موضوع امتحان: الکترونیک قدرت و محرکه

مقطع و رشته: کارشناسی رباتیک

نام استاد: بهروز آدینه

نام دانشجو: .....

استفاده از ماشین‌حساب:

مجاز است ☑ مجاز نیست ☐

شماره دانشجویی: .....

نوع ماشین‌حساب: ساده

تاریخ امتحان: ۱۳۹۶/۰۳/۲۳

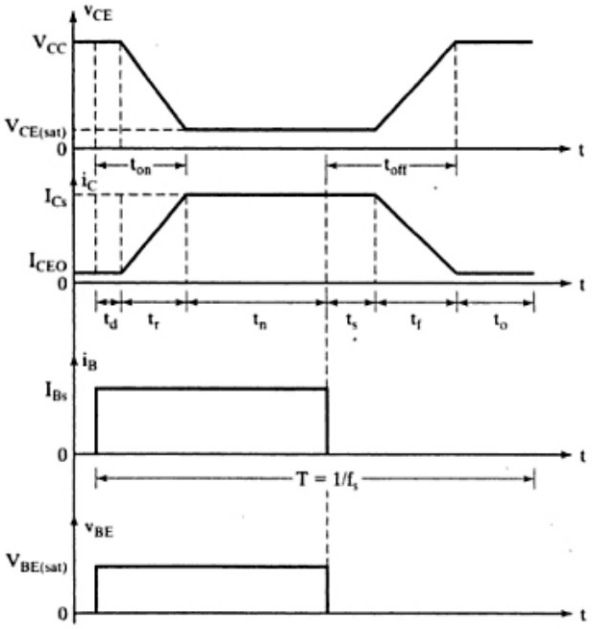
ساعت امتحان: ۱۴ عصر

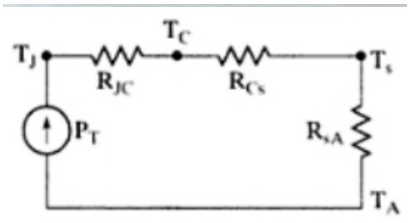
وقت امتحان: ۱۰۰ دقیقه

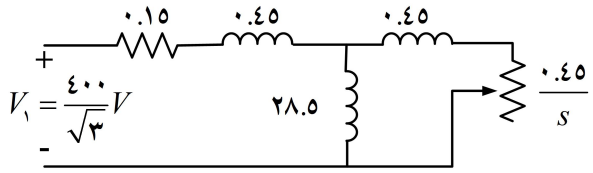
شماره صندلی: .....

استفاده از جزوه - کتاب آزاد است:

بلی ☐ خیر ☑

شماره	سوالات	بارم
۱	در جدول زیر چیزی ننویسید. | سوال ۱ | سوال ۲ | سوال ۳ | سوال ۴ | سوال ۵ | سوال ۶ | جمع | | ۱۰ | ۷ | ۳۱ | ۲۱ | ۲۱ | ۱۰ | ۱۰۰ | | | | | | | | | شکل‌موج‌های یک سوئیچ ترانزیستوری در شکل زیر شان داده شده است. پارامترهای این سوئیچ به صورت زیر است: $V_{CC} = ۲۵۰\,V, V_{BE(sat)} = ۳\,V, I_B = ۸\,A, V_{CS(sat)} = ۲\,V, I_{CS} = ۱۰۰\,A,$ $t_d = ۰/۵\,\mu s, t_r = ۱\mu s, t_s = ۵\,\mu s, t_f = ۳\,\mu s, f_s = ۱۰\,kHz$ جریان نشتی کلکتور به امیتر $I_{CEO} = ۳\,mA$ است. توان متوسط تلف‌شده توسط جریان بیس را محاسبه کنید.  حل: $T = \frac{۱}{f_s} = ۱۰۰\,\mu s,\ kT = ۵۰\,\mu s,\ t_n = kT - (t_d + t_r) = ۴۸/۵\,\mu s,\ t_{on} =$ $t_d + t_r = ۱/۵\,\mu s,\ t_{off} = t_S + t_f = ۵ + ۳ = ۸\,\mu s$ در مدت زمان $۰ \leqslant t \leqslant (t_{on} + t_n)$ $i_b(t) = I_{BS},\ v_{BE}(t) = V_{BE(sat)}$ $P_b(t) = i_b v_{BE}(t) = I_{BS} V_{BE(sat)} = ۸ \times ۳ = ۲۴\,\mathrm{W}$ در مدت زمان $۰ \leqslant t \leqslant (t_s + t_f + t_o)$ $P_b(t) = ۰$	۱۰

۱	توان متوسط: $P_B = I_{BS}V_{BE(sat)}t_{on}f_s = ۸ \times ۳ \times ۱/۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰ \times ۱۰^{۳} = ۰/۳۶\,\mathrm{W}$	۱۰
۲	ماکزیمم دمای پیوند یک ترانزیستور $T_J = ۱۲۵^oC$ و دمای محیط $T_A = ۲۵^oC$ است. اگر امپدانس‌های گرمایی $R_{JC} = ۰/۴\frac{^oC}{W}$، $R_{CS} = ۰/۲\frac{^oC}{W}$ و $R_{SA} = ۰/۶\frac{^oC}{W}$ باشد، محاسبه کنید: الف) ماکزیمم توان تلف‌شده، ب) دمای جسم. (مدار معادل گرمایی یک ترانزیستور را رسم کنید.)  پاسخ: الف) $T_j - T_A = P_T(R_{JC} + R_{CS} + R_{SA}) = P_T R_{JA}, R_{JA} = ۰/۶ + ۰/۲ + ۰/۴ = ۱/۲,$ $۱۲۵ - ۲۵ = ۱/۲ \times P_T \Rightarrow P_T = ۸۳/۳\,W$ ب) $T_C = T_J - P_T R_{JC} = ۱۵۰ - ۱۲۵ \times ۰/۴ = ۱۰۰^oC$	۷
۳	یک موتور القایی سه‌فاز $۵۰Hz$، $۴۰۰V$ چهار قطب با اتصال ستاره دارای ثابت‌های فاز زیر برحسب اهم ارجاع شده به استاتور می‌باشد: $r_۱ = ۰/۱۵, x_۱ = ۰/۴۵, r_۲ = ۰/۱۲, x_۲ = ۰/۴۵, X_\phi = ۲۸/۹,$ تلفات ثابت (تلفات هسته، اصطکاک و مالش هوا) $= ۴۰۰W$ جریان استاتور، سرعت روتور، گشتاور خروجی و بازده را وقتی موتور در ولتاژ و فرکانس نامی در لغزش ۴ درصد کار می‌کند، محاسبه کنید. حل: از مدار معادل القایی طبق شکل زیر مقاومت ظاهری دیده شده از سمت ولتاژ منبع برابر است با: $\overline{Z}_{AB} = r_۱ + jx_۱ + \frac{(\frac{r_۲}{s} + jx_۲)(jX_\phi)}{\frac{r_۲}{s} + j(x_۲ + X_\phi)} = r_۱ + jx_۱ + R_f + jX_f$ $= ۰/۱۵ + j۰/۴۵ + \frac{(\frac{۰/۱۲}{۰/۰۴} + j۰/۴۵)(j۲۸/۹)}{\frac{۰/۱۲}{۰/۰۴} + j(۰/۴۵ + ۲۸/۹)} = ۰/۱۵ + j۰/۴۵ + ۲/۸۷ + j۰/۷۳۷$ $= ۳/۰۲ + j۱/۱۸۷ = ۳/۲۵\angle ۲۱/۴۶^\circ$ $I_۱ = \frac{V_۱}{Z_{AB}} = \frac{۴۰۰\angle ۰}{\sqrt{۳}(۳/۲۵)\angle ۲۱/۴۶^\circ} = ۷۱/۰۶\angle -۲۱/۴۶^\circ$ ضریب توان $= \cos ۲۱/۴۷^\circ = ۰/۹۳$ پس‌فاز توان ورودی استاتور $= \sqrt{۳}V_۱I_۱\cos\phi = \sqrt{۳}(۴۰۰)(۷۱/۰۶)(۰/۹۳) = ۴۵/۷۸۴kW$ قدرت کل فاصله هوایی: $P_g = ۳I_۱^۲R_f = ۳(۷۱/۰۶)^۲(۲/۸۷) = ۴۳/۴۷۶kW$ سرعت سنکرون $= n_s = \frac{۲f_s}{P} = \frac{۲ \times ۵۰}{۴} = ۲۵\mathrm{r.p.s}$	۳۱

۳	سرعت روتور $= n_r = (۱ - s)n_s = ۰/۹۶ \times ۲۵ = ۲۴\text{r.p.s}$ یا ۱۴۴۰r.p.m $\omega_s = ۲\pi n_s = ۵۰\pi \frac{\text{rad}}{s}$ قدرت مکانیکی تولیدی $= P_m = (۱ - s)P_g = ۰/۹۶ \times ۴۳/۴۷۶ = ۴۱/۷۳۷kW$ قدرت خروجی $= P_{sh} = P_m -$ تلفات ثابت $= ۴۱/۷۳۷ - ۰/۴ = ۴۱/۳۳۷kW$ گشتاور خروجی $= \frac{P_{sh}}{\omega_r} = \frac{۴۱۳۳۷}{(۱ - s)\omega_s} = \frac{۴۱۳۳۷}{۰/۹۶ \times ۵۰\pi} = ۲۷۵/۱۲N.m.$ تلفات مختلف موتور القایی به شرح زیر است: تلفات اهمی استاتور $= ۳I_۱^۲ r_۱ = ۳(۷۱/۰۶)^۲(۰/۱۵) = ۲۲۷۲/۳W$ تلفات اهمی روتور $= sP_g = ۰/۰۴(۴۳۴۷۶) = ۱۷۳۹W$ تلفات ثابت $= ۴۰۰W \Rightarrow$ کل تلفات $= ۴۴۱۱/۳W$ قدرت ورودی $=$ تلفات کل $+ P_{sh} = ۴۱/۳۳۷ + ۴/۴۱۱ = ۴۵/۷۴۸kW$ بازده $= ۱ - \frac{\text{تلفات}}{\text{ورودی}} = ۱ - \frac{۴/۴۱۱}{۴۵/۷۴۸} = ۰/۹۰۳۶$ یا ۹۰/۳۶٪  	۳۱
۴	یک موتور ۴۶۰ ولتی، ۶۰ هرتزی، چهارقطبی مفروض است و روتور آن از نوع قفس سنجابی می‌باشد. سرعت اسمی موتور ۱۷۱۰ دور بر دقیقه است. جریان راه‌اندازی این موتور شش برابر جریان اسمی می‌باشد. ۱- گشتاور راه‌اندازی چند درصد گشتاور اسمی است. ۲- در چه سرعت و لغزشی گشتاور ماکزیمم رخ می‌دهد. ۳- گشتاور ماکزیمم چند درصد گشتاور اسمی است. پاسخ: ۱- سرعت سنکرون به قرار زیر است: $n_s = \frac{۱۲۰ \times ۶۰}{۴} = ۱۸۰۰\text{ r.p.m}$ لغزش در شرایط اسمی این چنین است: $s_{FL} = \frac{۱۸۰۰ - ۱۷۱۰}{۱۸۰۰} = ۰/۰۵$ $T = \frac{R_۲ I_۲^۲}{s\omega_s} \propto \frac{R_۲ I_۲^۲}{s} \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_{FL}} = (\frac{I_{۲st}}{I_{۲FL}})^۲ s_{FL}$ $T_{st} = ۶^۲ \times ۰/۰۵ \times T_{FL} = ۱/۸T_{FL} = ۱۸۰\,٪\,T_{FL}$ ۲- $\frac{T_{st}}{T_{max}} = \frac{۲s_{T_{max}}}{۱ + s_{T_{max}}^۲}, \quad \frac{T_{FL}}{T_{max}} = \frac{۲s_{T_{max}}s_{FL}}{s_{T_{max}}^۲ + s_{FL}^۲}$ $\Rightarrow \frac{T_{st}}{T_{FL}} = \frac{s_{T_{max}}^۲ + s_{FL}^۲}{s_{T_{max}}^۲ \times s_{FL} + s_{FL}} \Rightarrow ۱/۸ = \frac{s_{T_{max}}^۲ + ۰/۰۰۲۵}{۰/۰۵ + ۰/۰۵ \times s_{T_{max}}^۲}$ $s_{T_{max}}^۲ + ۰/۰۰۲۵ = ۰/۰۹ + ۰/۰۹s_{T_{max}}^۲ \Rightarrow s_{T_{max}} = \sqrt{(\frac{۰/۰۸۷۵}{۰/۹۱})} = ۰/۳۱$	۲۱

۴	۳- $(\text{سرعت تحت گشتاور ماکزیمم}) = (۱ - ۰/۳۱) \times ۱۸۰۰ = ۱۲۴۲\,\text{r.p.m}$ $T_{max} = \frac{۱ + s_{T_{max}}^۲}{۲ s_{T_{max}}} T_{st} = \frac{۱ + ۰/۳۱^۲}{۲ \times ۰/۳۱} \times ۱/۸ T_{FL} = ۳/۱۸ T_{FL} = ۳۱۸\,\% T_{FL}$	۲۱
۵	محور یک موتور DC سری، یک پنکه را می‌چرخاند. این موتور هنگامی که به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل است، تحت سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد و جریان ۳۵ آمپر از شبکه می‌کشد. این موتور ۲۲۰ ولتی و ۷ اسب بخاری می‌باشد. شرایط فوق مربوط به موقعی است که رئوستا در مدار آرمیچر قرار ندارد ($R_{ae} = ۰$). گشتاور مورد نیاز پنکه با مجذور سرعت متناسب است و داریم: $R_a = ۰/۶\,\Omega, R_{sr} = ۰/۴\,\Omega$ از عکس‌العمل آرمیچر و تلفات چرخشی صرف‌نظر کنید. ۱- توان تحویلی به پنکه و گشتاور حاصله توسط موتور را بیابید. ۲- میخواهیم سرعت به ۲۰۰ دور در دقیقه کاهش یابد و رئوستا در مدار آرمیچر وارد کنیم. مقاومت رئوستا را حساب کرده و در این شرایط توان تحویلی به پنکه را بدست آورید. پاسخ: ۱- $E_a = V_t - I_a(R_a + R_{sr} + R_{ae}) = ۲۲۰ - ۳۵(۰/۶ + ۰/۴ + ۰) = ۱۸۵\,\text{V}$ $P = E_a I_a = ۱۸۵ \times ۳۵ = ۶۴۷۵\,W = \frac{۶۴۷۵}{۷۴۶} = ۸/۶۸\,\text{hp}$ $T = \frac{E_a I_a}{\omega_m} = \frac{۶۴۷۵}{۳۰۰ \times \frac{۲\pi}{۶۰}} = ۲۰۶/۱۱\,\text{N.m}$ ۲- $T = k_{sr} I_a^۲ \Rightarrow ۲۰۶/۱۱ = k_{sr} ۳۵^۲ \Rightarrow k_{sr} = ۰/۱۶۸$ $T(۲۰۰\text{rpm}) = \left(\frac{۲۰۰}{۳۰۰}\right)^۲ \times ۲۰۶/۱۱ = ۹۱/۶\text{N.m}$ $\frac{۲۰۰ \times ۲\pi}{۶۰} = \frac{۲۰۰}{\sqrt{۰/۱۶۸}\sqrt{۹۱/۶}} - \frac{۰/۶ + ۰/۴ + R_{ae}}{۰/۱۶۸} \Rightarrow ۲۰/۹۴ = ۵۰/۹۸ - ۵/۹۵ - \frac{R_{ae}}{۰/۱۶۸}$ $\Rightarrow \frac{R_{ae}}{۰/۱۶۸} = ۲۴/۰۹ \Rightarrow R_{ae} = ۷\,\Omega$ $P = T\omega_m = ۹۱/۶ \times \frac{۲۰۰ \times ۲\pi}{۶۰} = ۱۹۱۸/۴۶\,\text{W} = ۲/۵۷\text{hp}$ یا $۹۱/۶ = ۰/۱۶۸ I_a^۲ \Rightarrow I_a = ۲۳/۳۵\,\text{A}$ $E_a = k_{sr} I_a \omega_m = ۰/۱۶۸ \times ۲۳/۳۵ \times \frac{۲۰۰ \times ۲\pi}{۶۰} = ۸۲/۱۶\,\text{V}$ $E_a = V_t - I_a(R_a + R_{sr} + R_{ae}) \Rightarrow ۸۲/۱۶ = ۲۲۰ - ۲۳/۳۵(۰/۶ + ۰/۴ + R_{ae})$ $\Rightarrow R_{ae} = ۴/۹\,\Omega$ $P = E_a I_A = ۸۲/۱۶ \times ۲۳/۳۵ = ۱۹۱۸/۴^۴\,\text{W} = ۲/۵۷\text{hp}$	۲۱
۶	به سوالات زیر پاسخ دهید: ۱- از چه نوع ماسفتی جهت کلیدزنی استفاده می‌شود؟ مزایا و معایب ماسفت‌ها به عنوان کلید قدرت را بیان کنید.	۱۰

۶	۲- با رسم منحنی گشتاور برحسب سرعت یک ماشین القایی سه حالت کارکرد آن را توضیح دهید. ۳- روش کنترل ولتاژ جهت کنترل سرعت یک موتور القایی را توضیح دهید. (سه روش، اتوترانسفورماتوری، حلقه باز و حلقه بسته توضیح داده شود.) ۴- طریقه تولید پالس در اینورترهای پهنای پالس (PWM) را توضیح دهید. ۵- یکی از روش‌های کنترل سرعت موتور DC را به دلخواه، با رسم شکل توضیح دهید.	۱۰