GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד א'
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 1-6. 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. מהדורה אחרונה של חוק ותקנות בנושא חשמל בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות. 3. דפי נוסחאות יצורפו לשאלון הבחינה. 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.

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

בהצלחה!

השאלות

1. לוח חשמל של מרכז אנרגיה במבנה ציבורי מוזן מ"חברת חשמל".

מתח הנקוב: $U_n = 400\,\text{V}/50\,\text{Hz}$

המתקן ממוקם במרחק של 115 מטר מנקודת החיבור לרשת החשמל.

שיטת התקנת כבלי ההזנה היא: כבלים רב גידים הטמונים באדמה במישרין, צמודים.

טמפרטורת האדמה היא 40°C , ההתנגדות הטרמית הסגולית של הקרקע היא $2\,\text{Km/W}$.

הכבלים הם בעלי מוליכי חמרן ובידוד XLPE (NA2XY)

טבלת העומסים המוזנים מהלוח:

סוג העומס	מספר צרכנים	הספק חשמלי לצרכן בודד (kW)	נצילות %	מקדם הספק	מקדם ביקוש
מדחסים	3	55	92	0.85	0.7
משאבות	6	20	90	0.82	0.75
מפחים	10	5	88	0.8	0.9

טבלה לשאלה 1

א. חשבו את הזרם המקסימלי בקו ההזנה של הלוח הראשי ובחרו את גודל המפסק האוטומטי הראשי.

> **ערכים נקובים של מפסקים אוטומטים**
>
> 2A; 4A; 6A; 10A; 16A; 20A; 25A; 32A; 40A; 50A; 63A; 80A; 100A; 125A; 160A; 200A; 250A; 400A; 500A; 630A; 800A; 1000A; 1250A

(5 נקודות)

ב. מה יהיה שטח החתך המינימלי של כבל ההזנה של המפעל בהנחה שבחירת כבל ההזנה מבוססת על שיקולי העמסת יתר ומפל מתח לאורך קו ההזנה, שלא יעלה על 3% בלבד. ההיגב ההשראתי של הכבל הוא $0.1\,\Omega/\text{km}$

(8 נקודות)

ג. חשבו את גודל סוללות הקבלים הנדרשות על מנת לשפר את מקדם ההספק של המתקן לפי שיטת "קיזוז מרכזי" ל-0.92 לפחות (הספק, קיבול ונגדי פריקה), יש לתכנן את קווי ההזנה ללוח קבלים ולסוללות שנבחרו.

לוח הקבלים מחובר ללוח הראשי של מרכז האנרגיה.

לרשות המרכז סוללות קבלים של $U_n = 400\,\text{V}$, $20\,\text{kVAr}$.

(8 נקודות)

ד. את הקבלים בסוללה ניתן לחבר בחיבור כוכב או בחיבור משולש.

מהי שיטת החיבורים העדיפה לדעתכם, נמקו והראו על ידי חישוב.

(4 נקודות)

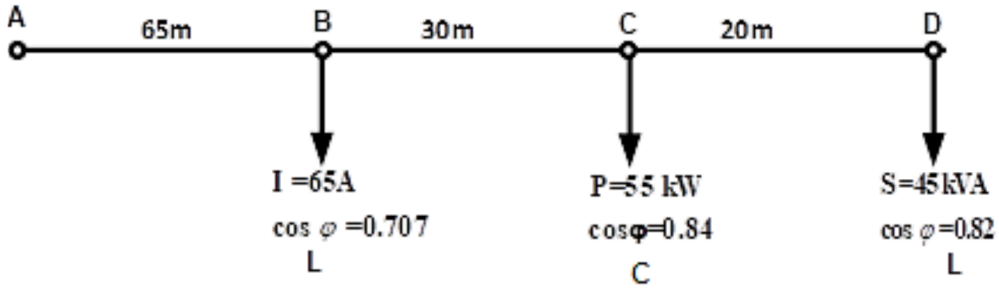
2. באיור לשאלה 2 נתונה רשת תלת מופעית במתח נמוך.

הרשת מוזנת מ"חברת חשמל" - $U_n = 400\,\mathrm{V}$

ידוע שמוליכי הרשת מנחושת $\gamma = 57\,\frac{m}{\Omega mm^2}$

שטח החתך $50\,mm^2$.

ההיגב השראתי של מוליכי הרשת $X_0 = 0.1\,\Omega/\mathrm{km}$



א. חשבו את הזרם בכל אחד מקטעי הרשת, יש להציג את הערכים בביטוי מרוכב (פולארי או קרתזי).

(7 נקודות)

ב. בנקודה C נמדד מתח של $405\,\mathrm{V}$, חשבו את המתח בנקודה A.

(6 נקודות)

ג. קבעו את הנקודה בה המתח מזערי וחשבו את ערכו.

(6 נקודות)

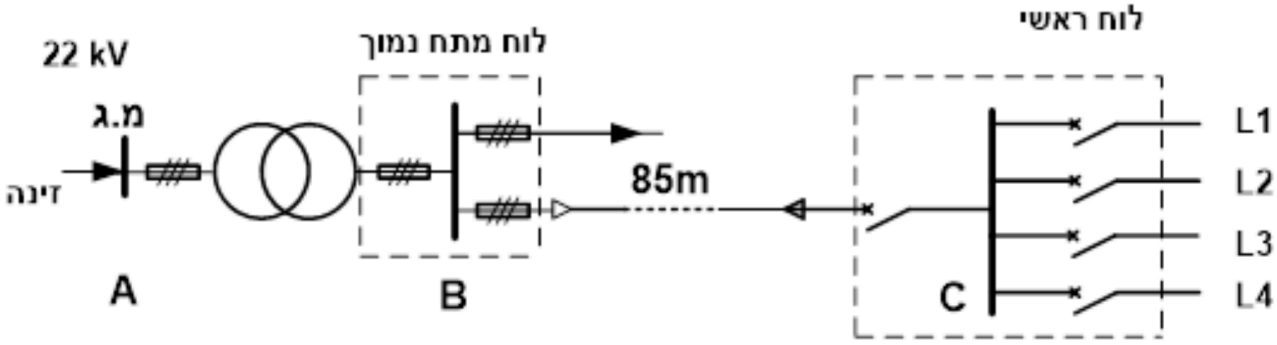
ד. חשבו את הפסדי ההספק הפעילים הכוללים ברשת.

בחישוב זרמי העומסים, יש להתחשב במתח נומינלי.

(6 נקודות)

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

3. מפעל תעשייתי מוזן משנאי $22/0.4\,\mathrm{kV}$, $1600\,\mathrm{kVA}$.
הספק הקצר של הרשת המזינה את השנאי $400\,\mathrm{MVA}$.
נתוני השנאי $S=1600\,\mathrm{KVA}$ $u_k=6\%$ $\Delta P_{Fe}=2.5\,\mathrm{kW}$ $\Delta P_{cu}=15\,\mathrm{kW}$.
הזנת הלוח הראשי נעשית באמצעות שישה כבלים רב - גידיים העשויים נחושת בעל בידוד $90^\circ\mathrm{C}$,
המונחים על מגש רשת בשכבה אחת.
טמפרטורה אופפת $50^\circ\mathrm{C}$.
ההתנגדות הסגולית של הנחושת $\rho=\frac{1}{57}\,\frac{\Omega mm^2}{m}$.
ההיגב ההשראתי של המוליכים בכבל $X_0=0.077\,\Omega/\mathrm{km}$.



א. קבעו את שטח החתך של המוליכים בכבל ההזנה של המפעל.
בהנחה שהספק הצריכה של המפעל שווה ל-60% מהספק השנאי.
(5 נקודות)

ב. חשבו את כושר הניתוק של הנתיכים בתחנת ההשנאה בצד המתח הגבוה ובצד המתח הנמוך.
(8 נקודות)

ג. חשבו את העמידות הדינמית של פסי הצבירה המותקנים בלוח הראשי העשויים נחושת, אם ידוע ששטח חתך פסי הצבירה הוא $10\mathrm{x}60$ ממ"ר והמרחק בין מרכזי הצבירה הוא $20\,\mathrm{cm}$ והמרחק בין המבודדים 80 ס"מ, $\sigma=1400\,kg/cm^2$.
האם העמידות הדינמית תקינה?
(8 נקודות)

ד. במידה והעמידות הדינמית אינה תקינה מה ניתן לעשות כדי לתקן את המצב.
(4 נקודות)

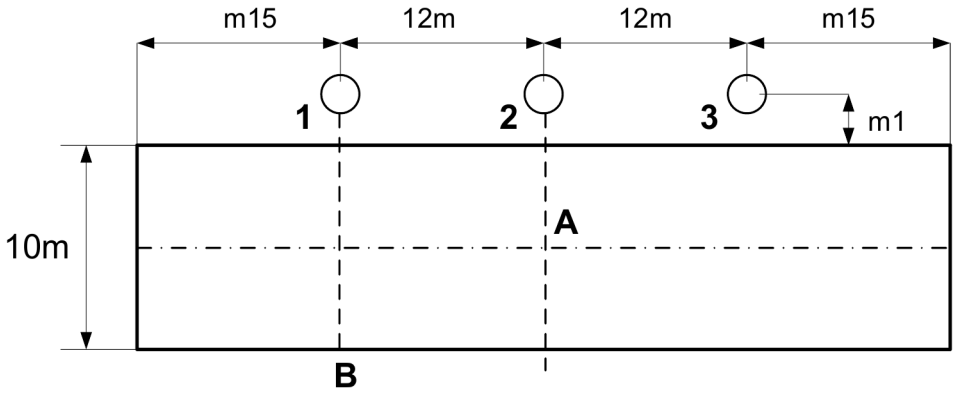
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

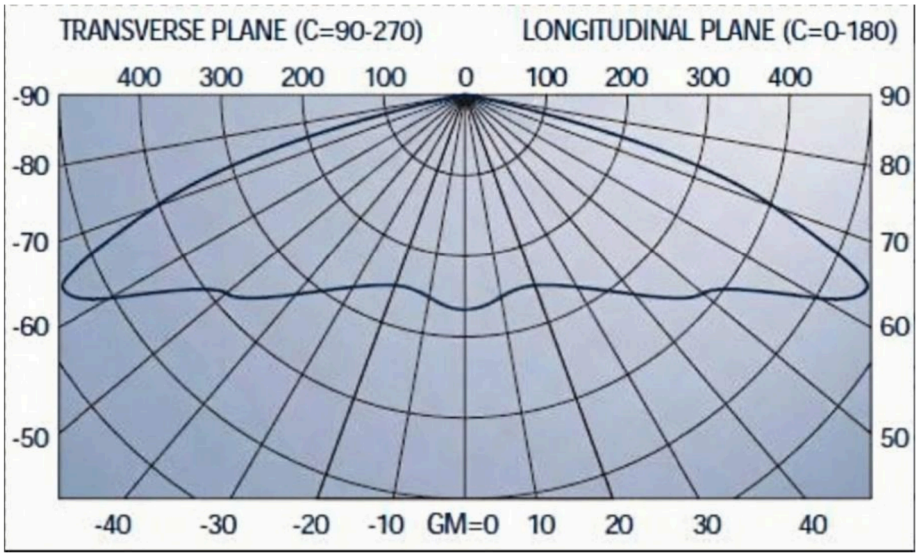
4. עבור תאורת מגרש חנייה הותקנו עמודי תאורה מתכתיים בגובה של עשרה מטר.

בראש כל עמוד תאורה הותקן גוף תאורה ובו נורת LED בהספק של $200\,W$ בעלת יעילות אורית של $150\,Lm/W$.

פיזור האור של גופי התאורה מתואר בדיאגרמה פולרית המופיעה באיורים לשאלה.

עוצמת האור בדיאגרמה נתונה $cd/kLumen$





א. חשבו את רמת ההארה בנקודה A (אמצע המגרש).

(10 נקודות)

ב. חשבו את רמת ההארה בנקודה B (יש להתחשב בעמודים 1 ו 2 בלבד)

(10 נקודות)

ג. הסבירו בצורה מילולית מהו ההבדל בין עוצמת האור לבין עוצמת ההארה?

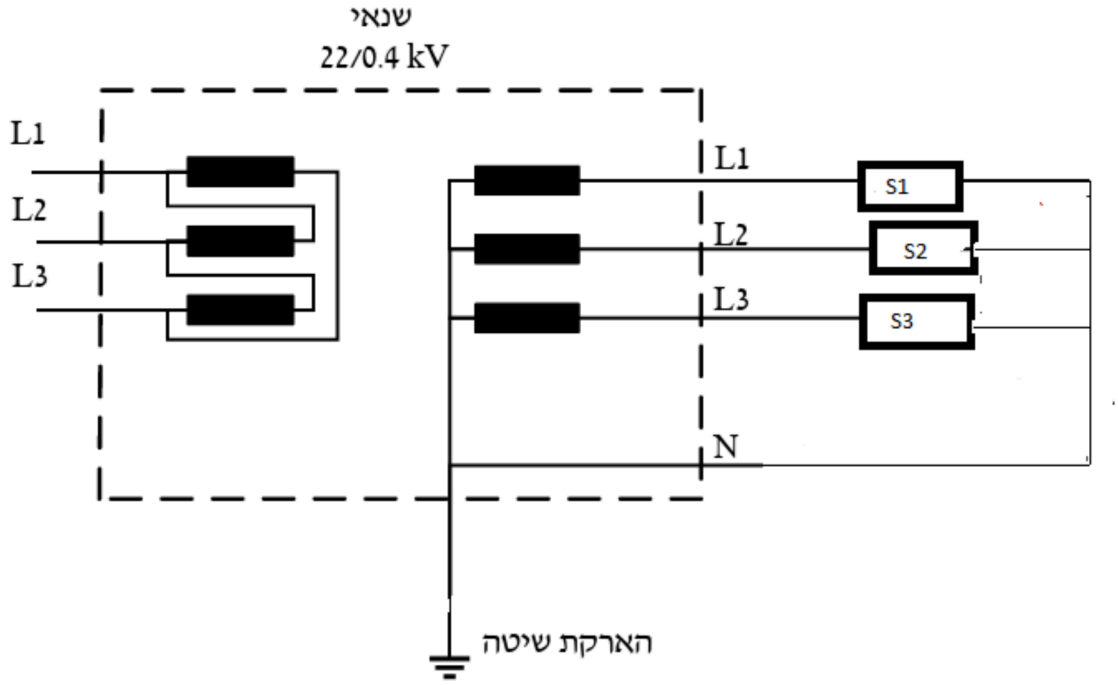
מנו את הגורמים המשפיעים על נצילות ההארה.

(5 נקודות)

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

5. שנאי $22/0.4\,\text{kV}$ מזין 3 עומסים כפי שמתואר בתרשים:

$$\cos\varphi = 0.8\ ,\ S_1 = 50\,\text{kVA}$$
$$\cos\varphi = 0.9\ ,\ S_2 = 100\,\text{kVA}$$
$$\cos\varphi = 0.85\ ,\ S_3 = 75\,\text{kVA}$$



א. חשבו את הזרם בכל אחד ממוליכי המופעים L1, L2, L3 ובמוליך האפס N (הזניחו את עכבת המוליכים).

(10 נקודות)

ב. האם קיימים איבודי הספק במוליך האפס?

חשבו את האיבודים, אם ידוע שעכבת מוליך האפס $0.035 + 0.024j\ \Omega$

(10 נקודות)

ג. איך תתנהג הרשת במקרה של נתק במוליך האפס (הסבירו מילולי בלבד).

(5 נקודות)

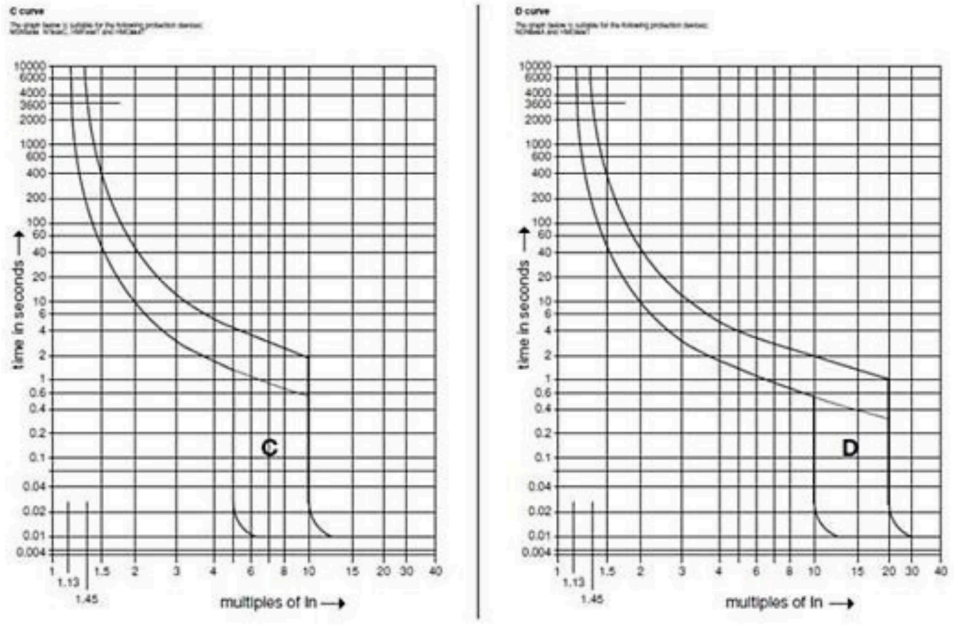
6. לפניכם מספר סעיפים עם שאלות ברירה, עליכם לבחור את התשובה הנכונה בכל סעיף, יש לענות על כל הסעיפים.

א. איזו טענה מהטענות הבאות אינה נכונה לגבי הארקת שיטה:

1. אסור להתקין הארקת שיטה כאשר ההגנה בפני חשמול היא ע"י הפרד מגן.
2. במתקנים לזרם ישר מותר להשתמש בצנרת מתכתית לאספקת מים כאלקטרודה להארקת שיטה.
3. מטרת הארקת שיטה היא ייצוב מתח השיטה לאדמה.
4. משמשת כהגנה בפני עליית מתח במקרה של חדירת מתח ממקור שמחוץ לשיטה.

(5 נקודות)

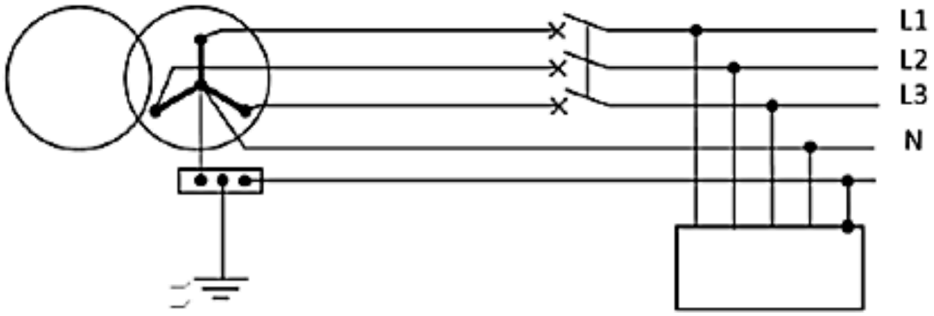
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



ב. נתון אופיין זרם/זמן של מא"זים מסוג C ו-D המתאימים לזרם נקוב 20 A .

1. מא"ז C.
2. אי אפשר לדעת מתוך האופיינים.
3. שניהם מתוכננים להיפסק בפרק זמן זהה.
4. מא"ז D.

(5 נקודות)



ג. מהי שיטת ההגנה המוצגת בשרטוט?

1. TT.
2. TN-S.
3. IT.
4. TN-C-S.

(5 נקודות)

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

ד. מוליך בעל חתך אחיד עובר בכמה קטעים ששוררים בהם תנאים שונים.
כיצד יש לבחור את ערך הזרם המירבי המותר של המוליך, לעניין בחינת ההתאמה של מבטח לדרישות התקנות להגנה מפני זרם העמסת יתר בלבד?

1. יש לבחון את ערכו של זרם העמסה המרבי לכל מקטע ולבחור את הערך הנמוך ביותר עבור כל המקטעים.
2. יש לבחון את ערכו של זרם העמסה המרבי לכל מקטע ולבחור את הערך הממוצע עבור כל המקטעים.
3. יש לבחון את ערכו של זרם העמסה המרבי לכל מקטע ולבחור את הערך הגבוה ביותר עבור כל המקטעים.
4. יש לבחון את ערכו של זרם העמסה המרבי בהתאם למקטע הארוך ביותר.

(5 נקודות)

ה. אחד התנאים לביצוע איפוס הוא קיום הארקת יסוד.
מדוע תנאי זה הכרחי בשיטת האיפוס ואינו הכרחי בשיטת הארקת הגנה T.T.?

1. אם מתנתק מוליך הארקה של לוח ראשי, מתח המגע יעלה על 50 וולט.
2. אם מתנתק חיבור להארקת היסוד מתח המגע יעלה על 50 וולט.
3. אם מתנתק מוליך האפס בקו הזינה, תובטח השוואת פוטנציאליים.
4. בהארקת יסוד אנו מבטיחים זרימת זרם גדולה דרך האדמה.

(5 נקודות)

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