

## מערכות חשמל

על-פי תכנית הרפורמה ללמידה משמעותית

### הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם עשר שאלות. עליך לענות על שתי שאלות מהפרק הראשון, על שתי שאלות מהפרק השני ועל שאלה אחת מהפרק השלישי. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
  1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
  2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
  3. רשום את כל תשובותיך **אך ורק בעט**.
  4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בהירות.
  5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
  6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
  7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מִרְב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
    - \* רישום הנוסחה המתאימה.
    - \* הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
    - \* חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
    - \* רישום התוצאה המתקבלת, וציון יחידות המידה המתאימות.
    - \* ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים ו-10 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות

והן לנבחנים כאחד.

◀ המשך מעבר לדף

בהצלחה!

## השאלות

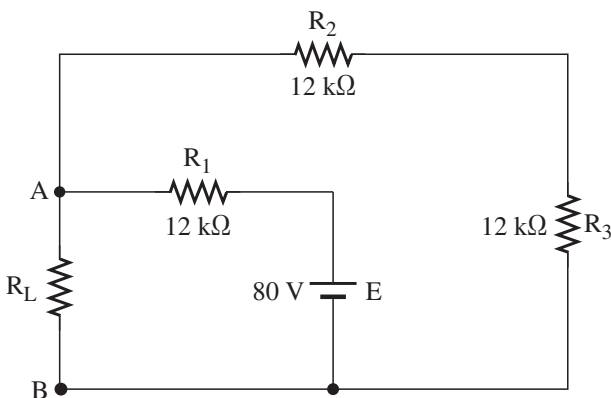
בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם עשר שאלות. עליך לענות על שתי שאלות מהפרק הראשון, על שתי שאלות מהפרק השני ועל שאלה אחת מהפרק השלישי. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

### פרק ראשון (40 נקודות)

ענה על שתיים מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 20 נקודות).

#### שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי.

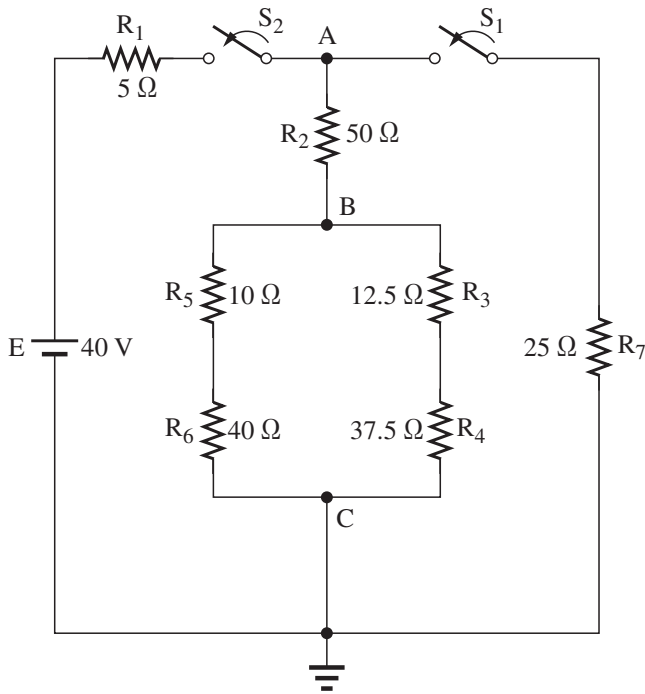


איור לשאלה 1

- סרטט במחברתך מעגל תבנין שקול עבור הנגד  $R_L$ .
- חשב את התנגדות תבנין,  $R_{th}$ .
- חשב את מתח תבנין,  $U_{th}$ .
- התנגדות הנגד  $R_L$  היא 5 kΩ. חשב את הזרם הזורם דרך הנגד  $R_L$ .

**שאלה 2**

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.



**איור לשאלה 2**

המפסקים  $S_1$  ו- $S_2$  פתוחים.

- א. 1. חשב את ההתנגדות השקולה בין הנקודות B ו-C.
  2. חשב את ההתנגדות השקולה בין הנקודות A ו-C.
- סוגרים את המפסקים  $S_1$  ו- $S_2$ .
- ב. חשב את ההתנגדות השקולה ש"רואה" מקור המתח E.
  - ג. חשב את הפוטנציאל בנקודה A.
  - ד. חשב את ההספק בנגד  $R_1$ .

### שאלה 3

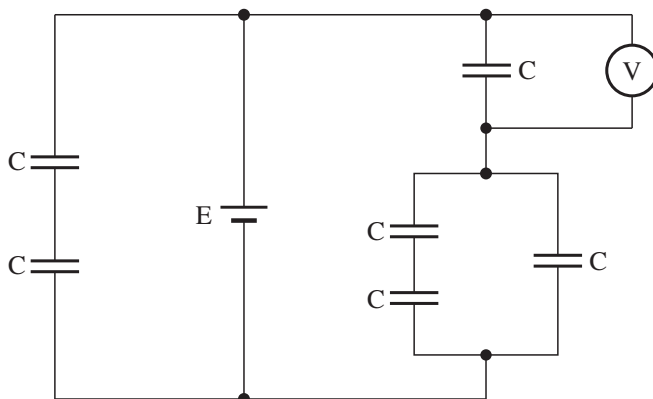
באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר. המעגל כולל שישה קבלים זהים.

**נתוני כל קבל:**

$\epsilon_r = 5$  -

$A = 0.5 \text{ m}^2$  -

$d = 1 \text{ cm}$  -

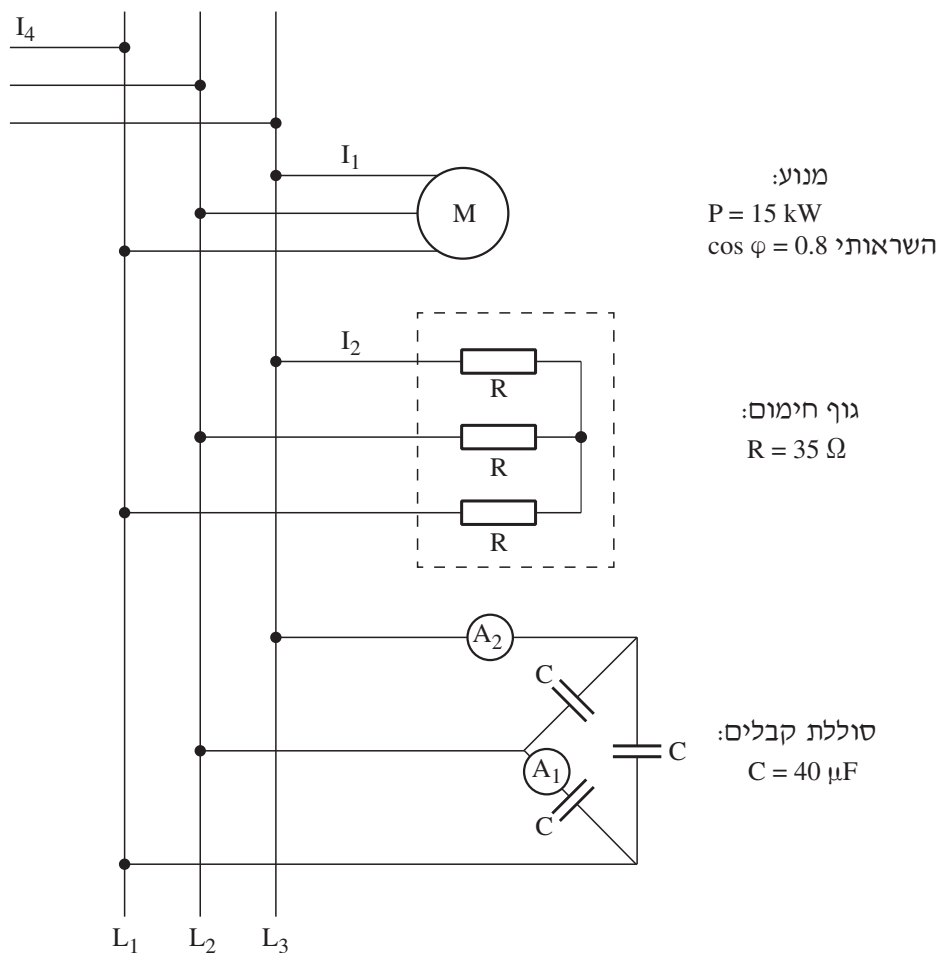


איור לשאלה 3

- א. חשב את הקיבול של כל קבל.
- ב. חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- ג. חשב את מתח המקור, E, אם ידוע שקריאת הוולטמטר היא 30 V.

#### שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתונה רשת תלת-מופעית,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $U_L = 400 \text{ V}$ , המזינה שלושה עומסים שונים.



#### איור לשאלה 4

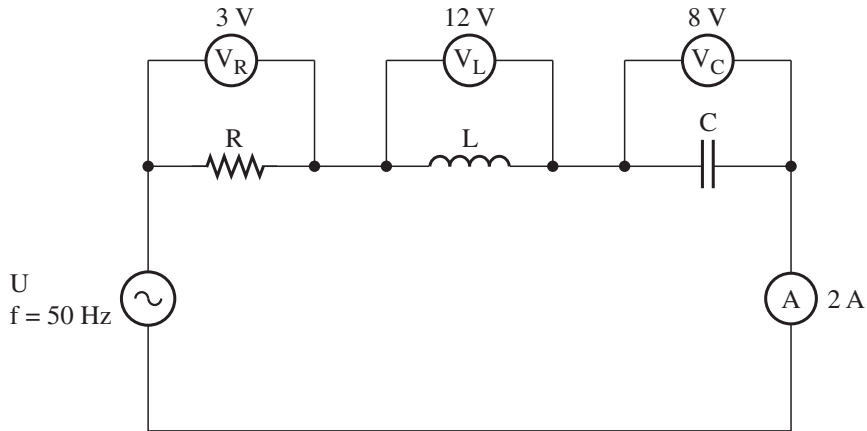
- א. חשב את הזרמים  $I_1$  ו- $I_2$ .
- ב. מה תהיה הקריאה של כל אחד מהאמפרמטרים  $A_1$  ו- $A_2$ ?
- ג. חשב את הזרם,  $I_4$ , בקו ההזנה.
- ד. 1. חשב את מקדם ההספק של הרשת.  
2. חשב את ההספק הפעיל, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של הרשת.

**פרק שני (40 נקודות)**

**ענה על שתיים מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).**

**שאלה 5**

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין.



**איור לשאלה 5**

- א. חשב את מתח המקור  $U$  (הערך היעיל).
- ב. חשב את התנגדות הנגד  $R$ , את השראות המשרן  $L$  ואת קיבול הקבל  $C$ .
- ג. סרטט במחברתך דיאגרמה פאזורית של המתחים במעגל.
- ד. 1. חשב את ההספק בכל אחד מרכיבי המעגל.  
2. סרטט במחברתך את משולש ההספקים של המעגל. הצג ערכים מחושבים על גבי משולש ההספקים.

### שאלה 6

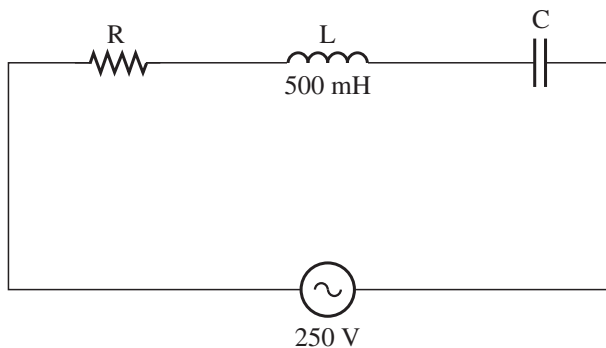
באיור לשאלה 6 נתון מעגל RLC טורי הנמצא במצב תהודה.

נתונים:

$BW = 1 \text{ kHz}$  -

$Q_0 = 10$  -

$U = 250 \text{ V}$  -



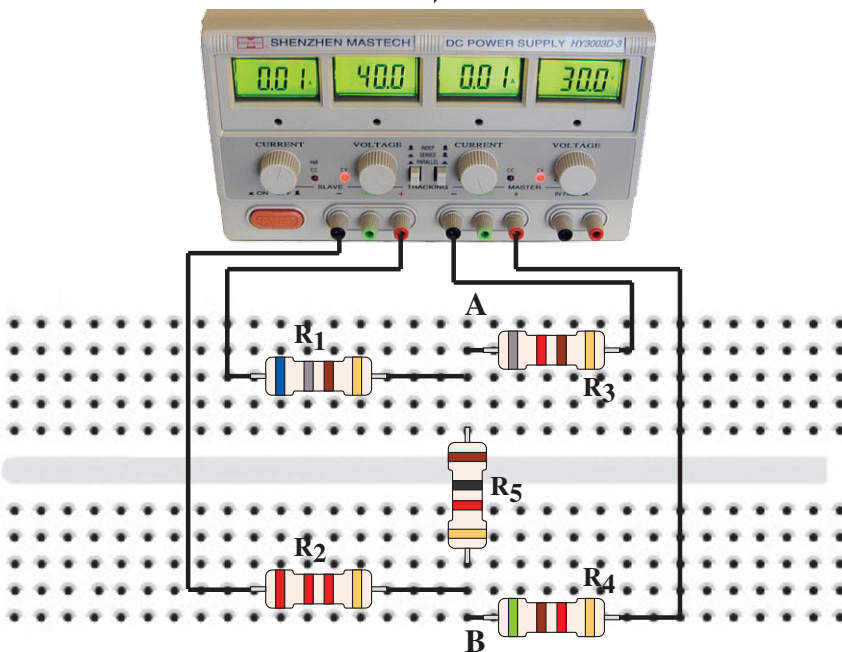
### איור לשאלה 6

- א. חשב את התדירות הזוויתית בתהודה.
- ב. חשב את המתחים  $U_L$  ו- $U_C$ .
- ג. חשב את התנגדות הנגד R ואת קיבול הקבל C.
- ד. חשב את הזרם הזורם במעגל.

## שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי המורכב על-גבי מטריצה.

### ספק כוח



### איור לשאלה 7

להלן טבלת זיהוי נגדים לפי קוד צבעים:

| צבע  | פס צבע 1 | פס צבע 2 | פס צבע 3 | אחוזי דיוק |
|------|----------|----------|----------|------------|
| שחור | 0        | 0        | 0        |            |
| חום  | 1        | 1        | 1        |            |
| אדום | 2        | 2        | 2        |            |
| כתום | 3        | 3        | 3        |            |
| צהוב | 4        | 4        | 4        |            |
| ירוק | 5        | 5        | 5        |            |
| כחול | 6        | 6        | 6        |            |
| סגול | 7        | 7        | 7        |            |
| אפור | 8        | 8        | 8        |            |
| לבן  | 9        | 9        | 9        |            |
| זהב  |          |          |          | +/- 5%     |
| כסף  |          |          |          | +/- 10%    |

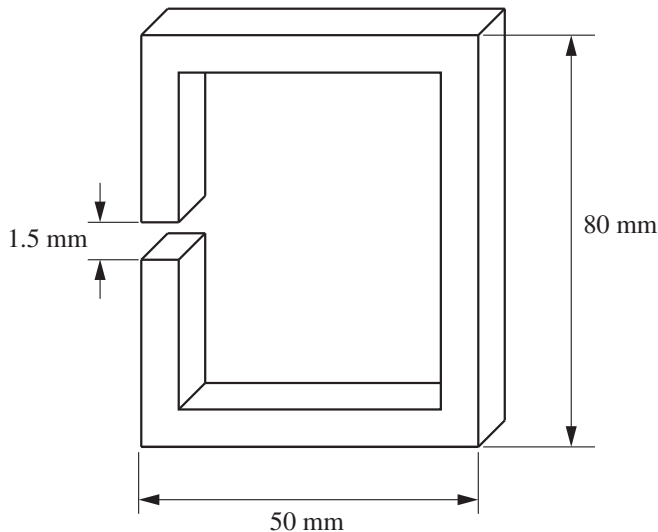
| מקרא:                  |
|------------------------|
| פס צבע 1 = ספרה 1      |
| פס צבע 2 = ספרה 2      |
| פס צבע 3 = מספר האפסים |
| פס צבע 4 = אחוזי הדיוק |



- א. 1. סרטט במחברתך את המעגל החשמלי המתואר באיור.  
2. חשב את ההספק בנגד  $R_4$ .  
מנתקים את הנגד  $R_5$  שבענף AB של המעגל.
- ב. 1. סרטט במחברתך את המעגל החדש.  
2. חשב את הזרם הזורם דרך הנגד  $R_1$  במעגל החדש.

### שאלה 8

- באיור לשאלה 8 מתואר מעגל מגנטי העשוי מחומר פרומגנטי שבו חריץ אוויר בעובי של 1.5 mm. אורך המסלול הממוצע של השטף המגנטי, כולל חריץ האוויר, הוא 228 mm. החדירות היחסית של החומר הפרומגנטי היא  $\mu_r = 1,600$ . חתך הליבה הוא אחיד, וצורתו ריבוע בעל צלע באורך של 8 mm.



### איור לשאלה 8

- א. 1. חשב את המיאון המגנטי של חריץ האוויר.  
2. חשב את המיאון המגנטי של ליבת המעגל (כולל חריץ האוויר).  
על הליבה מלפפים סליל בעל 600 כריכות שדרכו זורם זרם של 2 A.
- ב. חשב את ערכו של השטף המגנטי בליבת המעגל.
- ג. חשב את ערכו של השדה המגנטי של המעגל.

**פרק שלישי: מערכות ספרתיות (20 נקודות)**

ענה על אחת מבין השאלות 9-10 (לכל שאלה - 20 נקודות).

**שאלה 9**

א. נתונה הפונקצייה הבינארית הזאת:

$$F(A, B, C) = A + \overline{ACB} + \overline{BC} + B$$

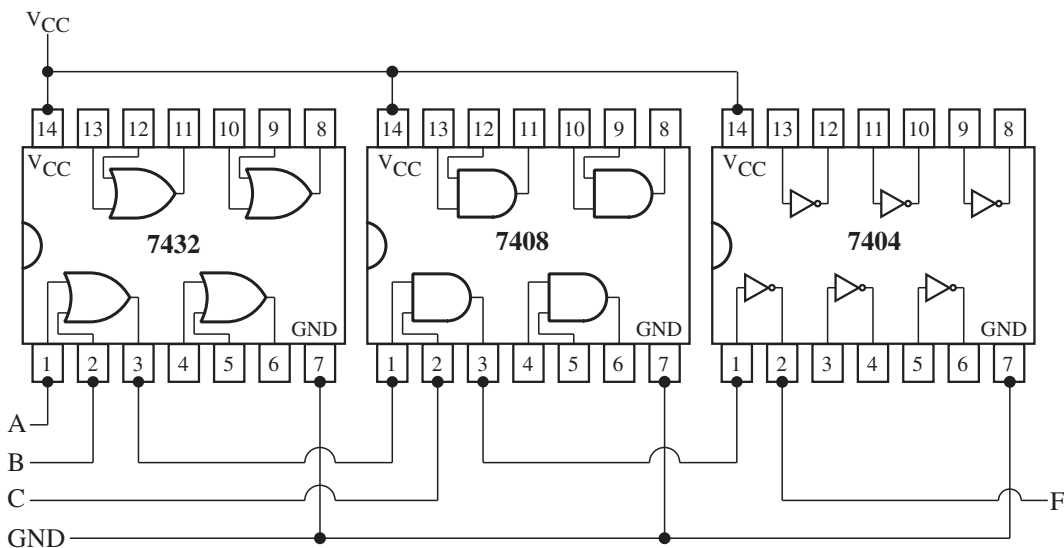
1. פשט את הפונקצייה F ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).

2. ממש את הפונקצייה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

ב. באיור לשאלה 9 נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים.

סרטט במחברתך את מערך השערים הלוגיים, ורשום את הביטוי המתקבל במוצא המערך.

**הערה:** אין קשר בין סעיף א' לסעיף ב'.



איור לשאלה 9

### שאלה 10

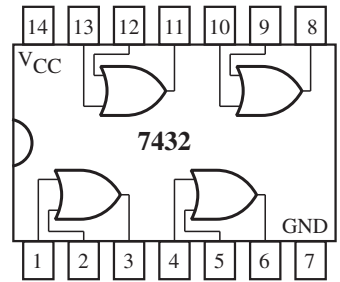
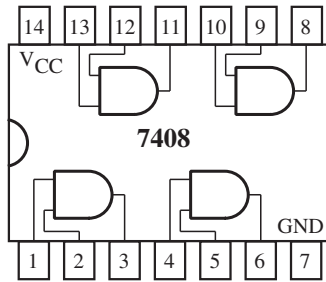
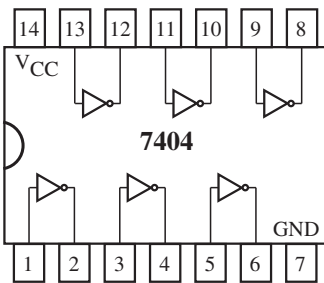
נתונה הפונקצייה  $F(X, Y, Z)$  המתוארת באמצעות מפת קרנו.

| XY |   | Z  |    |        |    |
|----|---|----|----|--------|----|
|    |   | 00 | 01 | 11     | 10 |
| 0  | 0 | 0  | 2  | 6      | 4  |
|    | 1 | 1  |    | 1      | 1  |
| 1  | 0 | 1  | 3  | 7      | 5  |
|    | 1 |    | 1  | $\Phi$ |    |

- פשט את הפונקצייה  $F$  ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).
- מהו ערך הפונקצייה כאשר:  $X = Y$  ו-  $Z = 1$  ?
- בנספח לשאלה 10 נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים. ממש את הפונקצייה  $F$  המפושטת על-גבי המערך שבנספח.

**הערה: הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח לשאלה 10, והדק אותו למחברת הבחינה.**

### בהצלחה!



אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון במערכות חשמל (9 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI)

### א. תורת החשמל

#### 1. זרם ישר

התנגדות ומוליכות

$$R \quad [\Omega] \quad - \quad \text{התנגדות}$$

$$\rho \quad \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \quad - \quad \text{התנגדות סגולית}$$

$$\ell \quad [\text{m}] \quad - \quad \text{אורך המוליך}$$

$$A \quad [\text{mm}^2] \quad - \quad \text{שטח החתך של המוליך}$$

$$G \quad [\text{S}] \quad - \quad \text{מוליכות}$$

$$G = \frac{1}{R} \quad R = \frac{\rho \ell}{A}$$

השפעת הטמפרטורה על ההתנגדות

$$R_T \quad [\Omega] \quad - \quad \text{התנגדות המוליך}$$

בטמפרטורה T

$$R_{T_2} = R_{T_1} [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

$$\rho_T \quad \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \quad - \quad \text{ההתנגדות הסגולית של המוליך}$$

בטמפרטורה T

$$\rho_{T_2} = \rho_{T_1} [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

$$\alpha \quad \left[ \frac{1}{^\circ\text{C}} \right] \quad - \quad \text{מקדם הטמפרטורה}$$

$$T_2 \quad [^\circ\text{C}] \quad - \quad \text{הטמפרטורה הסופית של המוליך}$$

$$T_1 \quad [^\circ\text{C}] \quad - \quad \text{הטמפרטורה ההתחלתית של המוליך}$$

זרם חשמלי

- זרם - I [A]
- מטען - Q [C]
- זמן - t [sec]
- צפיפות הזרם - J [A / m<sup>2</sup>]
- שטח החתך - A [m<sup>2</sup>]

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$J = \frac{I}{A}$$

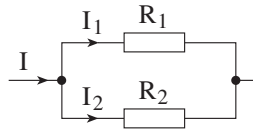
קיבול של סוללה

- קיבול הסוללה - Q\* [A · h]
- זמן - t\* [h]
- זרם הסוללה - I [A]

$$Q^* = I \cdot t^*$$

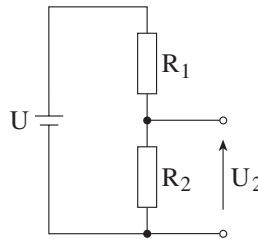
מחלק זרם

$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



מחלק מתח

$$U_2 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



הספק בזרם ישר

|         |   |   |     |
|---------|---|---|-----|
| הספק    | - | P | [W] |
| מתח     | - | U | [V] |
| זרם     | - | I | [A] |
| התנגדות | - | R | [Ω] |

$$P = UI$$

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

אנרגייה בזרם ישר

|         |   |   |                |
|---------|---|---|----------------|
| אנרגייה | - | W | [W · sec או J] |
| זמן     | - | t | [sec]          |

$$W = P \cdot t$$

כא"מ של מקור מתח

|                |   |   |     |
|----------------|---|---|-----|
| כא"מ           | - | E | [V] |
| מתח ההדקים     | - | U | [V] |
| התנגדות פנימית | - | r | [Ω] |
| זרם            | - | I | [A] |

$$E = U + I \cdot r$$

חיבור מעורב של n · m תאים זהים

|                           |   |   |     |
|---------------------------|---|---|-----|
| זרם דרך הצרכן             | - | I | [A] |
| הכא"מ של תא יחיד          | - | E | [V] |
| התנגדות פנימית של תא יחיד | - | r | [Ω] |
| התנגדות הצרכן             | - | R | [Ω] |

$$I = \frac{n \cdot E}{\frac{n}{m} \cdot r + R}$$

התנאי להעברת הספק מרבי לצרכן:

- n מספר התאים המחוברים בטור  
בענף מקבילי אחד
- m מספר הענפים המקבילים

$$\frac{n}{m} \cdot r = R$$

## 2. אלקטרוסטטיקה

שדה חשמלי

- e [C] מטען אלקטרון
- E [N / C] עוצמת שדה חשמלי
- F [N] כוח
- q [C] מטען
- r [m] מרחק בין מטענים
- ε [F / m] קבוע דיאלקטרי
- ε<sub>0</sub> [F / m] קבוע דיאלקטרי של הריק
- ε<sub>r</sub> קבוע דיאלקטרי יחסי

$$1 \text{ C} = 6.24 \cdot 10^{18} e$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

- U [V] פוטנציאל חשמלי
- W [W · sec או J] אנרגייה פוטנציאלית חשמלית

$$U = \frac{W}{q}$$



קבל

|                        |     |                   |
|------------------------|-----|-------------------|
| קיבול הקבל             | - C | [F]               |
| המתח על הקבל           | - U | [V]               |
| מטען הקבל              | - Q | [C]               |
| המרחק בין לוחות הקבל   | - d | [m]               |
| שטח החתך של לוחות הקבל | - A | [m <sup>2</sup> ] |
| האנרגייה האגורה בקבל   | - W | [W · sec או J]    |

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad C = \frac{Q}{U}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot CU^2$$

**3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות**

|                                     |                  |   |
|-------------------------------------|------------------|---|
| עוצמת השדה המגנטי<br>במרחק r ממוליך | - H              | $\left[ \frac{A}{m} \right]$                  |
| זרם                                 | - I              | [A]   |
| מרחק מהמוליך                        | - r              | [m]   |
| עוצמת השדה המגנטי<br>במעגל מגנטי    | - H              | $\left[ \frac{AT}{m} \right]$                 |
| מספר כריכות                         | - N              |   |
| כוח מגנטו-מניע                      | - N·I            | [AT]  |
| אורך המסלול המגנטי                  | - ℓ              | [m]   |
| שטף מגנטי                           | - Φ              | [V · sec או Wb]                               |
| מיאון (התנגדות מגנטית)              | - R <sub>m</sub> | $\left[ \frac{AT}{Wb} \right]$                |
| שטח החתך                            | - A              | [m <sup>2</sup> ]                             |
| השדה המגנטי                         | - B              | $\left[ \frac{Wb}{m^2} \text{ או } T \right]$ |
| חדירות (חלחלות)                     | - μ              | $\left[ \frac{\Omega \text{ sec}}{m} \right]$ |
| חדירות (חלחלות) יחסית               | - μ <sub>r</sub> |   |
| חדירות (חלחלות) האוויר              | - μ <sub>0</sub> | $\left[ \frac{\Omega \text{ sec}}{m} \right]$ |

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

$$\Sigma N \cdot I = \Sigma H \cdot \ell$$

$$H = \frac{N \cdot I}{\ell}$$

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{R_m}$$

$$B = \mu \cdot H \quad B = \frac{\Phi}{A}$$

$$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

4. זרם חילופין

|                                  |   |                  |  |  |
|----------------------------------|---|------------------|--|--|
| ערך רגעי של הזרם                 | - | $i$              | [A]  | $i = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$             |
| ערך מרבי של הזרם                 | - | $I_{\max}$       | [A]  |  |
| זווית מופע                       | - | $\alpha$         | [rad]  | $u = U_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$             |
| זמן                              | - | $t$              | [sec]  |  |
| ערך רגעי של המתח                 | - | $u$              | [V]  | $I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$     |
| ערך מרבי של המתח -<br>תנופת המתח | - | $U_{\max}$       | [V]  |  |
| ערך יעיל של הזרם                 | - | $I_{\text{eff}}$ | [A]  | $U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$     |
| ערך יעיל של המתח                 | - | $U_{\text{eff}}$ | [V]  |  |
| זמן המחזור                       | - | $T$              | [sec]  | $T = \frac{1}{f}$                                  |
| תדירות זוויתית                   | - | $\omega$         | $\left[ \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ |  |
| תדירות                           | - | $f$              | [Hz, $\frac{\text{cycles}}{\text{sec}}$ ]      | $\omega = 2\pi f$                                  |
| היגב השראותי                     | - | $X_L$            | [ $\Omega$ ]                                   |  |
| היגב קיבולי                      | - | $X_C$            | [ $\Omega$ ]                                   | $X_L = \omega L$ $X_C = \frac{1}{\omega C}$        |
| <u>מעגל RLC</u>                  |   |                  |  |  |
| טורי:                            |   |                  |  |  |
| היגב המעגל                       | - | $X$              | [ $\Omega$ ]                                   | $\text{tg } \varphi = \frac{X}{R}$ $X = X_L - X_C$ |
| עכבה                             | - | $Z$              | [ $\Omega$ ]                                   | $Z = R \pm jX$ $ Z  = \sqrt{R^2 + X^2}$            |
| מקבילי:                          |   |                  |  |  |
| הזרם הכללי                       | - | $I$              | [A]  | $I = I_R + j(I_L - I_C)$                           |
| הזרם בנגד                        | - | $I_R$            | [A]  |  |
| הזרם בסליל                       | - | $I_L$            | [A]  | $ I  = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$               |
| הזרם בקבל                        | - | $I_C$            | [A]  |  |

מעגל תהודה

טורי/מקבילי:

- תדירות התהודה -  $f_0$  [Hz]
- השראות -  $L$  [H]
- קיבול -  $C$  [F]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

טורי:

- תדירות זוויתית בתהודה -  $\omega_0$   $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}}\right]$
- התנגדות -  $R$  [ $\Omega$ ]
- גורם הטיב של המעגל בתהודה -  $Q_0$
- רוחב הפס -  $BW$  [Hz]
- המתח על הסליל -  $U_L$  [V]
- המתח על הקבל -  $U_C$  [V]
- מתח המקור -  $U$  [V]

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R}$$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0}$$

$$U_L = U_C = Q_0 \cdot U$$

**5. הספקים**

- הספק פעיל -  $P$  [W]
- הספק מדומה -  $S$  [VA]
- הספק היגבי -  $Q$  [VAr]
- זווית מופע -  $\varphi$  [ $^\circ$ , rad]

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$P = S \cos \varphi$$

$$Q = S \sin \varphi$$

$$S = P \pm jQ$$

שיפור מקדם ההספק

- קיבול -  $C$  [F]
- זווית מופע לפני השיפור -  $\varphi_1$  [ $^\circ$ , rad]
- זווית מופע אחרי השיפור -  $\varphi_2$  [ $^\circ$ , rad]

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2)$$

**6. רשתות תלת-מופעיות**

כוכב סימטרי

- זרם קווי -  $I_L$  [A]
- זרם מופעי -  $I_{ph}$  [A]
- מתח שלוב (קווי) -  $U_L$  [V]
- מתח מופעי -  $U_{ph}$  [V]

$$I_L = I_{ph}$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_{ph}$$

משולש סימטרי

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$$

$$U_L = U_{ph}$$

הספק תלת-מופע

- הספק מדומה תלת-מופע -  $S$  [VA]
- הספק פעיל תלת-מופע -  $P$  [W]
- הספק היגבי תלת-מופע -  $Q$  [VAr]

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

$$U_R = U \begin{matrix} | \\ 0^\circ \end{matrix}$$

$$U_S = U \begin{matrix} | \\ -120^\circ \end{matrix}$$

$$U_T = U \begin{matrix} | \\ -240^\circ \end{matrix}$$

### ב. מיתוג ומערכות ספרתיות

כללי דה-מורגן

$$\overline{\overline{X_1 + X_2 + X_3}} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3}$$

משתנים בוליאניים -  $X_1, X_2, X_3$

$$\overline{\overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3}} = \overline{\overline{X_1}} + \overline{\overline{X_2}} + \overline{\overline{X_3}}$$

מבנה מפת קרנו לשלושה משתנים

|   |      |    |    |    |    |
|---|------|----|----|----|----|
|   |      | A  |    |    |    |
|   | C/AB | 00 | 01 | 11 | 10 |
|   | 0    |    |    |    |    |
| C | 1    |    |    |    |    |
|   |      | B  |    |    |    |