GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 מועד ב'
סמל השאלון: 97162
קובץ: תשובות סופיות

מערכות הספק ומתקני חשמל

הנדסת חשמל · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: יש לענות על חמש שאלות מתוך השאלות 1-9. ערך כל שאלה – 20 נקודות. בסך הכול: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. קלסר אחד בלבד עם חומר ההרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר. 3. מהדורה אחרונה של חוק ותקנות בנושא חשמל בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות. 4. שני ספרי לימוד. אין להעביר חומר עזר, ספרים ומחשבונים בין הנבחנים.

ד. הוראות מיוחדות: 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות. 2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות בעט בלבד, בכתב יד ברור. 4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר עליו קו כדי שלא ייבדק. 6. אין לאחד סעיפים! לכל סעיף שבשאלה יש לתת תשובה נפרדת. 7. תשובה מלאה לסעיף של שאלה הכרוך בחישובים היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי שלפיו נעשה החישוב, הערכים מוצבים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות. 8. כל מספר המוצב בביטוי מתמטי חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או נתון המופיע בגוף השאלה. 9. אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את הצבת הערכים בביטוי המתמטי. 10. תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה לא תזכה בניקוד כלל. 11. אם להערכתכם חסר נתון או יש נתון שגוי בשאלה, יש לציין זאת במפורש במחברת הבחינה, ולבחור ערך מתאים שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה, חובה להסביר ולנמק את הבחירה. חל איסור מוחלט להוציא שאלון או מחברת בחינה מחדר הבחינה!

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

תשובות סופיות

שאלה 1

א. זרם העבודה $16.7\,\text{A}$, מא"ז C20, ולכן כבל $5\times1.5\,\text{mm}^2$ ($I_z\geq19.6\,\text{A}$, נחושת, XLPE).

ב. כחתך מוליכי הפאזה: $1.5\,\text{mm}^2$.

ג. התנגדות בידוד של $0.5\,\text{M}\Omega$ לפחות, במתח בדיקה $500\,\text{V}$ ישר.

ד. כן: $P=20.95\,\text{kW}$, $I=31.8\,\text{A}>25\,\text{A}$, נדרשת הגדלת חיבור (למשל ל-$3\times40\,\text{A}$).

ה. עקומה 1: המבטח הראשי (מא"ז C), עקומה 2: נתיך חח"י. $Z_{s,max}=\frac{230}{400}\approx0.575\,\Omega$ (גבול נוסף: $Z_s\geq0.23\,\Omega$).

שאלה 2

א. $\bar{S}_{OA}=119.8+j48.3$, $\bar{S}_{AB}=42.8+j0.55$, $\bar{S}_{BC}=7.84-j20.45$, $\bar{S}_{DC}=39.7-j5.22$, $\bar{S}_{OD}=130.8+j33.6$ (ב-kW ו-kVAr).

ב. $A\geq44.7\,\text{mm}^2$, ולכן חתך מסחרי $50\,\text{mm}^2$.

ג. בנקודה C: $\Delta U=10.79\,\text{V}$ (2.70%), $U_C\approx389.2\,\text{V}$.

ד. בנקודות A ו-D (שוות): $I_{k3}\approx11.5\,\text{kA}$.

שאלה 3

א. דרגה $-2\times2.5\%$ ($20.9\,\text{kV}$): בריקס $421\,\text{V}$, בעומס כ-$403\,\text{V}$.

ב. $I_{k3,A}\approx16.9\,\text{kA}$

ג. לוח 1 (הקו הארוך $L_1=68\,\text{m}$): $I_k=10.45\,\text{kA}$, זרם הלם $i_p\approx22.6\,\text{kA}$.

ד. מעבר של $1\,\text{m}$ לפחות, וכשהציוד שלוף במלואו יישאר מעבר חופשי של $0.6\,\text{m}$ לפחות.

ה. איפוס (TN) בשני המשטרים; מערכת החלפה תלת-קוטבית (האפס אינו מנותק).

שאלה 4

א. $I_B=438.5\,\text{A}$, מבטח $500\,\text{A}$, כבל: $I_z\geq549.5\,\text{A}$, $300\,\text{mm}^2$ (מפל מתח 0.60%).

ב. אתר רפואי שבו מבצעים פעולות תוך-לבביות, ניתוחים או טיפולים חיוניים, שבו הפסקת חשמל או תקלה מסכנות חיים.

ג. מגען עם זרם נקוב של $500\,\text{A}$ לפחות (לא קטן מהזרם המחושב $438.5\,\text{A}$ ומתואם למבטח $500\,\text{A}$).

ד. הזנת השנאי: הגנה מפני קצר בלבד (בלי ממסר פחת ובלי ניתוק בעומס יתר, עם ניטור עומס וטמפרטורה). המעגלים הסופיים: מערכת IT רפואית (הפרדה) עם מנטר בידוד.

ה. שני מקורות (חח"י וגנרטור) דרך מערכת החלפה אוטומטית עם שני מגענים משולבים, לוח בטיחות, אל-פסק (UPS) ושנאי מבדל IT רפואי עם מנטר בידוד לכל חדר.

שאלה 5

א. $I_{L1} \approx 60.2\,\text{A}$

ב. $\cos\varphi = 0.434$ (השראתי)

ג. $U_{EB} \approx 115.5\,\text{V}$

ד. X_L עולה ל- $12.44\,\Omega$, ומקדם ההספק יורד ל- 0.373. זה שלילי לרשת.

ה. $Q_C \approx 31.6\,\text{kVAr}$ (במשולש: $C \approx 210\,\mu\text{F}$ לכל פאזה).

שאלה 6

א. $J = 2.03\,\text{A/mm}^2$; מחושב: AB 45.1, BC 33.4, CD 21.8, DE $10.7\,\text{mm}^2$; מסחרי: $50, 35, 25, 16\,\text{mm}^2$.

ב. $\Delta P \approx 546\,\text{W}$ (בחתכים המסחריים).

ג. UPS: מיישר, מצברים וממיר, שמספקים מתח רציף ונקי ומזינים את הצרכנים מהמצברים בהפסקה, בלי זמן מעבר.

ד. $Q_C \approx 8.84\,\text{kVAr}$

ה. $Q_{480} = 8.84 \cdot \left(\frac{480}{400}\right)^2 \approx 12.7\,\text{kVAr}$

שאלה 7

א. הארקה דרך נגד (התנגדות נמוכה או גבוהה) והארקה דרך סליל כיבוי (פטרסן). (אפס מבודד אפשרי, אך פחות מתאים לרשת כבלים.)

ב. צד $22\,\text{kV}$: $I_n = 262.4\,\text{A}$, שנאי זרם $300/5\,\text{A}$. צד $7.2\,\text{kV}$: $I_n = 801.9\,\text{A}$, שנאי זרם $1000/5\,\text{A}$.

ג. כל הזרם הראשוני הופך לזרם מגנוט, הליבה ברוויה, ובמשני נוצר מתח גבוה מסוכן; הליבה מתחממת והבידוד עלול להיפרץ.

ד. $R_N = \frac{7200/\sqrt{3}}{400} \approx 10.4\,\Omega$

ה. $I_2 = 4\,\text{A}$

שאלה 8

א. $I \approx 5309\,\text{cd}$, $\Phi = 2\pi I \approx 33{,}360\,\text{lm}$

ב. $P \approx 334\,\text{W}$

ג. $E_B \approx 99.6\,\text{lx}$

ד. אזור 0: פנים אגן הבריכה (המים). מותר רק ציוד במתח נמוך מאוד מבטחתי (עד $12\,\text{V}$ AC), IPX8.

ה. מתח נמוך מאוד מבטחתי; הפרדה חשמלית (שנאי מבדל לכל גוף); ניתוק אוטומטי עם ממסר פחת $30\,\text{mA}$ (גוף בידוד כפול). בכל מקרה בלי מגע מוליך בין הגוף לחלקי האשנב.

שאלה 9

א. $I_{k3} \approx 35\,\text{kA}$; מפסק בכושר ניתוק $36\,\text{kA}$ לפחות.

ב. $Q_C = 199\,\text{kVAr}$, ולכן 5 סוללות ($200\,\text{kVAr}$).

ג. $I_n = 57.7\,\text{A}$, זרם תכן $1.43 I_n = 82.6\,\text{A}$, ולכן $16\,\text{mm}^2$ נחושת.

ד. $S = 1003.5\,\text{kVA}$, $\beta \approx 0.627$ (62.7%)

ה. $S_{opt} = 800\sqrt{\frac{2 \cdot 800}{7000}} \approx 382.5\,\text{kVA}$: מעל עומס זה מפעילים את השנאי השני.

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat