GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 מועד ב'
סמל השאלון: 97164
שם התלמיד/ה: _____

מערכות הספק ומתקני חשמל לטכנאים

הנדסת חשמל · טכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: יש לענות על ארבע שאלות מתוך השאלות 1-7. ערך כל שאלה – 25 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!

השאלות

1. בבית פרטי תוכננה התקנה של עמדת טעינה בהספק של $22\,\mathrm{kW}$, מקדם ההספק של עמדת הטעינה הוא 0.95 . המפסק הראשי בלוח החשמל של הבית הפרטי הוא $3 \times 40\,\mathrm{A}$ הניחו שמקדם ההספק של המתקן הוא 0.95 . המא"זים בלוח החשמל ממשפחת C בלבד. בטבלה א' מצורפים המעגלים/הצרכנים הקיימים בבית:

סוגי צרכנים	מספר הצרכנים	הספק נקוב של צרכן [kW]	מתח עבודה [V]	מקדם התלכדות
דוד חשמלי	1	3	230	1
תנור אפייה	1	3	230	1
מכונת כביסה	1	2	230	1
מזגן מרכזי	1	5	230	1
עמדת טעינה לרכב חשמלי	1	22	400	0.2
בתי תקע	15	2.5	230	0.1
תאורה	10	0.2	230	1

טבלה לשאלה 1

א. כבל ההזנה לעמדת הטעינה (5 גידים בכבל ההזנה) מותקן בצינור בקרקע. כאשר טמפרטורת האדמה היא $40^\circ\mathrm{C}$ וההתנגדות התרמית הסגולית של הקרקע היא $2.5\,\mathrm{K \cdot m/W}$. הכבל בעל מוליכי נחושת ובידוד XLPE. קבעו מהו שטח החתך המינימלי הנדרש בהתאם לתקנות החשמל?

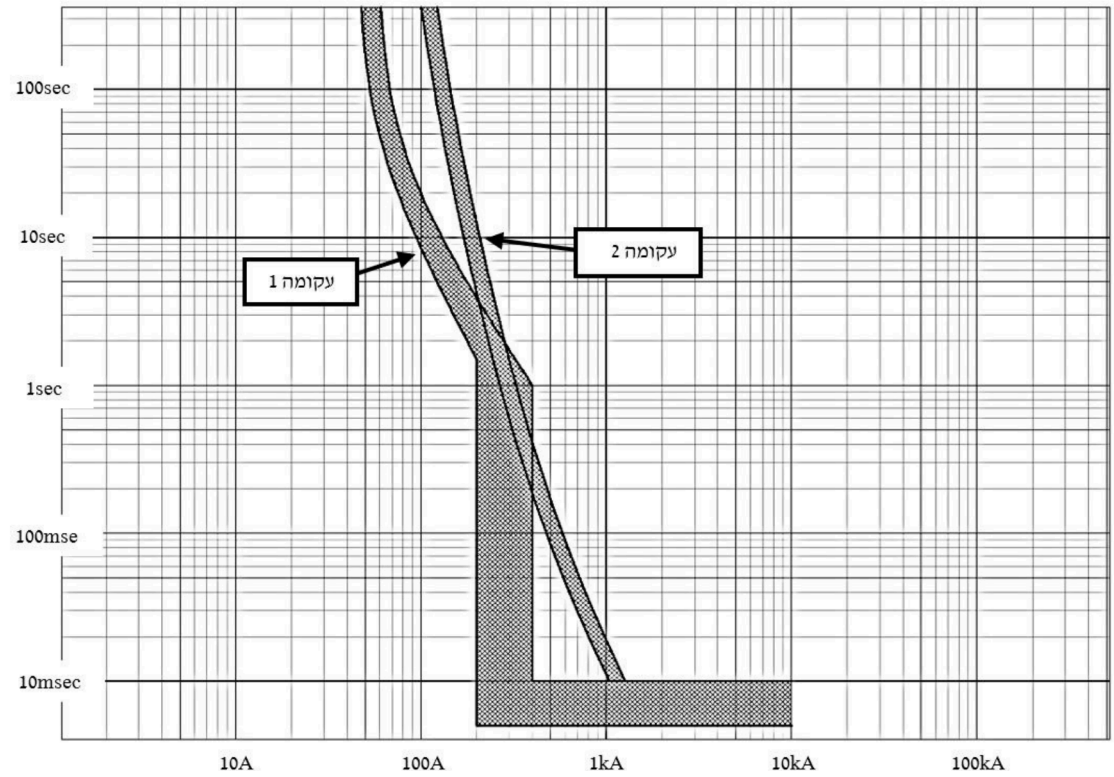
(6 נקודות)

ב. בהתאם לדרישות חוק החשמל והתקנת הכבל המתוארת, מהו שטח החתך המינימלי של מוליך הארקה בכבל ההזנה לעמדת הטעינה?

(4 נקודות)

ג. בהתאם לטבלה א', קבעו האם נדרש לבצע הגדלת חיבור לבית הפרטי?

(5 נקודות)



ד. על סמך האיור המצורף, קבעו מהי כל עקומה באיור (נתיך של חח"י/ מבטח ראשי בבית הפרטי) ומהי עכבת לולאת התקלה המרבית שתהווה גבול לסלקטיביות בין התקני ההגנה.

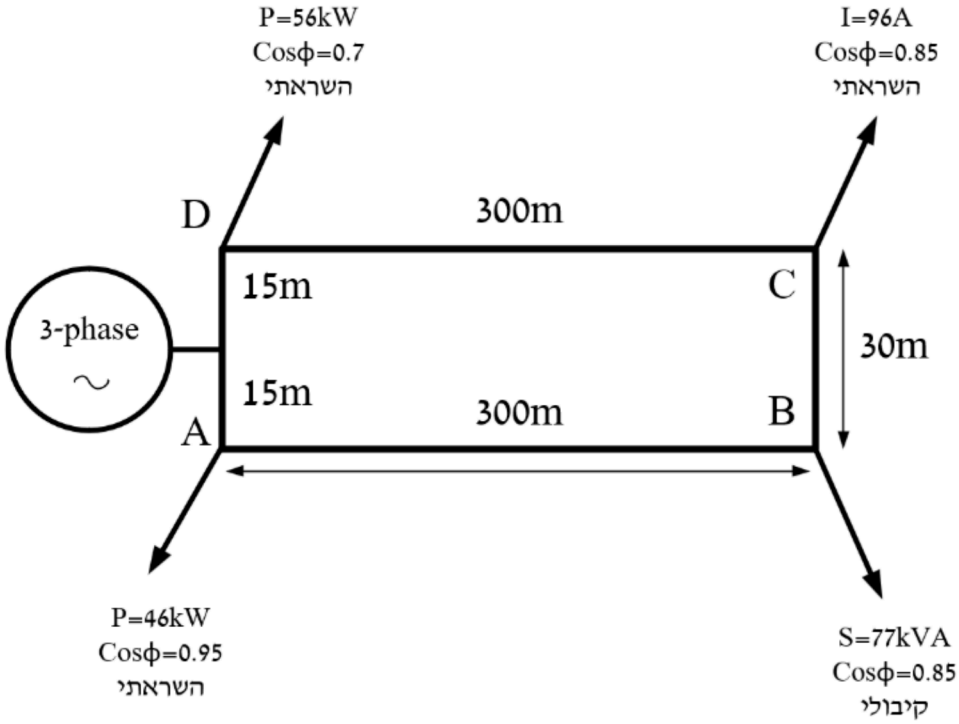
(5 נקודות)

ה. בהתאם לחוק החשמל, איזה סוג של לוח חשמל מותר לפי המתואר בשאלה?

(5 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

2. באיור לשאלה נתונה רשת תלת מופעית טבעתית. ההיגב ההשראתי של מוליכי הרשת הוא $0.1\,\Omega/\mathrm{km}$ ומוליכי הרשת מנחושת $\left(\rho = \frac{1}{58}\,\frac{\Omega\cdot\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\right)$. מתח הרשת הנקוב הוא $400\,\mathrm{V}$.



א. חשבו את ההספק בכל קטע וקטע.

(7 נקודות)

ב. חשבו וקבעו את שטח החתך האחיד (מסחרי) של מוליכי הרשת, אם ידוע שמגבלת מפלי המתח המקסימלית ברשת היא 4% בלבד.

(7 נקודות)

ג. קבע את הנקודה שבה המתח הוא המתח המזערי וחשב את ערכו.

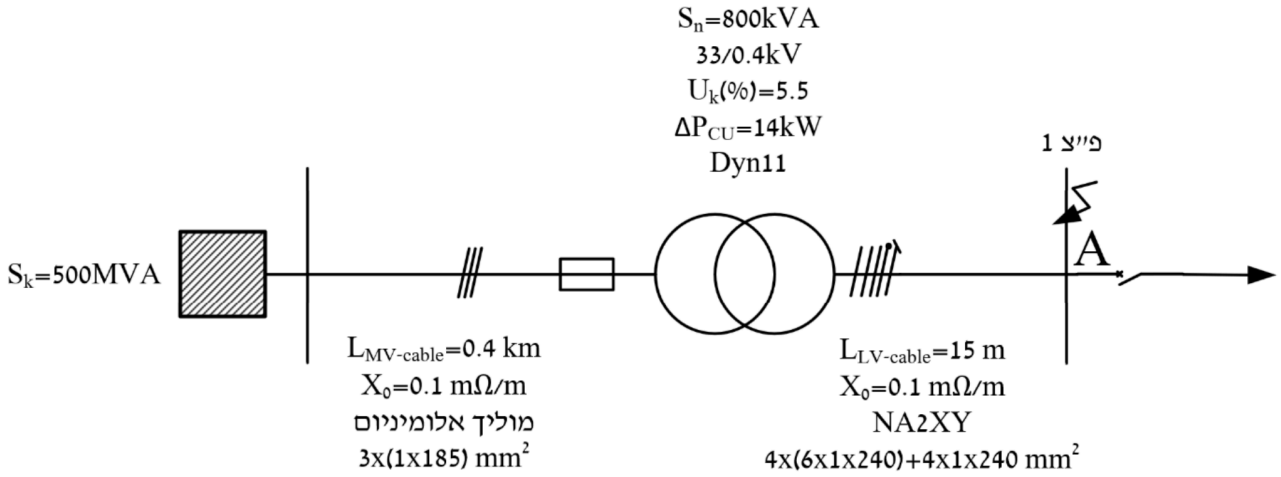
(5 נקודות)

ד. קבעו באיזו נקודה $(A/B/C/D)$ זרם הקצר יהיה מרבי וחשבו אותו.

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

3. באיור לשאלה 3 נתונה המערכת הבאה. לבניין רב קומות מגיע קו הזנה במתח גבוה. לבניין יש שנאי הספק של $800\,\mathrm{kVA}$, נתוני השנאי מפורטים בסרטוט המצורף. פסי הצבירה BB1 ו- BB2 עשויים מנחושת. מתח ההזנה הנמדד בין הפאזות בצד המתח הגבוה (ללא הפעלת מתקן הצריכה) הוא $33\,\mathrm{kV}$.



א. הניחו שהשנאי מועמס ב- 60% מהעומס הנקוב ומקדם הספק העומס הוא 0.9 . מהו המתח שנמדד בנקודה A?

(6 נקודות)

ב. חשבו את זרם הקצר התלת מופעי המתמיד (בהתייחס לסרטוט בלבד) בנקודה A.

(6 נקודות)

ג. חשבו מהו ערכו המקסימלי של זרם הקצר בנקודה A.

(5 נקודות)

ד. ציינו שלוש דרישות שונות לפחות עבור חדר החשמל המשמש שנאי.

(5 נקודות)

ה. לבניין קיימת ערכת גנרטור המזינה מעגלי חירום. בלוח החירום קיימת מערכת החלפה אוטומטית. בחדר גנרטור ובחדר השנאי קיים מוליך עם השילוט "הארקת שיטה". קבעו מהי שיטת ההגנה בפני חשמול של המתקן במשטר תקין ובמשטר גיבוי.

(3 נקודות)

4. מעגל ההזנה למנוע אסינכרוני שמוזן מלוח משנה במפעל, מותקן על גבי מגש רשת. כאשר טמפרטורת האוויר היא $45^\circ\mathrm{C}$ ובמגש קיימים עוד שלושה מעגלים נוספים. המעגל הוא בעל כבל רב גידי, בעל מוליכי אלומיניום ובידוד XLPE. בבדיקת לולאת תקלה בהדקי המנוע, נמדד זרם קצר מינימלי של $2\,\mathrm{kA}$. בלוח ההזנה, נמדד זרם קצר מרבי של $5\,\mathrm{kA}$.

נתוני המנוע האסינכרוני:

$$P_2 = 60\,\mathrm{HP};\ U_n = 400\,\mathrm{V};\ \cos\varphi = 0.83;$$
$$beta = 90\%;\ I_{start}/I_n = 6.5$$

התנעת המנוע היא בשיטת כוכב- משולש.

א. שרטטו תרשים עקרוני , חד קווי , להזנת המנוע כולל המתנע.

(5 נקודות)

ב. לפי תקנות החשמל, קבעו כיצד נעשית זינת מנוע במתנע כוכב- משולש.

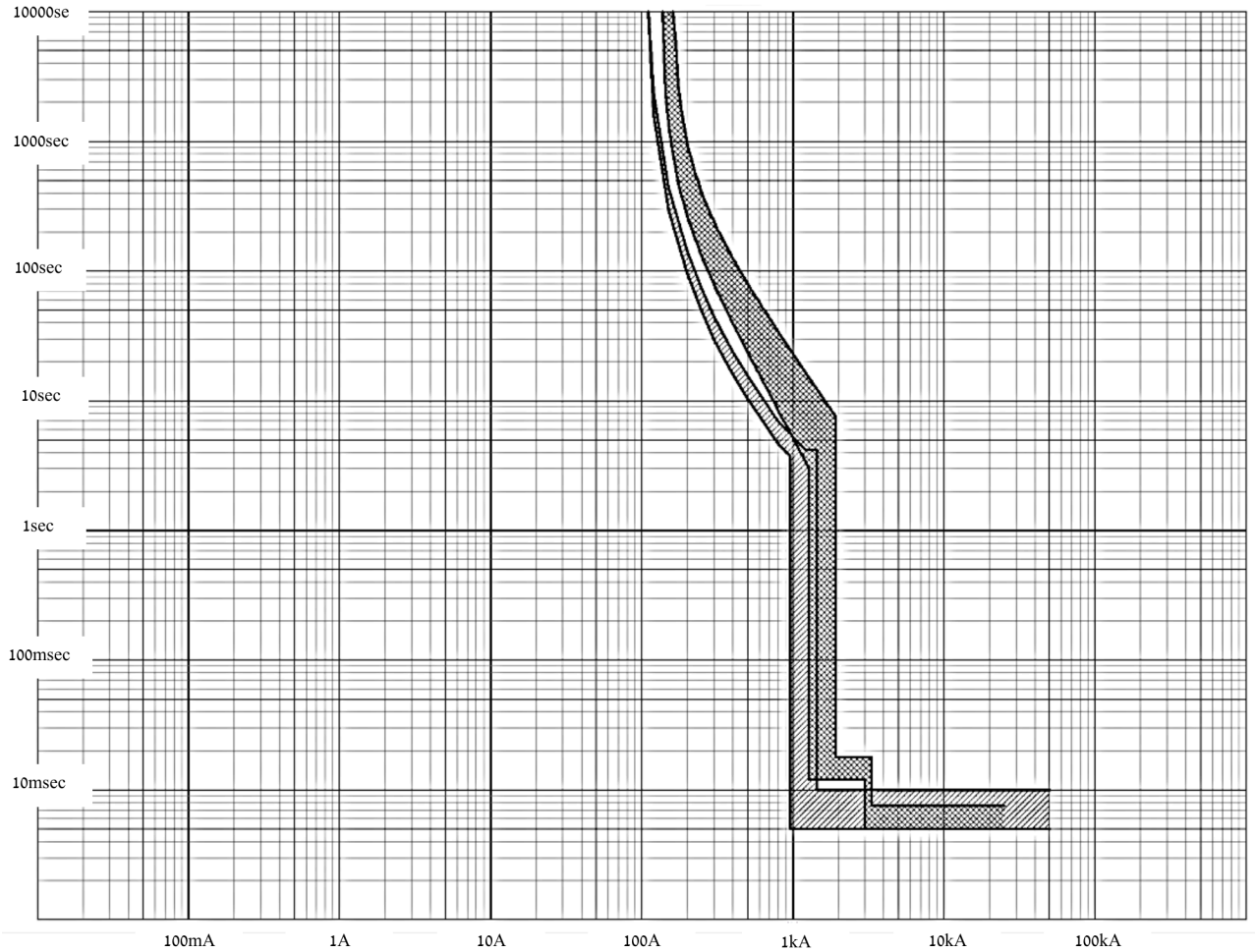
(5 נקודות)

ג. קבעו את זרם הנקוב של המפסק להגנת מעגל ההזנה למנוע ובחרו את שטח החתך של המוליכים במעגל הזנת המנוע.

(5 נקודות)

ד. הניחו ששטח החתך שנבחר בסעיף הקודם הותקן, אך המוליך הוא מסוג נחושת. קבעו באיזה יחס הפסדי קו ההזנה ישתנו.

(5 נקודות)

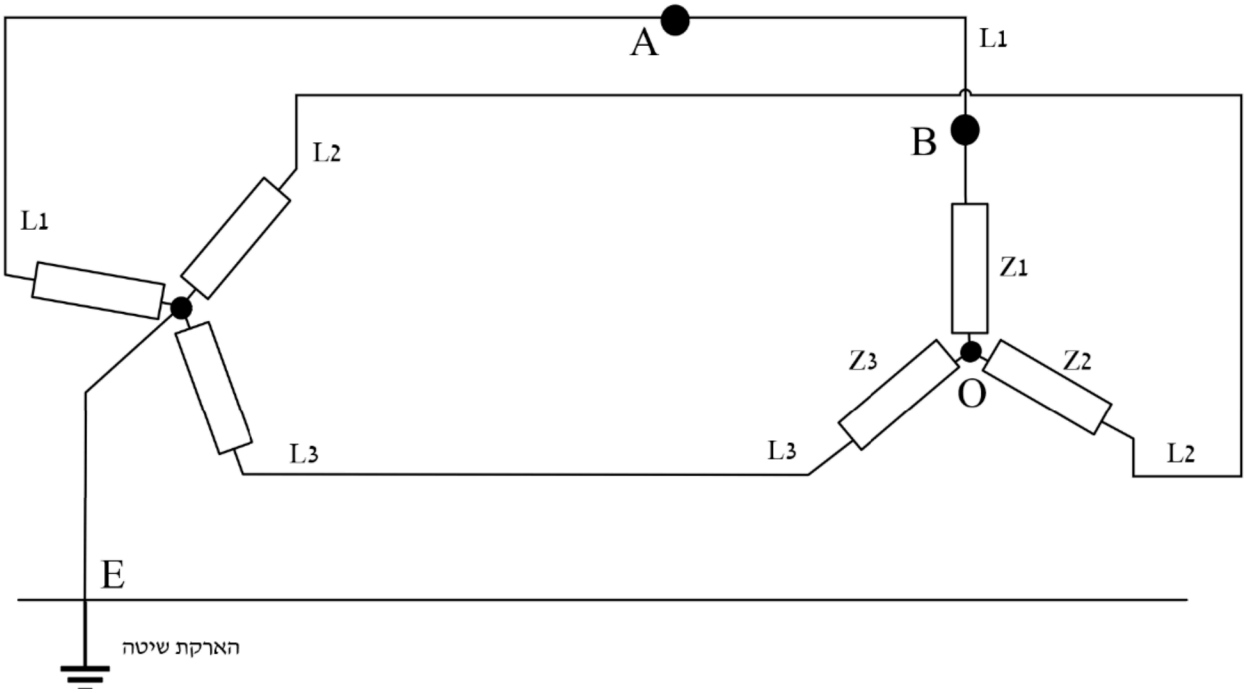


ה. באיור נתון אופיין הניתוק של המתנע התרמו מגנטי ואופיין ההגנה של מפסק הזרם האוטומטי של מעגל ההזנה. הסבירו מה יתרחש בעת קצר בהדקי המנוע? איזה מנגנון יופעל ובאיזה התקן?

(5 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

5. עבור עומס תלת פאזי, מאוזן המחובר בתצורת כוכב. עכבות $Z_1 = Z_2 = Z_3$, כל עכבה בעלת התנגדות אוהמית של $4.6\,\Omega$ וסליל של $20\,\text{mH}$ (הניחו שההתנגדות והסליל בחיבור טורי וערכם קבוע). הרשת במתח של $400\,\text{V}$ ותדירות של $50\,\text{Hz}$.



א. חשבו את הזרם הקווי בפאזה L1.

(5 נקודות)

ב. חשבו את מקדם ההספק של העומס התלת פאזי.

(5 נקודות)

ג. בנקודה A בוצע ניתוק של פאזה L1. חשבו את מתח OB.

(5 נקודות)

ד. בנקודה A בוצע ניתוק של פאזה L1. חשבו את מתח OE.

(5 נקודות)

ה. הניחו שרשת החשמל היא $400\,\text{V}$ אך בתדר $60\,\text{Hz}$. הסבירו כיצד יושפע מקדם ההספק של העומס התלת פאזי והאם הדבר חיובי או שלילי כלפי רשת החשמל?

(5 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

6. מפעל תעשייתי מוזן מרשת $22\,\text{kV}$ תלת-מופעית, עכבת הקצר של רשת החשמל היא $0.05 + j0.6\,\text{m}\Omega$. במפעל קיים שנאי הספק בהספק נקוב של $1600\,\text{kVA}$. ערכים נקובים של שנאי $22/0.4\,\text{kV}$, הפסדי הריקם של השנאי הם $1450\,\text{W}$ והפסדי הנחושת הנקובים הם $14\,\text{kW}$. קבוצת החיבורים היא Dyn11 ומתח הקצר של השנאי היא 6%.
הלוח הראשי במפעל ממוקם בחדר החשמל הראשי. הלוח מזין ארבעה לוחות חשמל משניים. המתח במפעל $400\,\text{V}$, עומס המפעל מפורט בטבלה.

לוח חשמל	הספק מדומה [kVA]	מקדם הספק
1	360	0.85 השראתי
2	220	0.9 השראתי
3	120	0.83 השראתי
4	400	0.8 השראתי

טבלה לשאלה 6

א. חשבו מהו כושר הניתוק הנדרש המינימלי של המפסק הראשי של המתקן.

(5 נקודות)

ב. במפעל, הותקנו סוללות קבלים בשיטת "קיזוז מרכזי". ברשות המפעל ישנן סוללות קבלים של $40\,\text{kVAr}$. חשבו כמה סוללות קבלים נדרשות להתקנה עבור מקדם הספק של 0.92 לפחות.

(6 נקודות)

ג. קבעו מהו שטח החתך המינימלי של מוליך נחושת, לפי טבלה 90.3 להזנת סוללת קבלים בודדת.

(4 נקודות)

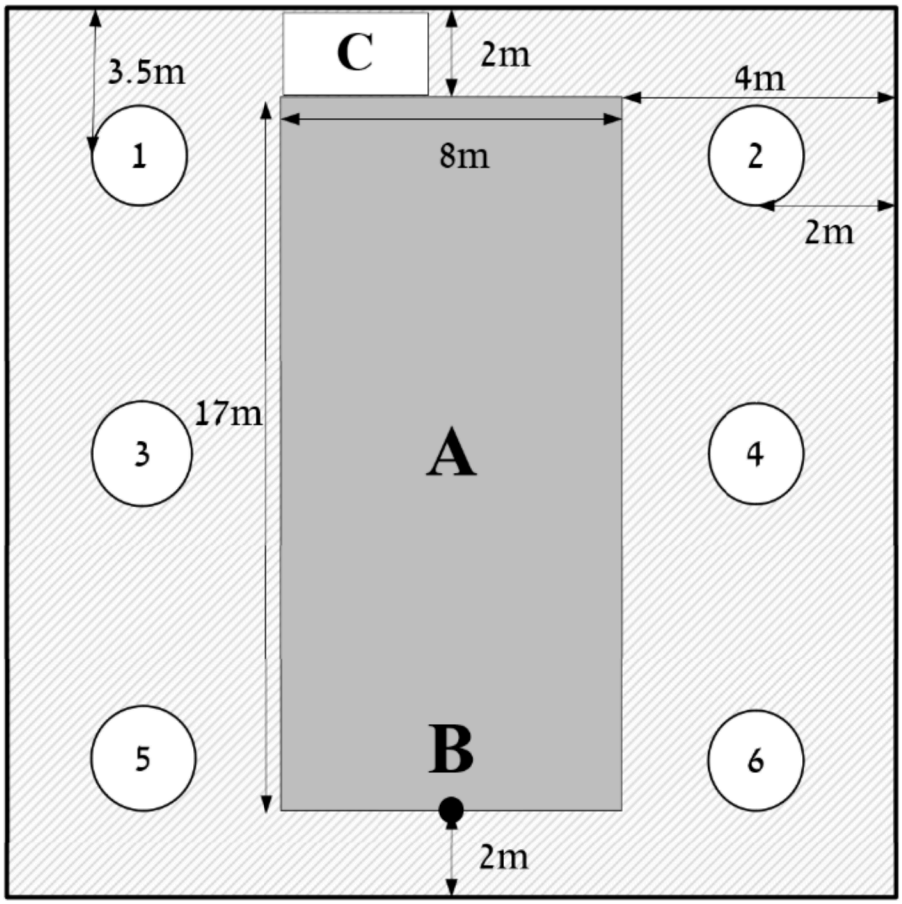
ד. חשבו מה יהיה מקדם העמסת השנאי לאחר התיקון.

(5 נקודות)

ה. לוח מס' 4 הוא לוח מתכתי. על גבי דלת הלוח מותקן ציוד מדידה חשמלי, מה הדרישה בנושא הגנת הלוח בפני חשמול? כיצד תקבע עכבת לולאת התקלה?

(5 נקודות)

7. בבריכת שחייה טיפולית מקורה המתוארת באיור מותקנים שישה גופי תאורה. כל גוף תאורה בעל נצילות אורית של $100\ \mathrm{Lm/W}$. פיזור האור של גוף תאורה שווה לכל הכיוונים בצורת חצי עיגול והוא הותקן צמוד לתקרה, גובה התקרה כ-6 מטרים. במרכז הבריכה (נקודה A) נמדדה רמת הארה של $200\ \mathrm{Lux}$ בגובה הרצפה. רשת החשמל במתח נקוב של $230\ \mathrm{V}$.



א. חשבו את שטף האור של גוף תאורה.

(7 נקודות)

ב. חשבו את הספקה של מנורת לד בודדת.

(5 נקודות)

ג. חשבו את רמת ההארה בנקודה B (בגובה הרצפה, התחשבו בשתי נורות קרובות בלבד).

(5 נקודות)

ד. הסבירו כיצד מוגדר אזור C בהתאם לחוק החשמל, גובה הנקודה C כ-0.8 מטר.

(4 נקודות)

ה. לפי חוק החשמל, מנו את האפשרויות להגנה בפני חשמול של תאורה תת מימית הממוקמת מאחורי אשנב והגישה אליה אפשרית מתעלה שמחוץ למים.

(4 נקודות)

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

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il