{\mu=\infty\ \text{است}}\frac{W_{fld_c}}{W_{fld_{ag}}}=۰$$

---

**۳۴ـ گزینه «۴»** در حالت کلی بسته به اینکه منبع ورودی AC است یا DC، جریان است یا ولتاژ، تحلیل‌های متفاوتی می‌توان ارائه داد. اما با نگاه به گزینه‌های داده شده می‌توان گفت که منبع ورودی ولتاژ AC نیست زیرا در این صورت چگالی میدان ثابت می‌ماند که در هیچکدام از گزینه‌ها داده نشده است. لذا با فرض اینکه منبع ورودی جریان و DC است می‌توان گفت با بسته شدن قسمت متحرک $B_g$ افزایش یافته و $F_e$ نیز هر چه به سرعت بسته بودن پیش می‌رویم (فاصله هوایی کمتر شود) افزایش می‌یابد.

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل دوم ــ مبحث بررسی مبدل‌های چند تحریکه و انواع گشتاور تولیدی در ماشین‌های گردان

۱ــ ضرایب القاء سیم‌پیچی استاتور و روتوریک وسیله تبدیل انرژی الکترومکانیکی به صورت زیر است:

$L_{11} = 0/1\ H\ ,\ L_{22} = 0/15\ H\ ,\ L_{12} = 0/04 \cos\theta\ H$

که در آن $\theta$ زاویه بین محور دو سیم‌پیچی است . در صورتی که از هر دو سیم‌پیچی جریان یکسان $i(t) = \sin\omega t\ A$ بگذرد حداکثر مقدار گشتاور متوسط اعمال شده چقدرا ست؟ (آزاد ۸۰)

۱) $0/04\ N$ ۲) $0/02\ N$ ۳) $0/25\ N$ ۴) $0/1\ N$

۲ــ در یک ماشین الکتریکی گردان وقتی گشتاور مقاومت مغناطیسی (رلوکتانسی) تولید می‌شود که: (آزاد ۸۰)

۱) استاتور و رتور هر دو قطب صاف داشته باشند.
۲) استاتور یا رتور قطب برجسته داشته باشد.
۳) استاتور و رتور دارای دندانه‌های مساوی باشند.
۴) استاتور و رتور دارای دندانه‌های نامساوی باشند.

۳ــ در یک ماشین دو تحریکه ماتریس اندوکتانس برحسب هانری به صورت: $\begin{bmatrix} 1 & 0/5\cos\theta \\ 0/5\cos\theta & 1/5 \end{bmatrix}$ داده شده است. اگر دو سیم‌پیچی به ترتیب حامل جریان‌های سینوسی به مقدار مؤثر $5A$ و $10A$ باشند، گشتاور متوسط در زاویه $90^\circ$ چند $N.m$ است؟ (آزاد ۸۳)

۱) $-12/5$ ۲) $-25$ ۳) $12/5$ ۴) $-6/25$

۴ــ در یک وسیله تبدیل انرژی الکترومکانیکی استاتور استوانه‌ای است و روتور قطب برجسته و بدون تحریک است $\delta$ زاویه بین میدان استاتور و روتور است گشتاور متوسط تولیدی متناسب است با : (آزاد ۸۴)

۱) $\sin\delta$ ۲) صفر ۳) $\sin 2\delta$ ۴) $\sin 2\delta\ ,\ \sin\delta$

۵ــ در یک ماشین دو تحریکه ماتریس اندوکتانس $\begin{bmatrix} 1 & \cos\theta \\ \cos\theta & 1 \end{bmatrix}$ است. اگر سیم پیچی رتور اتصال کوتاه و سیم‌پیچی استاتور با جریان متناوب با مقدار مؤثر $2A$ و فرکانس $60Hz$ تغذیه شود و زاویه بار $15^\circ$ باشد گشتاور تولیدی چند $Nm$ است؟ $(\cos 15^\circ = 0/965)$ (آزاد ۸۵)

۱) $0/5$ ۲) $2$ ۳) $0/75$ ۴) $1$

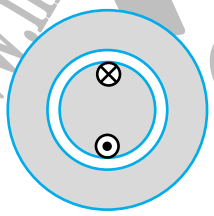
۶ــ در یک ماشین دو تحریکه $L_{sr} = 0/04\cos\theta$ می‌باشد. اگر دو سیم‌پیچی این ماشین سری شده و از آن‌ها جریان متناوب بگذرد حداکثر مقدار متوسط گشتاور تولیدی به ازاء جریان مؤثر $10A$ چند $Nm$ است؟ (آزاد ۸۶)

۱) $2$ ۲) $3$ ۳) $1$ ۴) $4$

۷ــ در ماشین یک تحریکه در چه شرایطی قطعاً گشتاور صفر است؟ (آزاد ۸۷)

۱) استاتور قطب صاف و رتور قطب برجسته داشته باشد.
۲) استاتور قطب برجسته و رتور قطب صاف داشته باشد.
۳) استاتور و رتور هر دو قطب برجسته داشته باشند.
۴) قطبهای استاتور و رتور هر دو صاف باشند.

۸ــ در ماشین شکل زیر کدام عبارات زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۷)



۱) گشتاور مقاومت مغناطیسی غیر صفر است.
۲) گشتاور صفر است.
۳) گشتاور پس‌ماندی غیر صفر است.
۴) گشتاور غیر صفر است.

۹ــ در یک رله الکترومغناطیسی دو تحریکه ماتریس اندوکتانس $\begin{bmatrix} 1+x & 1-x \\ 1-x & 2+x \end{bmatrix}$ است. نیروی دافعه بین دو قسمت رله به ازای $i_1 = 1A$ و $i_2 = 2A$ چند نیوتن است؟ (آزاد ۸۸)

۱) $1/5$ ۲) $4/5$ ۳) $2/5$ ۴) $3/5$

۱۰ــ در یک ماشین دو تحریکه $L_{11} = 0/3mH$ و $L_{22} = 0/5mH$ و $L_{12} = 0/04\cos\theta mH$ است. اگر دو سیم پیچی تحریک به طور سری حامل جریان $i(t) = I_m \sin\omega t$ باشند مقدار گشتاور حداکثر تولیدی به ازای جریان حداکثر $3A$ چند میلی‌نیوتن متر است؟ (آزاد ۸۸)

۱) $0/18$ ۲) $0/36$ ۳) $0/72$ ۴) $0/24$

۱۱ـ ضرایب القاء سیم‌پیچی استاتور و روتور یک وسیله تبدیل انرژی الکترومکانیکی به قرار زیر است: (آزاد ۸۹)

$L_{11} = 0/1mH \quad , \quad L_{22} = 0/15mH \quad , \quad L_{12} = 0/02\cos\theta$

در صورتی که دو سیم‌پیچ سری باشند و جریان $i = 2\sin\omega t$ بگذرد. حداکثر مقدار متوسط گشتاور الکترومغناطیسی تولید شده، چقدر است؟

۱) $0/08N$ ۲) $0/12N$ ۳) $0/1N$ ۴) $0/04N$

۱۲ـ ماشین دو تحریکه‌ای دارای ماتریس اندوکتانس زیر است. این ماشین دارای چه ساختاری است؟ (آزاد ۸۹)

$$L = \begin{bmatrix} 2 & 0/75\cos\theta \\ 0/75\cos\theta & 1/5 \end{bmatrix}$$

۱) ماشین رلوکتانسی با برجستگی روتور و استاتور
۲) ماشین استوانه‌ای قطب صاف
۳) ماشین رلوکتانسی با برجستگی روتور
۴) ماشین رلوکتانسی با برجستگی استاتور

۱۳ـ در یک ماشین دوتحریکه $L_{sr} = 0/02\cos\theta$ است. اگر دو سیم‌بندی روتور و استاتور با یکدیگر سری و از آن‌ها جریان AC عبور نماید، حداکثر مقدار متوسط گشتاور ایجاد شده به ازاء جریان مؤثر $10A$ چند نیوتن متر است؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۱ ۴) ۲

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل دوم ــ مبحث بررسی مبدل‌های چند تحریکه و انواع گشتاور تولیدی در ماشین‌های گردان

**۱ــ گزینه «۲»** در این سیستم دو تحریکه چون $L_{11}$ و $L_{22}$ مستقل از $\theta$ هستند فقط گشتاور الکترومغناطیسی تولید می‌شود. لذا داریم:

$$T_e = i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\theta} = \sin^2\omega t \frac{d}{d\theta}(0/04\cos\theta) = -0/04\sin\theta\sin^2\omega t = -0/04\sin\theta(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\cos 2\omega t) = -0/02\sin\theta + 0/02\sin\theta\cos 2\omega t \ \text{N.m}$$

متوسط ترم دوم رابطه فوق برابر صفر بوده و حداکثر مقدار ترم اول نیز در $\theta = 90^\circ$ رخ می‌دهد، لذا:

$$T_{e_{av}}\Big|_{\theta=90^\circ} = -0/02\,\text{N.m}$$

---

**۲ــ گزینه «۲»** زمانی گشتاور رلوکتانسی تولید می‌شود که MMF عمل کننده در لحظات مختلف رلوکتانس‌های مختلفی را ببینند. برای این منظور باید $\frac{dL_{ss}}{d\theta}$ و یا $\frac{dL_{rr}}{d\theta}$ مخالف صفر باشند که در حالت اول باید رتور قطب برجسته بوده و در حالت دوم استاتور قطب برجسته باشد.

---

**۳ــ گزینه «۲»** طبق ماتریس اندوکتانس داده شده دیده می‌شود که عناصر قطر اصلی که همان اندوکتانس‌های خودی ماشین بوده مستقل از $\theta$ هستند، لذا در این ماشین فقط گشتاور الکترومغناطیسی موجود است که برای محاسبه آن داریم:

$$T_e = \underbrace{\frac{1}{2}i_s^2\frac{dL_{ss}(\theta)}{d\theta}}_{=0} + \underbrace{\frac{1}{2}i_r^2\frac{dL_{rr}(\theta)}{d\theta}}_{=0} + i_s i_r \frac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta} = 5\times 10\times(-0/5\sin\theta) = -25\sin\theta$$

در $\theta = 90^\circ$ گشتاور متوسط حداکثر است لذا:

$$T_{e_{av}} = -25\,\text{N.m}$$

---

**۴ــ گزینه «۴»** چون هر دو میدان استاتور و روتور موجود بوده لذا $T_e$ موجود است و چون روتور قطب برجسته است لذا $T_r$ نیز موجود است به طوریکه می‌دانیم:

$$T_e \sim \sin 2\delta \quad , \quad T_r \sim \sin\delta$$

---

**۵ــ گزینه «۴»** چون در ماتریس اندوکتانس داده شده $L_{ss}$ و $L_{rr}$ مستقل از $\theta$ هستند لذا فقط گشتاور الکترومغناطیسی موجود است پس داریم:

$$T_e = i_s i_r \frac{dM_{sr}(\theta)}{d\theta}$$

از طرفی در متن درس دیدیم که اگر سیم‌بندی رتور اتصال کوتاه و سیم‌بندی استاتور حامل جریان $i_s$ باشد می‌توان جریان رتور را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$i_{s_{rms}} = 2\text{A} \rightarrow i_{r_{rms}} = -\frac{M_{sr}(\theta)}{L_{rr}(\theta)}\Big|_{\theta=15^\circ} \times i_{s_{rms}} = -\frac{\cos 15^\circ}{1}\times 2 = -2\cos 15^\circ\,\text{A}$$

با توجه به مقادیر مؤثر به دست آمده برای جریان‌ها معادلات لحظه‌ای این جریان‌ها عبارتند از:

$$i_s(t) = 2\sqrt{2}\sin\omega t \quad \text{و} \quad i_r(t) = -2\sqrt{2}\cos 15^\circ\sin\omega t$$

با جایگذاری در معادله گشتاور داریم:

$$T_e = (2\sqrt{2}\sin\omega t)(-2\sqrt{2}\cos 15^\circ\sin\omega t)\frac{d}{d\theta}\cos\theta = 8\cos 15^\circ\sin^2\omega t\sin\theta$$

با استفاده از بسط $\sin^2\omega t$ مقدار متوسط گشتاور برابر است با:

$$T_e = 8\cos 15^\circ(\frac{1-\cos 2\omega t}{2})\sin\theta \Rightarrow T_{e_{av}} = 4\cos 15^\circ\sin\theta \xrightarrow{\theta=15^\circ} T_{e_{av}} = 4\cos 15^\circ\sin 15^\circ = 2\sin 30^\circ = 1\,\text{N.m}$$

---

**۶ــ گزینه «۴»** **روش اول:** چون فقط اندوکتانس متقابل داده شده پس تنها می‌توان گشتاور الکترومغناطیسی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\begin{cases} T_e = i_s i_r \dfrac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta} \\ L_{sr}(\theta) = 0/04\cos\theta \end{cases} \Rightarrow T_e = I_m^2\sin^2\omega t\times(-0/04\sin\theta) \Rightarrow T_e = -0/04 I_m^2\sin^2\theta(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}) \Rightarrow$$
$$i_s = i_r = I_m\sin\omega t$$

$$T_e = -0/02 I_m^2 \sin\theta - 0/02 \sin\theta\cos\omega t \ \ N.m \Rightarrow T_{e_{av}} = -0/02 I_m^2 \sin\theta \Rightarrow T_{e_{av_{max}}}\Big|_{\theta=90^\circ} = -0/02\, I_m^2 \ \ N.m$$

از آنجایی که مقدار مؤثر جریان $10\,A$ داده شده است داریم: $T_{e_{av}} = -0/02 \times (10\sqrt{2})^2 = -4 N.m$

**روش دوم:** به کارگیری رابطه ساده شده: $T_{e_{av}} = I_{s_{rms}} I_{r_{rms}} \frac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta} = 10\times 10\times(-0/04\sin\theta) = -4\sin\theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} T_{e_{av}} = -4 N.m$

---

**۷ـ گزینه «۴»** در ماشین‌های یک تحریکه فقط گشتاور رلوکتانسی وجود دارد لذا در صورتی که قطب‌های استاتور و رتور هر دو صاف باشند قطعاً گشتاور رلوکتانسی (در نتیجه گشتاور کل) صفر است.

---

**۸ـ گزینه «۲»** چون استاتور فاقد سیم‌بندی حامل جریان است لذا گشتاور الکترومغناطیسی صفر است زیرا برای تولید این گشتاور به هر دو جریان استاتور و رتور نیاز است. از طرفی چون با چرخش رتور فوران سیم‌بندی تحریک تغییر نمی‌کند لذا گشتاور رلوکتانسی (مقاومت مغناطیسی) نیز صفر است. پس کل گشتاور تولیدی صفر است (گشتاور پسماندی یا هیسترزیسی در صورتی ظاهر می‌شود که مقداری پسماند هسته استاتور موجود باشد.)

---

**۹ـ گزینه «۲»** با توجه به ماتریس اندوکتانس داده شده می‌توان مشتق اندوکتانس‌ها را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$L = \begin{bmatrix} 1+x & 1-x \\ 1-x & 2+x \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{dL}{dx} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

با قرارگیری این مشتقات در معادله نیرو و با توجه به اینکه نیروی دافعه خواسته شده یعنی $I_2$ باید منفی لحاظ شود داریم:

$$F_e = \frac{1}{2} I_1^2 \frac{dL_{11}}{dx} + I_1 I_2 \frac{dL_{12}}{dx} + \frac{1}{2} I_2^2 \frac{dL_{22}}{dx} = (\frac{1}{2}\times 1^2 \times 1) + (1\times(-2)(-1)) + (\frac{1}{2}\times 2^2 \times 1) = 4/5 N$$

---

**۱۰ـ گزینه «۱»** **روش اول:** با توجه به معادله اصلی گشتاور در سیستم‌های چند تحریکه داریم:

$$T_e = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{dL_{11}}{d\theta} + \frac{1}{2} i_2^2 \frac{dL_{22}}{dt} + i_1 i_2 \frac{dL_{12}}{d\theta} = 0 + 0 + I_m \sin\omega t \times I_m \sin\omega t [\frac{d}{d\theta}(0/04\cos\theta \times 10^{-3})]$$

$$= -I_m^2 \sin^2\omega t \times 0/04\times 10^{-3} \times \sin\theta = -0/04\times 10^{-3} \times I_m^2 \sin^2\omega t(\sin\theta) = -0/04\times 10^{-3} \times I_m^2 (\frac{1-\cos 2\omega t}{2})\sin\theta$$

مقدار متوسط این گشتاور برابر است با: $\Rightarrow T_{e_{av}} = \frac{-0/04\times 10^{-3} \times I_m^2 \times \sin\theta}{2} \Rightarrow T_{e_{av_{max}}} = \frac{-0/04\times 10^{-3}}{2} I_m^2$

با توجه به جریان حداکثر $3A$ داریم: $\Rightarrow T_{e_{av_{max}}}\Big|_{I_m = 3A} = -0/0018 N.m = -0/18 (mN.m)$

**روش دوم:** به کارگیری رابطه ساده شده:

$$T_{e_{av}} = I_{1_{rms}} . I_{2_{rms}} \frac{dL_{12}(\theta)}{d\theta} = \frac{3}{\sqrt{2}} \times \frac{3}{\sqrt{2}} \times (-0/04\times 10^{-3}\sin\theta) \xrightarrow{\theta=90^\circ} T_{e_{av_{max}}} = -0/18\ (mN.m)$$

---

**۱۱ـ گزینه «۴»** چون $L_{11}$ و $L_{22}$ مستقل از $\theta$ است پس فقط گشتاور الکترومغناطیس وجود دارد یعنی:

$$T_e = i_1 i_2 \frac{dL_{12}(\theta)}{d\theta} = (2\sin\omega t)^2 \frac{d}{d\theta}(0/02\cos\theta) \Rightarrow T_e = \frac{4}{2}(1-\cos 2\omega t)(-0/02\sin\theta) = -0/04\sin\theta + 0/04\sin\theta\cos 2\omega t$$

مقدار متوسط جمله دوم صفر است لذا: $T_{e_{av}} = -0/04\sin\theta \xrightarrow{\theta=\frac{\pi}{2}} T_{e_{av_{max}}} = -0/04 N.m$

---

**۱۲ـ گزینه «۲»** طبق ماتریس اندوکتانس داده شده $L_{12} = L_{21} = 0/075\cos\theta$ و $L_{22} = 1/5 H$ و $L_{11} = 2H$ است دیده می‌شود که اندوکتانس‌های خودی مستقل از $\theta$ هستند یعنی با چرخش رتور تغییر نمی‌کنند لذا هر دو قسمت رتور و استاتور قطب صاف هستند یا ماشین استوانه‌ای می‌باشد.

www.modaresanesharif.ac.ir

**۱۳ـ گزینه «۴»** **روش اول (بکارگیری رابطه اصلی):** با توجه به رابطه گشتاور در سیستم‌های دوتحریکه داریم:

$$T_e = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dL_{ss}}{d\theta} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dL_{rr}}{d\theta} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\theta}$$

از آنجاییکه $L_{ss}$ و $L_{rr}$ داده نشده لذا فرض می‌شود ماشین استوانه‌ای (رتور و استاتور صاف) بوده پس $\frac{dL_{rr}}{d\theta} = \frac{dL_{ss}}{d\theta} = 0$ است. جریان‌های استاتور و رتور نیز هر دو دارای مقدار موثر $10\,A$ بوده لذا معادله $i_s(t) = i_r(t) = 10\sqrt{2}\sin\omega t$ برقرار است. با جایگذاری مقادیر اندوکتانس متقابل و جریان‌ها در رابطه فوق داریم:

$$T_e = 0 + 0 + (10\sqrt{2}\sin\omega t)^2 \frac{d}{d\theta}(0/02\cos\theta) = 200\sin^2\omega t(-0/02\sin\theta)$$

با توجه به بسط $\sin^2\omega t = \frac{1-\cos 2\omega t}{2}$ داریم:

$$T_e = 200\left(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}\right)(0/02\sin\theta) = -2\sin\theta + 2\sin\theta.\cos 2\omega t$$

مقدار متوسط این تابع برابر جمله اول است، زیرا مقدار متوسط جمله دوم صفر است لذا:

$$T_{e_{av}} = -2\sin\theta$$

مقدار متوسط فوق زمانی حداکثر است که $\sin\theta = \pm 1$ باشد پس:

$$T_{e_{av_{max}}} = 2\,N.m$$

**روش دوم:** همانطور که در متن درسنامه اشاره شد، در مواقعی که جریان سینوسی است می‌توان نوشت:

$$T_{e_{av}} = \frac{1}{2} I_{s_{rms}}^2 \frac{dL_{ss}}{d\theta} + \frac{1}{2} I_{r_{rms}}^2 \frac{dL_{rr}}{d\theta} + I_{s_{rms}} I_{r_{rms}} \cos\alpha \frac{dL_{sr}}{d\theta}$$

$$= 0 + 0 + (10\times 10\times 1)\frac{d}{d\theta}(-0/02\sin\theta) = -2\sin\theta \Rightarrow T_{e_{av_{max}}} = 2\,N.m$$

www.modaresaneshariif.ac.ir

# فصل سوم

## «ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم (DC)»

### تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث اصول کار و ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم / بررسی مولد تحریک مستقل

۱ــ در یک مولد جریان مستقیم ۴ قطب که با سرعت ۷۵۰ rpm می‌چرخد، نیروی محرکه الکتریکی تولیدی ۲۴۰V است. آرمیچر دارای سیم‌پیچی موجی با ۷۹۲ سیم است. اگر شار زیر هر قطب ۱۴/۵ mWb باشد، ضریب پراکندگی برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۰)

۱) ۱/۱ ۲) ۱/۰۵ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۲۵

۲ــ در یک مولد جریان مستقیم ۳۶۰V آرمیچر ۳۶ شیار و ۱۰ هادی در هر شیار دارد، اگر سیم‌پیچی آن رویهم ساده و سرعت ماشین ۱۰۰۰rpm باشد، شار هر قطب آن چند Wb است؟ (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۰/۱۸ ۲) ۰/۷۲ ۳) ۰/۰۶ ۴) ۱/۴۴

۳ــ در یک موتور شنت ۲۴۰V آرمیچر دارای سیم‌پیچی موجی ساده با۲۴ شیار، ۴ قطب و ۱۰ سیم در هر شیار است. در سرعت موتور ۱۲۰۰rpm شار قطب چند mWb خواهد بود؟ ($R_a = 0$) (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۲۵ ۴) ۱۰۰

۴ــ نیروی محرکه الکتریکی یک ماشین جریان مستقیم در شار و سرعت معین ۲۲۰V است اگر سرعت ۱۰% افزایش و شار ۱۵% کاهش یابد نیروی محرکه الکتریکی: (آزاد ۹۱)

۱) ۳/۵ درصد کاهش می‌یابد. ۲) ۳/۵ درصد افزایش می‌یابد. ۳) ۶/۵ درصد کاهش می‌یابد. ۴) ۶/۵ درصد افزایش می‌یابد.

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث اصول کار و ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم / بررسی مولد تحریک مستقل

**۱ــ گزینه «۳»** با توجه به اینکه در سیم‌بندی موجی (ساده) $a=۲$ بوده و با در نظر گرفتن سایر مقادیر داده شده انتظار می‌رود که ولتاژ القایی برابر مقدار زیر باشد:

$$E_a=\frac{P}{a}Z\varphi\frac{N}{۶۰}=\frac{۴}{۲}\times ۷۹۲\times\frac{۱۴/۵}{۱۰۰۰}\times\frac{۷۵۰}{۶۰}\Rightarrow E_a=۲۸۷/۱\ V$$

اما همانطور که در صورت تست بیان شده، ولتاژ القایی در آرمیچر $۲۴۰\ V$ است و این نشان می‌دهد که مقداری از شار پراکنده شده است. میزان این پراکندگی برابر است با:

$$\text{Leakage Factor}=\frac{۲۸۷/۱}{۲۴۰}\simeq ۱/۲$$

**۲ــ گزینه «۳»** با توجه به اینکه آرمیچر ۳۶ شیار داشته و در هر شیار نیز ۱۰ هادی قرار دارد، پس تعداد کل هادی‌های آرمیچر برابر $۳۶\times۱۰=۳۶۰$ است، لذا با جایگذاری در رابطه اصلی ولتاژ القایی در مولدها و در نظر گرفتن تعداد مسیرهای موازی برابر تعداد قطب‌ها (به علت حلقوی بودن سیم‌بندی) می‌توان نوشت:

$$E_a=\frac{P}{a}Z\varphi\frac{N}{۶۰}\Rightarrow ۳۶۰=۱\times(۳۶\times۱۰)\times\varphi\times\frac{۱۰۰۰}{۶۰}\Rightarrow\varphi=۰/۰۶\ Wb$$

**۳ــ گزینه «۳»** اگر $R_a=۰$ باشد، $E_a=V_t=۲۴۰\ V$ خواهد بود. لذا طبق رابطه اصلی ولتاژ القایی در ماشین‌های DC و با توجه به سایر مقادیر داده شده داریم:

$$\begin{cases}E_a=\dfrac{P}{a}Z\varphi\dfrac{N}{۶۰}\\ a=۲\ \ \text{(در موجی ساده)}\\ Z=۱۰\times۲۴=۲۴۰\end{cases}\Rightarrow ۲۴۰=\frac{۴}{۲}\times۲۴۰\times\varphi\times\frac{۱۲۰۰}{۶۰}\Rightarrow\varphi=۲۵mWb$$

**۴ــ گزینه «۳»** با توجه به افزایش ۱۰% سرعت $\omega_۲=۱/۱\omega_۱$ و با توجه به کاهش ۱۵% شار $\varphi_۲=۰/۸۵\varphi_۱$ است لذا:

$$\frac{E_{a_۱}}{E_{a_۲}}=\frac{\varphi_۱\omega_۱}{\varphi_۲\omega_۲}\Rightarrow\frac{E_{a_۱}}{E_{a_۲}}=\frac{\varphi_۱.\omega_۱}{۰/۸۵\varphi_۱\times۱/۱\omega_۱}\Rightarrow E_{a_۲}=۰/۹۳۵E_{a_۱}=\%۹۳/۵E_{a_۱}$$

یعنی ولتاژ القایی در این حالت ۹۳/۵% حالت اول شده و یا نسبت به حالت اول به اندازه $۱۰۰-۹۳/۵=۶/۵\%$ کاهش می‌یابد.

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی مولد شنت

**۱ــ** در یک موتور جریان مستقیم شنت ۲۵۰V که دارای سیم‌پیچی رویهم با ۳۶۰ هادی است. در صورتی که در جریان ۲۵A سرعت موتور ۵۰۰rpm بوده و مقاومت آرمیچر ۰/۲Ω و افت ولتاژ هر جاروبک ۱V باشد، با صرفنظر کردن از جریان تحریک شار زیر هر قطب آن برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۱)

۱) ۸۳/۳mWb ۲) ۸۴/۲mWb ۳) ۸۱mWb ۴) ۴۲mWb

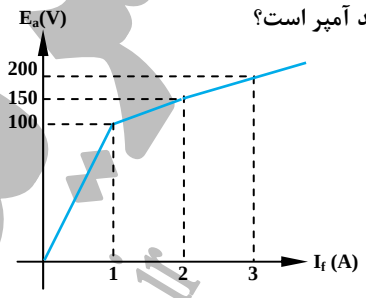
**۲ــ** در یک مولد DC شنت مشخصه بی‌باری در سرعت ۱۲۰۰rpm برابر است با: $E_a = \frac{۲۰۰}{۱+I_f}$. در صورتی که مقاومت تحریک ۱۰۰Ω باشد، در سرعت ۱۵۰۰rpm ولتاژ خروجی آن چند ولت است؟ (برق ـ آزاد ۸۳)

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۲۳۲ ۴) ۱۱۶

**۳ــ** یک مولد شنت DC در حالت بی‌بار ۲۰۰V تولید می‌کند. اگر سرعت مولد ۲۵% افزایش یابد و سایر شرایط ثابت بماند ولتاژ تولیدی چند ولت خواهد شد؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۲۰۰ ۲) بین ۲۰۰ و ۲۵۰ ۳) بزرگتر از ۲۵۰ ۴) ۲۵۰

**۴ــ** مشخصه مغناطیسی یک مولد جریان مستقیم شنت مجهز به سیم‌بندی جبرانگردر سرعت ۱۰۰۰rpm در شکل زیر آمده است. مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω و مقاومت شنت ۱۰۰Ω است. اگر ولتاژ بار کامل ۱۴۰V باشد، جریان بار کامل آن چند آمپر است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)




۱) ۱۰۰
۲) ۹۸
۳) ۱۰۲
۴) ۵۲

**۵ــ** در یک مولد شنت مقاومت تحریک ۱۰۰Ω است و ولتاژ نامی در ۱۰۰۰rpm تولید می‌شود. مقاومت بحرانی تحریک ۲۰۰Ω است. سرعت بحرانی آن چند rpm است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۷۵۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۹۰۰

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی مولد شنت

**۱ــ گزینه «۳»** با توجه به مقادیر داده شده ولتاژ القایی در آرمیچر برابر است با: $E_a = V_t - R_a I_a - V_b = ۲۵۰ - (۰/۲ \times ۲۵) - (۲ \times ۱) = ۲۴۳ \ V$

با اعمال این ولتاژ القایی به معادله اصلی ولتاژ در ماشین‌های DC و با توجه به اینکه در سیم‌بندی حلقوی ساده همواره $a = P$ است، داریم:

$$E_a = \frac{P}{a} Z \varphi \frac{N}{۶۰} \Rightarrow ۲۴۳ = ۱ \times ۳۶۰ \times \varphi \times \frac{۵۰۰}{۶۰} \Rightarrow \varphi = ۸۱ mWb$$

---

**۲ــ گزینه «۴»** ابتدا باید مشخصه بی‌باری را برای سرعت ۱۵۰۰rpm اصلاح نموده و سپس با معادله خط القاء $(E_a = R_f I_f)$ قطع داد، یعنی:

$$E_a = \frac{۲۰۰}{۱ + I_f} \frac{۱۵۰۰}{۱۲۰۰} = ۱۰۰ I_f \Rightarrow I_f^۲ + I_f - ۲/۵ = ۰ \Rightarrow I_f = ۱/۱۶ \ A \Rightarrow E_a \Big|_{۱۵۰۰rpm} = R_f I_f = ۱۰۰ \times ۱/۱۶ = ۱۱۶ V$$

دقت کنید که ابتدا مشخصه بی‌باری را برای سرعت جدید اصلاح نموده و سپس با خط القاء قطع دهید؛ یعنی نمی‌توان ابتدا قطع داده، $E_a$ را به دست آورده و سپس اصلاح نمود.

---

**۳ــ گزینه «۳»** در مولد شنت اگر سرعت x% زیاد شود ولتاژ القایی بیش از x% زیاد می‌شود، یعنی:

$$E_{a_۲} > ۱/۲۵ E_{a_۱} \Rightarrow E_{a_۲} > ۱/۲۵ \times ۲۰۰ \Rightarrow E_{a_۲} > ۲۵۰ V$$

---

**۴ــ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** در بار کامل با فرض ثابت بودن سرعت داریم: $I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{۱۴۰}{۱۰۰} = ۱/۴ \ A \xrightarrow{\text{مشخصه بی‌باری}} E_{a_{FL}} = ۱۲۰ V$

یعنی در بار کامل $E_a < V_t$ شده است، که این امر در حالت مولدی غیرقابل قبول است، لذا تست صحیح نیست.

---

**۵ــ گزینه «۳»** با توجه به $R_f = ۱۰۰\Omega$ و $R_c = ۲۰۰\Omega$ که در صورت تست داده شده داریم:

$$N_c = \frac{R_f}{R_c} N = \frac{۱۰۰}{۲۰۰} \times ۱۰۰۰ = ۵۰۰ rpm$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی مولدهای تحریک سری و تحریک کمپوند

**۱ــ در یک مولد کمپوند صاف با شنت بلند و جبران شده که بار ۱۰۰A را تغذیه می‌کند، مقاومت مدار آرمیچر ۰/۱Ω است. جریان تحریک ثابت و قابل صرفنظر کردن است. آمپر دور سیم‌بندی سری آن متناسب با چه عددی است؟** (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۰ ۲) ۱ ۳) ۵ ۴) ۱۵

**۲ــ یک ژنراتور کمپوند مسطح با اتصال شنت بلند ۴۳۰V جریان خروجی ۱۴۵ آمپر را به شبکه تحویل می‌دهد. مقاومت سیم‌بندی تحریک سری و آرمیچر هر کدام ۰/۱Ω است. اگر جریان تحریک شنت را ده درصد کاهش دهیم، جریان $I_a$ دریافتی چقدر خواهد شد؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۱۴۵ A ۲) ۱۳۵ A ۳) ۱۳۰A ۴) ۱۴۰A

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی مولدهای تحریک سری و تحریک کمپوند

**۱ــ گزینه «۱»** آمپر دور سیم‌بندی سری در کمپوند صاف همواره متناسب با افت ولتاژ در مدار ماشین است، زیرا قرار است این افت ولتاژ را جبران کند. در این تست افت ولتاژ برابر است با:

$$\Delta V = R_a I_a = ۰/۱ \times ۱۰۰ = ۱۰\,V$$

چون افت ولتاژ مدار ۱۰V است پس آمپر دور سیم‌بندی سری نیز متناسب با عدد ۱۰ است.

---

**۲ــ گزینه «۱»** جریان $I_a$ در مولد کمپوند با شنت بلند همواره در حدود جریان بار است. زیرا بدلیل کوچک بودن جریان تحریک از آن صرف‌نظر می‌شود، پس اگر جریان تحریک ۱۰% کاهش یابد تأثیری بر جریان آرمیچر نداشته و همچنان در حدود ۱۴۵A می‌ماند.

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث مبانی موتورهای جریان مستقیم / بررسی موتورهای تحریک مستقل و تحریک شنت

۱ــ یک ماشین DC شنت ۲۲۰ V دارای مقاومت آرمیچر ۰/۵Ω و مقاومت تحریک ۱۱۰Ω است. اگر ماشین با مقادیر نامی خود کار کند نسبت سرعت حالت ژنراتوری به حالت موتوری آن در حالی که جریان خط در هر دو حالت ۳۸A باشد، برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۰)

۱) ۱ ۲) ۰/۸۴ ۳) ۲ ۴) ۱/۲

۲ــ یک موتور شنت ۲۲۰V دارای مقاومت مدار آرمیچر ۰/۱Ω، مقاومت تحریک ۱۰۰Ω، جریان بی‌باری ۵A و سرعت ۱۰۰۰ rpm است. اگر جریان نامی موتور ۵۰A با ولتاژ نامی باشد، گشتاور نامی موتور برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۰)

۱) ۱۰۰Nm ۲) ۹۴Nm ۳) ۲۱۰ Nm ۴) ۹۶Nm

۳ــ یک مولد DC شنت ۱۰kW و ۲۰۰V با مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω و مقاومت تحریک شنت ۲۰۰Ω، برای داشتن ولتاژ نامی در سرعت ۷۵۰rpm می‌چرخد. سرعت این ماشین در حالت موتوری با همان ولتاژ نامی چقدر است؟ (برق ـ آزاد ۸۱)

۱) ۷۵۰rpm ۲) ۷۱۳ rpm ۳) ۷۸۸ rpm ۴) ۸۰۰rpm

۴ــ جریان بی‌بار موتور DC شنت ۲۲۰V در سرعت ۱۰۰۰rpm برابر ۲A است. اگر جریان بار کامل آرمیچر ۳۵A باشد، گشتاور تولیدی بار کامل چند Nm است؟ (مقاومت آرمیچر ۰/۲Ω و شار ثابت است.) (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۷۱ ۲) ۶۵ ۳) ۷۳ ۴) ۷۷

۵ــ یک مولد DC شنت ۵kW و ۲۰۰V مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω، مقاومت تحریک شنت ۲۰۰Ω و سرعت نامی ۱۰۰۰rpm است. اگر این ماشین به صورت موتور کار کند، تحت همان ولتاژ نامی سرعت آن چند rpm است؟ (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۹۷۵ ۳) ۹۲۵ ۴) ۹۵۰

۳) ۱۶۸۰ دور در دقیقه ـ ۲۷۵/۱۲ نیوتن متر ۴) ۱۵۶۱ دور در دقیقه ـ ۲۰۵/۱۶ نیوتن متر

۶ــ در یک مولد DC و ۲۲۰ V مقاومت آرمیچر ۱Ω است، اگر جریان بار کامل ۲۰A باشد، اختلاف ولتاژ القایی بین حالت مولدی و موتوری برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۲۰V ۲) ۴۰V ۳) صفر ۴) ۵۰V

۷ــ یک موتور شنت DC با مدار مغناطیسی خطی در ولتاژ نامی با سرعت ۱۰۰۰rpm می‌چرخد. اگر ولتاژ اعمالی نصف شود، سرعت موتور چند rpm خواهد شد؟ (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۷۵۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۸ــ در یک ماشین DC مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω است. اگر جریان بار کامل آن ۲۰A باشد، اختلاف بین ولتاژ القایی در حالتی که ماشین به صورت مولد و موتور به کار می‌رود چند ولت است؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۴ ۲) صفر ۳) ۲ ۴) ۲۰

۹ــ در یک موتور شنت DC مدار مغناطیسی خطی است اگر ولتاژ اعمالی به نصف برسد، سرعت آن: (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) نصف می‌شود. ۲) دو برابر می‌شود. ۳) تغییر نمی‌کند. ۴) $\frac{1}{4}$ می‌شود.

۱۰ــ یک موتور جریان مستقیم ۲۰۰ V با جریان نامی ۲۰A کار می‌کند. اگر شار بطور ناگهانی ۱۰% افزایش یابد، با فرض اینکه مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω باشد، این ماشین چه جریانی به شبکه بر می‌گرداند؟ (مدار مغناطیسی را خطی فرض نمایید.) (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۱۷۸ ۲) ۷۹ ۳) ۱۶۹ ۴) ۹۹

۱۱ــ در یک موتور شنت اگر ولتاژ ۲۰% کاهش یابد، در بار ثابت، جریان آرمیچر چقدر افزایش خواهد یافت؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۲۵% ۲) ۲۰% ۳) ۱۰% ۴) ۵۰%

۱۲ـ در یک موتور DC شنت اگر ولتاژ ۲۰٪ کاهش یابد و مقاومت آرمیچر ناچیز باشد، سرعت آن با صرفنظر کردن از واکنش آرمیچر و مدار مغناطیسی خطی: (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) کاهش می‌یابد. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۱۳ـ تأثیر عکس‌العمل آرمیچر بر روی سرعت موتور شنت جریان مستقیم منجر به: (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) کاهش سرعت می‌شود. ۲) افزایش سرعت می‌شود.

۳) تثبیت و عدم تغییر آن می‌شود. ۴) تغییرات شدید و ناپایداری آن می‌گردد.

۱۴ـ یک موتور شنت DC، ۱۰kW، ۲۰۰V و مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω با مقاومت تحریک شنت ۲۰۰Ω است. موتور در ولتاژ نامی با سرعت دور ۷۱۳rpm می‌چرخد. اگر این موتور را به صورت ژنراتوری به شبکه متصل نمائیم، سرعت مورد نیاز برای محرک اولیه چقدر است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۷۱۳ rpm ۲) ۷۸۸ rpm ۳) ۸۰۰rpm ۴) ۷۵۰rpm

۱۵ـ در یک موتور سری DC دو قطب پیچک‌های دوقطب به صورت موازی اتصال دارند. اگر این پیچک‌ها به حالت سری متصل شوند، در گشتاور بار ثابت، مدار مغناطیسی خطی، چشم‌پوشی از مقاومت آرمیچر به ازاء ولتاژ منبع ثابت سرعت چند برابر می‌شود؟ (آزاد ۹۱)

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

۱۶ـ یک ماشین شنت ۲۵۰V دارای $R_a = ۱\,\Omega$ و $R_f = ۱۰۰\,\Omega$ می‌باشد. اگر این ماشین به منبع تغذیه ۲۵۰V متصل شود. نسبت سرعت در حالت مولدی به سرعت در حالت موتوری بازاء جریان خط ۲۵ A چقدر می‌باشد؟ (آزاد ۹۲)

۱) ۱/۱۲ ۲) ۱/۰۲ ۳) ۱/۳۲ ۴) ۰/۹۷

**۱ــ گزینه «۴»** در کارکرد به صورت مولدی (g) داریم:

$$\left.\begin{matrix} I_{L_g}=۳۸\ A \\ I_{f_g}=\frac{۲۲۰}{۱۱۰}=۲A \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_{a_g}=۳۸+۲=۴۰\ A \Rightarrow E_{a_g}=۲۲۰+(۰/۵\times ۴۰)=۲۴۰\ V$$

به طور مشابه در کارکرد موتوری (m) داریم:

$$\left.\begin{matrix} I_{L_m}=۳۸\ A \\ I_{f_m}=I_{f_g}=۲\ A \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_{a_m}=۳۸-۲=۳۶\ A \Rightarrow E_{a_m}=۲۲۰-(۰/۵\times ۳۶)=۲۰۲\ V$$

به علت ثابت بودن $V_t$، جریان تحریک در هر دو حالت یکسان بوده در نتیجه فوران ثابت است $(\varphi_g=\varphi_m)$، لذا:

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{N_g}{N_m} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{۲۰۲}=\frac{N_g}{N_m} \Rightarrow \frac{N_g}{N_m}=۱/۲$$

---

**۲ــ گزینه «۲»** در حالت بی‌باری چون جریان ورودی داده شده می‌توان نوشت:

$$I_{a_۱}=I_{L_{NL}}-I_f=۵-\frac{۲۲۰}{۱۰۰}=۲/۸\ A \Rightarrow E_{a_۱}=۲۲۰-(۰/۱\times ۲/۸)=۲۱۹/۷۲\ V$$

توان تولیدی آرمیچر را که در حالت بی‌باری برابر تلفات چرخشی ماشین است، می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$P_{ag_۱}=E_{a_۱}I_{a_۱}=P_{rot}=۲۱۹/۷۲\times ۲/۸=۶۱۵/۲\ W$$

در حالتی که موتور با جریان نامی ۵۰A در حال کار است، داریم:

$$I_{a_۲}=I_L-I_f=۵۰-\frac{۲۲۰}{۱۰۰}=۴۷/۸\ A \Rightarrow E_{a_۲}=۲۲۰-(۰/۱\times ۴۷/۸)=۲۱۵/۲۲\ V$$

و به طور مشابه توان تولیدی آرمیچر برابر است با:

$$P_{ag_۲}=E_{a_۲}I_{a_۲}=۲۱۵/۲۲\times ۴۷/۸=۱۰۲۸۷/۵\ W$$

از طرفی در جریان تحریک ثابت داریم:

$$\frac{E_{a_۱}}{E_{a_۲}}=\frac{N_۱}{N_۲} \Rightarrow \frac{۲۱۹/۷۲}{۲۱۵/۲۲}=\frac{۱۰۰۰}{N_۲} \Rightarrow N_۲=۹۷۹/۵\ rpm$$

با توجه به این مقدار سرعت، می‌توان گشتاور خروجی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$T_۲=\frac{۶۰\ P_۲}{۲\pi N_۲}=\frac{۶۰(P_{ag_۲}-P_{rot})}{۲\pi N_۲}=\frac{۶۰(۱۰۲۸۷/۵-۶۱۵/۲)}{۲\pi\times ۹۷۹/۵}=۹۴/۳\ Nm$$

---

**۳ــ گزینه «۲»** در حالت مولدی (g) ولتاژ القایی در آرمیچر برابر است با:

$$\left.\begin{matrix} I_{L_g}=\frac{۱۰\times ۱۰^۳}{۲۰۰}=۵۰\ A \\ I_{f_g}=\frac{۲۰۰}{۲۰۰}=۱\ A \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_{a_g}=۵۰+۱=۵۱\ A \Rightarrow E_{a_g}=۲۰۰+(۰/۱\times ۵۱)=۲۰۵/۱\ V$$

با فرض یکی بودن جریان خط در هر دو حالت مولدی (g) و موتوری (m)، داریم:

$$\left.\begin{matrix} I_{L_m}=I_{L_g}=۵۰\ A \\ I_{f_m}=I_{f_g}=۱\ A \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_{a_m}=۵۰-۱=۴۹\ A \Rightarrow E_{a_m}=۲۰۰-(۰/۱\times ۴۹)=۱۹۵/۱\ V$$

چون جریان تحریک در هر دو حالت یکسان است، لذا:

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{N_g}{N_m} \Rightarrow \frac{۲۰۵/۱}{۱۹۵/۱}=\frac{۷۵۰}{N_m} \Rightarrow N_m=۷۱۳/۴\ rpm$$

**توجه:** در تبدیل مولد به موتور اگر بخواهیم مقادیر الکتریکی ثابت بمانند همواره سرعت حالت موتوری کمتر از مولدی است و برعکس، لذا فقط گزینه ۲ صحیح است.

**۴ـ گزینه «۳»** در حالت بی‌باری و بارداری با توجه به جریان‌های داده شده و صرف‌نظر نمودن از جریان تحریک داریم:

$$I_{a_{NL}} = ۲A \quad و \quad E_{a_{NL}} = ۲۲۰ - (۰/۲ \times ۲) = ۲۱۹/۶\ V$$

در حالت بی‌باری می‌توان به طور تقریبی گشتاور خروجی را برابر گشتاور الکترومغناطیسی در نظر گرفت ($T_{e_{NL}} \simeq T_{۲_{NL}}$)، لذا:

$$T_{e_{NL}} = \frac{۶۰ E_{a_{NL}} I_{a_{NL}}}{۲\pi N} = \frac{۶۰ \times ۲۱۹/۶ \times ۲}{۲\pi \times ۱۰۰۰} = ۴/۲\ Nm$$

در شار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{e_{NL}}}{T_{e_{FL}}} = \frac{I_{a_{NL}}}{I_{a_{FL}}} \Rightarrow \frac{۴/۲}{T_{e_{FL}}} = \frac{۲}{۳۵} \Rightarrow T_{e_{FL}} = ۷۳/۵\ Nm$$

---

**۵ـ گزینه «۲»** در حالت مولدی $(g)$ داریم:

$$\left.\begin{aligned} I_{L_g} &= \frac{۵۰۰۰}{۲۰۰} = ۲۵\ A \\ I_{f_g} &= \frac{۲۰۰}{۲۰۰} = ۱\ A \end{aligned}\right\} \Rightarrow I_{a_g} = ۲۵ + ۱ = ۲۶\ A \Rightarrow E_{a_g} = ۲۰۰ + (۰/۱ \times ۲۶) = ۲۰۲/۶\ V$$

با فرض اینکه در حالت موتوری $(m)$ توان ورودی به موتور همان $۵۰kW$ باشد، داریم:

$$\left.\begin{aligned} I_{L_m} &= I_{L_g} = ۲۵\ A \\ I_{f_m} &= I_{f_g} = ۱\ A \end{aligned}\right\} \Rightarrow I_{a_m} = ۲۵ - ۱ = ۲۴\ A \Rightarrow E_{a_m} = ۲۰۰ - (۰/۱ \times ۲۴) = ۱۹۷/۶\ V$$

چون جریان تحریک در هر دو حالت ثابت است، لذا:

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}} = \frac{N_g}{N_m} \Rightarrow \frac{۲۰۲/۶}{۱۹۷/۶} = \frac{۱۰۰۰}{N_m} \Rightarrow N_m = ۹۷۵/۳\ rpm$$

---

**۶ـ گزینه «۲»** با صرف نظر کردن از جریان تحریک از آنجائیکه جریان خط در هر دو حالت $۲۰A$است، داریم:

$$\left.\begin{aligned} E_{a_m} &= V_t - (R_a I_{a_m}) = ۲۲۰ - (۱ \times ۲۰) = ۲۰۰\ V \\ E_{a_g} &= V_t + (R_a I_{a_g}) = ۲۲۰ + (۱ \times ۲۰) = ۲۴۰\ V \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta E_a = ۴۰\ V$$

---

**۷ـ گزینه «۴»** با کاهش ولتاژ تغذیه جریان تحریک و در نتیجه فوران موتور نصف می‌شود. لذا سرعت بی‌باری $(\omega_{NL} \sim \frac{V_t}{\varphi})$ ثابت مانده اما سرعت بار کامل کمی افت می‌کند.

---

**۸ـ گزینه «۱»** با توجه به اینکه جریان بار کامل $I_L = ۲۰A$ داده شده با صرف‌نظر کردن از جریان تحریک داریم:

$$\left.\begin{aligned} E_{a_m} &= V_t - R_a I_a \\ E_{a_g} &= V_t + R_a I_a \end{aligned}\right\} \Rightarrow \text{اختلاف بین دو حالت} = ۲R_a I_a = ۲ \times ۰/۱ \times ۲۰ = ۴\ V$$

---

**۹ـ گزینه «۳»** با نصف شدن ولتاژ ترمینال $(V_t)$ فوران نیز نصف می‌شود $(\varphi \sim I_f \sim V_t)$، لذا طبق رابطه $\omega = \frac{V_t - R_a I_a}{K\varphi}$ سرعت تقریباً ثابت می‌ماند. (البته اگر موتور بی‌بار باشد که بتوان به راحتی $I_a \simeq ۰$ در نظر گرفت)

---

**۱۰ـ گزینه «۱»** در حالت دائمی کارکرد به صورت موتوری داریم:

$$E_{a_۱} = V_t - R_a I_{a_۱} = ۲۰۰ - (۰/۱ \times ۲۰) = ۱۹۸\ V$$

اگر شار بطور ناگهانی ۱۰% زیاد شود $E_a$ نیز حدود ۱۰% افزایش می‌یابد (دقت شود چون تغییرات ناگهانی است سرعت هنوز فرصت تغییر نیافته است)، لذا:

$$E_{a_۲} = ۱/۱ E_{a_۱} = ۱/۱ \times ۱۹۸ = ۲۱۷/۸ > V_t$$

چون $E_a > V_t$ بدست آمده پس ماشین به مولد تبدیل شده و جریانی به اندازه زیر تولید می‌کند:

$$E_{a_۲} = V_t - R_a I_{a_۲} \Rightarrow ۲۱۷/۸ = ۲۰۰ - (۰/۱ I_{a_۲}) \Rightarrow I_{a_۲} = -۱۷۸A$$

که علامت نشان‌دهنده عکس شدن جهت جریان در این حالت است. به عبارتی این جریان به منبع بر می‌گردد.

**۱۱ـ گزینه «۱»** اگر ولتاژ ترمینال ۲۰% کاهش یابد موجب کاهش ۲۰% در فوران می‌شود، لذا داریم:

$$\begin{cases}\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=\frac{\varphi_1 I_{a_1}}{\varphi_2 I_{a_2}}\\ T_{e_1}=T_{e_2}\\ \varphi_2=0/8\varphi_1\end{cases}\Rightarrow 1=\frac{\varphi_1}{0/8\varphi_1}\times\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}\Rightarrow I_{a_2}=\frac{1}{0/8}I_{a_1}=1/25I_{a_1}$$

یعنی جریان آرمیچر ۲۵% افزایش می‌یابد.

**۱۲ـ گزینه «۳»** رابطه اصلی کنترل سرعت بصورت زیر است، که با توجه به صفر فرض نمودن مقاومت آرمیچر داریم:

$$\omega=\frac{V_t-R_aI_a}{K\varphi}\xrightarrow[\varphi\sim I_f=\frac{V_t}{R_f}]{R_a\to 0}\omega=\frac{V_t}{K'V_t}=\frac{1}{K'}$$

یعنی با صرف‌نظر کردن از مقاومت آرمیچر، سرعت موتور شنت بطور کامل مستقل از ولتاژ ترمینال‌های ورودی (نه ولتاژ آرمیچر) بوده و همواره ثابت است.

**۱۳ـ گزینه «۲و۳»** بسته به مقدار عکس‌العمل آرمیچر ممکن است از افت سرعت جلوگیری کند (تثبیت سرعت) و یا موجب افزایش آن در بارداری شود یعنی گزینه‌های «۲» و «۳» می‌تواند صحیح باشد.

**۱۴ـ گزینه «۴»** با فرض برابری توان‌های ورودی و خروجی در حالت موتوری (m) می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}I_{L_m}=\frac{P_1}{V_t}=\frac{10000}{200}=50A\\ I_{f_m}=\frac{V_t}{R_f}=\frac{200}{200}=1A\end{cases}\Rightarrow I_{a_m}=50-1=49A\Rightarrow E_{a_m}=200-(0/1\times 49)\simeq 195V$$

بطور مشابه برای حالت مولدی (g) داریم:

$$\begin{cases}I_{L_g}=\frac{10000}{200}=50A\\ I_{L_g}=\frac{200}{200}=1A\end{cases}\Rightarrow I_{a_g}=50+1=51A\Rightarrow E_{a_g}=200+(0/1\times 51)\simeq 205V$$

با اعمال این مقادیر به رابطه تغییر ولتاژ داریم:

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{N_g}{N_m}\Rightarrow\frac{195}{205}=\frac{713}{N_m}\Rightarrow N_m=750rpm$$

**۱۵ـ گزینه «۲»** همان‌طور که در متن درس اشاره و در حل تست «۱۲۶» اثبات گردید در صورت تغییر اتصالات سیم‌پیچ قطب‌های موتور DC سری، از حالت سری به موازی هنگامی که بار گشتاور ثابت است جریان آرمیچر و سرعت هر دو $\sqrt{2}$ برابر می‌شوند لذا:

$$\omega_p=\sqrt{2}\,\omega_{se}\Rightarrow\omega_{se}=\frac{1}{\sqrt{2}}\omega_p$$

**۱۶ـ گزینه «۲»** در حالت موتوری داریم:

$$E_{a_m}=V_t-R_a\,I_{a_m}=250-0/1\times(25-\frac{250}{100})=247/75V$$

به طور مشابه در حالت مولدی با فرض اینکه همچنان ولتاژ ترمینال‌ها 250V است داریم:

$$E_{a_g}=V_t+R_a\,I_{ag}=250+0/1\times(25+\frac{250}{100})=252/75V$$

نسبت ولتاژ القایی در دو حالت را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{\varphi_g\,N_g}{\varphi_m\,N_m}\xrightarrow{I_{f_g}=I_{f_m}\Rightarrow\varphi_g=\varphi_m}\frac{252/75}{247/75}=\frac{N_g}{N_m}\Rightarrow\frac{N_g}{N_m}=1/02$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ـ مبحث بررسی موتور تحریک سری

۱ـ سرعت یک موتور سری ۲۲۰V با رئوستای سری تنظیم می‌شود. وقتی رئوستا از مدار خارج است، جریان آرمیچر ۲۰A و سرعت ۱۰۰۰ rpm است. وقتی جریان موتور ۱۶A باشد، برای سرعت ۱۲۰۶ rpm مقاومت رئوستا چقدر است؟ (مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω فرض شود) (برق ـ آزاد ۸۰)

۱) ۰/۱Ω ۲) ۰/۵Ω ۳) ۰/۲Ω ۴) ۰/۳Ω

۲ـ در یک موتور سری که مجهز به مقاومت انحراف دهنده است، در صورتی که مدار تحریک قطع شود: (برق ـ آزاد ۸۳)

۱) سرعت صفر می‌شود. ۲) سرعت بی‌نهایت می‌شود. ۳) سرعت کاهش می‌یابد. ۴) سرعت تغییر نمی‌کند.

۳ـ یک موتور سری DC جریان ۳۰A را در شرایط اشباع می‌کشد ، گشتاور تولیدی آن متناسب با چه عددی است؟ (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۹۰۰ ۲) $\frac{۱}{۳۰}$ ۳) ۳۰ ۴) $\frac{۱}{۹۰۰}$

۴ـ یک موتور سری DC ، ۲۴۰V در سرعت ۱۵۰۰rpm بار نامی را تولید و ۵۰A از منبع می‌گیرد. اگر مقاومت مدار آن ۰/۲Ω باشد، مقدار مقاومتی که باید به مدار آن اضافه نمود تا در سرعت ۱۲۰۰rpm گشتاور نامی بدست آید برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۰/۹۲Ω ۲) ۱/۹۲Ω ۳) ۱/۷۳Ω ۴) ۰/۷۳Ω

۵ـ وقتی گشتاور یک موتور سری ۲ برابر می‌شود، تلفات مس آن چند برابر خواهد شد؟ (برق ـ آزاد۸۶)

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

۶ـ در یک موتور سری در شرایط اشباع، جریان آرمیچر ۸۰A است. اگر بار ۱۰ درصد اضافه شود، جریان آرمیچر چند آمپر خواهد شد؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۸۲/۵ ۲) ۹۸ ۳) ۸۸ ۴) ۱۰۸

۷ـ در یک موتورDC سری ۲۵۰V مقاومت آرمیچر و تحریک به ترتیب ۰/۱Ω و ۰/۱۵Ω بوده و سرعت ۱۰۰۰rpm و جریان آرمیچر ۴۰A و گشتاور بار متناسب با مجذور سرعت است. چه مقاومتی با تحریک موازی شود تا سرعت موتور به ۸۰۰rpm برسد؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۰/۴Ω ۲) ۰/۲Ω ۳) ۰/۲۵Ω ۴) ۰/۱۵Ω

۸ـ در یک موتور سری DC اگر تعداد دور تحریک سری نصف شود، در بار ثابت سرعت آن چند برابر می‌شود؟ از مقاومت مدار آرمیچر صرف نظر شده و مدار مغناطیسی خطی فرض می‌شود؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

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

۹ـ در یک موتور DC سری ۲۰۰V که با جریان ۵۰A و سرعت ۱۰۰۰rpm می‌چرخد، مقاومت مدار آرمیچر ۰/۱Ω است. در بار ثابت با قرار دادن چه مقاومت سری در مدار آن سرعت به ۹۰۰rpm می‌رسد؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۰/۱Ω ۲) ۰/۲۵Ω ۳) ۰/۴Ω ۴) ۰/۵Ω

۱۰ـ در یک موتور سری DC جبران شده و ۴۰۰V، مقاومت مدار آرمیچر ۰/۲Ω است. جریان بار کامل ۵۰A و سرعت ۱۰۰۰rpm است. سرعت موتور وقتی بار دو برابر شود چند rpm است؟ مدار مغناطیسی خطی است. (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۸۰۱ ۲) ۹۰۱ ۳) ۶۰۱ ۴) ۷۰۱

۱۱ـ وقتی گشتاور موتور سری $\frac{۱}{۳}$ برابر شود تلفات مسی آن چند برابر می‌گردد؟ (آزاد ۹۱)

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$ ۳) $\frac{۱}{۹}$ ۴) ۳

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی موتور تحریک سری

**۱ــ گزینه «۲»** با صرف نظر کردن از مقاومت اهمی سیم‌بندی تحریک داریم:

$$\left.\begin{aligned} E_{a_1} &= ۲۲۰-(۰/۱\times ۲۰)=۲۱۸\ V \\ E_{a_2} &= ۲۲۰-(۰/۱+R_{ex})\times ۱۶ \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{E_{a_1}}{E_{a_2}}=\frac{N_1 I_{a_1}}{N_2 I_{a_2}} \Rightarrow \frac{۲۱۸}{۲۲۰-(۰/۱+R_{ex})\times ۱۶}=\frac{۱۰۰۰}{۱۲۰۶}\times\frac{۲۰}{۱۶} \Rightarrow R_{ex}=۰/۵\Omega$$

**۲ــ گزینه «۲»** با قطع شدن سیم‌بندی تحریک فوران فاصله هوایی به سمت صفر ( به سمت فوران پسماند ) کاهش می‌یابد. اما چون جریان آرمیچر از طریق مقاومت منحرف کننده جریان همچنان برقرار است، لذا سرعت موتور به سمت بی‌نهایت میل می‌کند. (اگر این مقاومت موجود نبود سرعت موتور صفر می‌شد)

جهت درک بهتر به رابطه مقابل توجه نمایید:

$$\omega=\frac{V_t-R_a I_a}{K\varphi}$$

در این رابطه صورت کسر مخالف صفر بوده اما مخرج آن به سمت صفر میل می‌کند (زیرا فوران بسیار کاهش یافته است)، در نتیجه سرعت بسیار بالا می‌رود.

**۳ــ گزینه «۳»** در شرایط اشباع موتور سری $T_e=k_2 I_a$ است، لذا:

$$T_e=k_2\times ۳۰ \Rightarrow T_e\sim ۳۰$$

**۴ــ گزینه «۱»** چون در هر دو سرعت گشتاور ثابت است، لذا با فرض خطی بودن مشخصه مغناطیسی داریم:

$$\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=\left(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}\right)^2 \Rightarrow ۱=\left(\frac{۵۰}{I_{a_2}}\right)^2 \Rightarrow I_{a_2}=۵۰\ A$$

با توجه به این جریان‌ها می‌توان نوشت:

$$E_{a_1}=۲۴۰-(۵۰\times ۰/۲)=۲۳۰\ V$$

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}}=\frac{N_1 I_{a_1}}{N_2 I_{a_2}} \Rightarrow \frac{۲۳۰}{E_{a_2}}=\frac{۱۵۰۰}{۱۲۰۰} \Rightarrow E_{a_2}=۱۸۴\ V \Rightarrow E_{a_2}=۲۴۰-(۰/۲+R_{ext})\times ۵۰ \Rightarrow ۱۸۴=۲۴۰-(۰/۲+R_{ex})\times ۵۰$$

$$\Rightarrow R_{ext}=۰/۹۲\ \Omega$$

**۵ــ گزینه «۲»** طبق رابطه نسبت گشتاورها در موتور سری با فرض اینکه ماشین در ناحیه خطی مشخصه مغناطیسی کار می‌کند، با دوبرابر شدن گشتاور می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=\left(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}\right)^2 \\ &P_{cu}\sim I_a^2 \Rightarrow \frac{P_{cu_1}}{P_{cu_2}}=\left(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}\right)^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{P_{cu_1}}{P_{cu_2}}=\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}} \xrightarrow{T_{e_2}=T_{e_1}} P_{cu_2}=۲P_{cu_1}$$

یعنی تلفات مسی دوبرابر می‌شود.

**۶ــ گزینه «۳»** در شرایط اشباع موتور سری $T\sim I_a$ است (در شرایط خطی $T\sim I_a^2$ است)، لذا:

$$\begin{cases} \dfrac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=\dfrac{I_{a_1}}{I_{a_2}} \\ T_{e_2}=۱/۱T_{e_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1}{۱/۱T_1}=\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}} \Rightarrow I_{a_2}=۱/۱I_{a_2}=۱/۱\times ۸۰=۸۸A$$

**۷ــ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** افزودن مقاومت منحرف‌کننده جریان با تحریک سری موجب کاهش جریان تحریک سری شده لذا به دلیل کاهش فوران تولیدی موتور، سرعت افزایش می‌یابد پس توسط هیچ $R_{div}>۰$ نمی‌توان سرعت موتور سری را نسبت به سرعت نامی کاهش داد مگر اینکه $R_{div}<۰$ باشد که از نظر علمی امکان‌پذیر نیست.

**۸ـ گزینه «۳»** در بار ثابت $T_e$ ثابت می‌ماند، پس با نصف شدن تعداد دور سیم بندی داریم:

$$\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=\frac{N_{s_1}I_{a_1}^{2}}{N_{s_2}I_{a_2}^{2}}\Rightarrow 1=\frac{N_{s_1}I_{a_1}^{2}}{\frac{1}{2}N_{s_1}I_{a_2}^{2}}\Rightarrow \frac{I_{a_1}^{2}}{I_{a_2}^{2}}=\frac{1}{2}\Rightarrow \frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}=\frac{1}{\sqrt{2}}$$

با اعمال این نتیجه به رابطه تغییر ولتاژ القایی داریم:

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}}=\frac{\varphi_1 N_1}{\varphi_2 N_2}=\frac{(N_{s_1}I_{a_1})N_1}{(\frac{1}{2}N_{s_1}I_{a_2})N_2}\Rightarrow \frac{V_t-R_1I_{a_1}}{V_t-R_2I_{a_2}}=\frac{2I_{a_1}N_1}{I_{a_2}N_2}$$

با صرف نظر کردن از مقاومت مدار آرمیچر $(R_1=R_2=0)$ داریم:

$$1=\frac{2\times\frac{I_{a_2}}{\sqrt{2}}N_1}{I_{a_2}N_2}\Rightarrow N_2=\frac{2}{\sqrt{2}}N_1\Rightarrow \frac{N_2}{N_1}=\frac{2}{\sqrt{2}}=\sqrt{2}$$

---

**۹ـ گزینه «۳»** در سرعت اولیه ولتاژ القایی در آرمیچر برابر است با:

$$E_{a_1}=V_t-R_aI_a=200-(0/1\times 50)=195\,V$$

در گشتاور بار ثابت چون $I_a=I_s$ ثابت است لذا $\varphi$ ثابت مانده در نتیجه اگر بخواهیم سرعت به $900rpm$ کاهش یابد، ولتاژ القایی در آرمیچر باید برابر مقدار زیر شود:

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}}=\frac{N_1}{N_2}\Rightarrow \frac{195}{E_{a_2}}=\frac{1000}{900}\Rightarrow E_{a_2}=175/5\,V$$

از طرفی با توجه به رابطه بین ولتاژ ترمینال و القایی داریم:

$$E_{a_2}=V_t-(R_a+R_{ex})I_a\Rightarrow 175/5=200-(0/1+R_{ex})\times 50\Rightarrow R_{ex}=0/39\Omega\simeq 0/4\Omega$$

---

**۱۰ـ گزینه «۴»** با دو برابر شدن گشتاور بار چون مدار مغناطیسی خطی است جریان آرمیچر برابر می‌شود با:

$$\frac{T_{e_1}}{T_{e_2}}=(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}})^2\Rightarrow \frac{1}{2}=(\frac{50}{I_{a_2}})^2\Rightarrow I_{a_2}=50\sqrt{2}A$$

ولتاژ القایی در هر دو حالت یعنی باراصلی و دو برابر بار اصلی برابرند با:

$$E_{a_1}=V_t-R_aI_{a_1}=400-(0/2\times 50)=390\,V\quad ;\quad E_{a_2}=V_t-R_aI_{a_2}=400-(0/2\times 50\sqrt{2})=385/85V$$

با توجه به نسبت ولتاژهای القایی داریم:

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}}=\frac{N_1I_{a_1}}{N_2I_{a_2}}\Rightarrow \frac{390}{385/85}=\frac{1000\times 50}{N_2\times 50\sqrt{2}}\Rightarrow N_2=699/59\ rpm$$

---

**۱۱ـ گزینه «۱»** در حالتی که مدار مغناطیسی خطی است می‌توان نوشت:

$$\frac{T_1}{T_2}=(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}})^2\xrightarrow{T_2=\frac{1}{3}T_1}\frac{T_1}{\frac{1}{3}T_1}=(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}})^2\Rightarrow I_{a_2}^{2}=\frac{1}{3}I_{a_1}^{2}$$

چون تلفات مسی نیز متناسب با مجذور جریان آرمیچر (یا مجذور جریان تحریک سری) است. می‌توان گفت تلفات مسی نیز در این موتور $\frac{1}{3}$ می‌شود یا:

$$\frac{P_{cu_1}}{P_{cu_2}}=(\frac{I_{a_1}}{I_{a_2}})^2\Rightarrow \frac{P_{cu_1}}{P_{cu_2}}=3\Rightarrow P_{cu_2}=\frac{1}{3}P_{cu_1}$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی موتورهای کمپوند

۱ــ یک مولد کمپوند مسطح با شنت بلند ۵kW و ۲۰۰V دارای مقاومت آرمیچر ۰/۵Ω و مقاومت سری ۰/۵ است. تحریک شنت مقاومت ۲۰۰Ω دارد. اگر ماشین بخواهد به صورت موتور کار کند، تحت همان ولتاژ نامی سرعت آن چند rpm است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۹۲۵ ۳) ۹۷۵ ۴) ۹۵۰

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث بررسی موتورهای کمپوند

۱ــ گزینه «۳» در حالت مولدی داریم:

$$I_{L_g}=\frac{۵۰۰۰}{۲۰۰}=۲۵A\ ,I_{f_g}=\frac{۲۰۰}{۲۰۰}=۱A\Rightarrow I_{a_g}=۲۵+۱=۲۶A\Rightarrow E_{a_g}=۲۰۰+(۰/۰۵+۰/۰۵)\times ۲۶=۲۰۲/۶V$$

بطور مشابه در حالت موتوری می‌توان نوشت:

$$I_{L_m}=I_{L_g}=۲۵A\Rightarrow I_{a_m}=۲۵-۱=۲۴A\Rightarrow E_{a_m}=۲۰۰-(۰/۰۵+۰/۰۵)\times ۲۴=۱۹۷/۶V$$

با توجه به نسبت ولتاژهای القایی در آرمیچر برای حالات مولدی و موتوری می‌توان نوشت: (دقت شود چون تعداد دور سیم‌بندی‌های تحریک داده نشده، باید از میزان تغییرات فوران در دو حالت مولدی و موتوری صرف‌نظر نمود)

$$\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{N_g\varphi_g}{N_m\varphi_m}=\frac{N_g(N_fI_{f_g}+N_sI_{s_g})}{N_m(N_fI_{f_m}-N_sI_{s_m})}\xrightarrow[I_{s_g}\simeq I_{s_m}]{I_{f_g}=I_{f_m}}\frac{E_{a_g}}{E_{a_m}}=\frac{N_g}{N_m}$$

با فرض (؟) سرعت حالت مولدی برابر ۱۰۰۰rpm (چون به گزینه‌ها می‌خورد) داریم:

$$\frac{۲۰۲/۶}{۱۹۷/۶}=\frac{۱۰۰۰}{N_m}\Rightarrow N_m=۹۷۵rpm$$

در حالت کلی به این نکته دقت شود که با تبدیل مولد به موتور به علت معکوس شدن جهت جریان تحریک سری، ماشین از حالت اضافی به نقصانی تبدیل می‌شود. (علامت منفی در معادله فوق)

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث تلفات توان و راندمان ماشین‌های DC

۱ــ بازده یک موتور DC که حداکثر توان را تحویل می‌دهد، چقدر است؟ (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ٪۵۰ ۲) ٪۹۰ ۳) بیشتر از ٪۵۰ ۴) کمتر از ٪۵۰

۲ــ در یک مولد DC آهنربای دائمی ۱۰۰V مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω و تلفات گردشی ۹۰W است. در چه توانی بازده آن حداکثر است؟ (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۲kW ۲) ۴kW ۳) ۳kW ۴) ۳/۵kW

۳ــ در یک مولد دارای آهنربای دائمی ۱۰۰V تلفات گردشی ۴۰W و مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω است. بازده حداکثر این مولد برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) %۹۴ ۲) %۹۰ ۳) %۹۶ ۴) %۸۰

۴ــ در یک موتورDC شنت ۲۰۰V مقاومت آرمیچر ۰/۱Ω و مقاومت تحریک ۱۰۰Ω و تلفات گردشی ۱۰۰W است. بازده حداکثر آن چند درصد است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۹۳ ۲) ۸۳ ۳) ۹۰ ۴) ۸۰

۵ــ در یک مولد شنت ۵kW و ۲۰۰V مقاومت تحریک ۱۰۰Ωاست. اگر واکنش آرمیچر ولتاژ را ۵% کاهش دهد، تلفات مسی نامی آن چند وات است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۲۷۰ ۲) ۷۷۰ ۳) ۶۷۰ ۴) ۵۷۰

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم ــ مبحث تلفات توان و راندمان ماشین‌های DC

**۱ــ گزینه «۴»** در ماشین‌های الکتریکی زمانی که توان خروجی حداکثر است بازده کمتر از ۵۰٪ است. (جهت مشاهده اثبات این موضوع به حل تست ۴ همین درسنامه مراجعه نمایید.)

**۲ــ گزینه «۳»** در مولدهای آهنربای دائمی تلفات مسی تحریک نداریم، لذا شرایط حداکثر راندمان مانند مولد تحریک مستقل به صورت زیر است:

$$P_{rot} = R_a I_a^2 \Rightarrow ۹۰ = ۰/۱\, I_a^2 \Rightarrow I_a = ۳۰A = I_L \Rightarrow P_۲ = V_t I_L = ۱۰۰ \times ۳۰ = ۳۰۰۰W = ۳kW$$

**۳ــ گزینه «۳»** شرط بازده حداکثر در مولدهای آهنربای دائمی مانند مولدهای تحریک مستقل است، لذا:

$$P_{cu} = P_{rot} = ۴۰W \Rightarrow I_a = \sqrt{\frac{۴۰}{۰/۱}} = ۲۰A$$

با اعمال این جریان، توان خروجی مولد برابر است با:

$$P_۲ = V_t . I_a = ۱۰۰ \times ۲۰ = ۲۰۰۰W \Rightarrow P_۱ = P_۲ + ۲P_{rot} = ۲۰۰۰ + (۲ \times ۴۰) = ۲۰۸۰W \Rightarrow \%\eta_{max} = \frac{P_۲}{P_۱} \times ۱۰۰ = \frac{۲۰۰۰}{۲۰۸۰} \times ۱۰۰ = ۹۶\%$$

**۴ــ گزینه «۱»** شرط حداکثر شدن راندمان موتور شنت بصورت زیر است:

$$-R_a I_a^2 - ۲R_a I_f I_a + V_t I_f + P_{rot} = ۰$$

با توجه به $I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{۲۰۰}{۱۰۰} = ۲A$ و $P_{rot} = ۱۰۰W$ و $R_a = ۰/۱\Omega$ داریم:

$$-۰/۱I_a^2 - ۰/۴I_a + ۲۰۰ \times ۲ + ۱۰۰ = ۰ \Rightarrow I_a = ۷۲/۶۸A$$

با اعمال این جریان می‌توان ولتاژ القایی در آرمیچر و توان تولیدی آن را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$E_a = V_t - R_a I_a = ۲۰۰ - (۰/۱ \times ۷۲/۶۸) = ۱۹۲/۷۳V \quad و \quad P_e = E_a I_a = ۱۹۲/۷۳ \times ۷۲/۶۸ = ۱۴۰۰۷/۶W$$

توان خروجی برابر است با:

$$P_۲ = E_a I_a - P_{rot} = ۱۴۰۰۷/۶ - ۱۰۰ = ۱۳۹۰۷/۶W$$

تلفات مسی کل را می‌توان به صورت مقابل محاسبه نمود:

$$P_{cu} = R_a I_a^2 + R_f I_f^2 = (۰/۱ \times ۷۲/۶۸^2) + (۱۰۰ \times ۲^2) = ۹۲۸/۲۳W$$

با توجه به توان‌ها و تلفات بدست آمده راندمان برابر است با:

$$\%\eta = \frac{P_۲}{P_۲ + P_{cu} + P_{rot}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۳۹۰۷/۶}{۱۳۹۰۷/۷۴ + ۹۲۸/۲۳ + ۱۰۰} \times ۱۰۰ \simeq ۹۳\%$$

**۵ــ گزینه «۳»** با توجه به مقادیر داده شده جریان آرمیچر برابر است با:

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{۲۰۰}{۱۰۰} = ۲A,\ I_L = \frac{P_۲}{V_t} = \frac{۵۰۰۰}{۲۰۰} = ۲۵A \Rightarrow I_a = I_L + I_f = ۲۵ + ۲ = ۲۷A$$

با صرف‌نظر کردن از مقاومت آرمیچر ($R_a = ۰$) داریم:

$$E_a = V_t + R_a I_a + \varepsilon = V_t + ۰ + \%۵V_t = ۲۰۰ + (۰/۰۵ \times ۲۰۰) = ۲۱۰V \quad و \quad P_e = E_a I_a = ۲۱۰ \times ۲۷ = ۵۶۷۰W$$

با توجه به دیاگرام توزیع توان در مولدهای DC می‌توان نوشت:

$$P_{cu} = P_e - P_۲ \Rightarrow P_{cu} = ۵۶۷۰ - ۵۰۰۰ = ۶۷۰W$$

# فصل چهارم

## «ترانسفورمرها»

### تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث ترانسفورمرهای واقعی (مدار معادل / تلفات / راندمان)

۱ــ راندمان حداکثر ترانسفورماتوری که تلفات هسته آن ۱/۸kW و تلفات مسی بار کامل آن ۳kW است. در ضریب قدرت معین در چند درصد توان نامی اتفاق می‌افتد؟ (آزاد ۸۰)

۱) ٪۷۷/۵ ۲) ٪۸۰ ۳) ٪۱۰۰ ۴) ٪۵۰

۲ــ در یک ترانسفورماتور در بار نامی ثابت در چه ضریب توانی بازده ماکزیمم است؟ (آزاد ۸۰)

۱) ۰/۸ پس‌فاز ۲) ۰/۸ پیش‌فاز ۳) ۱ ۴) ۰/۸ پس‌فاز و پیش‌فاز

۳ــ راندمان ترانسفورماتور ۱۰۰kVA با تلفات هسته ۱/۶kW و تلفات مسی بار کامل ۲/۵kW در چه درصدی از بار نامی حداکثر است؟ (آزاد ۸۱)

۱) ٪۸۰ ۲) ٪۱۰۰ ۳) ٪۷۵ ۴) ٪۶۴

۴ــ بازده حداکثر ترانسفورماتوری در ۰٪۹ بار کامل رخ می‌دهد نسبت تلفات آهن به تلفات مس آن برابر است با: (آزاد ۸۵)

۱) ۰/۸ ۲) ۰/۹ ۳) ۰/۷ ۴) ۰/۹۵

۵ــ بازده حداکثر یک ترانسفورماتور ۴۶kVA در بار اهمی ۹۲ درصد است. تلفات آهن ۱kW است. این بازده در چند درصد بار رخ می‌دهد؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۷۰ ۲) ۵۰ ۳) ۸۰ ۴) ۹۰

۶ــ بازده حداکثر یک ترانسفورماتور در ٪۸۰ بار نامی اتفاق می‌افتد در صورتی که تلفات آهن ٪۲۰ اضافه شود، بازده حداکثر در چند درصد بار نامی اتفاق می‌افتد؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۷۸ ۲) ۹۸ ۳) ۸۸ ۴) ۸۵

۷ــ در یک ترانسفورماتور که تلفات مس نامی آن دو برابر تلفات آهن است در چه باری بازده با بازده بار نامی آن برابر می‌شود؟ $(\cos\varphi = 1)$ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) یک سوم بار نامی ۲) نصف بار نامی ۳) یک چهارم بار نامی ۴) دو سوم بار نامی

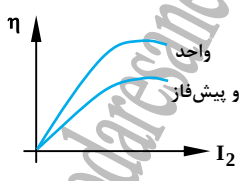
۸ــ بازده حداکثر ترانسفورماتوری که در بار نامی با ضریب توان واحد رخ می‌دهد ٪۹۰ است. بازده آن در همان ضریب توان در نصف بار نامی چند درصد است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

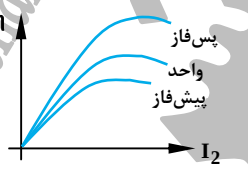
۱) $\frac{۳۵}{۴۱}$ ۲) $\frac{۳۰}{۳۱}$ ۳) $\frac{۳۶}{۴۱}$ ۴) $\frac{۳۳}{۳۱}$

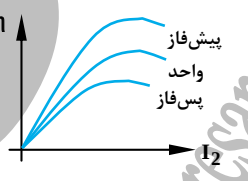
۹ــ راندمان یک ترانسفورماتور تک‌فاز در ضریب قدرت واحد در بار نامی ۵۰۰W و همچنین در نصف بار نامی برابر ۰/۹ است. راندمان ماکزیمم ترانسفورماتور در ضریب توان واحد کدام است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۹)

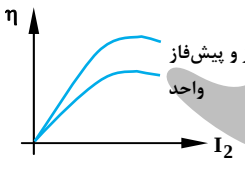
۱) ٪۹۷/۶ ۲) ٪۹۵/۱ ۳) ٪۹۳/۲ ۴) ٪۹۰/۵

۱۰ــ در یک ترانسفورماتور در بار نامی کدام شکل برای توصیف راندمان صحیح است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱)



۲)



۳)



۴)


## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث ترانسفورمرهای واقعی (مدار معادل / تلفات / راندمان)

**۱ــ گزینه «۱»** منظور تست محاسبه ضریب بار حداکثر ترانسفورماتور است که با توجه به مقادیر تلفات‌های داده شده می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$K_{cm}=\sqrt{\frac{P_{fe}}{P_{cu_n}}}=\sqrt{\frac{۱/۸}{۳}}=۰/۷۷۵=\%۷۷/۵$$

---

**۲ــ گزینه «۳»** چنانچه بار ثابت باشد (ثابت $K_c=$) راندمان فقط تابع ضریب قدرت است و زمانی حداکثر است که ضریب قدرت برابر واحد شود. (در متن درس ذکر گردید که دو شرط برای حداکثر شدن راندمان موجود است یکی $K_c=K_{cm}$ و دیگری $\cos\varphi=۱$ یا بار اهمی خالص)

---

**۳ــ گزینه «۱»** راندمان حداکثر ترانسفورماتورها در ضریب بار حداکثر ($K_{cm}$) رخ می‌دهد که مقدار آن برابر است با:

$$K_{cm}=\sqrt{\frac{P_{fe}}{P_{cu_n}}}=\sqrt{\frac{۱/۶}{۲/۵}}=۰/۸=۸۰\%$$

---

**۴ــ گزینه «۱»** ضریب بار حداکثر ترانسفورماتور ۰/۹ داده شده است لذا با جایگذاری در رابطه داریم:

$$K_{cm}=۰/۹=\sqrt{\frac{P_{fe}}{P_{cu_n}}}\Rightarrow\frac{P_{fe}}{P_{cu_n}}=۰/۸۱$$

---

**۵ــ گزینه «۲»** منظور تست محاسبه ضریب بار حداکثر است. از آنجائیکه در بار اهمی خالص $\cos\varphi=۱$ است می‌توان رابطه راندمان را به صورت زیر نوشت:

$$\eta_{max}=\frac{K_{cm}S_n}{K_{cm}S_n+۲P_{fe}}\Rightarrow۰/۹۲=\frac{K_{cm}\times۴۶}{(K_{cm}\times۴۶)+(۲\times۱)}\Rightarrow K_{cm}=۰/۵=۵۰\%$$

---

**۶ــ گزینه «۳»** از آنجائیکه بازده حداکثر در ۸۰% بار نامی رخ می‌دهد ضریب بار حداکثر برابر است با:

$$K_{cm_۱}=\sqrt{\frac{P_{fe_۱}}{P_{cu_n}}}=۰/۸$$

اگر تلفات آهنی ۲۰% زیاد شود با توجه به ثابت بودن $P_{cu_n}$ داریم:

$$K_{cm_۲}=\sqrt{\frac{P_{fe_۲}}{P_{cu_n}}}=\sqrt{\frac{۱/۲P_{fe_۱}}{P_{cu_n}}}=\sqrt{۱/۲}\underbrace{\sqrt{\frac{P_{fe_۱}}{P_{cu_n}}}}_{K_{cm_۱}}\Rightarrow K_{cm_۲}=\sqrt{۱/۲}\times K_{cm_۱}\simeq\sqrt{۱/۲}\times۰/۸=۰/۸۸=۸۸\%$$

---

**۷ــ گزینه «۲»** تلفات مسی نامی ترانسفورماتور دو برابر تلفات آهنی آن داده شده است. از طرفی می‌خواهیم ببینیم در چه باری (ضریب باری) بازده ترانسفورماتور برابر بازه بار نامی ($K_c=۱$) می‌شود لذا ابتدا باید بازده بار نامی را به صورت پریونیتی به دست آورد:

$$\eta_n=\frac{۱}{۱+P_{cu_n}+P_{fe}}=\frac{۱}{۱+۳P_{fe}}$$

حال باید بازده در یک بار مفروض با ضریب بار $K_c$ برابر این مقدار شود لذا:

$$\eta\Big|_{K_c\neq۱}=\frac{K_c}{K_c+K_c^۲P_{cu_n}+P_{fe}}=\frac{۱}{۱+۳P_{fe}}\Rightarrow\frac{K_c}{K_c+K_c^۲(۲P_{fe})+P_{fe}}=\frac{۱}{۱+۳P_{fe}}\Rightarrow K_c+۲K_c^۲P_{fe}+P_{fe}=K_c+۳K_cP_{fe}$$

$$\Rightarrow۲K_c^۲-۳K_c+۱=۰\Rightarrow K_c=۱,\frac{۱}{۲}$$

یعنی در بار نامی و نصف بار نامی بازده برابر هستند.

**۸ـ گزینه «۳»** چون راندمان حداکثر در بار نامی و ضریب توان واحد رخ می‌دهد لذا $\cos\varphi = ۱$ و $K_{cm} = ۱$ هستند پس داریم:

$$\eta_{max} = \frac{K_{cm} S_n \cos\varphi}{K_{cm} S_n \cos\varphi + ۲P_{fe}} \Rightarrow ۰/۹ = \frac{S_n}{S_n + ۲P_{fe}} \Rightarrow S_n = ۱۸P_{fe}$$

حال که تلفات آهنی و توان نامی برحسب یکدیگر به دست آمده‌اند می‌توان نوشت:

$$\eta = \frac{\frac{۱}{۲}\times S_n}{\frac{۱}{۲}\times S_n + \frac{۱}{۴}P_{cu_n} + P_{fe}} \xrightarrow{K_{cm}=۱ \Rightarrow P_{cu_n}=P_{fe}} \frac{\frac{۱}{۲}S_n}{\frac{۱}{۲}S_n + \frac{۵}{۴}P_{fe}} = \frac{\frac{۱}{۲}\times ۱۸P_{fe}}{\frac{۱}{۲}\times ۱۸P_{fe} + \frac{۵}{۴}P_{fe}} \Rightarrow \eta = \frac{۳۶}{۴۱}$$

---

**۹ـ گزینه «۴»** با توجه به شرایط داده شده دادیم:

$$۰/۹ = \frac{۵۰}{۵۰۰ + P_{cu_n} + P_{fe}} = \frac{۲۵۰}{۲۵۰ + \frac{۱}{۴}P_{cu_n} + P_{fe}} \Rightarrow \begin{cases} P_{cu_n} = ۳۷\,W \\ P_{fe} = ۱۸/۵۵\,W \end{cases}$$

با توجه به این دو تلف می‌توان ضریب بار حداکثر را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$K_{cm} = \sqrt{\frac{۱۸/۵۵}{۳۷}} = ۰/۷ \Rightarrow \%\eta_{max} = \frac{(۵۰۰\times ۰/۷)}{(۵۰۰\times ۰/۷) + (۲\times ۱۸/۵۵)} \times ۱۰۰ = \%۹۰/۵$$

---

**۱۰ـ گزینه «۱»** در کلیه ترانسفورماتورها در صورت استفاده از بارهای **غیراهمی** (پیش فاز یا پس فاز) راندمان کمتر از بار اهمی (ضریب قدرت واحد) است.

www.modaresanesharif.ac.ir مدرسان شریف

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث آزمایش‌های ترانسفورمرها / مقادیر نسبی (پریونیتی)

۱ــ بازده حداکثر یک ترانسفورماتور در ضریب توان ۰/۸ پیش فاز ۹۰% است. تلفات آهن ۲ درصد است. این بازده در چند درصد بار نامی اتفاق می‌افتد؟ (آزاد ۸۶)

۱) ۹۰　　۲) ۷۵　　۳) ۴۵　　۴) ۸۰

۲ــ در یک ترانسفورماتور سه فاز ۲۰kV به قدرت ۵۰۰kVA مقاومت اهمی ۱% است. مقدار این مقاومت برابر چند اهم است؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۸　　۲) ۴　　۳) ۱۶　　۴) ۲

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث آزمایش‌های ترانسفورمرها / مقادیر نسبی (پریونیتی)

۱ــ گزینه «۳» با نوشتن رابطه راندمان و تقسیم صورت و مخرج آن بر توان نامی $(S_n)$ می‌توان رابطه پریونیتی را به صورت زیر به دست آورد:

$$\eta_{max}=\frac{K_{cm}S_n\cos\varphi_2}{K_{cm}S_n\cos\varphi_2+2P_{fe}}\xrightarrow[S_n=1P.U]{\text{تقسیم بر}}\eta_{max}=\frac{K_{cm}\cos\varphi_2}{K_{cm}\cos\varphi_2+2P_{fe}(P.U)}$$

با جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$0/9=\frac{K_{cm}\times 0/8}{(K_{cm}\times 0/8)+(2\times 0/02)}\Rightarrow K_{cm}=0/45$$

یعنی در ۴۵% بار نامی راندمان حداکثر می‌شود.

---

۲ــ گزینه «۱» برای تبدیل مقادیر پریونیتی به مقادیر اصلی باید ابتدا مقادیر پایه را یافت، باید دقت نمود که چون ترانسفورماتور مورد بحث سه فاز است پایه ولتاژ آن برابر ولتاژ نامی خطی و توان پایه آن توان سه فاز ترانسفورماتور است لذا:

$$Z_{base}=\frac{V_{base}^2}{S_{base}}=\frac{V_L^2}{S_n}=\frac{(20\times10^3)^2}{500\times10^3}=800\Omega$$

با توجه به این مقدار پایه داریم:

$$Z_{eq}(\Omega)=Z_{base}(\Omega).Z_{eq}(P.U)=800\times0/01=8\Omega$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث افت ولتاژ و درصد تنظیم ترانسفورمرها / ترانسفورمرهای انشعاب‌دار

۱ــ ترانسفورماتوری دارای مقاومت اهمی ۳% و راکتانس ۴/۵% است تنظیم ولتاژ آن در بار کامل با ضریب توان ۰/۸ برابر است با: (آزاد ۸۰)

۱) ۵% ۲) −۳% ۳) −۴/۵% ۴) −۰/۱۶۵%

۲ــ در یک ترانسفورماتور به ازاء ۱۰% ولتاژ نامی جریان اتصال کوتاه معادل جریان نامی است. اگر مقاومت اهمی R معادل ۵% باشد تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور در بار نامی با ضریب توان ۰/۸ پس فاز برابر است با: (آزاد ۸۰)

۱) ۵% ۲) ۹/۲% ۳) ۱۰% ۴) ۵/۲%

۳ــ در یک ترانسفورماتور یکفاز $\frac{۲۲۰۰}{۲۲۰}$ V و ۵۰ Hz در آزمایش اتصال کوتاه با جریان نامی ولتاژ اولیه ۲۲۰ V است. حداکثر تنظیم ولتاژ این ترانسفورماتور چند درصد است؟ (آزاد ۸۱)

۱) ۵% ۲) ۱% ۳) ۲/۲% ۴) ۱۰%

۴ــ در یک ترانسفورماتور تکفاز افت ولتاژ اهمی ۳% و افت ولتاژ القایی ۵% است. تنظیم ولتاژ در ضریب توان ۰/۸ پس فاز چند درصد است؟ (آزاد ۸۲)

۱) ۳/۵ ۲) ۴/۵ ۳) ۷/۸ ۴) ۵/۴

۵ــ یک اتوترانسفورماتور تکفاز ۱۰ kVA و $\frac{۴۰۰}{۲۰۰}$ V با مقاومت ۳% و راکتانس ۶% بار اهمی ۵۰ A را تغذیه می‌کند. مقدار ولتاژ بار چند ولت است؟ (آزاد ۸۴)

۱) ۱۹۲ ۲) ۳۹۰ ۳) ۱۹۶ ۴) ۱۹۴

۶ــ در یک ترانسفورماتور امپدانس ۰/۰۴ + j ۰/۰۳ P.U است. تنظیم ولتاژ حداکثر و حداقل آن به ترتیب چند درصد است؟ (آزاد ۸۵)

۱) ۴ و ۴ ۲) ۵ و −۴ ۳) ۳ و −۵ ۴) ۷ و −۴/۵

۷ــ در یک ترانسفورماتور که دارای امپدانس ۵ % است تنظیم ولتاژ در ضریب توان ۰/۸ پیش فاز است تلفات مس بار کامل چند P.U است؟ (آزاد ۸۶)

۱) ۰/۰۳ ۲) ۰/۰۴ ۳) ۰/۰۶ ۴) ۰/۰۵

۸ــ در یک ترانسفورماتور تکفاز مقاومت اهمی ۲% است. اگر تنظیم ولتاژ در ضریب توان ۰/۸ پس فاز در بار نامی ۴% باشد، تنظیم ولتاژ در بار نامی با ضریب توان ۰/۸ پیش فاز چند درصد است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۰/۸ ۲) −۱/۶ ۳) +۱/۶ ۴) −۰/۸

۹ــ بازده ترانسفورماتور در ۱/۵ برابر بار نامی ۸۰% است. در صورتی که نسبت تلفات آهن و مس نامی ۱ به ۱/۵ باشد، تنظیم ولتاژ در بار اهمی نامی چند درصد است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۱۵ ۲) ۶/۶۷ ۳) ۱۳/۳ ۴) ۹/۹

۱۰ــ در صورتی که یک ترانسفورماتور ۴۰۰/۲۰۰ V به اتو ترانسفورماتور ۶۰۰/۲۰۰ V تبدیل شود تنظیم ولتاژ آن چند برابر می‌شود؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

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

۱۱ــ در یک ترانسفورماتور با مقاومت ۳% و راکتانس ۵% تنظیم ولتاژ در نصف بار نامی با ضریب توان ۰/۸ پس فاز تقریباً چند درصد است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۲/۷ ۲) ۵ ۳) ۵/۴ ۴) ۵/۹

۱۲ــ در یک ترانسفورماتور با ضریب تبدیل $\frac{۱}{۱۰}$ و امپدانس ۸% در صورتی که در بار کامل ولتاژ برابر ولتاژ نامی باشد ولتاژ اولیه حداکثر چند درصد باید بالاتر تنظیم شود؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۰ ۲) ۷/۵ ۳) ۵ ۴) ۸

۱۳ــ یک ترانسفورماتور تک‌فاز دارای امپدانس ۵٪ است. تنظیم ولتاژ در ضریب توان ۰/۸ پیش فاز صفر است. تلفات اهمی نصف بار کامل چند پریونیت است؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۰/۰۳ ۲) ۰/۰۴ ۳) ۰/۰۰۷۵ ۴) ۰/۰۱

۱۴ــ حداکثر تنظیم ولتاژ در چه ضریب قدرتی برای بار رخ می‌دهد؟ (تذکر: $r_e, x_e, z_e$ به ترتیب مقاومت، راکتانس و امپدانس معادل ترانسفورماتور می‌باشند). (آزاد ۹۲)

۱) $\frac{r_{e۲}}{z_{e۲}}$ ۲) $\frac{x_{e۲}}{z_{e۲}}$ ۳) $\frac{r_{e۱}}{x_{e۱}}$ ۴) $\frac{r_{e۲}}{x_{e۲}}$

۱۵ــ یک ترانسفورماتور با ولتاژ ورودی ۲۲۰۰ ولت و ۵۰۰ دور سیم‌بندی اولیه در فرکانس ۵۰ هرتز مفروض است در حالی که ثانویه دارای ولتاژ بی‌باری ۲۳۱ ولت و ۵۰ دور سیم‌بندی است. درصد تنظیم و شار ماکزیمم در هسته چه مقدار است؟ (آزاد ۹۲)

۱) ۱۱% و ۰/۰۲۸ وبر ۲) ۵% و ۰/۰۲ وبر ۳) −۵% و ۰/۰۲۸ وبر ۴) −۴/۷% و ۰/۰۲ وبر

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث افت ولتاژ و درصد تنظیم ترانسفورمرها / ترانسفورمرهای انشعاب‌دار

**۱ــ گزینه «۱»** با فرض اینکه بار داده شده اهمی سلفی باشد (!) با توجه به رابطه درصد تنظیم می‌توان نوشت:

$$\%V.R = K_c(R_{eq}(P.U)\cos\varphi + X_{eq}(P.U)\sin\varphi)\times 100 = 1\times(0/03\times 0/8 + 0/045\times 0/6)\times 100 = 5/1\%$$

---

**۲ــ گزینه «۲»** چون در ۱۰٪ ولتاژ نامی جریان اتصال کوتاه نامی از سیم‌بندی‌ها عبور نموده پس $\%Z = \%10$ است لذا:

$$\begin{cases}\%U_k = \%Z_{eq} = 10\% \\ \%R_{eq} = 5\%\end{cases} \Rightarrow \%X_{eq} = \sqrt{\%Z_{eq} - \%R_{eq}} = \sqrt{10^2 - 5^2} = 8/6\%$$

با قرارگیری این مقادیر در رابطه درصد تنظیم ولتاژ داریم:

$$\%V.R = K_c(R_{eq}(P.U)\cos\varphi + X_{eq}(P.U)\sin\varphi)\times 100 = 1\times(0/05\times 0/8 + 0/086\times 0/6)\times 100 = 9/16\%$$

---

**۳ــ گزینه «۴»** با توجه به اعمال ۲۲۰ V به اولیه در حالتی که ثانویه اتصال کوتاه است جریان نامی از ترانسفورماتور عبور نموده ولتاژ اتصال کوتاه نامی ترانسفورماتور برابر ۲۲۰ V است که مقدار درصدی یا پریونیتی آن برابر است با:

$$\%U_k = \frac{V_{sc_1}}{V_{1n}}\times 100 = \frac{220}{2200}\times 100 = 10\%$$

حداکثر تنظیم ولتاژ در هر ترانسفورماتور برابر امپدانس درصد آن است. یعنی:

$$\%V.R = \%U_k = \%Z = 10\%$$

---

**۴ــ گزینه «۴»** با فرض اینکه درصد تنظیم در بار نامی $(K_c = 1)$ با ضریب قدرت واحد (بار اهمی) خواسته شده می‌توان نوشت:

$$\%V.R = K_c(R_{eq}(P.U)\cos\varphi + X_{eq}(P.U)\sin\varphi)\times 100 = 1\times(0/03\times 0/8 + 0/05\times 0/6)\times 100 = \%5/4$$

---

**۵ــ گزینه «۴»** ابتدا باید ضریب بار ترانسفورماتور را با توجه به جریان بار اهمی داده شده به دست آورد:

$$I_{2n} = \frac{S_n}{V_{2n}} = \frac{10000}{200} = 50\,A \;,\; I_2 = 50\,A \Rightarrow K_c = \frac{I_2}{I_{2n}} = \frac{50}{50} = 1$$

با اعمال مقادیر داده شده به معادله درصد تنظیم ولتاژ داریم:

$$V.R = K_c(R_{eq}\cos\varphi \pm X_{eq}\sin\varphi) \xrightarrow[\cos\varphi=1]{\text{بار اهمی}} V.R = 1(0/03\times 1 + 0) = 0/03\ P.U = \%3$$

با توجه به درصد تنظیم به دست آمده می‌توان گفت ولتاژ بار کامل ۳٪ کمتر از ولتاژ بی‌باری است لذا:

$$V_{2FL} = (1 - 0/03)V_{2NL} = 0/97\times 200 = 194\,V$$

---

**۶ــ گزینه «۲»** تنظیم ولتاژ حداکثر ترانسفورماتور همواره برابر است با $|Z_{eq}(P.U)|$ که در این تست برابر ۵٪ یا $0/05$ است. تنظیم ولتاژ حداقل نیز در بار خازنی خالص رخ داده و برابر $-X_{eq}(P.U)$ است که در این تست $-0/04\,P.U$ یا $-4\%$ است. (البته در هر دو مورد فوق در بار نامی صادق است)

$$\sqrt{0/03^2 + 0/04^2} = 0/05$$

---

**۷ــ گزینه «۱»** چون ضریب توان بار بحرانی داده شده می‌توان تلفات مسی نامی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\cos\varphi_{cr} = 0/8 \Rightarrow \sin\varphi_{cr} = 0/6 \Rightarrow \sin\varphi_{cr} = \frac{R_{eq}}{Z_{eq}} \Rightarrow 0/6 = \frac{R_{eq}}{\%5} \Rightarrow R_{eq} = 3\% = P_{cu_n} \Rightarrow P_{cu_n}(P.U) = 0/03\,P.U$$

---

**۸ــ گزینه «۴»** با توجه به اینکه درصد تنظیم ولتاژ در ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز به همراه مقاومت اهمی ترانسفورماتور داده شده داریم:

$$\%V.R = K_c(R_{eq}\cos\varphi \pm X_{eq}\sin\varphi) \Rightarrow 4 = 1\times(2\times 0/8 + X_{eq}\times 0/6) \Rightarrow X_{eq} = 4\%$$

با محاسبه $X_{eq}$ ترانسفورماتور و داشتن $R_{eq}$ آن درصد تنظیم ولتاژ در بار نامی با ضریب قدرت ۰/۸ پیش فاز برابر است با:

$$\%V.R = 1\times(2\times 0/8 - 4\times 0/6) = -0/8\%$$

**۹ـ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** اگر بازده داده شده در ۱/۵ برابر بار نامی مربوط به بار اهمی خالص باشد داریم:

$$\eta=\frac{K_cS_n\cos\varphi}{K_cS_n\cos\varphi+K_c^2P_{cu_n}+P_{fe}}\xrightarrow[\cos\varphi=1]{\div S_n}\eta=\frac{K_c}{K_c+K_c^2P_{cu_n}(P.U)+P_{fe}(P.U)}\xrightarrow[\eta=0/8]{K_c=1/5}$$

$$0/8=\frac{1/5}{1/5+1/5^2P_{cu_n}(P.U)+P_{fe}(P.U)}\xrightarrow{\frac{P_{fe}}{P_{cu_n}}=\frac{1}{1/5}}P_{cu_n}(P.U)=0/1285P.U$$

از آنجائیکه همواره مقدار پریونیتی تلفات مسی نامی برابر مقاومت معادل پریونیتی است تنظیم ولتاژ در بار اهمی نامی برابر است با:

$$V.R=K_c(R_{eq}(P.U)\cos\varphi\pm X_{eq}(P.U)\sin\varphi)\xrightarrow[R_{eq}(P.U)=P_{cu_n}(P.U)]{\cos\varphi=1\ K_c=1}V.R=P_{cu_n}(P.U)\Rightarrow V.R=0/128P.U=12/85\%$$

---

**۱۰ـ گزینه «۳»** اگر در حالت اتوترانسفورمری نیز سیم‌بندی‌ها در مقادیر نامی کار کنند اندازه افت ولتاژ در هر سیم‌بندی ثابت می‌ماند اما چون در حالت اتو ترانسفورمری نسبت تبدیل تغییر نموده داریم:

$$\begin{cases}\Delta V_{eq_{A.T}}=\frac{1}{a_{A.T}}\Delta V_1+\Delta V_2\\ \Delta V_{eq_{T.R}}=\frac{1}{a_{T.R}}\Delta V_1+\Delta V_2\end{cases}\xrightarrow{\text{با صرف نظر کردن از }\Delta V_2}\frac{\Delta V_{eq_{A.T}}}{\Delta V_{eq_{T.R}}}=\frac{a_T}{a_A}=\frac{\frac{400}{200}}{\frac{600}{200}}=\frac{2}{3}\Rightarrow\frac{\%V.R_{A.T}}{\%V.R_{T.R}}=\frac{2}{3}$$

---

**۱۱ـ گزینه «۱»** چون تنظیم ولتاژ در نصف بار نامی خواسته شده $K_c=\frac{1}{2}$ لحاظ می‌شود لذا:

$$\%V.R=K_c(R_{eq}(P.U)\cos\varphi_2\pm X_{eq}(P.U)\sin\varphi_2)\times100=\frac{1}{2}(0/03\times0/8+0/05\times0/6)\times100=2/7\%$$

---

**۱۲ـ گزینه «۴»** حداکثر درصد تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور برابر با امپدانس درصد آن بوده لذا $\%V.R=8\%$ است پس باید ولتاژ اولیه ۸% بیشتر از نامی باشد تا ولتاژ خروجی افت نکند.

---

**۱۳ـ گزینه «۳»** از آنجائی‌که تنظیم ولتاژ در ضریب قدرت ۰/۸ صفر می‌شود. می‌توان گفت $\cos\varphi_{cr}=0/8$ است لذا با توجه به رابطه مربوط به $\cos\varphi_{cr}$ داریم:

$$\cos\varphi_{cr}=\frac{X_{eq}}{Z_{eq}}\Rightarrow X_{eq}=0/8\times5\%=4\%$$

از طرفی می‌توان نوشت:

$$Z_{eq}=\sqrt{R_{eq}^2+X_{eq}^2}\Rightarrow R_{eq}=\sqrt{5^2-4^2}=3\%=P_{cu_m}(P.U)$$

یعنی تلفات مسی در بار نامی $0/03P.U$ است. حال که تلفات مسی در بار نامی را داریم در نصف بار نامی $(K_c=\frac{1}{2})$ می‌توان نوشت:

$$P_{cu}=(\tfrac{1}{2})^2P_{cu_n}=\frac{1}{4}P_{cn_n}=\frac{1}{4}\times0/03=0/0075P.U=0/75\%$$

---

**۱۴ـ گزینه «۱»** حداکثر تنظیم ولتاژ ترانسفورماتورها در باری رخ می‌دهد که ضریب قدرت آن برابر $\cos\varphi_2=\cos\varphi_{max}=\frac{r_{e_2}}{z_{e_2}}=\frac{r_{e_1}}{z_{e_1}}$ باشد. (جهت درک بهتر به صفحه مبحث درصد تنظیم ولتاژ در فصل چهارم کتاب مراجعه نمایید)

---

**۱۵ـ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.** اطلاعات داده شده در صورت تست در تناقض با یکدیگرند زیرا نسبت تبدیل ترانسفورماتور $\frac{500}{50}=10$ است، لذا در صورت اعمال ولتاژ $2200V$ به اولیه ولتاژ بی‌باری ثانویه باید $\frac{2200}{10}=220V$ باشد نه $231V$ که در صورت تست به آن اشاره شده است.

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث اتوترانسفورمرها

۱ــ یک اتوترانسفورماتور تکفاز ۳۶ W و ۲۲۰/۱۲ V بار اهمی نامی را تغذیه می‌کند. توان هدایتی این ترانسفورماتور برابر است با : (آزاد ۸۳)

۱) ۲W ۲) ۳۶W ۳) ۱۸W ۴) ۳۴W

۲ــ یک اتوترانسفورماتور با ضریب تبدیل ۰/۸ ، بار ۱۰kW را تغذیه می‌کند. توانی که به صورت القایی منتقل می‌شود چند kW است؟ (آزاد ۸۴)

۱) ۸ ۲) ۰/۸ ۳) ۱۰ ۴) ۲

۳ــ یک ترانسفورماتور $\frac{۶۰۰}{۱۲۰}$V به صورت اتوترانسفورماتور در می‌آید توان ترانسفورماتوری آن چند برابر توان هدایتی آن است؟ (آزاد ۸۵)

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

۴ــ یک ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه ۱۰kVA و ۴۰۰/۲۰۰ V به صورت اتوترانسفورماتور در می‌آید قدرت آن چند برابر می‌شود؟ (آزاد ۸۶)

۱) ۱ و ۲ ۲) ۱/۵ و ۳ ۳) ۲ و ۳ ۴) ۲/۵ و ۳/۵

۵ــ یک اتوترانسفورماتور ۲۰۰/۱۰۰V که به صورت ترانسفورماتور در می‌آید چه کاربردی دارد؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) به عنوان ترانسفورماتور افزاینده بکار می‌رود.
۲) به عنوان ترانسفورماتور کاهنده به کار می‌رود.
۳) به عنوان ترانسفورماتور اندازه‌گیری به کار می‌رود.
۴) به عنوان ترانسفورماتور ایزوله به کار می‌رود.

۶ــ یک اتوترانسفورماتور ۱۰۰W، $\frac{۱۲۰}{۱۲}$V بار نامی را تغذیه می‌کند. توان هدایتی ترانسفورماتور عبارتست از: (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) ۵۰W ۲) ۱۰۰W ۳) ۱۰W ۴) ۹۰W

۷ــ ترانسفورماتور تک‌فاز دو سیم‌پیچه ۶۰۰/۳۰۰V به قدرت ۱۵۰kVA به صورت اتوترانسفورماتور بسته می‌شود. قدرت تیپ آن چند برابر می‌گردد؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۱ و ۲ ۲) ۱/۵ و ۳ ۳) ۲ و ۳ ۴) ۲/۵ و ۳/۵

۸ــ اگر یک ترانسفورماتور به صورت اتوترانسفورماتور متصل گردد تلفات بار کامل در اتوترانسفورماتور نسبت به ترانسفورماتور برابر است با: (آزاد ۹۲)

K نسبت به تبدیل اتوترانسفورماتور می‌باشد.

۱) $۱-K$ ۲) $\frac{۱}{۱-K}$ ۳) K ۴) $\frac{۱}{K}$

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث اتوترانسفورمرها

**۱ــ گزینه «۱»** با توجه به ولتاژهای فشار قوی و ضعیف داده شده می‌توان قدرت‌های القایی $(S_T)$ و هدایتی $(S_C)$ را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$S_T = S_۲\frac{V_H - V_L}{V_H} = ۳۶\times(\frac{۲۲۰-۱۲}{۲۲۰}) = ۳۴\ VA \Rightarrow S_C = ۳۶-۳۴ = ۲\ VA = ۲W \quad \text{یا} \quad S_C = S_۲\frac{V_L}{V_H} = ۳۶\times\frac{۱۲}{۲۲۰} \simeq ۲VA = ۲W$$

**۲ــ گزینه «۴»** چون ضریب تبدیل کوچکتر از یک است لذا اتوترانسفورماتور افزاینده است یعنی فشار قوی آن ثانویه و فشار ضعیف آن اولیه است. در این صورت داریم:

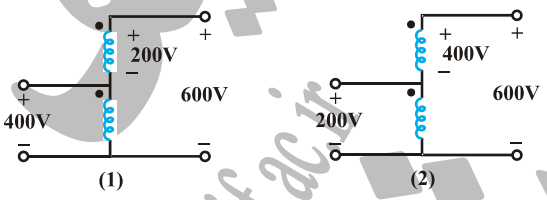
$$S_T = S_۲(\frac{V_H - V_L}{V_H}) = S_۲(\frac{V_۲ - V_۱}{V_۲}) = S_۲(۱-\frac{V_۱}{V_۲}) = ۱۰(۱-۰/۸) = ۲kW$$

**۳ــ گزینه «۴»** بسته به اینکه نسبت تبدیل اتوترانسفورماتور تشکیل‌شده چقدر باشد می‌توان به اعداد مختلفی دست یافت اما با فرض اینکه اتوترانسفورماتور ۶۰۰/۷۲۰ ولت باشد، داریم:

$$S_{AT} = S_{TR}(\frac{V_H}{V_H - V_L}) \Rightarrow S_{AT} = S_{T.R}(\frac{۷۲۵}{۷۲۰-۶۰۰}) \Rightarrow S_{A.T} = ۶S_{T.R} \quad \text{و} \quad S_{A.T} = S_{T.R} + S_C$$

$$\Rightarrow S_C = ۶S_{T.R} - S_{T.R} = ۵S_{T.R} \Rightarrow \frac{S_{T.R}}{S_C} = \frac{۱}{۵}$$

**۴ــ گزینه «۲»** در تبدیل ترانسفورماتور داده شده به اتوترانسفورماتور دو طرح زیر کاربردی‌ترند. (دقت شود که هر دو طرح دارای اتصال اضافی هستند)




$$S_{AT} = S_{TR}\frac{V_H}{V_H - V_L} \begin{cases} \text{طرح (۱)} \rightarrow \frac{S_{AT}}{S_{TR}} = \frac{۶۰۰}{۶۰۰-۴۰۰} = ۳ \\ \text{طرح (۲)} \rightarrow \frac{S_{AT}}{S_{TR}} = \frac{۶۰۰}{۶۰۰-۲۰۰} = ۱/۵ \end{cases}$$

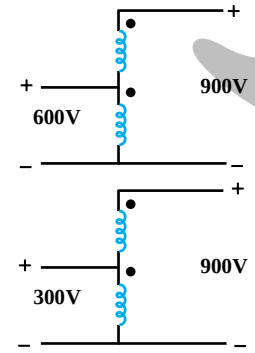
**۵ــ گزینه «۴»** اتوترانسفورماتور داده شده دارای نسبت تبدیل ۲۰۰/۱۰۰ ولت است. پس مدار معادل آن به صورت زیر است:

دیده می‌شود که هر سیم‌بندی این اتوترانسفورماتور دارای ولتاژ ۱۰۰V است پس اگر به یک ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه مجزا تبدیل شود نسبت تبدیل قابل دسترسی ۱۰۰/۱۰۰V خواهد بود یعنی به یک ترانسفورماتور ایزوله کننده می‌رسیم.

**۶ــ گزینه «۳»** با توجه به ولتاژهای فشار قوی و فشار ضعیف می‌توان نوشت:

$$P_T = ۱۰۰\times\frac{۱۲۰-۱۲}{۱۲۰} = ۹۰\,W \Rightarrow P_C = ۱۰۰-۹۰ = ۱۰\,W$$

**۷ــ گزینه «۲»** قدرت تیپ اتوترانسفورماتورها همان قدرت یا توان عبوری از هسته است که همواره برابر توان نامی ترانسفورماتور اصلی است. یعنی از این دید تست گزینه صحیح ندارد. اما اگر منظور طراح، قدرت خروجی اتوترانسفور باشد می‌توان گفت در تبدیل ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه ۶۰۰/۳۰۰V به اتوترانسفورماتور دو حالت زیر (اتصال اضافی) کاربردی‌ترند.




$$V_H = ۹۰۰V\ ,\ V_L = ۶۰۰V \Rightarrow S_{AT} = S_{TR}\frac{V_H}{V_H - V_L} \Rightarrow \frac{S_{AT}}{S_{TR}} = \frac{V_H}{V_H - V_L} = \frac{۹۰۰}{۹۰۰-۶۰۰} = ۳$$

$$V_H = ۹۰۰V\ ,\ V_L = ۳۰۰V \Rightarrow \frac{S_{AT}}{S_{TR}} = \frac{V_H}{V_H - V_L} = \frac{۹۰۰}{۹۰۰-۳۰۰} = ۱/۵$$

**۸ـ گزینه «۲»** در تبدیل ترانسفورماتور به اتوترانسفورماتور جریان عبوری از هر سیم‌بندی و ولتاژ القایی در هر سیم‌بندی تغییری نسبت به قبل نکرده لذا تلفات آن تغییر نمی‌کند اما اگر منظور از تست توان خروجی اتوترانس نسبت به ترانس اصلی باشد می‌توان نوشت:

$$\frac{S_{۲AT}}{S_{۲TR}}=\frac{\frac{S_T\,V_H}{V_H-V_L}}{S_{۲TR}}\xrightarrow[\frac{V_H}{V_H}=K]{S_T=S_{۲TR}}=\frac{۱}{۱-K}$$

البته به طور حتم حل این سؤال برای شما داوطلبین عزیز « اما و اگر» های بسیاری به همراه دارد که بنده همواره به شما حق می‌دهم ولی توجه داشته باشید که چاره‌ای جز انتخاب بهترین یا نزدیکترین گزینه را نداشته و یا از روی گزینه‌ها باید راه‌حل را بیابیم.

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث موازی کردن ترانسفورمرها

**۱ــ دو ترانسفورماتور تکفاز یکی ۱۰۰ kVA با مقاومت ظاهری ۲% و دیگری ۱۵۰kVA با مقاومت ظاهری ۳% به صورت موازی کار می‌کنند. حداکثر توانی که می‌توان از این دو ترانسفورماتور گرفت بدون آنکه بار اضافی تحمل کنند برابر است با:** (آزاد ۸۰)

۱) ۲۵۰ kVA ۲) ۳۰۰ kVA ۳) ۲۰۰ kVA ۴) ۴۰۰ kVA

**۲ــ ولتاژ اتصال کوتاه دو ترانسفورماتور ۵۰۰kVA و ۴۰۰kVA یکفاز به ترتیب ۵% و ۶% است. نسبت سهم بار آنها برابر است با:** (آزاد ۸۲)

۱) ۱/۲ ۲) ۲/۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱/۸۳

**۳ــ دو ترانسفورماتور سه فاز که با هم بطور موازی کار می‌کنند، تنها دارای امپدانس درصدهای متفاوتند. اگر ضریب توان بار ۰/۸ پس فاز باشد:** (آزاد ۸۳)

۱) هر دو ترانسفورماتور در ضریب توان ۰/۸ کار می‌کنند.
۲) یکی از ترانسفورماتورها با اضافه بار روبرو می‌شود.
۳) هر دو ترانسفورماتور با اضافه بار روبرو می‌شوند.
۴) هر دو ترانسفورماتور با ضریب توان پیش‌فاز کار می‌کنند.

**۴ــ دو ترانسفورماتور که با هم موازی کار می‌کنند دارای درصد امپدانس متفاوت هستند اگر ضریب توان بار ۰/۸ پس فاز باشد:** (آزاد ۸۶)

۱) هر دو ترانسفورماتور در ضریب توان کمتر از ۰/۸ پس‌فاز کار می‌کنند.
۲) یکی از ترانسفورماتورها در ضریب توان بیش از ۰/۸ پس‌فاز و دیگری در ضریب توان کمتر از ۰/۸ پس‌فاز کار می‌کند.
۳) هر دو ترانسفورماتور در ضریب توان بیشتر از ۰/۸ پس‌فاز کار می‌کنند.
۴) هر دو ترانسفورماتور در ضریب توان مساوی کار می‌کنند.

**۵ــ دو ترانسفورماتور ۵۰۰kVA و ۲۵۰kVA با درصد امپدانسهای مختلف موازی کار می‌کنند. اگر بار ۷۵۰kVA باشد:** (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) یکی از ترانسفورماتورها با اضافه بار روبرو می‌شود.
۲) بار بین آنها مساوی تقسیم می‌شود.
۳) هر دو با توان نامی کار می‌کنند.
۴) هر دو با اضافه بار روبرو می‌شوند.

**۶ــ در دو ترانسفورماتور ۵۰۰kVA – ۴% و ۸۰۰kVA – ۳% موازی بار ۱P.U چگونه بین آنها تقسیم می‌شود؟** (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۶۸ و ۳۲ درصد ۲) ۳۲ و ۶۸ درصد ۳) ۵۷ و ۴۳ درصد ۴) ۴۳ و ۵۷ درصد

**۷ــ در دو ترانسفورماتور $Z_a = Z_b(\Omega)$ توان ۳۰۰MW چگونه بین آنها تقسیم می‌شود؟** (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۵۰MW,۱۵۰MW ۲) ۲۰۰MW,۱۰۰MW ۳) ۲۵۰MW,۵۰MW ۴) ۱۰۰MW,۲۰۰MW

**۸ــ دو ترانسفورماتور تک‌فاز یکی به قدرت ۱۰۰kVA و امپدانس ۲% و دیگری ۱۵۰kVA با امپدانس ۳% به صورت موازی کار می‌کنند. وقتی که از ترانسفورماتور ۱۵۰kVA توان نامی گرفته می‌شود، توان تحویلی ترانسفورماتور ۱۰۰kVA چقدر است؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۷۵ kVA ۲) ۱۵۰ kVA ۳) ۱۲۵ kVA ۴) ۱۰۰kVA

**۹ــ دو ترانسفورماتور یکی ۵۰۰kVA با امپدانس ۴% و دیگری ۱۰۰۰kVA با امپدانس ۵% با نسبت تبدیل مساوی بطور موازی کار می‌کنند. حداکثر توان انتقالی مجاز آنها چند kVA است؟** (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۳۰۰ ۲) ۱۵۰۰ ۳) ۷۵۰ ۴) ۱۲۵۰

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم ــ مبحث موازی کردن ترانسفورمرها

**۱ــ گزینه «۳»** ابتدا باید امپدانس درصدها را در یک مبنا محاسبه نمود، برای این منظور چنانچه $S_b = ۱۵۰\,kVA$ در نظر گرفته شود داریم:

$$Z_۱ = U_{k_۱} = \frac{۱۵۰}{۱۰۰} \times ۰/۰۲ = ۰/۰۳\,P.U \quad و \quad Z_۲ = U_{k_۲} = ۰/۰۳\,P.U$$

ترانسفورماتوری که توان کمتری دارد زودتر دچار اضافه بار می‌شود لذا:

$$S_۱ = S_L \times \frac{Z_۲}{Z_۲ + Z_۱} \Rightarrow ۱۰۰ = S_L \frac{۰/۰۳}{۰/۰۳ + ۰/۰۳} \Rightarrow S = ۲۰۰ kVA$$

---

**۲ــ گزینه «۳»** ابتدا باید امپدانس درصد دو ترانسفورماتور در یک مبناء محاسبه شود، لذا اگر $S_{b_{new}} = ۵۰۰\ kVA$ در نظر گرفته شود داریم:

$$Z_{۲_{new}} = \frac{S_{b_{new}}}{S_{b_{old}}} Z_{۲_{old}} = \frac{۵۰۰}{۴۰۰} \times ۰/۰۶ = ۰/۰۷۵\ P.U \quad و \quad Z_{۱_{new}} = Z_{۱_{old}} = ۰/۰۵\ P.U$$

با توجه به اینکه در ترانسفورماتورهای موازی نسبت توان‌ها (سهم بارها) عکس امپدانس ترانسفورماتورها است داریم:

$$\frac{S_۱}{S_۲} = \frac{Z_۲}{Z_۱} \Rightarrow \frac{S_۱}{S_۲} = \frac{۰/۰۷۵}{۰/۰۵} = ۱/۵$$

---

**۳ــ گزینه «۲»** چنانچه فقط امپدانس درصد دو ترانسفورماتور موازی با یکدیگر برابر نبوده و سایر شرایط (نظیر توان‌ها) یکی باشند ترانسفورماتوری که امپدانس درصد کمتری دارد ممکن است دچار اضافه بار شود. دقت شود که اگر بخواهیم ضریب قدرت کاری ترانسفورماتورها را بدانیم باید به جز نسبت امپدانس‌ها نسبت $\frac{R}{X}$ ترانسفورماتورها نیز مشخص باشد. در چنین شرایطی اگر $\frac{R}{X}$ دو ترانسفورماتور یکسان باشد ضریب توان آن‌ها یکسان است.

---

**۴ــ هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نیست.**

در ترانسفورماتورهای موازی اگر $\%Z_{eq}$ها یکی نباشد اما نسبت $\frac{X_{eq}}{R_{eq}}$ در ترانسفورماتور یکی باشد هر دو ترانسفورماتور در یک ضریب توان کار می‌کنند و اگر نسبت $\frac{X_{eq}}{R_{eq}}$ دو ترانسفورماتور یکی نباشد هر ترانسفورماتوری که در آن $\varphi_{eq} = tg^{-۱}\frac{X_{eq}}{R_{eq}}$ بزرگتر باشد در ضریب توان کمتری کار می‌کند.

---

**۵ــ گزینه «۱»** چون بار موجود $(۷۵۰\,kVA)$ برابر مجموع توان نامی دو ترانسفورماتور است $(۵۰۰ + ۲۵۰\,kVA)$ لذا هر ترانسفورماتور که امپدانس درصد کوچکتری دارد دچار اضافه بار می‌شود.

---

**۶ــ گزینه «۲»** ابتدا باید هر دو ترانسفورماتور $\%Z$ را در یک مبنا $P.U$ نمود، لذا:

$$\%Z_۱(new) = \frac{S_b\,(new)}{S_b\,(old)} \times Z_۱(old) = \frac{۸۰۰}{۵۰۰} \times ۴ = ۶/۴\%$$

حال که هر دو امپدانس بر یک مبنا پریونیت شده‌اند می‌توان سهم بار هر ترانسفورماتور را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$S_۱ = \frac{Z_۲}{Z_۱ + Z_۲} S = \frac{۳}{۳ + ۶/۴} S = ۰/۳۲S \Rightarrow S_۱ = \%۳۲S \Rightarrow S_۲ = (۱ - ۰/۳۲)S = ۰/۶۸S \Rightarrow S_۲ = \%۶۸S$$

---

**۷ــ گزینه «۱»** با توجه به برابری امپدانس دو ترانسفورماتور مورد بحث حتماً توزیع بار بین آنها یکسان می‌باشد لذا:

$$S_a = \frac{Z_b}{Z_a + Z_b} S \xrightarrow{Z_a = Z_b} S_a = \frac{Z_b}{Z_b + Z_b} \times ۳۰۰ \Rightarrow S_a = ۱۵۰\,MW \Rightarrow S_b = ۱۵۰\,MW$$

**۸ـ گزینه «۲»** ابتدا باید امپدانس درصد معادل دو ترانسفورماتور را بصورت مقابل بدست آورد:

$$\%U_{k_{eq}} = \frac{\sum S_n}{\frac{S_{n_1}}{U_{k_1}} + \frac{S_{n_2}}{U_{k_2}}} = \frac{۱۰۰+۵۰}{\frac{۱۰۰}{۲}+\frac{۱۵۰}{۳}} = ۲/۵\%$$

بار ترانسفورماتور دوم مشخص است لذا:

$$S_۲ = S_{n_۲}\frac{S_L}{S_{n_۱}+S_{n_۲}} \times \frac{U_{k_{eq}}}{U_{k_۲}} \Rightarrow ۱۵۰ = ۱۵۰\frac{S_L}{۱۰۰+۱۵۰}\frac{۲/۵}{۳} \Rightarrow S_L = ۳۰۰kVA = S_۱ + S_۲ \Rightarrow S_۱ = ۳۰۰-۱۵۰ = ۱۵۰kVA$$

**۹ـ گزینه «۱»** ابتدا باید $\%Z$ هر دو ترانسفورماتور بر مبنای ترانسفورماتور بزرگتر محاسبه شود:

$$Z_{۱_{new}} = \frac{S_{b_{new}}}{S_{b_{old}}} Z_{۱_{old}} = \frac{۱۰۰۰}{۵۰۰} \times ۰/۰۴ = ۰/۰۸ \text{ P.U}$$

از آنجائیکه ترانسفورماتور $۵۰۰kVA$ امپدانس درصد کمتری دارد بیشتر در خطر اضافه بار شدن است پس باید حداکثر بار بر مبنای توان نامی آن تعیین گردد لذا:

$$S_۱ = \frac{Z_۱}{Z_۱+Z_۲} S \Rightarrow ۵۰۰ = \frac{۰/۰۵}{۰/۰۵+۰/۰۸} \times S \Rightarrow S = ۱۳۰۰kVA$$

www.modaresanesharif.ac.ir مدرسان شریف

# فصل پنجم

## «ماشین‌های آسنکرون (القایی)»

### تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ـ مبحث اصول اولیه موتورهای القایی

**۱ـ در یک ماشین دو تحریکه دو قطب، استاتور اتصال کوتاه است و روتور با جریان متناوب با فرکانس $\omega_r$ تحریک می‌شود. سرعت نامی ماشین برابر است با:** (آزاد ۸۳)

۱) $\omega_s - \omega_r$ ۲) $\omega_s + \omega_r$ ۳) $\omega_r - \omega_s$ ۴) صفر

**۲ـ روتور ۶ قطبی ماشین القایی سه فاز روتور سیم‌بندی شده را می‌توان برای موتور چند قطب و چند فاز بکار گرفت؟** (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) فقط موتور ۶ قطب و سه فاز
۲) فقط موتور ۶ قطب و چند فازه
۳) فقط موتورهای ۶ قطب و ۱۲ قطب سه فاز
۴) برای هر تعداد قطب و سه فاز

**۳ـ در یک موتور القائی سه فاز، تعداد قطب‌ها از چهار قطب به شش قطب تغییر می‌نماید، در لحظه تغییر تعداد قطب‌ها ماشین به چه صورتی کار می‌کند؟** (آزاد ۹۱)

۱) موتوری ۲) مولدی ۳) ترمزی ۴) بستگی به بار دارد.

**۴ـ دو موتور آسنکرون A و B به صورت هم محور بسته شده‌اند. استاتور موتور B از روتور موتور A تغذیه می‌شود. اگر موتور A دارای $P_1$ قطب با لغزش $S_1$ باشد، لغزش موتور B با تعداد $P_2$ قطب چقدر خواهد شد؟** (دکتری ۹۱)

۱) $1-\frac{P_1}{P_2}.\frac{1-S_1}{S_1}$ ۲) $\frac{P_1}{P_2}.\frac{1-S_1}{S_1}$ ۳) $\frac{P_2}{P_1}.\frac{1-S_1}{S_1}$ ۴) $1-\frac{P_2}{P_1}.\frac{1-S_1}{S_1}$

**۵ـ استاتور یک موتور القایی سه فاز هشت قطب را به منبع $60Hz$ و روتور آن را به یک منبع با فرکانس $30Hz$ متصل می‌کنیم، سرعت موتور برابر است با:** (آزاد ۹۲)

۱) ۱۳۴۰ rpm ۲) ۱۳۵۵ rpm ۳) قابل محاسبه نیست. ۴) موتور راه نمی‌افتد.

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث اصول اولیه موتورهای القایی

**۱ــ گزینه «۳»** چنانچه فرکانس جریان‌های روتور و استاتور یکی نباشند:

الف) اگر استاتور تغذیه و روتور اتصال کوتاه باشند، سرعت روتور برابر $\omega_m = \omega_s - \omega_r$ می‌باشد.

ب) اگر روتور تغذیه و استاتور اتصال کوتاه باشند، سرعت روتور برابر $\omega_m = \omega_r - \omega_s$ می‌باشد.

**۲ــ گزینه «۲»** تعداد فازهای رتور و استاتور می‌تواند یکسان نباشد اما تعداد قطب‌های آن باید همواره برابر باشند.

**۳ــ گزینه «۲»** در حالتی که تعداد قطب‌ها ۴ عدد است میدان دوار استاتور با سرعت $N_{s_1}$ چرخیده و رتور نیز با سرعتی نزدیک به این مقدار به دنبال آن می‌چرخد. حال اگر تعداد قطب‌ها به ۶ عدد افزایش یابد سرعت میدان دوار استاتور بطور ناگهانی به $\frac{۲}{۳}N_{s_1}$ کاهش می‌یابد. اما رتور به علت اینرسی که دارد همچنان در حدود سرعت $N_{s_1}$ می‌چرخد.

لذا برای مدت زمان کوتاهی، سرعت رتور بیش از سرعت میدان دوار استاتور شده در نتیجه لغزش منفی و ماشین تبدیل به **مولد القایی** می‌گردد. باید دقت داشت که رفتار مولدی سبب می‌شود که ماشین توان اکتیو به شبکه تزریق نماید لذا رفتار مولدی آن تا جایی ادامه می‌یابد که مازاد انرژی جنبشی محور (ناشی از سرعت قبلی) بصورت توان اکتیو به شبکه تزریق شود. در نتیجه بعد از چند لحظه که انرژی مورد اشاره تخلیه گردید سرعت محور به همان حدود $\frac{۲}{۳}N_{s_1}$ رسیده و بکار خود ادامه می‌دهد.

**۴ــ گزینه «۴»** همانطور که در مثال‌های متن درسنامه اثبات شد در اتصال آبشاری موتورها، لغزش موتور دوم برابر است با:

$$S_۲ = ۱ - \frac{P_۲}{P_۱}.\frac{۱-S_۱}{S_۱}$$

**۵ــ گزینه «۳»** در اتصال موتورهای سه فاز به صورت تغذیه دوگانه به راحتی می‌توان اثبات نمود که سرعت محور به منظور ایجاد گشتاور پایدار از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$N_m = \frac{۱۲۰(f_s \pm f_r)}{P} = \frac{۱۲۰(۶۰ \pm ۳۰)}{۸} = ۱۳۵۰\,rpm\ ,\ ۴۵۰\,rpm$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث مدار معادل، تلفات و راندمان موتورهای القایی

۱ــ در یک موتور القایی سه فاز ۶ قطب ۵۰Hz و ۱۲hp و ۹۵۰rpm تلفات مسی استاتور ۱kW و تلفات آهنی ۰/۵kW و تلفات مکانیکی ناچیز است. بازده ماشین برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۱)

۱) ۸۵٪ ۲) ۸۲٪ ۳) ۸۲/۶٪ ۴) ۸۵/۸٪

۲ــ توان ورودی یک موتور القایی سه فاز ۴kW و تلفات کل استاتور ۱۰۰W و تلفات مکانیکی آن ۲۰۰W است. اگر لغزش موتور ۰/۰۴ باشد، بازده آن چند درصد است؟ (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۸۹/۴ ۲) ۸۸/۶ ۳) ۹۰/۲ ۴) ۸۵/۵

۳ــ در یک موتور القایی سه فاز ۸ قطب ۵۰Hz و ۷۰۰rpm توان ورودی ۵kW است. تلفات استاتور ۱۰۰W و تلفات مکانیکی ۱۵۰W است. بازده این موتور برابر است با : (برق ـ آزاد ۸۳)

۱) ۷۸/۴ ۲) ۸۵/۴ ۳) ۹۲/۴ ۴) ۸۸/۴

۴ــ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz و ۵hp تلفات مکانیکی ۴۰W و سرعت نامی ۱۴۴۰rpm است. در صورتی که جریان روتور ۵A باشد مقاومت روتور چند اهم است؟ (۱ hp = ۷۴۶ W) (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۱

۵ــ یک موتور القایی سه فاز با اتصال ستاره ۱۰A از شبکه می‌گیرد در بار ثابت اگر اتصال مثلث شود جریان گرفته شده از شبکه چند آمپر است؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۱۰A ۲) $۱۰\sqrt{۳}$A ۳) $\frac{۱۰}{\sqrt{۳}}$A ۴) ۳۰A

۶ــ در یک موتور القایی سه فاز ۶ قطب ۵۰Hz سرعت نامی ۹۵۰rpm است. اگر تلفات چهارگانه موتور دربار معین با یکدیگر برابر باشند بازده آن چقدر است؟ (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۸۰% ۲) ۹۰% ۳) ۸۲% ۴) ۸۵%

۷ــ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz و ۶ قطب، ۹۷۰rpm و ۵۰kW تلفات آهن ومس استاتور هر کدام ۱kW و تلفات گردشی ۱/۵kW است. بازده این موتور چند درصد است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۹۱ ۲) ۸۱ ۳) ۸۵ ۴) ۷۱

۸ــ در یک موتور القائی سه فاز ۹kW و ۴ قطب و ۵۰Hz و ۱۴۴۰rpm تلفات استاتور ۲kW و تلفات گردشی ۰/۶kW است. بازده موتور چند درصد است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۷۵ ۲) ۸۵ ۳) ۹۵ ۴) ۸۰

۹ــ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz، چهار قطب با سرعت نامی ۱۴۲۵rpm تمامی تلفات داخلی موتور با هم برابرند، در این وضعیت بازده موتور چند درصد است؟ (قدرت ـ آزاد ۹۰)

۱) ۸۰% ۲) ۸۲% ۳) ۹۰% ۴) ۸۵%

۱۰ــ در یک موتور القائی سه فاز دو قطب ۱۴۴۰rpm و ۵۰Hz اگر تمامی تلفات موتور با هم برابر باشند، راندمان آن چند درصد می‌گردد؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۸۳% ۲) ۸۶% ۳) ۸۵% ۴) ۸۰٪

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث مدار معادل، تلفات و راندمان موتورهای القایی

**۱ــ گزینه «۲»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۶}=۱۰۰۰\ \text{rpm}\Rightarrow S=\frac{۱۰۰۰-۹۵۰}{۱۰۰۰}=۰/۰۵$$

با توجه به اینکه از تلفات مکانیکی صرف‌نظر شده می‌توان نوشت:

$$\Delta P_{mec}=۰\Rightarrow P_{conv}=P_۲=۱۲\times۷۴۶=۸۹۵۲\,W\Rightarrow P_{cu_r}=SP_{ag}=\frac{S}{۱-S}P_{conv}=\frac{۰/۰۵}{۱-۰/۰۵}\times۸۹۵۲=۴۷۱/۱۵W$$

با توجه به تلفات مسی به دست آمده و سایر تلفات‌های داده شده داریم:

$$\Delta P=۱۰۰۰+۵۰۰+۴۷۱/۱۵=۱۹۷۱/۱۵W\Rightarrow\eta=\frac{P_۲}{P_۲+\Delta P}\times۱۰۰=\frac{۸۹۵۲}{۸۹۵۲+۱۹۷۱/۱۵}\times۱۰۰=۸۱/۹۵\%$$

---

**۲ــ گزینه «۲»** با توجه به تلفات استاتور و لغزش رتور داریم:

$$P_{ag}=P_۱-\Delta P_s=۴-۰/۱=۳/۹\ \text{kW}\Rightarrow P_{conv}=P_{ag}(۱-S)=۳/۹(۱-۰/۰۴)=۳/۷۴۴\ \text{kW}$$

توان خروجی و راندمان برابرند با:

$$P_۲=P_{conv.}-\Delta P_{mec}=۳/۷۴۴-۰/۲=۳/۵۴۴\ \text{kW}\Rightarrow\%\eta=\frac{P_۲}{P_۱}\times۱۰۰=\frac{۳/۵۴۴}{۴}\times۱۰۰=۸۸/۶\%$$

---

**۳ــ گزینه «۴»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۸}=۷۵۰\ \text{rpm}\Rightarrow S=\frac{۷۵۰-۷۰۰}{۷۵۰}=۰/۰۶۶$$

توان تبدیل شده را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$P_{ag}=P_۱-\Delta P_s=۵-۰/۱=۴/۹\ \text{kW}\Rightarrow P_{conv}=P_{ag}(۱-S)=(۱-۰/۰۶۶)\times۴/۹=۴/۵۷\ \text{kW}$$

توان خروجی نیز با توجه به تلفات مکانیکی داده شده برابر است با:

$$P_۲=P_{conv}-\Delta P_{mec}=۴/۵۷-۰/۱۵=۴/۴۲\ \text{kW}\Rightarrow\%\eta=\frac{P_۲}{P_۱}\times۱۰۰=\frac{۴/۴۲}{۵}\times۱۰۰=۸۸/۴\%$$

---

**۴ــ گزینه «۲»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$S=\frac{۱۵۰۰-۱۴۴۰}{۱۵۰۰}=۰/۰۴$$

با توجه به توان خروجی و تلفات مکانیکی داده شده، توان تبدیل شده برابر است با:

$$P_۲=۵\times۷۴۶=۳۷۳۰\ W\ \Rightarrow P_{conv}=P_۲+\Delta P_{mec}=۳۷۳۰+۴۰=۳۷۷۰\ W$$

از روی این توان، تلفات مسی رتور برابر است با:

$$P_{cu_r}=\frac{S}{۱-S}\ P_{conv}=\frac{۰/۰۴}{۱-۰/۰۴}\times۳۷۷۰=۱۵۷W\ \Rightarrow R_r=\frac{P_{cu_r}}{۳|\vec{I}_r|^۲}=\frac{۱۵۷}{۳\times۵^۲}\simeq۲\Omega$$

---

**۵ــ گزینه «۱»** چون بار ثابت است لذا جریان خط در هر دو حالت یکی است اما جریان فازی در اتصال مثلث $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$ برابر جریان خط است.

---

**۶ــ گزینه «۳»** در سرعت نامی لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰f}{P}=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۶}=۱۰۰۰\ \text{rpm}\quad\text{و}\quad N_m=۹۵۰\ \text{rpm}\Rightarrow S=\frac{N_s-N_m}{N_s}=\frac{۱۰۰۰-۹۵۰}{۱۰۰۰}=۰/۰۵$$

با توجه به برابری تمامی تلفات ماشین می‌توان تلفات کل را برحسب یکی از آن‌ها که معمولاً تلفات مسی رتور است به صورت زیر نوشت:

$$\begin{cases}\Delta P=P_{fe_s}+P_{cu_s}+P_{cu_r}+\Delta P_{mec}\\ P_{fe_s}=P_{cu_s}=P_{cu_r}=\Delta P_{mec}\end{cases}\Rightarrow\Delta P=۴P_{cu_r}$$

با توجه به رابطه بین تلفات مسی رتور و توان الکترومغناطیسی داریم:

$$P_{cu_r}=SP_{ag}=S(P_1-P_{cu_s}-P_{fe_s})=S(P_1-2P_{cu_r}) \Rightarrow P_{cu_r}+2SP_{cu_r}=SP_1 \Rightarrow P_{cu_r}=\frac{S}{1+2S}P_1$$

حال که تلفات مسی رتور بر حسب توان ورودی به دست آمده می‌توان با جایگذاری در رابطه مربوطه راندمان به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\eta=\frac{P_1-\Delta P}{P_1}=\frac{P_1-(4P_{cu_r})}{P_1}=\frac{P_1-(4\times\frac{S}{1+2S})P_1}{P_1} \Rightarrow \eta=1-\frac{4S}{1+2S}=1-\frac{4\times 0/05}{1+(2\times 0/05)}=0/818\simeq 82\%$$

به جز روش فوق، رابطه راندمان را می‌توان با توجه به دیاگرام توازن قدرت بصورت زیر بدست آورد:

$$\eta=\frac{P_2}{P_1}=\frac{P_{ag}-P_{cu_r}-\Delta P_{mec}}{P_{ag}+P_{cu_s}+P_{fe_s}} \xrightarrow[P_{ag}=\frac{P_{cu_r}}{S}]{P_{cu_r}=P_{cu_s}=P_{fe_s}=\Delta P_{mec}} \eta=\frac{\frac{P_{cu_r}}{S}-P_{cu_r}-P_{cu_r}}{\frac{P_{cu_r}}{S}+P_{cu_r}+P_{cu_r}}=\frac{1-2S}{1+2S}=1-\frac{4S}{1+2S}$$

---

**۷ـ گزینه «۱»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{120\times 50}{6}=1000\,rpm \Rightarrow S=\frac{1000-970}{1000}=0/03$$

با توجه به دیاگرام توازن قدرت می‌توان قدرت تبدیل شده و در نهایت قدرت الکترومغناطیسی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$P_{conv.}=P_2+\Delta P_{mec}=50+1/5=51/5kW \Rightarrow P_{ag}=\frac{P_{conv.}}{1-S}=\frac{51/5}{1-0/03}=53kW$$

از روی قدرت الکترومغناطیسی، قدرت ورودی و راندمان برابرند با:

$$P_1=P_{ag}+P_{cu_s}+P_{fe_s}=53+1+1=55kW \Rightarrow \eta=\frac{P_2}{P_1}=\frac{50}{55}\simeq 0/91=91\%$$

---

**۸ـ گزینه «۱»** با توجه به سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{120\times 50}{4}=1500\,rpm \Rightarrow S=\frac{1500-1440}{1500}=0/04$$

توان تبدیل شده در موتور را می‌توان با استفاده از دیاگرام توازن قدرت به صورت زیر محاسبه نمود:

$$P_{conv}=P_2+P_{rot}=9+0/6=9/6kW \quad \text{و} \quad P_{ag}=\frac{P_{conv}}{1-S}=\frac{9/6}{1-0/04}=10kW$$

توان ورودی و راندمان برابرند با:

$$P_1=P_{ag}+\Delta P_s=10+2=12kW \Rightarrow \eta=\frac{P_2}{P_1}=\frac{9}{12}=0/75=75\%$$

---

**۹ـ گزینه «۲»** در سرعت نامی لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{120\times 50}{4}=1500\,rpm\ ,\ N_m=1425rpm \Rightarrow S=\frac{1500-1425}{1500}=0/05$$

همان طور که در متن درس اشاره و در حل تست شماره ۵۸ (آزاد ۸۶) نیز اثبات گردید در صورت برابری تلفات‌های ماشین راندمان برابر است با:

$$\eta=1-\frac{4S}{1+2S}=1-\frac{4\times 0/05}{1+(2\times 0/05)}\simeq 0/82 \text{ یا } 82\%$$

---

**۱۰ـ گزینه «۳»** سرعت رتور $1440\,rpm$ داده شده است لذا چون فرکانس نیز $50\,Hz$ است پس احتمالاً باید موتور ۴ قطب باشد (یعنی اینکه در صورت مسئله موتور دو قطب فرض شده صحیح نیست). لذا با این فرض جدید، لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{120f}{P}=\frac{120\times 50}{4}=1500\,rpm \Rightarrow S=\frac{1500-1440}{1500}=0/04$$

همانطور که در متن درس اشاره گردید اگر تلفات‌های ۴ گانه موتور برابر باشند می‌توان نوشت:

$$\eta=1-\frac{4S}{1+2S}=1-\frac{4\times 0/04}{1+2\times 0/04}=0/85 \text{ یا } 85\%$$

$$P_{cu_r}=3R_r|I_{rms}|^2 \Rightarrow R_r=\frac{42}{3\times 10^2}=1/4\Omega$$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث بررسی توان و گشتاور موتور القایی / بررسی مشخصه گشتاور سرعت

۱ــ در یک موتور القایی سه فاز ۴ قطب ۵۰Hz در ولتاژ و فرکانس نامی گشتاور راه‌اندازی ۱/۵ برابر گشتاور بار کامل و گشتاور حداکثر ۳ برابر گشتاور بار کامل است سرعت نامی این موتور چند rpm است؟ (برق ـ سراسری ۸۰)

۱) ۱۴۳۰ ۲) ۱۳۵۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۰۹۸

۲ــ در یک موتور آسنکرون سه فاز روتور سیم‌پیچی شده ۴ قطب و ۵۰Hz با سرعت نامی ۱۴۵۰rpm مقاومت رتور ۳ برابر می‌شود، با فرض شار ثابت و تلفات گردشی ثابت سرعت برابر می‌شود با: (برق ـ آزاد ۸۰)

۱) ۱۴۵۰rpm ۲) ۱۵۰۰rpm ۳) ۱۳۵۰rpm ۴) ۱۴۰۰ rpm

۳ــ در یک موتور القایی سه فاز ۶ قطب ۵۰Hz مقاومت هر فاز روتور ۰/۵Ω و راکتانس هر فاز آن ۵Ω است. سرعتی که در آن گشتاور حداکثر است چند rpm است؟ (برق ـ آزاد ۸۱)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۵۰۰ ۳) ۹۰۰ ۴) ۸۰۰

۴ــ در یک موتور القائی روتور سیم‌پیچی شده سه فاز ۴ قطب ۵۰Hz با سرعت نامی ۱۴۶۵ دور بر دقیقه مقاومت روتور را ۴ برابر می‌کنیم. سرعت موتور با فرض شار ثابت و تلفات گردشی ثابت برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۱)

۱) ۱۴۰۰rpm ۲) ۱۵۵۰rpm ۳) ۱۳۶۰rpm ۴) ۱۲۵۰rpm

۵ــ در یک موتور القایی سه فاز ۲ قطب ۵۰Hz گشتاور راه‌اندازی ۸۰ درصد گشتاور حداکثر است. سرعت موتور در گشتاور حداکثر برابر چند rpm است؟ (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۹۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۵۰۰

۶ــ یک موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت در حال سکون، ۱/۵ برابر گشتاور بار کامل تولید می‌کند. چه ولتاژی باید به موتور اعمال کرد تا در هنگام راه‌اندازی گشتاور بار کامل تولید کند؟ (برق ـ آزاد ۸۲)

۱) ۳۰۰ ۲) ۳۱۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۳۸۰

۷ــ در یک موتور القایی سه فاز ۲۲۰ V گشتاور حداکثر ۳ برابر گشتاور بار کامل است. در ولتاژ ۱۱۰ V این نسبت چقدر می‌شود؟ (برق ـ آزاد ۸۳)

۱) ۸ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۴ ۴) ۰/۵

۸ــ در یک موتور القایی روتور قفسی اگر میله‌های مسی را با آلومینیومی با همان مقطع تعویض کنیم نسبت حداقل سرعت موتور نسبت به حالت اول چقدر است؟ (هدایت ویژه مس را دو برابر آلومینیوم فرض نمایید) (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۱ ۲) کمتر از ۱ ۳) ۲ ۴) بیشتر از ۲

۹ــ در یک موتور القایی سه فاز روتور سیم‌پیچی شده مقاومت و راکتانس حالت سکون هر فاز روتور به ترتیب ۰/۵Ω و ۰/۱Ω است. مقدار مقاومت راه‌اندازی رتور برای اینکه حداکثر گشتاور در راه‌اندازی به دست آید برابر است با : (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) ۰/۰۷۵ ۲) ۱/۰۵ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۰۵

۱۰ــ در یک موتور القائی روتور سیم‌پیچی شده روتور را به صورت شش فاز تجدید سیم پیچی می‌کنیم گشتاور حداکثر موتور: (برق ـ آزاد ۸۴)

۱) دو برابر می‌شود. ۲) سه برابر می‌شود. ۳) کم می‌شود. ۴) تغییر نمی‌کند.

۱۱ــ یک موتور القائی سه فاز ۶ قطب ۵۰Hz حداکثر گشتاور خود را در سرعت ۹۰۰ rpm تولید می‌کند. هر فاز رتور ۰/۲Ω مقاومت دارد راکتانس هر فاز رتور در حال گردش چند اهم است؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۲ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۱

۱۲ــ اگر ولتاژ اعمالی موتور القائی ۱۰% کاهش یابد گشتاور حداکثر آن چند درصد کاهش می‌یابد؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۱۹% ۲) ۲۰% ۳) ۲۹% ۴) ۱۰%

۱۳ــ یک موتور القایی سه فاز ۴ قطب ۵۰Hz، در سرعت ۱۴۵۰rpm می‌چرخد. اگر مقاومت رتور سه برابر شود سرعت آن چند rpm می‌شود؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۱۴۵۰ ۲) ۱۴۰۰ ۳) ۱۳۵۰ ۴) ۱۵۰۰

۱۴ـ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz و ۴ قطب و ۱۴۰۰rpm اگر مقاومت رتور سه برابر شود سرعت چند rpm خواهد شد؟ (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۱۲۵۰ ۲) ۱۴۰۰ ۳) ۱۱۵۰ ۴) ۱۲۰۰

۱۵ـ در یک موتور القایی ۶ قطب ۵۰Hz، سرعت نامی ۹۵۰rpm است. سرعت در نصف بار نامی چند rpm است؟ (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۹۷۵ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۹۸۰ ۴) ۹۵۰

۱۶ـ در یک موتور القائی سه فاز که راکتانس هر فاز رتور ۴ برابر مقاومت آن است. اگرگشتاور راه‌اندازی برابر گشتاور بار کامل باشد سرعت بار کامل آن: (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۲۵% سرعت سنکرون است. ۲) ۵۰% سرعت سنکرون است.

۳) ۳۳% سرعت سنکرون است. ۴) برابر سرعت سنکرون است.

۱۷ـ در یک موتور القایی سه فاز رتور سیم‌پیچی شده مقاومت و راکتانس حالت سکون رتور به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲ اهم بر فاز است. مقاومتی که در مدار رتور باید قرار داد تا گشتاور راه‌اندازی حداکثر شود چند اهم بر فاز است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۱۵ ۴) ۰/۵

۱۸ـ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz و ۸ قطب، ۷۰۰rpm مقاومت و راکتانس هر فاز رتور به ترتیب ۰/۱ و ۰/۵ اهم بر فاز است. گشتاور بار کامل آن چند برابر گشتاور حداکثر آن است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۱/۸ ۲) ۱/۱ ۳) ۰/۶ ۴) ۳/۶

۱۹ـ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz و۴ قطب بار ثابت است و با سرعت ۱۴۴۰rpm می‌چرخد اگر مقاومت رتور ۴ برابر شود، سرعت موتور چند rpm خواهد شد؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۱۳۶۰ ۲) ۱۴۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۱۲۶۰

۲۰ـ در یک موتور القائی سه فاز ۳۸۰V و ۴ قطب و ۵۰Hz :

$R'_2 = 0/5\ \frac{\Omega}{ph}$ $X_1 = X'_2 = 1\ \frac{\Omega}{ph}$

سرعتی که در آن گشتاور حداکثر رخ می‌دهد چند rpm است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۲۵۰ ۲) ۱۴۵۰ ۳) ۱۱۲۵ ۴) ۱۱۴۰

۲۱ـ در یک موتور القائی سه فاز ۳۸۰V و ۵۰Hz و ۶ قطب و ۹۵۰rpm گشتاور بار ثابت است. سرعت این موتور در شبکه ۳۸۰V و ۶۰Hz چند rpm است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۱۲۸ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۹۸۰ ۴) ۹۲۰

۲۲ـ در یک موتور آسنکرون ۴ قطب ۵۰Hz و ۱۴۴۰rpm گشتاور بار با سرعت متناسب است. اگر مقاومت رتور سه برابر شود سرعت آن چند rpm خواهد شد؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۱۴۳۳ ۲) ۱۳۳۳ ۳) ۱۵۳۳ ۴) ۱۲۳۳

۲۳ـ در یک موتور القائی سه فاز ۶ قطب ۵۰Hz فرکانس رتور در بار نامی ۲Hz است. سرعت موتور در نصف بار نامی چند rpm است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۹۵۰ ۲) ۹۷۰ ۳) ۹۸۰ ۴) ۹۹۰

۲۴ـ در صورتی که یک موتور القائی ۶۰Hz در شبکه ۵۰Hz بهره‌برداری شود، لغزش نظیر گشتاور حداکثر آن چه درصد تغییر می‌کند؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) ۲۰− ۲) ۵۰ ۳) ۲۵ ۴) ۲۰

۲۵ـ در یک موتور القائی با گشتاور بار ثابت اگر مقاومت رتور سه برابر شود جریان استاتور چه تغییری می‌کند؟ (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) سه برابر می‌شود. ۲) تغییر نمی‌کند. ۳) ثلث می‌شود. ۴) نه برابر می‌شود.

۲۶ـ در یک موتور القایی سه فاز روتور سیم‌بندی شده ۶ قطب، ۵۰ Hz راکتانس هر فاز ۵Ω است. سرعتی که در آن گشتاور شکست رخ می‌دهد ۹۰۰rpm است. مقاومت موجود در مسیر هر فاز روتور چقدر است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۰/۴Ω ۲) ۰/۳Ω ۳) ۰/۵Ω ۴) ۰/۲۵Ω

۲۷ـ در یک موتور القایی سه فاز چهار قطب و ۵۰ Hz سرعت روتور در گشتاور حداکثر برابر ۷۵۰rpm است. گشتاور راه‌اندازی آن چند درصد گشتاور ماکزیمم است؟ (کنترل ـ آزاد ۸۹)

۱) ۹۰% ۲) ۷۰% ۳) ۸۰% ۴) ۱۲۰%

۲۸ـ در یک موتور القائی سه فاز ۶ قطب، ۵۰ Hz و ۹۶۰ rpm، اگر مقاومت مدار رتور۴ برابر شود سرعت محور چند rpm می‌گردد؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۸۰۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۸۴۰ ۴) ۷۴۰

۲۹ـ در یک موتور القائی ۶ قطب ۵۰ Hz سرعت نامی ۹۴۰ دور در دقیقه است. سرعت این موتور در یک سوم بار نامی چقدر است؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۹۸۰ ۲) ۹۹۰ ۳) ۹۷۰ ۴) ۹۶۰

۳۰ـ در یک موتور القائی راکتانس پراکندگی روتور در هنگام سکون۴ برابر مقاومت آن و گشتاور راه‌اندازی برابر گشتاور بار کامل است. سرعت بار کامل در این موتور برابر: (آزاد ۹۱)

۱) $\frac{1}{4}N_s$ ۲) $\frac{1}{2}N_s$ ۳) $\frac{1}{3}N_s$ ۴) $N_s$

۳۱ـ در یک موتور القائی سه فاز روتور سیم‌پیچی شده در حین کار، مقاومت خارجی وارد مدار رتور می‌شود. اگر بار روی محور موتور از نوع گشتاور ثابت باشد، راندمان موتور با ورود این مقاومت‌ها چگونه تغییر می‌نماید؟ (آزاد ۹۱)

۱) کاهش می‌یابد. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) بستگی به بار دارد.

۳۲ـ یک موتور القایی سه فاز، ۶ قطب، ۵۰Hz دارای سرعت بار کامل ۹۶۰rpm است. در این حالت حلقه‌های لغزان اتصال کوتاه بوده و موتور باری را با گشتاور ثابت می‌چرخاند. اگر سرعت موتور با قرار دادن مقاومت خارجی در مدار رتور به ۸۰۰ rpm برسد نسبت تلفات اهمی رتور در سرعت فوق به تلفات اهمی رتور در بار کامل برابر است با: (آزاد ۹۲)

۱) ۱۵ ۲) ۱۰ ۳) ۵ ۴) ۷

۳۳ـ یک موتور القایی سه فاز ۵۰ Hz و ۸ قطب حداکثر گشتاور را در سرعت ۶۷۵rpm تولید می‌کند. اگر تلفات مس رتور ۰/۰۱ PU باشد راکتانس هر فاز رتور چند PU است؟ (آزاد ۸۷)

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۰۲

www.modaresanesharif.ac.ir مدرسان شریف

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث بررسی توان و گشتاور موتور القایی / بررسی مشخصه گشتاور سرعت

**۱ــ گزینه «۱»** با توجه به اینکه $T_{st}=۱/۵T_n$ و $T_{max}=۳T_n$ داده شده می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{st}}{T_{max}}=\frac{۲S_{T_{max}}}{S_{T_{max}}^{۲}+۱}\Rightarrow ۰/۵=\frac{۲S_{T_{max}}}{S_{T_{max}}^{۲}+۱}\Rightarrow S_{T_{max}}=۰/۲۶۷۹$$

با قراردادن این مقدار رابطه نسبت گشتاور نامی به حداکثر داریم:

$$\frac{T_{FL}}{T_{max}}=\frac{۲S_{FL}S_{max}}{S_{max}^{۲}+S_{FL}^{۲}}\Rightarrow \frac{۱}{۳}=\frac{۲\times ۰/۲۶۷۹\times S_{FL}}{(۰/۲۶۷۹)^{۲}+S_{FL}^{۲}}\Rightarrow S_{FL}=۰/۰۴۵۹۷$$

حال که لغزش نامی به دست آمده است، سرعت مکانیکی محور در بار نامی را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$N_m=N_s(۱-S_{FL})=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۴}(۱-۰/۰۴۵۹۷)=۱۴۳۱/۰۴۵\ \ rpm$$

---

**۲ــ گزینه «۳»** در بار نامی لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۴}=۱۵۰۰\ rpm\Rightarrow S_۱=\frac{۱۵۰۰-۱۴۵۰}{۱۵۰۰}=\frac{۱}{۳۰}$$

در شار ثابت اگر مقاومت روتور ۳ برابر شود لغزش نیز ۳ برابر می‌شود لذا:

$$S_۲=۳\times\frac{۱}{۳۰}=۰/۱\Rightarrow N_{m_۲}=N_s(۱-S_۲)=۱۵۰۰(۱-۰/۱)=۱۳۵۰\ rpm$$

---

**۳ــ گزینه «۳»** با صرف‌نظر کردن از امپدانس استاتور داریم:

$$S_{T_{max}}=\frac{R_r}{X_{ro}}=\frac{۰/۵}{۵}=۰/۱\Rightarrow N_m\Big|_{T_{max}}=N_{min}=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۶}(۱-۰/۱)=۹۰۰\ rpm$$

---

**۴ــ گزینه «۳»** در سرعت نامی داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۴}=۱۵۰۰\ rpm\Rightarrow S=\frac{۱۵۰۰-۱۴۶۵}{۱۵۰۰}=۰/۰۲۳۳$$

در شار ثابت اگر مقاومت روتور ۴ برابر شود لغزش نیز ۴ برابر می‌شود لذا:

$$S_{new}=۴S=۴\times ۰/۰۲۳۳=۰/۰۹۳۲\Rightarrow N_m=۱۵۰۰(۱-۰/۰۹۳۲)=۱۳۶۰/۲\ \ rpm$$

---

**۵ــ گزینه «۴»** با توجه به نسبت گشتاور راه‌اندازی و حداکثر می‌توان لغزش را به صورت زیر به دست آورد:

$$\frac{T_{st}}{T_{max}}=\frac{۲S_{T_{max}}}{S_{T_{max}}^{۲}+۱}=۰/۸\Rightarrow ۰/۸S_{T_{max}}^{۲}-۲S_{T_{max}}+۰/۸=۰\Rightarrow S_{T_{max}}=\begin{cases}۲ & \text{غ ق ق}\\ ۰/۵ & \text{ق ق}\end{cases}$$

با توجه به اینکه در ناحیه موتوری همواره $۰<S<۱$ است لذا فقط $S_{T_{max}}=۰/۵$ قابل قبول می‌باشد لذا با در نظر گرفتن این لغزش، سرعت محور برابر است با:

$$N_m\Big|_{T_{max}}=N_{min}=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۲}(۱-۰/۵)=۱۵۰۰\ \ rpm$$

---

**۶ــ گزینه «۲»** از آنجائیکه گشتاور راه‌اندازی در فرکانس ثابت با مجذور ولتاژ تغذیه متناسب است داریم:

$$\frac{T_{st_۱}}{T_{st_۲}}=(\frac{V_۱}{V_۲})^{۲}\Rightarrow\frac{۱/۵T_n}{T_n}=(\frac{۳۸۰}{V_۲})^{۲}\Rightarrow V_۲=۳۱۰/۲\ V$$

---

**۷ــ گزینه «۲»** از آنجائیکه در فرکانس ثابت گشتاور حداکثر متناسب با مجذور ولتاژ است می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{max_۱}}{T_{max_۲}}=(\frac{V_۱}{V_۲})^{۲}\Rightarrow\frac{T_{max_۱}}{T_{max_۲}}=(\frac{۲۲۰}{۱۱۰})^{۲}\Rightarrow T_{max_۲}=\frac{T_{max_۱}}{۴}=\frac{۳}{۴}\ T_n$$

**۸ـ گزینه «۲»** با توجه به اینکه هدایت ویژه مس دو برابر آلومینیوم فرض شده است پس مقاومت اهمی رتور آلومینیومی دو برابر رتور مسی است لذا:

$$\frac{R_{CU}}{R_{AL}}=\frac{\sigma_{AL}}{\sigma_{CU}}=\frac{1}{2}\Rightarrow R_{AL}=2R_{CU}\Rightarrow\frac{R_{AL}}{X_{ro}}=2\frac{R_{CU}}{X_{ro}}\Rightarrow S_{max_{AL}}=2S_{max_{CU}}$$

پس لغزش حداکثر موتور در این حالت۲ برابر حالت قبل است لذا داریم:

$$\frac{N_{min_{AL}}}{N_{min_{CU}}}=\frac{N_S(1-S_{max_{AL}})}{N_S(1-S_{max_{CU}})}=\frac{1-S_{max_{AL}}}{1-S_{max_{CU}}}=\frac{1-2S_{max_{CU}}}{1-S_{max_{CU}}}<1$$

---

**۹ـ گزینه «۴»** با صرف نظر کردن از امپدانس استاتور، شرط حداکثر شدن گشتاور راه‌اندازی که برابری لغزش حداکثر با عدد یک است به صورت زیر در می‌آید:

$$S_{T_{max}}=\frac{R_r+R_{st}}{X_{ro}}\Rightarrow 1=\frac{0/05+R_{st}}{0/1}\Rightarrow R_{st}=0/05\ \Omega$$

---

**۱۰ـ گزینه «۴»** اگر روتور به صورت ۶ فاز سیم‌بندی شود فقط مقاومت اهمی روتور تغییر می‌کند لذا گشتاور راه‌اندازی تغییر نموده اما گشتاور حداکثر تغییر نمی‌کند.

---

**۱۱ـ گزینه «۳»** با توجه به اینکه سرعت متناظر با گشتاور حداکثر ۹۰۰rpm است می‌توان لغزش حداکثر را به صورت زیر به دست آورد:

$$N_s=\frac{120\times50}{6}=1000\ \text{rpm}\ \Rightarrow\ N_{m_{min}}=900\ \text{rpm}=1000(1-S_{T_{max}})\Rightarrow S_{T_{max}}=0/1$$

با صرف‌نظر کردن از امپدانس استاتور می‌توان نوشت:

$$S_{T_{max}}=\frac{R_r}{X_{ro}}\Rightarrow X_{ro}=\frac{0/2}{0/1}=2\ \Omega$$

این راکتانس در شرایطی که رتور ساکن است به دست آمده لذا اگر روتور در همان سرعت ۹۰۰ rpm بچرخد راکتانس آن برابر است با:

$$S=0/1\Rightarrow X_r=SX_{ro}=0/2\Omega$$

---

**۱۲ـ گزینه «۱»** در فرکانس ثابت گشتاور حداکثر متناسب با مجذور ولتاژ تغذیه است لذا:

$$T_{max}\sim V^2\Rightarrow\frac{T_{max_1}}{T_{max_2}}=(\frac{V_1}{V_2})^2=(\underbrace{\frac{V_1}{0/9\,V_1}}_{\text{کاهش ولتاژ }\%10})^2\Rightarrow T_{max_2}=0/81\,T_{max_1}$$

یعنی گشتاور ۱۹% کاهش می‌یابد.

---

**۱۳ـ گزینه «۳»** با فرض ثابت بودن گشتاور، لغزش متناسب با مقاومت روتور است یعنی اگر مقاومت رتور ۳ برابر شود لغزش نیز ۳ برابر می‌شود لذا:

$$N_s=\frac{120\times50}{4}=1500\text{rpm}\ \Rightarrow S_1=\frac{1500-1450}{1500}=0/033\Rightarrow S_2=3S_1=0/1\Rightarrow N_{m_2}=1500(1-0/1)=1350\ \text{rpm}$$

---

**۱۴ـ گزینه «۴»** در سرعت ۱۴۰۰rpm داده شده لغزش موتور برابر است با:

$$N_s=\frac{120f}{P}=\frac{120\times50}{4}=1500\text{rpm}\ \Rightarrow S_1=\frac{N_s-N_m}{N_s}=\frac{1500-1400}{1500}=\frac{1}{15}$$

اگر مقاومت رتور سه برابر شود، در گشتاور بار ثابت لغزش نیز سه برابر می‌شود، لذا:

$$S_2=3S_1=3\times\frac{1}{15}=0/2\ \Rightarrow N_{m_2}=N_s(1-S_2)=1500(1-0/2)=1200\text{rpm}$$

---

**۱۵ـ گزینه «۱»** در سرعت نامی لغزش برابر است با:

$$N_s=\frac{120f}{P}=\frac{120\times50}{6}=1000\text{rpm}\ \Rightarrow S_1=\frac{N_s-N_m}{N_s}=\frac{1000-950}{1000}=0/050$$

در حدود سرعت سنکرون لغزش بصورت خطی با گشتاور تغییر می‌کند، لذا اگر بار نصف شود لغزش نیز نصف می‌شود، پس داریم:

$$S_2=\frac{1}{2}S_1=\frac{1}{2}\times0/05=0/025\Rightarrow N_{m_2}=N_s(1-S_2)=1000(1-0/025)=975\,\text{rpm}$$

**۱۶ـ گزینه «۴»** با توجه به نسبت راکتانس حالت سکون و مقاومت اهمی رتور داریم: $X_{ro}=۴R_r \Rightarrow S_{T_{max}}=\frac{R_r}{X_{ro}}=\frac{۱}{۴}=۰/۲۵$

از آنجائیکه گشتاور راه‌اندازی برابر گشتاور بار کامل است می‌توان لغزش بار کامل را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$T_{st}=T_n \Rightarrow \frac{T_n}{T_{st}}=\frac{S(S_{T_{max}}^{۲}+۱)}{S_{T_{max}}^{۲}+S^{۲}} \Rightarrow ۱=\frac{S\,(۰/۲۵^{۲}+۱)}{۰/۲۵^{۲}+S^{۲}} \Rightarrow S^{۲}+۰/۰۶۲۵=۰/۰۶۲۵S^{۲}+S \Rightarrow ۰/۹۳۷۵S^{۲}-S+۰/۰۶۲۵=۰$$

$$\Rightarrow S=۱ \quad و \quad ۰/۰۶۶$$

چون در محدوده موتوری قرار داریم لذا همواره $۰<S\le S_{T_{max}}$ مورد قبول است پس داریم: $S=۰/۰۶۶ \Rightarrow N_m=N_s(۱-۰/۰۶۶)=۰/۹۳۴\,N_s$

یعنی سرعت رتور تقریباً برابر سرعت سنکرون است.

---

**۱۷ـ گزینه «۳»** برای اینکه گشتاور راه‌اندازی برابر گشتاور حداکثر باشد باید لغزش حداکثر برابر یک شود لذا:

$$S_{T_{max}}=۱ \Rightarrow \frac{R_r+R_{st}}{X_{ro}}=۱ \Rightarrow R_{st}=X_{ro}-R_r=۰/۲-۰/۰۵=۰/۱۵\,\frac{\Omega}{ph}$$

---

**۱۸ـ گزینه «۳»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با: $N_s=\frac{۱۲۰f}{P}=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۸}=۷۵۰\,rpm \Rightarrow S=\frac{N_s-N_m}{N_s}=\frac{۷۵۰-۷۰۰}{۷۵۰}=\frac{۱}{۱۵}$

همچنین با توجه به مقادیر اهمی و پراکندگی رتور، لغزش حداکثر را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$S_{T_{max}}=\frac{R_r}{X_{ro}}=\frac{۰/۰۱}{۰/۰۵}=۰/۲$$

با جایگذاری این دو لغزش در رابطه نسبت گشتاورها داریم:

$$\frac{T}{T_{max}}=\frac{۲SS_{T_{max}}}{S_{T_{max}}^{۲}+S^{۲}}=\frac{۲\times\frac{۱}{۱۵}\times۰/۲}{۰/۲^{۲}+(\frac{۱}{۱۵})^{۲}}=۰/۶=۶۰\%$$

---

**۱۹ـ گزینه «۴»** در سرعت داده شده لغزش برابر است با: $N_S=\frac{۱۲۰f}{P}=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۴}=۱۵۰۰rpm \Rightarrow S_۱=\frac{N_s-N_{m_۱}}{N_s}=\frac{۱۵۰۰-۱۴۴۰}{۱۵۰۰}=۰/۰۴$

با ۴ برابر شدن مقاومت رتور در گشتاور بار ثابت لغزش نیز ۴ برابر می‌شوند لذا:

$$S_۲=۴S_۱=۰/۱۶ \Rightarrow N_{m_۲}=N_s(۱-S_۲)=۱۵۰۰(۱-۰/۱۶)=۱۲۶۰\,rpm$$

---

**۲۰ـ گزینه «۳»** با توجه به مقادیر داده شده لغزش متناظر با گشتاور حداکثر برابر است با:

$$S_{T_{max}}=\frac{R'_r}{\sqrt{R_{th}^{۲}+(X_{th}+X'_{ro})^{۲}}}=\frac{۰/۵}{\sqrt{۰+(۱+۱)^{۲}}}=۰/۲۵$$

با توجه به این لغزش سرعت متناظر با گشتاور حداکثر برابر است با: $N_m\Big|_{T_{max}}=N_s(۱-S_{T_{max}})=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۴}(۱-۰/۲۵)=۱۱۲۵\,rpm$

---

**۲۱ـ گزینه «۱»** در محدوده سنکرون همواره داریم:

$$T_{mech}=\frac{۳}{\omega_s}\frac{|V_{th}|^{۲}}{R'_r}S \xrightarrow{\text{در ولتاژ ثابت}} T_{mech}=K'_L\frac{S}{f_s}$$

با توجه به اینکه گشتاور بار ثابت است می‌توان نوشت: $T_{mech_۱}=T_{mech_۲} \Rightarrow \frac{S_۱}{f_{s_۱}}=\frac{S_۲}{f_{s_۲}}$

از طرفی در حالت اول با توجه به $N_{m_۱}=۹۵۰\,rpm$ داریم: $N_{s_۱}=\frac{۱۲۰\times f_{s_۱}}{P}=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۶}=۱۰۰۰\,rpm \Rightarrow S_۱=\frac{۱۰۰۰-۹۵۰}{۱۰۰۰}=۰/۰۵$

با جایگذاری در رابطه فوق، لغزش در فرکانس ۶۰ Hz برابر است با:

$$\frac{۰/۰۵}{۵۰}=\frac{S_۲}{۶۰}\Rightarrow S_۲=۰/۰۶$$

با توجه به سرعت سنکرون موتور در فرکانس ۶۰ Hz داریم:

$$N_{s_۲}=\frac{۱۲۰\times۶۰}{۶}=۱۲۰۰\text{rpm}\Rightarrow N_{m_۲}=N_{s_۲}(۱-S_۲)=۱۲۰۰(۱-۰/۰۶)=۱۱۲۸\text{rpm}$$

---

**۲۲ـ گزینه «۲»** در ولتاژ و فرکانس ثابت گشتاور تولیدی موتور در محدوده سرعت سنکرون برابر است با:

$$T_{mech}=\frac{۳}{\omega_s}\frac{|V_{th}|^۲}{R'_r}.S\xrightarrow{\text{ولتاژ فرکانس ثابت}}T_{mech}=K''_L\frac{S}{R'_r}$$

از طرفی گشتاور بار متناسب با سرعت رتور داده شده است لذا:

$$T_L\sim N_m\sim(۱-S)$$

با توجه به برابری گشتاورهای بار موتور داریم:

$$\frac{S}{R'_r}\sim ۱-S\Rightarrow\frac{۱-S}{S}\sim\frac{۱}{R'_r}\Rightarrow\frac{R'_{r_۲}}{R'_{r_۱}}=\frac{\frac{۱}{S_۱}-۱}{\frac{۱}{S_۲}-۱}$$

با توجه به اینکه مقاومت رتور سه برابر شده یعنی $R'_{r_۲}=۳R'_{r_۱}$ است داریم:

$$۳=\frac{\frac{۱}{S_۱}-۱}{\frac{۱}{S_۲}-۱}$$

از طرفی لغزش $S_۱$ با توجه به سرعت ۱۴۴۰ rpm داده شده برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۴}=۱۵۰۰\text{rpm}\Rightarrow S_۱=\frac{۱۵۰۰-۱۴۴۰}{۱۵۰۰}=۰/۰۴$$

با قرارگیری در رابطه به دست آمده در فوق داریم:

$$۳=\frac{\frac{۱}{۰/۰۴}-۱}{\frac{۱}{S_۲}-۱}\Rightarrow S_۲=\frac{۱}{۹}\Rightarrow N_{m_۲}=N_s(۱-S_۲)=۱۵۰۰(۱-\frac{۱}{۹})=۱۳۳۳/۳\text{rpm}$$

نکته قابل توجه در این تست این است که چون گشتاور بار متناسب با سرعت آن داده شده یعنی ثابت نیست، پس نمی‌توان گفت با سه برابر شدن مقاومت رتور لغزش نیز سه برابر می‌شود!

---

**۲۳ـ گزینه «۳»** سرعت سنکرون موتور برابر است با:

$$N_s=\frac{۱۲۰\times۵۰}{۶}=۱۰۰۰\text{rpm}$$

با توجه به فرکانس رتور و مقایسه آن با فرکانس استاتور داریم:

$$f_r=Sf_s\Rightarrow S=\frac{۲}{۵۰}=۰/۰۴$$

در نصف بار نامی لغزش تقریباً نصف می‌شود لذا:

$$S_۲=\frac{۱}{۲}S_۱=\frac{۱}{۲}\times۰/۰۴=۰/۰۲\Rightarrow N_{m_۲}=N_s(۱-S_۲)=۱۰۰۰(۱-۰/۰۲)=۹۸۰\text{rpm}$$

---

**۲۴ـ گزینه «۴»** با توجه به رابطه مربوط به لغزش حداکثر داریم:

$$S_{T_{max}}=\frac{R_r}{X_{ro}}=\frac{R_r}{۲\pi f_s L_r}\Rightarrow S_{T_{max}}\sim\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{S_{T_{max_۲}}}{S_{T_{max_۱}}}=\frac{f_۱}{f_۲}=\frac{۶۰}{۵۰}\Rightarrow S_{T_{max_۲}}=۱/۲S_{T_{max_۱}}$$

یعنی لغزش ۲۰% زیاد می‌شود.

---

**۲۵ـ گزینه «۲»** چون گشتاور بار ثابت است لذا با سه برابر شدن مقاومت رتور، لغزش سه برابر شده (چرا؟)، اما توان الکترومغناطیسی $(P_{ag})$ و در نتیجه توان ورودی $(P_۱)$ ثابت می‌مانند لذا چون ولتاژ تغذیه نیز ثابت است پس جریان استاتور تغییر نمی‌کند. به بیانی دیگر می‌توان گفت:

$$T_L=T_{conv}=T_{ag}\sim P_{ag}\sim\frac{R_r}{S}I_r^۲=\text{ثابت}$$

پس چون $R_r$ و $S$ هر دو سه برابر شده‌اند پس باید طبق رابطه فوق $I_r^2$ و در نتیجه $I_r$ ثابت بماند، لذا $I_s$ نیز که متناسب با $I_r$ است ثابت می‌ماند.
دقت شود که با سه برابر کردن مقاومت رتور سرعت کاهش می‌یابد (به مبحث کنترل سرعت مراجعه نمایید) لذا چون گشتاور بار ثابت است توان خروجی کاهش می‌یابد اما به نظر شما چرا توان ورودی را ثابت فرض نمودیم؟

---

**۲۶ـ گزینه «۳»** اگر راکتانس $5\Omega$ داده شده، راکتانس هر فاز رتور در هنگام سکون باشد داریم:

$$\begin{cases} N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120\times 50}{6} = 1000\,rpm \\ N_{m_{T_{max}}} = 900\,rpm \end{cases} \Rightarrow S_{T_{max}} = \frac{1000-900}{1000} = 0/1$$

با توجه به رابطه لغزش حداکثر با صرف‌نظر کردن از امپدانس استاتور داریم:

$$S_{T_{max}} = \frac{R_r}{X_{ro}} \Rightarrow 0/1 = \frac{R_r}{5} \Rightarrow R_r = 0/5\Omega$$

---

**۲۷ـ گزینه «۳»** با توجه به سرعت داده شده برای رتور در گشتاور حداکثر می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120\times 50}{4} = 1500\,rpm \\ N_{m_{T_{max}}} = 750\,rpm \end{cases} \Rightarrow S_{T_{max}} = \frac{1500-750}{1500} = 0/5$$

با توجه به رابطه بین گشتاورها داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_{max}} = \frac{2S_{T_{max}}}{S_{T_{max}}^2+1} = \frac{2\times 0/5}{0/5^2+1} = \frac{1}{1/25} = 0/8 \text{ یا } \%80$$

---

**۲۸ـ گزینه «۳»** با توجه به تعداد قطب‌ها و فرکانس تغذیه داریم:

$$N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120\times 50}{6} = 1000\,rpm$$

$$S = \frac{N_s - N_m}{N_s} = \frac{1000-900}{1000} = 0/04$$

اگر بار موتور از نوع گشتاور ثابت فرض شده (زیرا اطلاعاتی داده نشده) و ولتاژ و فرکانس نیز ثابت در نظر گرفته شوند داریم:

$$\begin{cases} \frac{T_{Load_1}}{T_{Load_2}} = 1 \\ \frac{T_{e_1}}{T_{e_2}} = \frac{\frac{S_1}{R_{r_1}}}{\frac{S_2}{R_{r_2}}} = \frac{R_{r_2}}{R_{r_1}}\frac{S_1}{S_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{T_{Load_1}}{T_{Load_2}} = \frac{T_{e_1}}{T_{e_2}} \Rightarrow 1 = \frac{R_{r_2}}{R_{r_1}}\frac{S_1}{S_2} \Rightarrow S_2 = \frac{R_{r_2}}{R_{r_1}}.S_1$$

یعنی لغزش، متناسب با مقاومت رتور تغییر می‌کند که البته از قبل نیز آن را می‌دانستیم. حال که طبق گفته مسئله $R_{r_2} = 4R_{r_1}$ بوده و طبق محاسبه $S_1 = 0/04$ می‌باشد، می‌توان نوشت:

$$S_2 = \frac{4R_{r_1}}{R_{r_1}} \times 0/04 = 0/16$$

با توجه به لغزش به دست آمده داریم:

$$N_{m_2} = N_s(1-S_2) = 1000(1-0/16) = 840\,rpm$$

---

**۲۹ـ گزینه «۱»** با توجه به فرکانس، تعداد قطب‌ها و سرعت رتور، لغزش در بار نامی برابر است با:

$$N_s = \frac{120\times 50}{6} = 1000\,rpm \Rightarrow S = \frac{N_s - N_m}{N_s} = \frac{1000-940}{1000} = 0/06$$

از آنجاییکه پارامترهای موتور $(R_r)$ و پارامترهای تغذیه $(f, V_s)$ ثابت بوده و گشتاور بار $\frac{1}{3}$ شده می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \frac{T_{Load_1}}{T_{Load_2}} = \frac{T_{e_1}}{T_{e_2}} \\ \frac{T_{e_1}}{T_{e_2}} = \frac{S_1}{S_2} \end{cases} \Rightarrow 3 = \frac{S_1}{S_2} \Rightarrow S_2 = \frac{1}{3}S_1 = \frac{0/06}{3} = 0/02$$

با توجه به لغزش به دست آمده داریم: $N_{m_2} = N_s(1-S_2) = 1000(1-0/02) = 980\,rpm$

---

۳۰ـ گزینه «۴» با توجه به نسبت $R_r$ به $X_{ro}$ داده شده داریم: $S_{T_{max}} = \frac{R_r}{X_{ro}} = \frac{1}{4} = 0/25$

از آنجاییکه $T_{st} = T_{FL}$ است می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{mech}}{T_{st}} = \frac{S(S_{T_{max}}^2 + 1)}{S_{T_{max}}^2 + S^2} \Rightarrow 1 - \frac{S(0/25^2 + 1)}{0/25^2 + S^2} \Rightarrow S^2 - 1/0625S + 0/0625 = 0 \Rightarrow S = \frac{1/0625 \pm \sqrt{1/0625^2 - 4(1\times 0/0625)}}{2}$$

$$\Rightarrow S = 0/99975\ ,\ 0/0625$$

در محدود کار پایدار $0 < S \le S_{T_{max}}$ مورد قبول بوده لذا در این تست فقط $S = 0/0625$ مورد قبول است. حال که لغزش به دست آمده می‌توان سرعت بار کامل را بصورت زیر محاسبه نمود:

$$N_m = N_s(1-S) = N_s(1-0/0625) = 0/9375\,N_s \xrightarrow{\text{با تقریب نه چندان مناسب}} N_m \simeq N_s$$

---

۳۱ـ گزینه «۱» با افزودن مقاومت اهمی به مدار رتور به علت بالا رفتن تلفات مسی رتور، راندمان کاهش می‌یابد (ضمناً این امر سبب کاهش سرعت نیز می‌گردد)

---

۳۲ـ گزینه «۳» با توجه به رابطه تلفات مسی رتور داریم:

$$P_{cu_r} = SP_{ag} \Rightarrow \frac{P_{cu_{r_2}}}{P_{cu_{r_1}}} = \frac{S_2 P_{ag_2}}{S_1 P_{ag_1}} \xrightarrow[P_{ag_2} = P_{ag_1}]{\text{در بار گشتاور ثابت}} \Rightarrow \frac{P_{cu_{r_2}}}{P_{cu_{r_1}}} = \frac{S_2}{S_1}$$

در حالت اول سرعت محور $960\,rpm$ بوده لذا: $S_1 = \frac{1000-960}{1000} = 0/04$

به طور مشابه و در حالت دوم داریم: $S_2 = \frac{1000-800}{1000} = 0/2$

با جایگذاری داریم: $\frac{P_{cu_{r_2}}}{P_{cu_{r_1}}} = \frac{0/2}{0/04} = 5$

---

۳۳ـ گزینه «۳» از آنجائیکه حداکثر گشتاور در سرعت $675rpm$ رخ می‌دهد می‌توان لغزش حداکثر را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$N_s = \frac{120\times 50}{8} = 750\,rpm \Rightarrow S_{T_{max}} = \frac{750-675}{750} = 0/1$$

با توجه به اینکه تلفات مسی پریونیتی رتور با مقاومت اهمی پریونیتی آن برابرند داریم: $P_{cu\,r_{pu}} = 0/1P.U = R_{r_{pu}}$

با جایگذاری در رابطه لغزش حداکثر داریم: $S_{T_{max}} = \frac{R_r}{X_{ro}} \Rightarrow X_{ro} = \frac{0/1}{0/1} = 0/1P.U$

## تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث راه‌اندازی و کنترل سرعت موتورهای القایی

۱ــ جریان راه‌اندازی یک موتور القایی ۶ برابر جریان بار کامل است. اگر لغزش بار کامل ۰/۰۵ باشد، نسبت گشتاور راه‌اندازی به بار کامل برابر است با: (برق ـ آزاد ۸۳)

۱) ۱ ۲) ۱/۸ ۳) ۲ ۴) ۳/۶

۲ــ در راه‌اندازی یک موتور القایی سه فاز ۵۰ Hz و ۲۸۵۰ rpm جریان راه‌اندازی به ۱/۵ برابر جریان بار کامل محدود می‌شود. گشتاور راه‌اندازی آن چند درصد گشتاور بار کامل خواهد شد؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۱۵ ۲) ۱۲/۲۵ ۳) ۱۷/۵ ۴) ۱۱/۲۵

۳ــ یک موتور القایی در راه‌اندازی مستقیم به خط جریان ۴۰ A از شبکه می‌گیرد اگر این موتور به کمک اتوترانسفورماتوری با ضریب تبدیل $\frac{1}{2}$ راه‌اندازی شود مقدار جریان خط چند آمپر خواهد شد؟ (برق ـ آزاد ۸۵)

۱) ۲۰ ۲) ۱۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

۴ــ در یک موتور القایی سه فاز جریان راه‌اندازی ۳ P.U و گشتاور راه‌اندازی ۴ P.U است اگر این موتور توسط یک اتوترانسفورماتور طوری راه‌اندازی شود که جریان به نصف محدود گردد، گشتاور راه‌اندازی چند P.U خواهد شد؟ (برق ـ آزاد۸۶)

۱) ۲ ۲) ۱/۵ ۳) ۱ ۴) ۲/۵

۵ــ در موتور القایی سه فاز ۵۰ Hz و ۴ قطب، ۱۴۵۰ rpm جریان راه‌اندازی ۶ برابر جریان بار کامل است. در صورتی که ولتاژ ۵۰ % شود گشتاور راه‌اندازی چند درصد گشتاور بار کامل خواهد شد؟ (کنترل ـ آزاد ۸۷)

۱) ۳۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۵ ۴) ۱۰۰

۶ــ یک موتور القایی وقتی با ۷۵% ولتاژ نامی خود تغذیه می‌شود، جریان راه‌اندازی ۴PU و گشتاور راه‌اندازی آن ۶PU است. اگر با یک اتو ترانسفورماتور، جریان راه‌اندازی موتور به ۲PU محدود شود، گشتاور راه‌اندازی چند PU خواهد شد؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۲ ۲) ۱/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۱/۲۵

۷ــ یک موتور القایی سه فاز با اتصال ستاره در هنگام راه‌اندازی ۵۰ A از شبکه می‌گیرد. اگر این موتور به صورت مثلث راه‌اندازی شود جریان راه‌اندازی خط آن چند آمپر خواهد بود؟ (قدرت ـ آزاد ۸۷)

۱) ۸۶/۵ ۲) ۱۵۰ ۳) ۷۵ ۴) ۱۰۰

۸ــ در یک موتور القائی قفس سنجابی جریان راه‌اندازی ۶ برابر جریان نامی است و لغزش نامی آن ۵% است. با بکارگیری اتوترانسفورماتور، گشتاور راه‌اندازی آن برابر گشتاور بار کامل می‌شود. جریان خط چند برابر جریان نامی می‌شود؟ (قدرت ـ آزاد ۸۸)

۱) ۶/۶۶ ۲) ۴/۴۸ ۳) ۶/۷۲ ۴) ۳/۳۳

۹ــ جریان راه‌اندازی یک موتور القائی ۴ برابر جریان نامی است. این موتور توسط یک اتوترانسفورماتور طوری راه‌اندازی می‌شود که جریان راه‌اندازی برابر جریان نامی شود ضریب تبدیل این اتوترانسفورماتور برابر است با: (کنترل ـ آزاد ۸۸)

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۱۰ــ جریان راه‌اندازی یک موتور القایی ۵ برابر جریان بار کامل آن است. اگر لغزش بار کامل ۰/۰۵ باشد، نسبت گشتاور راه‌اندازی به بار کامل برابر است با: (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) ۱/۵ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۱/۸ ۴) ۲/۰

۱۱ــ در یک موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت، گشتاور راه‌اندازی دو برابر گشتاور بار کامل است. حداقل مقدار نسبت ولتاژی که می‌توان توسط اتوترانسفورماتور اعمال کرد تا موتور زیر بار کامل خود راه بیافتد، کدام است؟ (قدرت ـ آزاد ۸۹)

۱) $\frac{۳۸۰}{۲۷۰}$ ۲) $\frac{۳۸۰}{۲۶۰}$ ۳) $\frac{۳۸۰}{۳۰۰}$ ۴) $\frac{۳۸۰}{۳۸۰}$

۱۲ــ در یک موتور القائی سه فاز جریان راه‌اندازی ۵P.U و گشتاور راه‌اندازی ۴P.U است. اگر این موتور با اتوترانسفورماتور راه‌اندازی و جریان به ۲/۵P.U محدود گردد، گشتاور راه‌اندازی چند P.U می‌گردد؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۲ ۲) ۱/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۱

۱۳ـ در یک موتور القائی سه فاز، گشتاور راه‌اندازی دو برابر گشتاور بار کامل و لغزش بار کامل ۱% است. نسبت جریان راه‌اندازی به جریان بار کامل در این موتور کدام است؟ (آزاد ۹۱)

۱) ۷ ۲) ۳/۵ ۳) ۱ ۴) ۵

۱۴ـ در یک موتور القایی سه فاز ۵۰Hz دارای ۴ قطب به قدرت ۳hp که با سرعت ۱۴۴۰rpm می‌چرخد تلفات مسی رتور برابر است با: (آزاد ۹۲)

۱) ۰/۲hp ۲) ۰/۱۲۵hp ۳) ۰/۲۵hp ۴) ۰/۰۵hp

## پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم ــ مبحث راه‌اندازی و کنترل سرعت موتورهای القایی

۱ـ گزینه «۲» با توجه به جریان اتصال کوتاه داده شده داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_n}=(\frac{I_{sc}}{I_n})^2 S_n = 6^2 \times 0/05 = 1/8$$

۲ـ گزینه «۴» با توجه به سرعت بارداری داده شده $N_s = 3000rpm$ است پس لغزش برابر است با:

$$S=\frac{3000-2850}{3000}=0/05$$

از طرفی با توجه به اینکه جریان راه‌اندازی در ۱/۵ برابر جریان نامی محدود شده داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}}=(\frac{I_{st}}{I_{FL}})^2 S_{FL} = 1/5^2 \times 0/05 = 0/1125 = 11/25\% \Rightarrow T_{st} = \%11/25 T_{FL}$$

۳ـ گزینه «۲» مقدار جریانی که در راه‌اندازی اتوترانسفورمری از خط یا شبکه دریافت می‌شود برابر است با:

$$I_{in} = k^2 I_{sc} \Rightarrow I_{in} = \frac{1}{4} \times 40 = 10A$$

۴ـ گزینه «۳» جریان ۳PU راه‌اندازی و گشتاور ۴PU در راه‌اندازی نشان می‌دهد که:

$$T_{st} = 4PU \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_n} = 4 \quad و \quad I_{sc} = 3\ PU \Rightarrow \frac{I_{sc}}{I_n} = 3$$

با توجه به رابطه بین گشتاورها در راه‌اندازی مستقیم داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_n}=(\frac{I_{sc}}{I_n})^2 S_n \Rightarrow 4 = (3)^2 \times S_n \Rightarrow S_n = \frac{4}{9}$$

در حالت دوم جریان به نصف حالت اول محدود شده است یعنی $I_{st} = 1/5\ P.U$ است. پس می‌توان نوشت:

$$I_{st} = 1/5 P.U \Rightarrow \frac{I_{st}}{I_n} = 1/5 \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_n} = (\frac{I_{st}}{I_n})^2 S_n \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_n} = (1/5)^2 \times \frac{4}{9} = 1$$

(دقت شود همان‌طور که در متن درس اشاره شد در جایی که جریان راه‌اندازی مربوط به حالت راه‌اندازی مستقیم نیست ضریب k (یا C) که در معادله لحاظ می‌شود را برابر عدد ۱ در نظر می‌گیریم)

۵ـ گزینه «۱» در سرعت داده شده لغزش برابر است با:

$$N_s = \frac{120 f_s}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500rpm \Rightarrow S = \frac{N_s - N_m}{N_s} = \frac{1500-1450}{1500} = \frac{1}{30}$$

با توجه به اینکه نسبت جریان راه‌اندازی مستقیم به جریان نامی در دسترس است می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{st}}{T_n} = k^2 (\frac{I_{sc}}{I_n})^2 S_n = 0/5^2 \times (6)^2 \times \frac{1}{30} = 0/3 = 30\%$$

۶ـ گزینه «۲» در راه‌اندازی با ۷۵% ولتاژ نامی داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_n}=(\frac{I_{st}}{I_n})^2 S_n \Rightarrow 6 = 4^2 \times S_n \Rightarrow S_n = 0/375$$

در حالت دوم تحت ولتاژ تغذیه نامعلوم جریان راه‌اندازی دو برابر جریان نامی است لذا:

$$\frac{I_{st}}{I_n} = 2 \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_n} = (\frac{I_{st}}{I_n})^2 S_n = 2^2 \times 0/375 = 1/5$$

**۷ـ گزینه «۲»** جریان راه‌اندازی در سمت خط در حالت مثلث سه برابر حالت ستاره است لذا:

$$I_{L_\Delta} = ۳I_{L_\lambda} = ۳\times ۵۰ = ۱۵۰\,A$$

**۸ـ گزینه «۴»** با توجه به اینکه جریان راه‌اندازی مستقیم داده شده داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}} = k^۲\left(\frac{I_{sc}}{I_{FL}}\right)S_{FL} \Rightarrow ۱ = k^۲(۶)^۲ \times ۰/۰۵ \Rightarrow k = ۰/۷۴۵ \Rightarrow I_{source} = k^۲ I_{sc} = (۰/۷۴۵)^۲(۶I_n) \Rightarrow \frac{I_{source}}{I_n} = ۰/۷۴۵\times ۶ = ۳/۳۳$$

**۹ـ گزینه «۲»** اگر بخواهیم جریان راه‌اندازی در سمت موتور (نه شبکه) $\frac{۱}{۴}$ شود باید TAP اتوترانسفورماتور $\frac{۱}{۴}$ شود. زیرا در راه‌اندازی اتوترانسفورمری داریم:

$$I_{st} = kI_{sc} \Rightarrow k = \frac{I_{st}}{I_{sc}} = \frac{I_n}{۴I_n} = \frac{۱}{۴}$$

**۱۰ـ گزینه «۲»** با توجه به رابطه جریان و گشتاور راه‌اندازی داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}} = \left(\frac{I_{sc}}{I_{FL}}\right)^۲ \times S_{FL} = ۵^۲ \times ۰/۰۵ = ۱/۲۵$$

**۱۱ـ گزینه «۱»** با توجه به رابطه بین گشتاور راه‌اندازی و ولتاژ اعمالی (در فرکانس ثابت) می‌توان نوشت:

$$\frac{T_{st_۱}}{T_{st_۲}} = \left(\frac{V_۱}{V_۲}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۲T_{FL}}{T_{FL}} = \left(\frac{V_۱}{V_۲}\right)^۲ \Rightarrow \frac{V_۱}{V_۲} = \sqrt{۲} \Rightarrow V_۲ = \frac{V_۱}{\sqrt{۲}} = \frac{۳۸۰}{\sqrt{۲}} = ۲۶۹$$

یعنی نسبت تبدیل اتوترانسفورماتور باید $a = \frac{۱}{k} = \frac{V_{ph}}{V_{st}} = \frac{\frac{۳۸۰}{\sqrt{۳}}}{\frac{۲۶۹}{\sqrt{۳}}} = \frac{۳۸۰}{۲۶۹}$ باشد که نزدیک‌ترین گزینه «۱» است.

**۱۲ـ گزینه «۴»** در راه‌اندازی مستقیم $\frac{T_{st}}{T_{FL}} = ۴$ و $\frac{I_{sc}}{I_{FL}} = ۵$ داده شده است لذا:

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}} = \left(\frac{I_{sc}}{I_{FL}}\right)^۲ S_{FL} \Rightarrow ۴ = ۵^۲ \times S_{FL} \Rightarrow S_{FL} = \frac{۴}{۲۵}$$

در حالتی که توسط اتوترانسفورماتور جریان راه‌اندازی به ۲/۵P.U محدود می‌شود $\frac{I_{st}}{I_{FL}} = ۲/۵$ است لذا

$$\left.\frac{T_{st}}{T_{FL}}\right|_{Auto} = \left(\frac{I_{st}}{I_{FL}}\right)^۲ S_{FL} \Rightarrow \left.\frac{T_{st}}{T_{FL}}\right|_{Auto} = ۲/۵^۲ \times \frac{۴}{۲۵} = ۱$$

یعنی در این حالت $T_{st} = T_{FL}$ می‌گردد و چون همواره $T_{FL} = ۱P.U$ است پس:

$$T_{st} = T_{FL} = ۱P.U$$

**۱۳ـ گزینه صحیح وجود ندارد.** با توجه به اطلاعات مسئله $\frac{T_{st}}{T_{FL}} = ۲$ و $S_{FL} = ۰/۰۱$ است. لذا:

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}} = \left(\frac{I_{st}}{I_{FL}}\right)^۲ S_{FL} \Rightarrow ۲ = \left(\frac{I_{st}}{I_{FL}}\right)^۲ \times ۰/۰۱ \Rightarrow \frac{I_{st}}{I_{FL}} = \sqrt{۲۰۰} = ۱۰\sqrt{۲} \simeq ۱۴/۱$$

**۱۴ـ گزینه «۲»** با صرف نظر کردن از تلفات مکانیکی داریم:

$$P_{conv} = P_۲ = ۳hp$$

لغزش موتور نیز در سرعت مذکور برابر است با:

$$N_s = \frac{۱۲۰\times ۵۰}{۴} = ۱۵۰۰\,rpm \Rightarrow S = \frac{۱۵۰۰ - ۱۴۴۰}{۱۵۰۰} = ۰/۰۴$$

با توجه به رابطه بین توان‌ها و تلفات در موتور القایی داریم:

$$P_{cu_r} = SP_{ag} = S\times\frac{P_{conv}}{۱-S} = ۰/۰۴ \times \frac{۳}{۱-۰/۰۴} = ۰/۱۲۵\,hp$$