



מערכות הספק וمتקנים חשמל להנדסאים – הנדסת חשמל

הנחיות לנבחן

- א. משך הבדיקה:**
ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלה ופתח ההערכה:** בשאלון זה 8 שאלות.
עליכם לענות על 5 שאלות בלבד.
כל שאלה – 20 נקודות.
בסך-הכל – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש:**
 1. מחשבון (אין להשתמש במחשב נייד, במחשב כפ"יד או במחשבון המאפשר תקשורת עם גורם חיצוני).
 2. קלסר אחד בלבד וכן חומר הרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר.
 3. שני ספרי לימוד.
- ד. הוראות מיוחדות:**
 1. פתרונות לתרגילים חישוביים הציגו בסדר הזה: הסבר מילולי של פעולה החישוב; כתיבת הנוסחה המתאימה; הצגה (כל הערכים ביחידות המתאימות); כתיבת עד 3 ספירות משמעותיות של התוצאה בציון יחידות המידה המתאימות ושימוש בכופלים הנדסיים או בחזקה של 10.
 2. השאר את העמוד הראשון במחברת הבדיקה ריק.
בגמר הבדיקה כתוב בעמוד זה את מספרי השאלות שאת מקשיים שמעריכי הבדיקה יבדקו. לא ייבדקו יותר תשובה מן הנדרש.
 3. יש לקרוא בעיון את כל השאלות.
 4. כתוב את התשובות במחברת הבדיקה, **בעט בלבד**, בכתב יד ברור.
 5. התחיל כל תשובה בעמוד חדש וציין בראשו את מספר השאלה והסעיף (אין צורך להעתיק את השאלה ואת הסעיף).
 6. אם אתה זוקק לטיווח, הקצה לה מקום במחברת הבדיקה, רשום באופן ברור "טיווח" ומתח קו על הכתוב כדי שלא ייבדק. הציג תשובה סופית ללא דרך הפתרון לא תזוכה בניקוד.
- ה. הוראות כלליות:**
 1. כתוב את התשובות במחברת הבדיקה, **בעט בלבד**, בכתב יד ברור.
 2. התחיל כל תשובה בעמוד חדש וציין בראשו את מספר השאלה והסעיף (אין צורך להעתיק את השאלה ואת הסעיף).
 3. אם אתה זוקק לטיווח, הקצה לה מקום במחברת הבדיקה, רשום באופן ברור "טיווח" ומתח קו על הכתוב כדי שלא ייבדק. הציג תשובה סופית ללא דרך הפתרון לא תזוכה בניקוד.
 4. אם לדעתך חסר נתון שאלה, הוסיף אותו עלי"פ שיקול דעתך ופתרו בעורתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספה ונמק את בחירתך.

חל איסור מוחלט להוציא שאלון או מחברת בחינה מחוץ הבדיקה!

הנחיות שלහן מנושחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד

בשאלון זה 7 עמודים.

בהצלחה!

ענה על חמישה מבין השאלות 1-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר תרשימים החזנה של מכשיר חשמלי חד-מופעי.

המכשיר מזון מאחד המופעים של רשת תלת-מופעית במתוח שלוב: $V_{\text{phase}} = 400 \text{ V}$.

שיטת ההגנה של הרשת היא האركת הגנה (TT).

המכשיר, שבו גוף חימום, הוא עומס התנגדותי טהור, שהנתונים הנקובים שלו הם:

$$P_{\text{avg}} = 5 \text{ kW} ; U_{\text{avg}} = 230 \text{ V}$$

מוליכי הרשת (N , L_1 , L_2 , L_3) עשויים נחושת, שהتانגדותה הסוגלית: $\rho = 1/57 \text{ mm}^2/\text{m} \cdot \Omega$.

שטח החתך של המוליכים: $A = 16 \text{ mm}^2$.

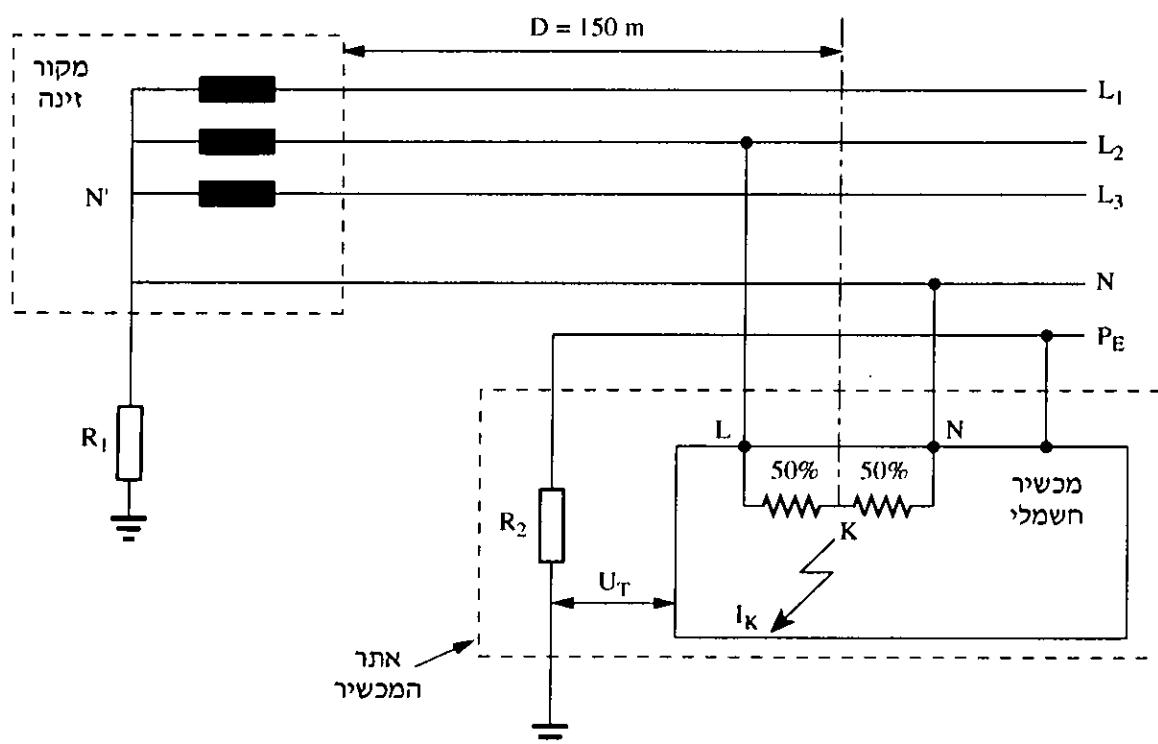
המרחק שבין מקור הזינה לבין אתר המכשיר: $d = 150 \text{ m}$.

התנגדות הארקת השיטה $\Omega_s = 50 \Omega$. התנגדות הארקת של המכשיר $\Omega_m = 50 \Omega$. עכבות מקור הזינה קטנה

מאד בהשוואה להtanגדויות שבמעגל הזינה.

בין אמצע גוף החימום (נקודה K שבאיור) לגוף המתכת של המכשיר נוצר קצר.

חשב את "מתוח המגע" U_T בין גוף המכשיר לבין המסה הכללית של הארקה.



איור לשאלה 1

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון סרטווט של רשת מתח גובה שנקודת אפס המקור שלה מוארקת דרך סליל כיבוי.

ברשת זו את מתרכש חיבור לאדמה של המופע S. סדר המופעים במקור הזינה: T → S → R.

המתוך השלב הנקוב של הרשת: $U_n = 22 \text{ V}$.

כמפורט מהתקלה, הזורמים במופעים R, T הם:

$$\bar{I}_R = 65 \angle -90^\circ [\text{A}]$$

$$\bar{I}_T = 65 \angle -150^\circ [\text{A}]$$

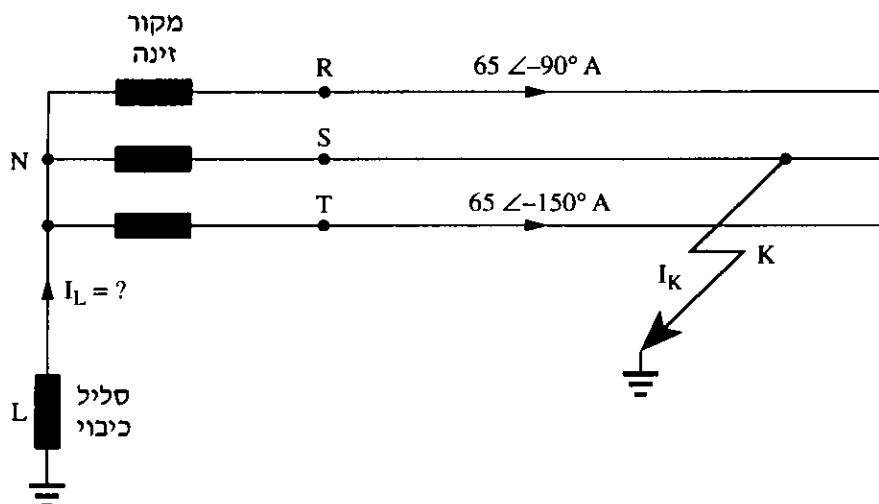
סליל הכבוי מכיל לפי "קיווז יתר" עם סטייה של 15% + ביחס לזרם הקיבולי של הרשת.

הערה: **התנגדות האומנית של ריבבי הרשת זינה.**

(8 נק') א. חשב את גודל הרכיב הקיבולי של הזום I_K במקום התקלה.

(5 נק') ב. חשב את גודל הזום הזרום בסליל הכבוי.

(7 נק') ג. חשב את היגב סליל הכבוי.



איור לשאלה 2

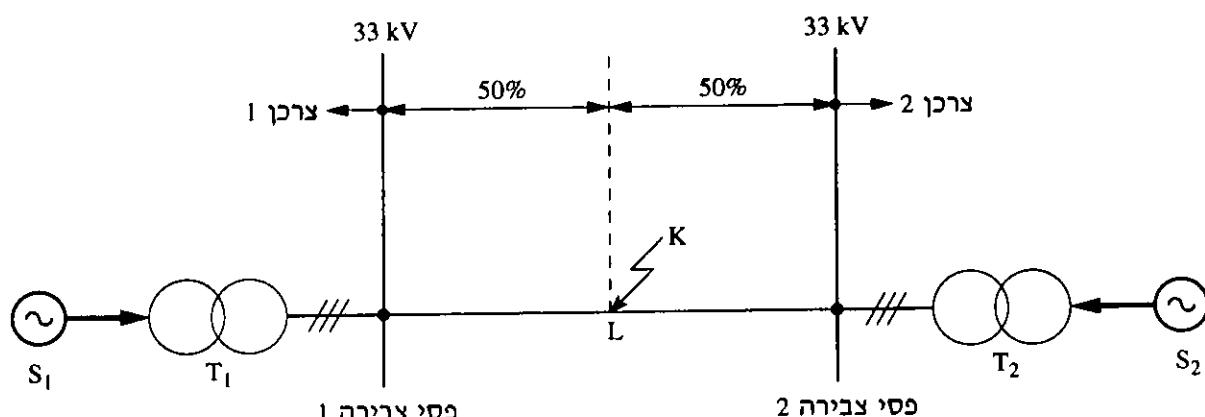
שאלה 3

באיור א' לשאלה 3 מתוארים שני שנאים תלת-מופעיים זהים (T_1 , T_2) המזינים זרמי מתח נכ枉ה. מתח הרשת הוא 33 kV, ופסי הצבירה מחוברים זה לזה באמצעות הקו "L".

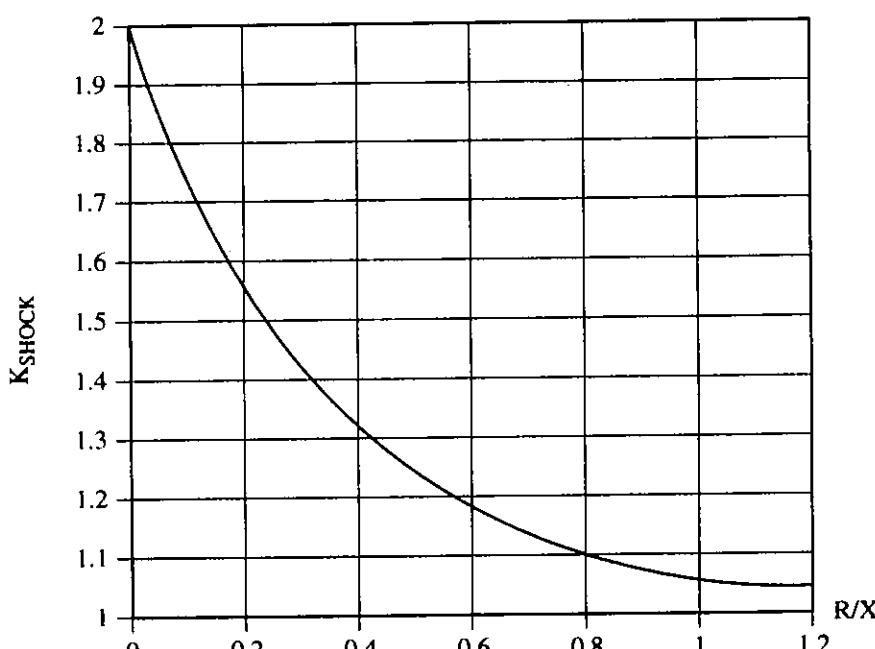
נתוני של כל אחד משני השנאים: הספק נקוב $S_n = 30 \text{ MVA}$; $\mu_{K(\text{REACTIVE})} = 18\%$; $\mu_{K(\text{ACTIVE})} = 1.5\%$; נתוני הקו "L": אורך 30 km; התנגדות יחידת אורך $x = 0.03 \Omega/\text{km}$; היגב יחידת אורך $\omega_x = 0.35 \Omega/\text{km}$. עכבות המקורות S_1 ו- S_2 זניחות. באמצע הקו בנקודה "K" מתרחש קצר תלת-מופעי מתכתי.

(12 נק') א. חשב את הגודל של זרם הקצר המתמיד בנקודה "K".

(8 נק') ב. חשב את הגודל של זרם ה"הלם" תלות מקדם ה"הלם" ביחס X/R מתוארת באיוור ב' לשאלה 3.



איור א לשאלה 3



איור ב לשאלה 3

שאלה 4

מנוע השראה תלת-מופעי מוזן במתח השלב הנקוב שלו, $V = 400\text{ V}$. המנוע מפיק על הציר שלו הספק מכני $P_{mec} = 5\text{ HP}$, והנצילות שלו היא $\eta = 90\%$. הזרם המופעי בקו הזינה של המנוע הוא $A = 7.46\text{ A}$.

(6 נק') א. חשב את גורם ההספק ($\cos\phi$) של ההספק המועבר אל המנוע בקו הזינה.

(6 נק') ב. חשב את ההספקים (פעיל ועיוור) שצורך המנוע.

(8 נק') ג. חשב את הספק טוללת הקבלים שצורך לחבר להדק המנוע כדי שצריכת האנרגיה תהיה בגורם הספק: $\cos\phi = 0.92$.

שאלה 5

שני קווים תלת-מופעים למתח גובה (L_1, L_2) מחוברים כפי שמתואר באיוור לשאלה 5. הפרמטרים של שני הקווים זהים (אורך, התנגדות, היגב השראוותי, מתירות). איבודי ה"קורונה" זניחים. הקווים הם בעלי פרמטרים כדלקמן:

- קיבוליות: $c = 10^{-8}\text{ F/km}$

- השראות: $\ell = 0.00127\text{ H/km}$

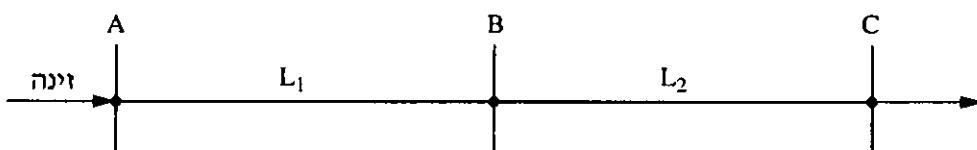
- מתירות כללית בין הקצה A לקצה C: $B = 14 \times 10^{-5}\text{ S : km}$

תדירות הרשת היא 50 Hz .

(7 נק') א. סרטט את מעגל התמורה של הקווים בין הקצה A לקצה C.

(8 נק') ב. חשב את האורך של כל אחד מהקווים.

(5 נק') ג. חשב את ההיגב השראוותי של כל אחד מהקווים.



איור לשאלה 5

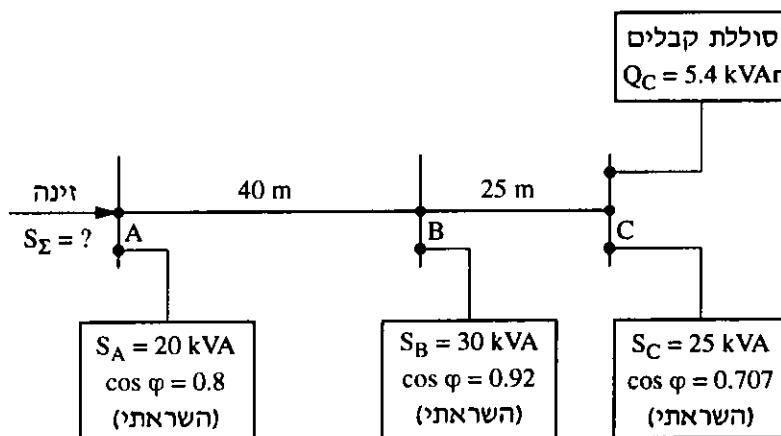
שאלה 6

مولיכי הרשת התרת-מופעית המתווארת באירור לשאלה 6 עשוים מוחושת, שההנגדותה הסגולית היא $\rho = 1/57 \Omega/m^2$. הקיבב ההשראותי של המוליכים הוא $x_0 = 0.27 \Omega/km$.
המתח השלב בנקודות הזינה "A": $V_A = 400$ V.

מפל המתח המרבי המותר ברשת הוא 5% ממתח הזינה U.

- (12 נק') א. חשב את שטחי החותך של המוליכים בקטעים AB ו-BC של הרשת, לפי קритריון של צפיפות זרם אחידה.

- (8 נק') ב. חשב את ההספק הכללי " S_{Σ} " המסופק לרשת בנקודות הזינה "A".



איור לשאלה 6

שאלה 7

הזרם בקו המזין של מתקן תלת-מופעי הוא $I = 100$ A.

ההנגדות של כל מוליך בקו: $\Omega = 0.2$.

לצורך הקטנת האיבודים בקו הזינה השקיעו בשיפור המתקן סכום של 12,500 ש"ח.

عقب החיסכון שהושג, ההשקעה הוחזרה בעבר 5 שנים.

מחיר החשמל הוא 0.45 ש"ח לכל קילוואט שעה. המתקן מופעל 7,600 שעות בשנה.

הריבית והפחית בגין ההשקעה מהווים 10% מסכום ההשקעה.

- (8 נק') א. חשב בכמה פחותו איבודי הקו המזין בעקבות השיפור.

- (12 נק') ב. חשב את הזרם בקו המזין לאחר ביצוע השיפורים.

שאלה 8

שלושה מכשירים חד-מופעלים (S_1, S_2, S_3) מזינים מקור זינה תלת-מופעי כפי שמתואר באיוור לשאלה 8. המתח השלב של מקור הזינה הוא $V = 400$. המתח הנקוב של כל אחד מהמכשירים הוא $V = 231$. ההספקים הנקובים של הצלכניים S_1 ו- S_2 :

$$S_1 = 45 \text{ kVA}; S_2 = 30 \text{ kVA}.$$

גורם ההספק של כל אחד מהצלכניים S_1 ו- S_2 :

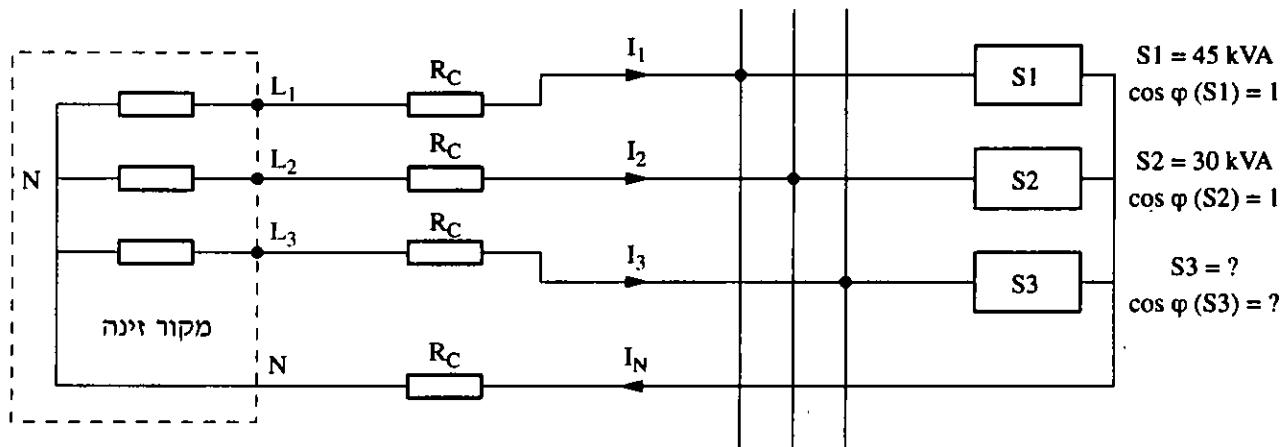
$$\cos\varphi(S_1) = \cos\varphi(S_2) = 1.$$

מוליכי הרשת (המוליכים המופעלים ומוליך ה"אפס") עשויים נחושת, שהთנגדותה הסגולית $\rho = 1/57 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$.

שטח החתך של כל אחד ממוליכי הרשת: $A = 16 \text{ mm}^2$; האורך של כל מוליך הוא 150 m .
זרם במוליך ה"אפס" הוא: $\bar{I}_N = (30 + j15) [\text{A}]$

(10 נק') א. חשב את זרמי המוליכים המופעלים $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3$ (كمספרים מרוכבים).

(10 נק') ב. חשב את ההספק הנקוב של הצלבן S_3 ואת גורם ההספק שלו.



איור לשאלה 8

בהתכלחת!

© כל הזכויות שמורות למח"ט