

פתרון מבחן 97163, 93619 - מכונות חשמל והנע לטכנאים

קיץ 2025 – מועד ב'

שאלה 1:

א.

$$U_{ph} = U_n / \sqrt{3} = 22,000 / \sqrt{3} = 12,702V$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{2M}{\sqrt{3} \cdot 22000 \cdot 0.82} = 65.6A = I_{ph}$$

ב.

$$I_{ph} = 65.6 \angle -36.87^\circ, A$$

$$Z_s = R_a + jX_s = 1.7 + j7, \Omega$$

$$E_{ph} = U_{ph} + (jX_s + R_a) \cdot I_{ph} = 12,702 + (1.7 + j7) \cdot 65.6 \angle -36.87^\circ = 13067, V$$

ג.

$$P_{cu} = 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot R_a = 3 \cdot 65.6^2 \cdot 1.7 = 21860W$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{cu} + P_{const} = 2000000 + 21860 + 40000 = 2,061,860W$$

$$\eta = P_{out} / P_{in} = 2000000 / 2061,860 = 97.0\%$$

שאלה 2:

א.

$$V_{max} = \sqrt{2} \cdot V_{RMS} = \sqrt{2} \cdot 230 = 325.27V$$

$$V_{avg} = \frac{325.27}{\pi} (1 + \cos 60^\circ) = 155.35V$$

ב.

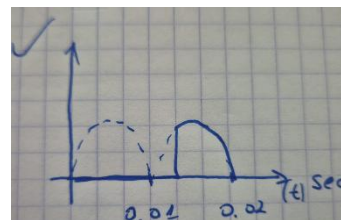
$$I_a = P_{in} / V_{av} = 1500 / 155.35 = 9.66A$$

$$P_{cu} = I_a^2 \cdot R_a = 9.66^2 \cdot 0.6 = 56.24W$$

$$P_o = P_{in} - P_{cu} = 1500 - 56.24 = 1443.76W$$

$$\eta = P_o / P_{input} = 1443.76 / 1500 = 96.2\%$$

ג.



שאלה 3:

א.א.

$$\omega = 2\pi n / 60 = 2\pi \cdot 1200 / 60 = 125.66 \text{ rad / s}$$

$$T_{load}(n) = 10 + 0.0025 \cdot (n / 10)^2 = 46 \text{ Nm}$$

$$P_{out} = T \cdot \omega = 46 \cdot 125.66 = 5770 \text{ W}$$

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 5770 / 0.85 = 6790 \text{ W}$$

$$I_a = P_{in} / V = 6790 / 250 = 27.16 \text{ A}$$

ב.

$$E_a = V - I_a R_a = 250 - 27.16 \cdot 0.5 = 236.42 \text{ V}$$

ג.

מעבירות זרם חשמלי למוליך העוגן תוך כדי סיבוב. שומרות על מגע חשמלי רציף עם הקומוטטור

שאלה 4:

א.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{800 \text{ k}}{\sqrt{3} \cdot 6.6 \text{ k}} = 70.04 \angle -31.79^\circ, \text{ A}$$

$$E_A = (U_{ph} \cdot \cos \phi + I_{ph} \cdot R_a)^2 + (U_{ph} \cdot \sin \phi + I_{ph} \cdot X_s)^2$$

$$4031^2 = (3810.5 \cdot 0.85 + 70.04 \cdot R_a)^2 + (3810.5 \cdot 0.52 + 70.04 \cdot 5)^2$$

$$R_a = 0.7 \Omega$$

ב.

$$I_x = 35 \angle -31.79^\circ, \text{ A}$$

$$E_{A-X} = U_{ph} + I_x \cdot (R_a + jX_s) = 3810.5 + 35 \angle -31.79^\circ \cdot (0.7 + j5) = 3923.52 \text{ V}$$

$$\frac{i_{F-X}}{i_{F-n}} = \frac{E_{A-X}}{E_{A-n}} \rightarrow i_{F-X} = 3923.52 \cdot 3.5 / 4031 = 3.41 \text{ A}$$

ג.

1. **התנגדות העוגן**
גורמת לנפילת מתח פרופורציונלית לרכיב הפעיל של זרם העומס.
2. **ההיגב הסינכרוני**
גורם לנפילת מתח ריאקטיבית, שתלויה ברכיב ההשראות של זרם הסטטור.
3. **גודל זרם העומס**
ככל שזרם העומס גבוה יותר, כך גדלות הנפילות על פני ההתנגדות וההיגב, מה שמגביר את ירידת המתח ביציאה.
4. **גורם ההספק של העומס (Power Factor)**
כאשר מקדם ההספק מפגר, הזרם הריאקטיבי גדול יותר ולכן נפילת המתח גדולה יותר. לעומת זאת, עומס עם מקדם הספק מקדים (capacitive) עשוי להקטין את נפילת המתח ואף לבטל אותה בחלק מהמקרים.

שאלה 5:

א.

$$s_n = \frac{n_{sync} - n_n}{n_{sync}} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0.02$$

$$\frac{T_n}{T_{Max}} = \frac{1}{3.6} = \frac{2}{\frac{s_n}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s_n}} \rightarrow s_{max} = 0.14$$

ב.

$$T_{Max} = 3.6 * T_n = 3.6 * 120 = 432 Nm$$

$$\frac{T_m}{T_{Max}} = \frac{2}{\frac{s_m}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s_m}} \rightarrow \frac{110}{432} = \frac{2}{\frac{s_m}{0.14} + \frac{0.14}{s_m}} \rightarrow s_m = 0.0183$$

$$n_m = n_{sync} (1 - s_m) = 1500 * (1 - 0.0183) = 1472.55 rpm$$

ג. בזמן ההתנעה, מהירות המנוע בהתחלה אפס ואח"כ עולה בהדרגה. במצב הזה הכא"ם בהתחלה אפס ואח"כ עולה בהדרגה.

$-I = (V - E)/R$ לפי הנוסחה הזאת, הזרם קופץ בתחילת ההתנעה ויורד בהדרגה.

שאלה 6:

א.

$$S = V \cdot I = 120 \cdot 50 = 6000 VA$$

$$P = S \cdot \cos \phi = 6000 \cdot 0.75 = 4500 W$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{6000^2 - 4500^2} = 3968 VAR$$

ב.

$$I_2 = 50 \angle -41.41^\circ, A$$

$$\Delta V = I_2 \cdot Z_{eq} = 50 \angle -41.41^\circ \cdot 0.632 \angle 71.57^\circ = 31.6 \angle (30.16^\circ), V$$

ג.

במצב רוויה, הגדלת הזרם כמעט ואינה מגדילה את השטף, דבר שמוביל לעיוותי זרם, חימום השנאי, וירידה ביעילות