GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד א'
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 1-8. 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. מהדורה אחרונה של חוק ותקנות בנושא חשמל בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות. 3. דפי נוסחאות יצורפו לשאלון הבחינה. אין להעביר ספרים, חומר עזר 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.

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. $E_M \approx 61\,\text{lx}$ (כ- $6.6\,\text{lx}$ מכל אחד מעמודים 1 ו-2 וכ- $47.6\,\text{lx}$ מעמוד 3)

ב. $A = 2.5\,\text{mm}^2$ (לפי מפל מתח נדרש $A \geq 1.70\,\text{mm}^2$; זרם העומס $2.89\,\text{A}$ בלבד)

ג. איפוס (TN), הארקת הגנה (TT) עם מפסק מגן לזרם דלף, בידוד כפול/מגן (גוף תאורה וציוד בעמוד בבידוד כפול), ומפסק מגן לזרם דלף (מותר כהגנה בלעדית בעמודים מחומר מוליך).

שאלה 2

א. $I_{max} \approx 481\,\text{A}$ ($P = 276.7\,\text{kW}$, $Q = 186\,\text{kVAr}$, $S = 333.4\,\text{kVA}$); מפסק ראשי $500\,\text{A}$

ב. כבל יחיד אינו מספיק; נדרשים כבלים במקביל - 4 כבלי חמרן $3 \times 185\,\text{mm}^2$ (או 3 כבלים $3 \times 300\,\text{mm}^2$); מפל המתח כ- $1.1\% < 3\%$

ג. $Q_C = 68.1\,\text{kVAr} \Leftarrow$ 4 סוללות $\times 20 = 80\,\text{kVAr}$ ($\cos\varphi = 0.934$); $C = 132.6\,\mu\text{F}$ לפאזה לסוללה (משולש); נגד פריקה $\leq 186\,\text{k}\Omega$; הזנת לוח הקבלים $115.5\,\text{A}$ (מפסק $200\,\text{A}$), לכל סוללה $28.9\,\text{A}$ (מפסק $50\,\text{A}$)

ד. לוח ראשי ← מפסק $200\,\text{A}$ ← כבל ← פס צבירה בלוח הקבלים; בקר מקדם הספק מקבל מתח מהלוח וזרם ממשנה זרם בהזנה הראשית; לכל סוללה: מפסק $50\,\text{A}$, מגען, סוללה במשולש עם נגדי פריקה.

שאלה 3

א. (1) $\bar{I}_A = 90.95 - j70.56 = 115.1\angle -37.8^\circ\,\text{A}$,
$\bar{I}_E = 87.65 - j63.87 = 108.5\angle -36.1^\circ\,\text{A}$

(2) זרם משלים $I_0 = 43.3\angle 0^\circ\,\text{A}$, זורם מ-E אל A

(3) $\bar{I}_{AB} = 47.65 - j70.56 = 85.1\angle -56.0^\circ$;
$\bar{I}_{BC} = 1.69 - j24.59 = 24.6\angle -86.1^\circ$ (מ-B ל-C);
$\bar{I}_{DC} = 77.69 - j26.69 = 82.1\angle -19.0^\circ$ (מ-D ל-C);
$\bar{I}_{ED} = 130.95 - j63.87 = 145.7\angle -26.0^\circ\,\text{A}$ (מ-E ל-D)

ב. הנקודה C; $U_C \approx 398.1\,\text{V}$ (מפל של $1.91\,\text{V}$, 0.48% מ-A)

ג. $\Delta P \approx 2.33\,\text{kW}$

שאלה 4

א. $\bar{I}_K \approx 188\angle -30^\circ\,\text{A}$ (מהפאזה L_2 אל האדמה; $I_K = 3I_C$, $I_C = 62.7\,\text{A}$)

ב. מתחי הפאזות התקינות לאדמה $36\angle 30^\circ$ ו- $36\angle 90^\circ\,\text{kV}$, מתח נקודת הכוכב $20.78\angle 60^\circ\,\text{kV}$; זרמים $108.6\angle 120^\circ$, $108.6\angle 180^\circ$ ו- $\bar{I}_K = 188\angle -30^\circ\,\text{A}$

ג. $L_P \approx 0.334\,\text{H}$ ($I_L = 198\,\text{A}$, $X_L = 104.9\,\Omega$)

שאלה 5

א. $\Delta U_{CD} \approx 1.52\,\text{kV}$ (6.92%)

ב. $\Delta U_T \approx 0.377\,\text{kV}$ (1.71%) בכל שנאי

ג. $K_x = 6.586$, 10% -ב הקטנת כריכות הראשוני (4 דרגות); מתקבל $U_D \approx 22.6\,\text{kV}$

שאלה 6

א. $150\,\text{mm}^2$ נחושת (6 כבלים, $231\,\text{A}$ לכבל, נדרש $I_Z \geq 371\,\text{A}$)

ב. צד 22 kV: $I_k \approx 11.5\,\text{kA}$ ($440\,\text{MVA}$); צד 0.4 kV: $I_k \approx 39.7\,\text{kA}$ ($27.5\,\text{MVA}$)

ג. $I_k \approx 32.3\,\text{kA}$ בלוח הראשי; מבטחים בכושר ניתוק של לפחות $32.3\,\text{kA}$ (ערך תקני, למשל $36\,\text{kA}$)

ד. $I_{sh} \approx 61.7\,\text{kA}$; $F \approx 447\,\text{kgf/m}$

שאלה 7

א. $A_{ec} \approx 270\,\text{mm}^2$ (תקני: $300\,\text{mm}^2$); $j_{ec} \approx 0.89\,\text{A/mm}^2$, $I_{max} = 240.6\,\text{A}$, $T_{max} = 3043\,\text{h}$

ב. $W = 38544\,\text{MWh}$, עלות כ- 24.67 מיליון ₪ בשנה (הפסדי הקו בחתך $300\,\text{mm}^2$ כ- 0.5 מיליון ₪ נוספים)

ג. הגדלת החתך מייקרת את ההשקעה (ביחס ישר ל- A) אך מקטינה את הפסדי האנרגיה (ביחס הפוך ל- A); החתך הכלכלי הוא נקודת המינימום של העלות השנתית הכוללת.

שאלה 8

א. תשובה 2

ב. תשובה 3

ג. תשובה 2 (TN-S)

ד. תשובה 3 ($S = 120\,\text{mm}^2$; נדרש $S \geq 114\,\text{mm}^2$)

ה. תשובה 1 (150 ממ"ר נחושת)

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