

לקט ראשון של שאלות ופתרונות ברמת בחינות בגרות במגמה הנדסת חשמל

מחברים:

נפתלי אבן-חיים

יעקב בוסקילה

יגאל גוכמן

עורכים:

אירנה לברמן ויוחנן רוש

ייעוץ מדעי ופדגוגי: עזיז שייך עבד

מפמ"ר המגמה: מר שלומי אחנין

תמוז תשע"ט – יולי 2019

מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il



© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז מורים ארצי למורי מורטק. הפרויקט מבוצע על ידי

מוסד הטכניון עפ"י מכרז 30/8.14

הפרויקט מבוצע עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

הלקט יצא לאור במימון האגף למדעים במזכירות הפדגוגית ומינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

תוכן עניינים

5	מגמת הנדסת חשמל – בקרה ואנרגיה, תשע"ט
6	מעגלים מעורבים
9	מעגלים טוריים
10	מעגלים מקבילים
12	מעגלים מגנטים
13	מעגלי תהודה
14	שיטות לפתרון מעגלים
17	כא"מ ומקורות מתח
19	חילופין מקבילי
21	חילופין טורי
22	חילופין שיפור מקדם הספק
22	תלת מופעי
24	התנגדות ומוליכות
25	משפט תבין
26	קבלים בזרם ישר
27	זרם חילופין
28	מערכות ספרתיות
40	פתרונות לשאלות במעגלים מעורבים
45	פתרונות לשאלות במעגלים טוריים
46	פתרונות לשאלות במעגלים מקבילים
50	פתרונות לשאלות במעגלים מגנטים
51	פתרונות לשאלות במעגלי תהודה
53	פתרונות לשאלות בשיטות לפתרון מעגלים

מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il



- 57 פתרונות לשאלות בכא"מ ומקורות מתח
- 59 פתרון לשאלות בנושא חילופין מקבילי
- 62 פתרון לשאלות בנושא חילופין טורי
- 63 פתרונות לשאלות בנושא חילופין שיפור מקדם הספק
- 64 פתרונות לשאלות בנושא תלת מופעי
- 67 פתרונות לשאלות בנושא התנגדות ומוליכות
- 69 פתרונות לשאלות בנושא משפט תבין
- 71 פתרונות לשאלות בנושא קבלים בזרם ישר
- 73 פתרונות לשאלות בנושא זרם חילופין
- 77 פתרונות לשאלות בנושא מערכות ספרתיות

מגמת הנדסת חשמל – בקרה ואנרגיה, תשע"ט

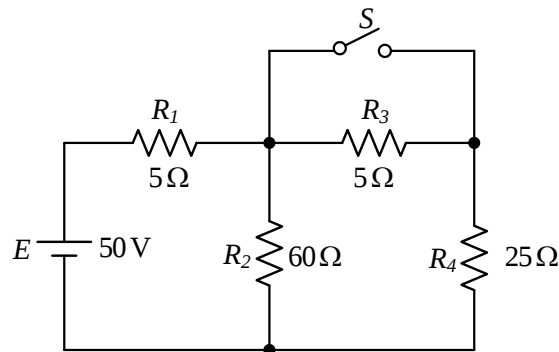
מגמת חשמל מיועדת לתלמידים מהתחום הריאלי. מטרת המגמה היא להכשיר בוגר טכנולוגי ברמה של 5 יחידות (אפשרות גם ל 6 יחידות בשילוב מדעי טכנולוגיה). בסיום לימודיו יש אפשרות לתלמיד להמשיך ללמוד לתואר הנדסאי חשמל, הלימודים מתקיימים במכללות. הלימוד נעשה בשיתוף חיל האוויר ובמימונו. אפשרות זו תלויה בביצוע פרויקט בכיתה י"ב. נושאים עיקריים במגמת חשמל < מושגי יסוד – זרם, מתח, התנגדות, הספק, קצר, עומס יתר וכדומה > הכרת מכשירים ורכיבים – ספק, נגד, סליל, קבל וכדומה < מיתוג – מערכות ספרתיות >. זרם ישר וזרם חילופין <. מערכות תלת מופעיות. חלוקת הנושאים בעקבות הרפורמה החל משנת תשע"ה: כיתה י' – 30% מהציון הסופי – לימודים עיוניים – מושגי יסוד, הכרת רכיבים, מעגלי זרם ישר ומיתוג. כיתה יא' – 70% מהציון הסופי – לימודים עיוניים + ניסויי מעבדה. זרם ישר וזרם חילופין, מערכות תלת מופעיות. כיתה י"ב – ביצוע פרויקט. תלמידים הממשיכים לתואר הנדסאי חשמל יבצעו את הפרויקט. מה נדרש למגמת חשמל? ידע מתמטי ברמת 3 יח"ל ומעלה.

מעגלים מעורבים

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי, הכולל מפסק, S הנמצא במצב פתוח.

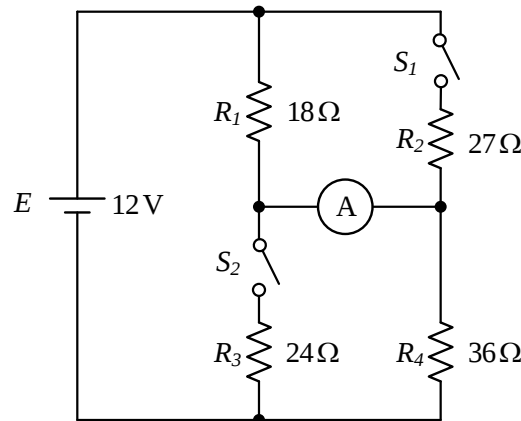


איור לשאלה 1

- חשב את ערכה של ההתנגדות השקולה, R_T .
- חשב את ערכו של הזרם דרך הנגד R_4 .
- רוצים למדוד את הזרם דרך הנגד R_2 באמצעות מכשיר מדידה מתאים. העתק למחברתך את המעגל הנתון והצג במקום המתאים את סימולו של מכשיר המדידה.
- סוגרים את המפסק, S.
- האם ההתנגדות השקולה של המעגל תגדל/תקטן/לא תשתנה? נמק את תשובתך.

שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה
באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי.



חשב את קריאת מד הזרם עבור כל אחד מן המצבים האפשריים של המפסקים:

- שני המפסקים פתוחים
- מפסק S_1 סגור, S_2 פתוח.
- מפסק S_1 פתוח, S_2 סגור.
- שני המפסקים סגורים.

שאלה מס' 3:

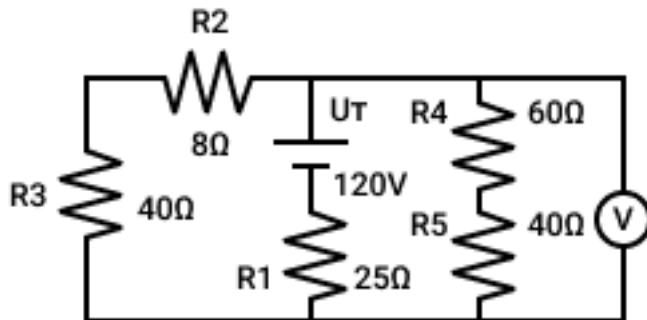
מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il



רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא



א. מה יראה מד המתח?

ב. זרם דרך הנגד R_1

ג. הספק המתפתח בנגד R_3

שאלה מס' 4:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא וכן ידוע שמד הזרם מראה $25mA$

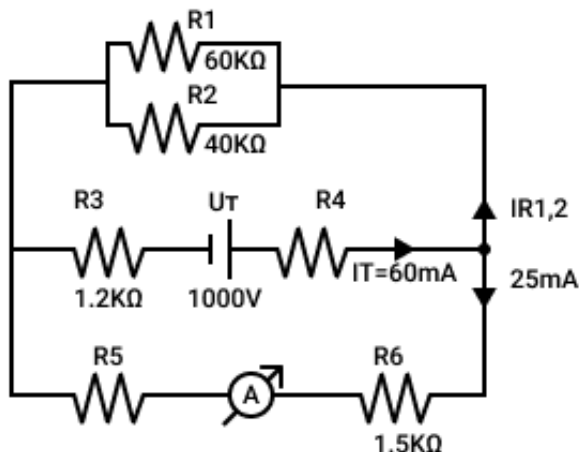
חשב את:

א. ערכי הנגדים R_4 ו- R_5

ב. זרם דרך R_2 וכיוונו

ג. התנגדות שקולה במעגל

ד. הספק בנגד R_5

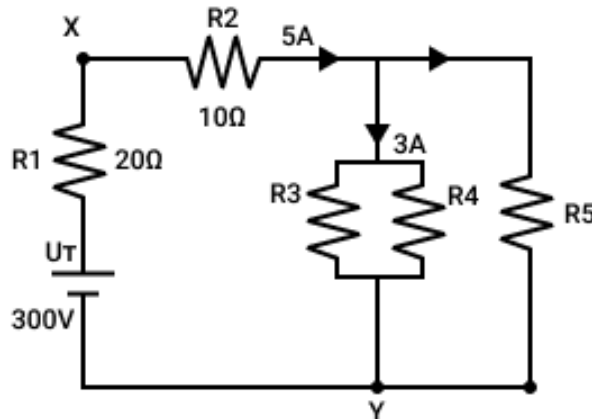


מור-טק מרכז המוריס הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il

שאלה מס' 5:

רמת חשיבה: ידע, הבנה



נתון המעגל הבא וכן ידוע ש $R_3 = R_4$

חשב את:

א. ערכי הנגדים R_3 ו- R_4

ב. מתח U_{xy}

ג. הספק בנגד R_2

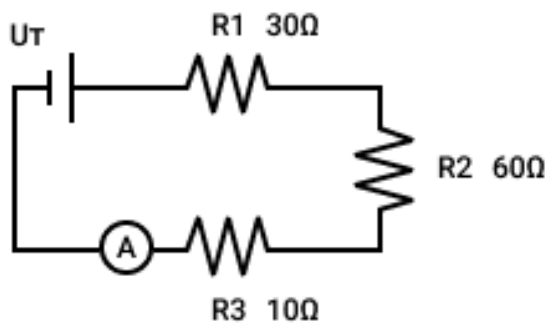
ד. זרם דרך הנגד R_5 וכיוונו

מעגלים טוריים

שאלה מס' 1:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא. ידוע שההספק הכללי במעגל שווה ל- 500 W .



א. מה יראה מד הזרם במעגל.

ב. מהו מתח המקור.

ג. מהו המתח על פני R_1 .

ד. מהו ההספק המתפתח בנגד R_2 .

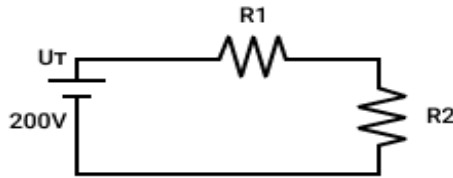
שאלה מס' 2:

9

רמת חשיבה : ידע, הבנה

ידוע כי ההספק הכללי במעגל שווה 500 W . וידוע שהנגד R_1 גדול פי 4 מהנגד R_2 .

חשב את:



א. ערך הנגד R_1 .

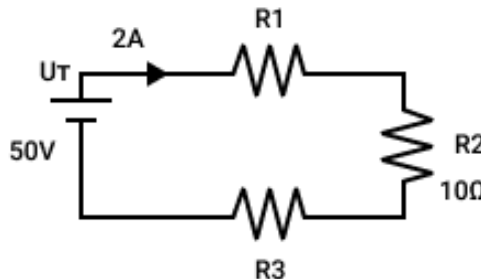
ב. ערך הנגד R_2 .

שאלה מס' 3:

רמת חשיבה : ידע, הבנה

ידוע כי R_3 גדול פי-2 מ- R_1 .

חשב את: את R_1 ו- R_3 .



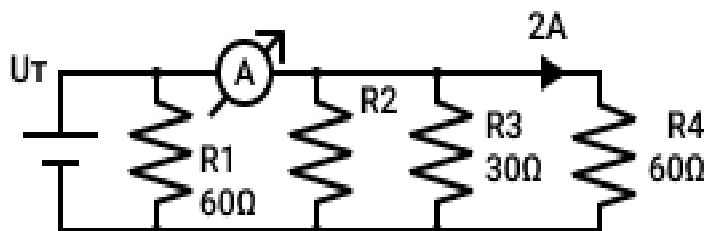
מעגלים מקבילים

שאלה מס' 1:

רמת חשיבה : ידע, הבנה

ידוע כי ההספק בנגד R_2 הוא 200 W .

חשב את:



א. מתח המקור.

ב. ערך הנגד R_2 .

ג. מה יראה מד הזרם.

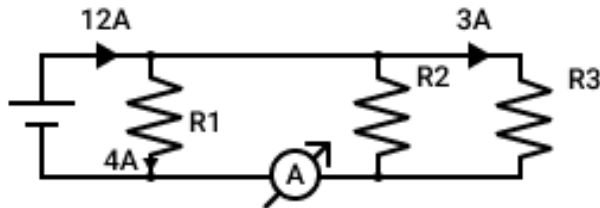
ד. ההספק הכללי.

שאלה מס' 2:

רמת חשיבה : ידע, הבנה

ידוע כי ההספק המתפתח בנגד R_2 הוא 300 W .

חשב את:



א. מתח המקור.

ב. מה יראה מד הזרם.

ג. ערכי כל הנגדים וההתנגדות השקולה.

שאלה מס' 3:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

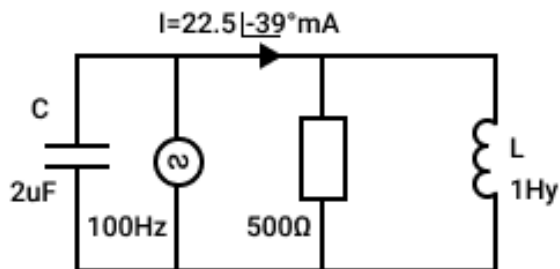
נתון המעגל הבא:

א. חשב את מתח המקור.

ב. חשב את עכבת המעגל ושרטט משולש התנגדויות.

ג. שרטט תרשים פאזורי של הזרמים במעגל.

ד. חשב את ההספק הפעיל עיוור וממשי של המעגל.



שאלה מס' 4:

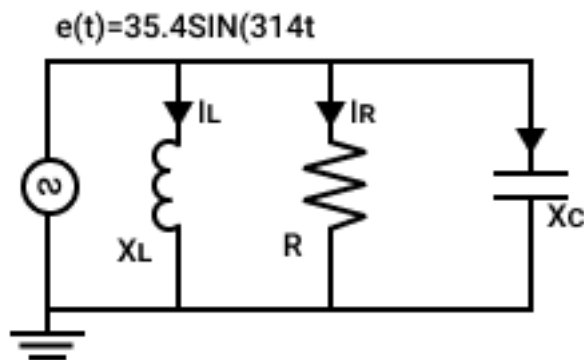
רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתונים:

$$R = 22\Omega$$

$$x_L = 10\Omega$$

$$x_C = 5\Omega$$



א. חשב את קיבול הקבל C.

ב. חשב את השראות הסליל.

ג. חשב את העכבה השקולה.

ד. חשב את הזרמים I_C , I_L , I_R .

ה. חשב את הזרם הכללי במעגל.

מעגלים מגנטיים

שאלה מס' 1:

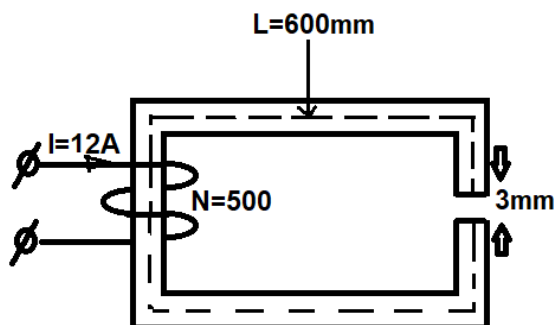
רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון מעגל מגנטי.

נתונים נוספים:

שטח של ליבת הברזל 50mm^2

החלחלות של הליבה הוא 1800

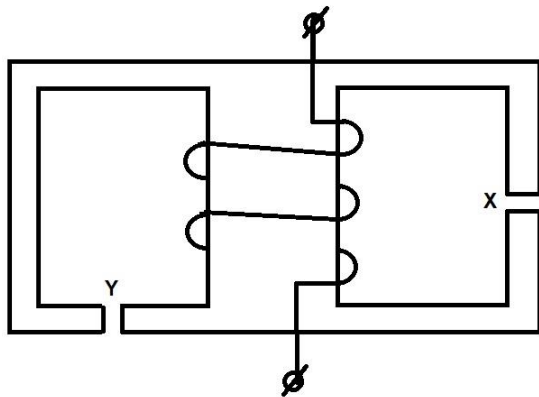


א. שרטט מעגל תמורה חשמלי

ב. חשב את השטף המגנטי

ג. האם השטף יגדל או יקטן במידה

ויסגרו את חריץ האוויר.



שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון מעגל מגנטי מקבילי

רוחב מרווח האוויר X הוא 0.65 ס"מ.

אורך מרווח האוויר Y הוא 0.55 ס"מ.

שטח החתך במרווח X הוא 5 סמ"ר.

צפיפות השטף המגנטי במרווח האוויר X היא 0.35 ובר למ"ר.

חשב

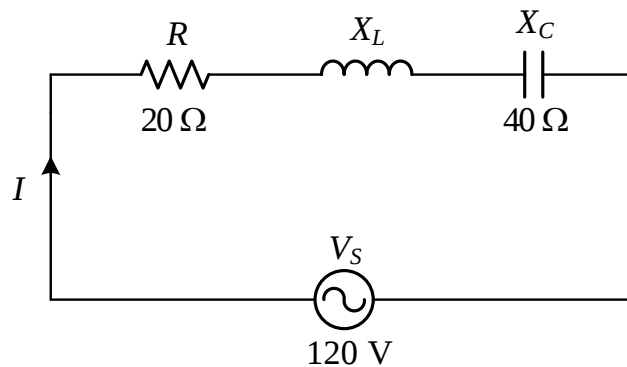
- כוח מגנטו מניע
- צפיפות השטף המגנטי במרווח האוויר Y
- שטח חתך של מרווח האוויר Y. ידוע כי השטף בשני מרווחי האוויר זהים.

מעגלי תהודה

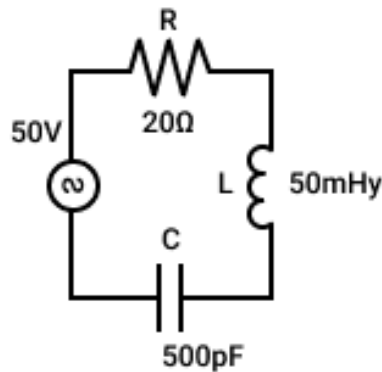
שאלה מס' 1:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה מתואר מעגל בזרם חילופין, הנמצא במצב תהודה.



- חשב את ערכו של היגב הסליל X_L .
- חשב את הזרם במעגל.
- חשב את המתחים V_C , V_L , V_R .
- נתון כי קיבול הקבל הוא $C = 25 \mu F$. חשב את תדר התהודה.



שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:

חשב את:

- גורם האיכות של המעגל.
- רוחב הפס של המעגל.
- שרטט תרשים פאזורי למתחי המעגל במצב תהודה.

שאלה מס' 3:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

המעגל החשמלי, המתואר באיור נמצא במצב תהודה.

נתוני המעגל:

$$Q_0 = 50$$

גורם הטיב:

$$I_{eff} = 10mA$$

הזרם במעגל:

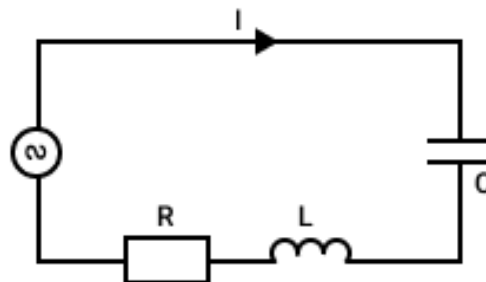
$$U = 5\sqrt{2} \cdot \sin(10^6 t) V$$

מתח המקור:

א. חשב את התנגדות הנגד R , את השראת הסליל L ואת קיבול הקבל C במעגל הזה.

ב. חשב את מפל המתח על הסליל.

ג. חשב את רוחב הפס ואת תדרי מחצית ההספק של המעגל הזה.



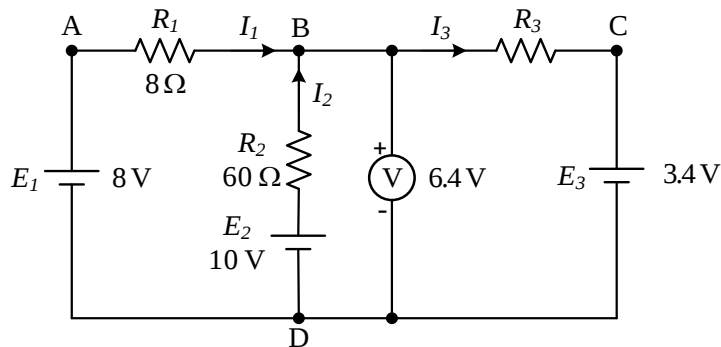
שיטות לפתרון מעגלים

שאלה מס' 1:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי בזרם ישר. למעגל מחובר מד-מתח (וולטמטר).

קריאת מד המתח: 6.4 V .



איור לשאלה 2

- חשב את הזרמים: I_1 , I_2 , I_3 המסומנים באיור.
- חשב את התנגדות הנגד R_3 .
- רוצים למדוד את המתח בין הנקודות A ו-C באמצעות מכשיר מדידה מתאים. העתק למחברתך את המעגל הנתון והצג במקום המתאים את סימולו של מכשיר המדידה.
- חשב את המתח בין הנקודות A ו-C.

מור-טק מרכז המוריס הארצי למקצועות הטכנולוגיים

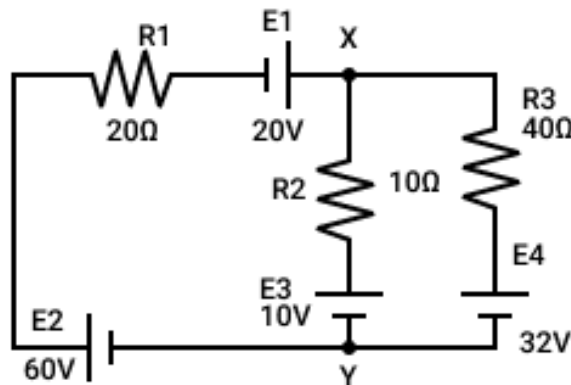
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il

שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:

חשב את:



א. את הזרמים בכל ענפי המעגל.

ב. ההספק בנגד R_2

ג. מתח U_{xy}

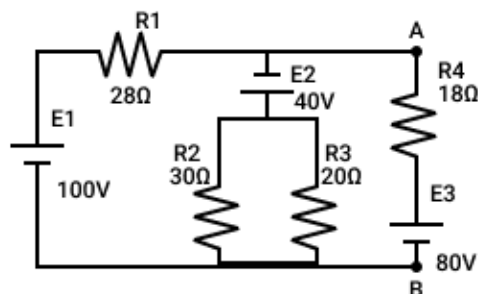
ד. הספק על מקור המתח E_2 .

שאלה מס' 3:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:

חשב את:



א. זרם דרך הנגד R_4 וכיוונו.

ב. הספק המתפתח בנגד R_2

ג. המתח U_{AB}

ד. הספק הנמסר ע"י מקור המתח E_3

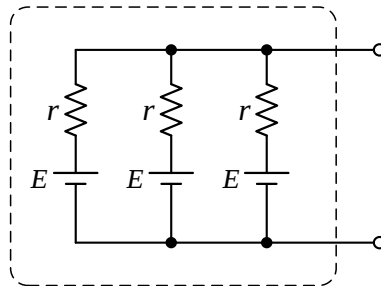
כא"מ ומקורות מתח

שאלה מס' 1:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור א' לשאלה, מתוארת סוללה המורכבת משלושה תאים זהים המחוברים במקביל.

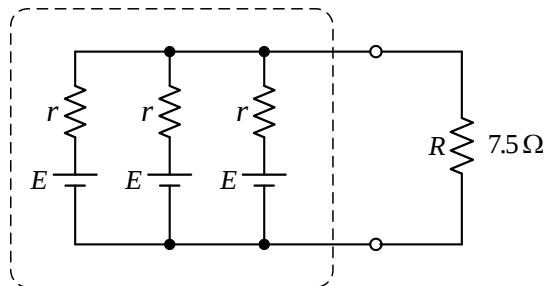
נתוני כל תא: $E = 3V$, $r = 1.5\Omega$



איור א'

א. חשב את הכא"מ השקול וההתנגדות הפנימית השקולה של הסוללה.

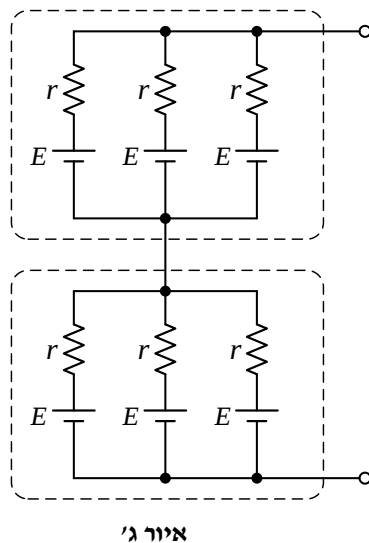
מחברים את הסוללה לנגד שהתנגדותו 7.5Ω , כמתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב'

ב. חשב את מתח ההדקים של הסוללה.

ג. חשב את נצילות המעגל.



מחברים שתי סוללות בטור, כמתואר באיור ג' לשאלה.

ד. חשב את הכא"מ השקול ואת ההתנגדות הפנימית השקולה.

שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

ברשותך 12 תאים. כל אחד מן התאים בעל כא"מ של 1.5 V והתנגדות פנימית של 1.2Ω .

א. חיברו את כל התאים **במקביל** לקבלת סוללה, ואת הסוללה חיברו לצרכן

שהתנגדותו 2Ω

(1) חשב את הכא"מ השקול וההתנגדות הפנימית השקולה של הסוללה.

(2) חשב את הספק המתפתח בנגד ואת נצילות המעגל.

ב. יש להרכיב מכל התאים סוללה שמתחה 6 V.

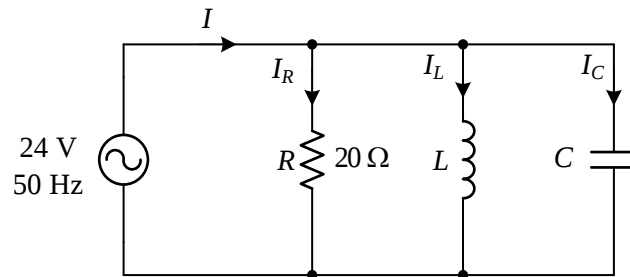
(1) חשב את מספר התאים בכל שורה ואת מספר השורות של הסוללה.

(2) חשב את התנגדות הפנימית של הסוללה.

חילופין מקבילי

שאלה מס' 1:

רמת חשיבה: ידע, הבנה
 באיור לשאלה, נתון מעגל זרם חילופין,
 נתון: $X_L = 2 \cdot X_C$, $|\bar{I}_R| = |\bar{I}_C|$

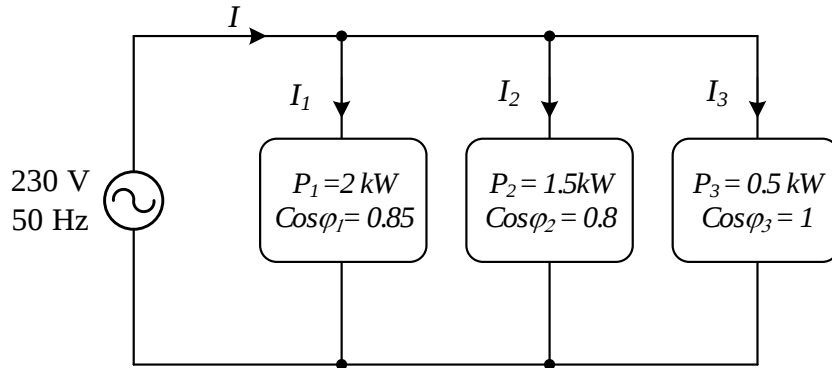


- חשב את עצמת הזרם דרך רכיבי המעגל, I_R , I_L , I_C .
- חשב את עצמת הזרם הכללי, I .
- חשב את השראות הסליל, L וקיבול הקבל, C .
- סרטט דיאגרמה פאזורית של המתח והזרמים במעגל.

שאלה מס' 2:

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי בזרם חילופין המזין שני צרכנים השראתיים וצרכן התנגדותי. נתוני הצרכנים רשומים באיור.

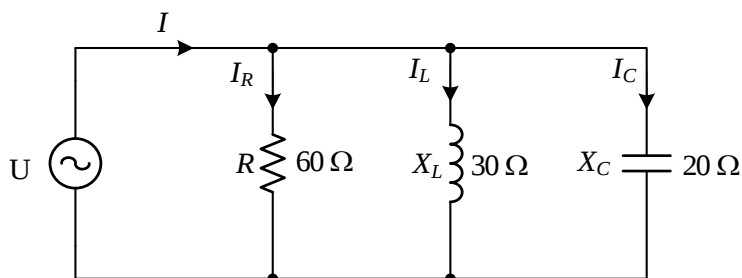


- חשב את הזרם של כל צרכן.
- חשב את ההספק ההיגבי של כל צרכן.
- חשב את ההספק הכולל: ממשי, היגבי ומדומה של המעגל.
- חשב את הזרם הכללי.

שאלה מס' 3

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה, מתואר מעגל זרם חילופין. נתון: $I = 5\sqrt{2} \angle 45^\circ \text{ A}$



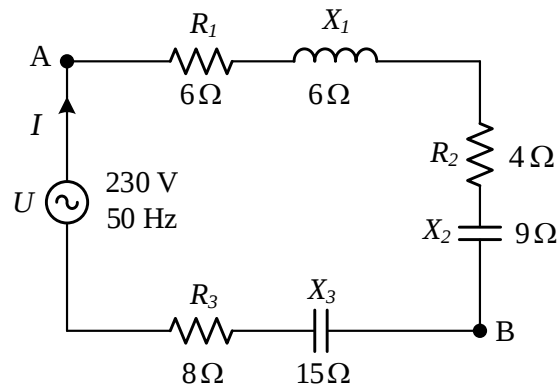
- חשב את עכבת המעגל
- חשב את פאזור מתח המקור U.
- חשב את פאזורי הזרמים I_R, I_L, I_C .
- סרטט דיאגרמה פאזורית של הזרמים במעגל.

חילופין טורי

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה, נתון מעגל בזרם חילופין



- א. חשב את הזרם I
- ב. חשב את המתח על הנגד R_2 ועל הקבל X_3 .
- ג. מעוניינים למדוד את המתח בין הנקודות A ו-B המסומנות באיור.
 (1) העתק למחברתך את המעגל והוסף את מד המתח במקום המתאים.
 (2) חשב את קריאת מד המתח (המתח בין הנקודות A ו-B).
- ד. חשב את קיבול הקבל X_2 .

חילופין שיפור מקדם הספק

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

מקור מתח חילופין חד-מופעי 50 / 230 Hz מזין צרכן השראתי וגוף חימום.

נתוני הצרכנים:

צרכן השראותי - $U_1 = 230V$, $P_1 = 4kW$, $\cos \varphi_1 = 0.8$

גוף חימום (צרכן אוהמי) - $U_2 = 230V$, $P_2 = 1kW$, $\cos \varphi_2 = 1$

א. סרטט מעגל חשמלי מתאים, הכולל את מקור המתח והצרכנים.

ב. חשב את מקדם ההספק של המעגל.

ג. מה צריך להיות קיבול הקבל, כדי שמקדם ההספק של המעגל יהיה 0.92 ?

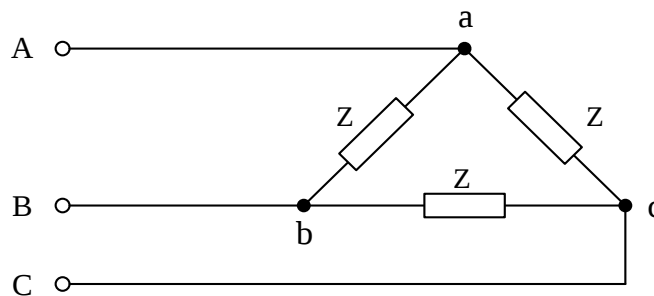
תלת מופעי

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

באיור לשאלה מתואר עומס תלת מופעי סימטרי, המחובר לרשת תלת-מופעית

400 V / 50 Hz. העכבה למופע של העומס היא: $Z = (20 + j8.52) \Omega$.



א. חשב את עצמת הזרם המופעי, I_{ab} ואת עצמת הזרם הקווי I_{Aa} .

ב. חשב את מקדם ההספק.

ג. חשב את ההספק הממשי, היגבי והמדומה של העומס.

ד. מחברים את עכבות העומס בחיבור כוכב. חשב את ההספק הממשי של העומס.

שאלה מס' 2

רמת חשיבה: ידע, הבנה

שלוש עכבות זרות $Z = (16 + j12)$ מחוברות בחיבור כוכב למחולל תלת מופעי שמתח הקו שלו $240V$.
חשב את זרם המופע והספקי המעגל (ממשי, היגבי ומדומה) – פעם בחיבור כוכב ופעם בחיבור משולש.

שאלה מס' 3

רמת חשיבה: ידע, הבנה

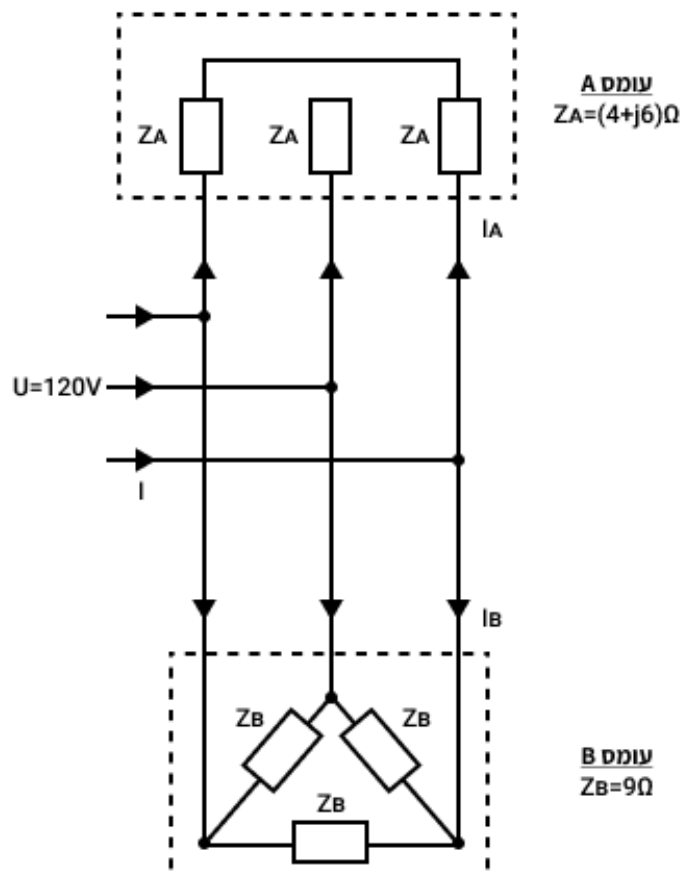
נתונה המערכת הבאה $120V/50Hz$ המזינה שני עומסים

א. חשב את הזרמים I , I_A , I_B

ב. חשב את ההספק של כל אחד מן העומסים

ג. חשב הספק הכללים של המערכת

ד. משנים את אופן חיבור של העומס B מכוכב למשולש האם הספק המקור ישתנה?



התנגדות ומוליכות

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

על מוליך שעשוי כסף באורך 2m מתפתח הספק של 500W וזרם זרם של 2A.

חשב את:

א. מקור המתח אליו מחובר המוליך.

ב. התנגדות המוליך.

ג. שטח החתך של המוליך.

שאלה מס' 2

רמת חשיבה: ידע, הבנה

במוליך העשוי כרום-ניקל באורך של 600 מטר ושטח חתך של $4mm^2$ מתפתח הספק של 200 וואט.

חשב את:

א. מקור המתח אליו מחובר המוליך.

ב. עוצמת הזרם בטמפ' של $50^{\circ}C$

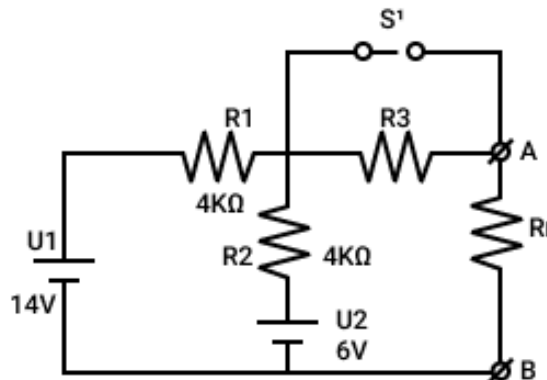
ג. ההספק שמתפתח בטמפ' של $100^{\circ}C$

משפט תבין

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:



כאשר המפסק S סגור

א. (1) חשב את: R_{th} לנגד העומס R_L

(2) סרטט במחברתך מעגל למדידת R_{th} כלול בשרטוט מד התנגדות

ב. (1) חשב את: מתח U_{th}

(2) סרטט במחברתך מעגל לחישוב מתח תבנין. כלול בשרטוטך מד מתח שיחובר בקצוות המתאימות.

ג. פותחים המפסק S' , האם ההתנגדות ומתח תבנין ישתנו.

מור-טק מרכז המוריס הארצי למקצועות הטכנולוגיים

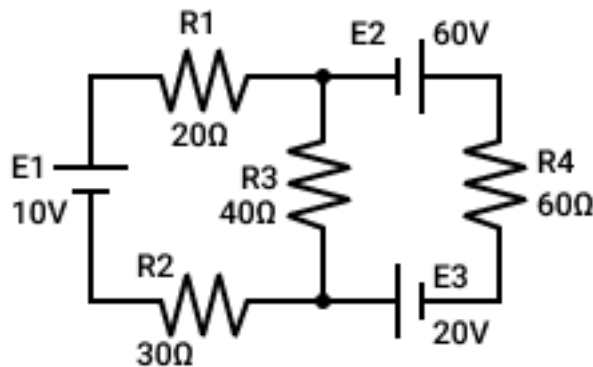
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il

שאלה מס' 2

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:

באמצעות משפט תבנין חשב את המתח על הגד R_2



א. חשב את ההתנגדות R_{TH}

ב. חשב את המתח U_{TH}

ג. שרטט רשת שקולת תבנין

קבלים בזרם ישר

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא

מד המתח מציין 50V

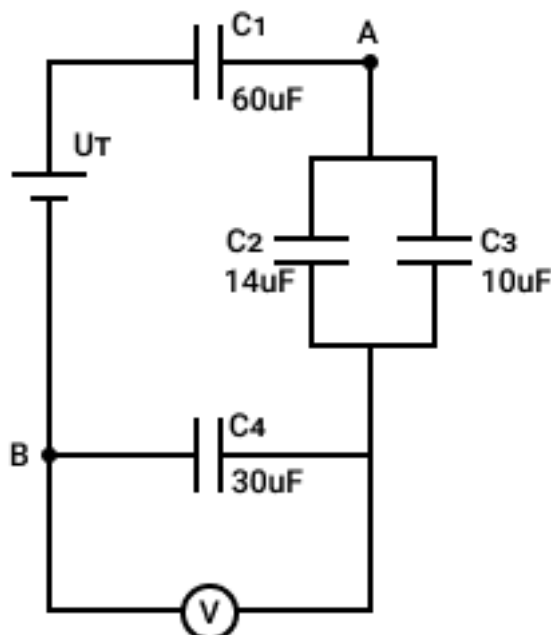
חשב את:

א. מתח המקור

ב. מטען בקבל C_3

ג. אנרגיה בקבל C_1

ד. מתח U_{AB}



שאלה מס' 2

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא

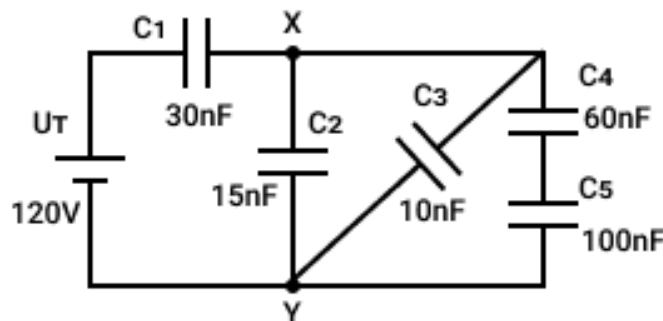
חשב את:

א. מטען בקבל C_3

ב. אנרגיה כללית במעגל

ג. מתח U_{XY}

ד. חשב את שטח לוחות הקבל C_5 אם ידוע שהמרחק בין לוחות הקבל 3.5CM וביניהם מצוי אוויר.



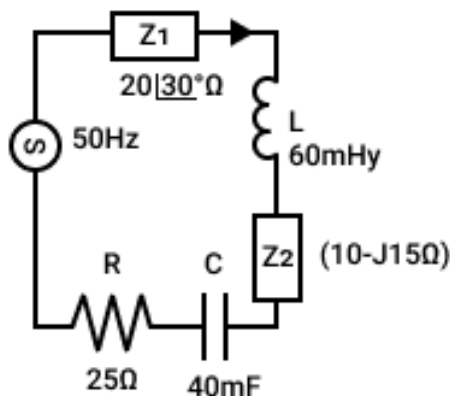
זרם חילופין

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא.

חשב את:



א. עכבת המעגל ושרטט משולש התנגדויות.

ב. את מתח המקור.

ג. ערכי העכבות Z_1, Z_2 .

ד. קבע את אופי המעגל ונמק תשובתך.

ה. את מקדם ההספק במעגל.

ו. הפרש המופע בין המתח לזרם.

ז. פאזור המתח U_{AB} והצג אותו על גבי תרשים פאזורי.

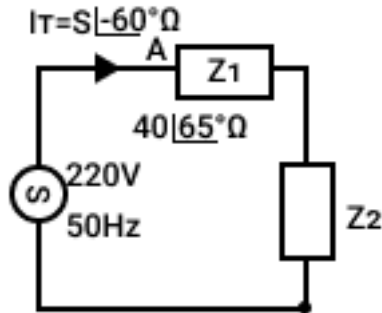
ח. את ההספק המתפתח בקבל.

ט. שרטט משולש הספקים למעגל כולו.

שאלה מס' 2

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון המעגל הבא:



א. את ערכי העכבה Z_2

ב. קבע את אופי המעגל, נמק תשובתך.

ג. שרטט תרשים פאזורי למתחי המעגל.

ד. שרטט משולש הספקים למעגל כולו.

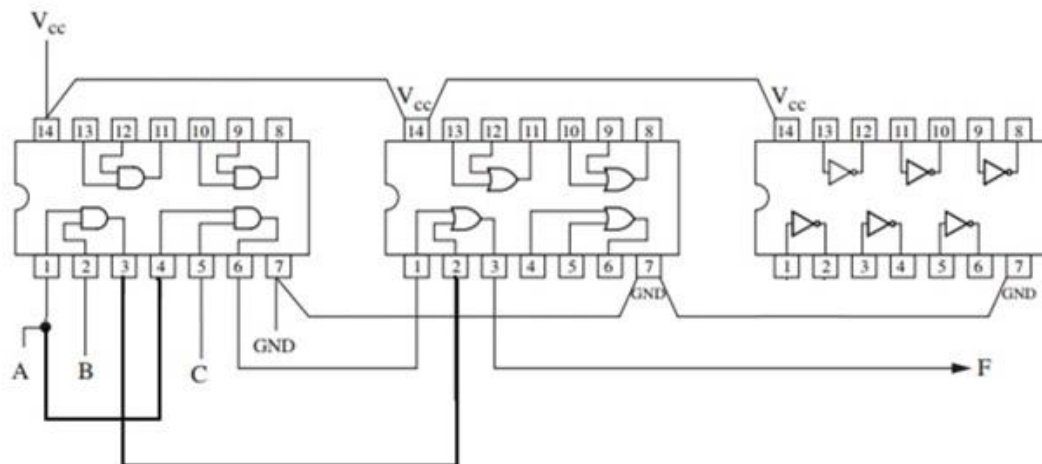
ה. שפר את מקדם ההספק ל-0.94.

ו. מהו התנאי לכך שיועבר הספק מירבי לעומס Z_2 ?

מערכות ספרתיות

שאלה מס' 1

רמת חשיבה: ידע, הבנה, יישום



נתון מערך של מעגלים משולבים.

א. שרטט את מערך השערים הלוגיים ורשום את הביטוי המתקבל.

ב. ערכי הכניסות: $A=1$ $B=0$ $C=1$: חשב את הערך המתקבל.

ג. רשום טבלת אמת ואת תוצאותיה.

שאלה מס' 2

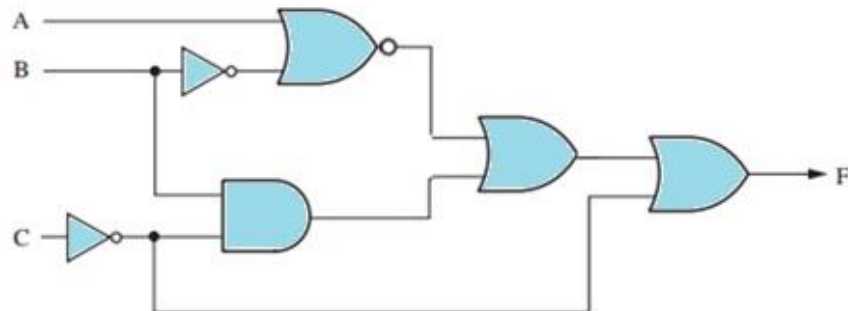
מור-טק מרכז המוריס הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il
http://moretech.technion.ac.il

רמת חשיבה: ידע, הבנה

מתואר מימוש של פונקציה בוליאנית F באמצעות שערים לוגיים.

F היא פונקציה של המשתנים הבוליאניים A, B ו-C.



א. רשום ביטוי לפונקציה F בתלות ב-A, B ו-C.

ב. רשום את טבלת האמת של הפונקציה F

ג. פשט את הפונקציה F, ובטא אותה במינימום ליטרלים.

ד. ממש את הפונקציה F המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

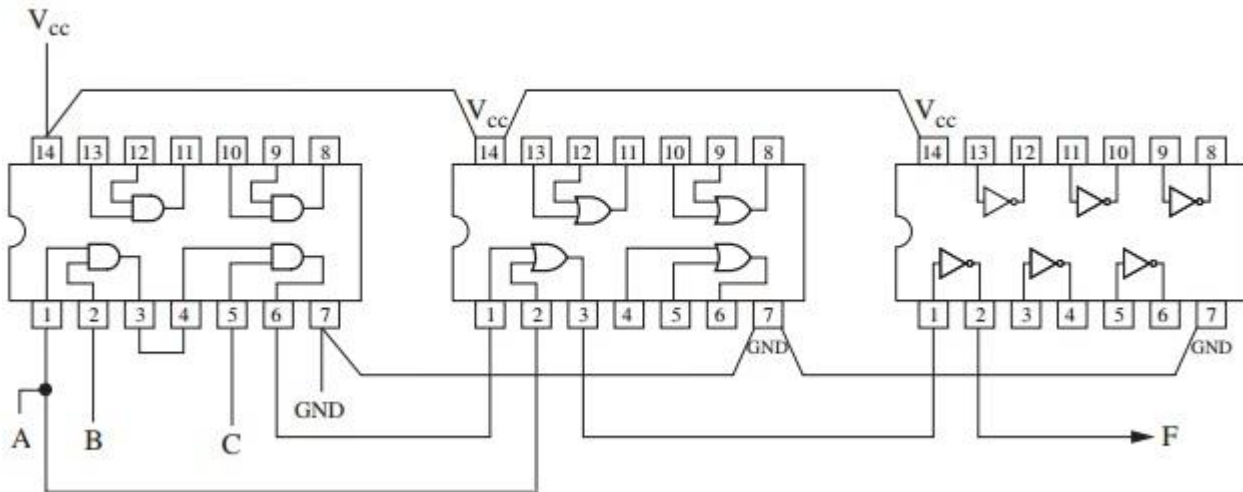
A	B	C	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

AB \ C	00	01	11	10
0				
1				

שאלה מס' 3

רמת חשיבה: ידע, הבנה, יישום

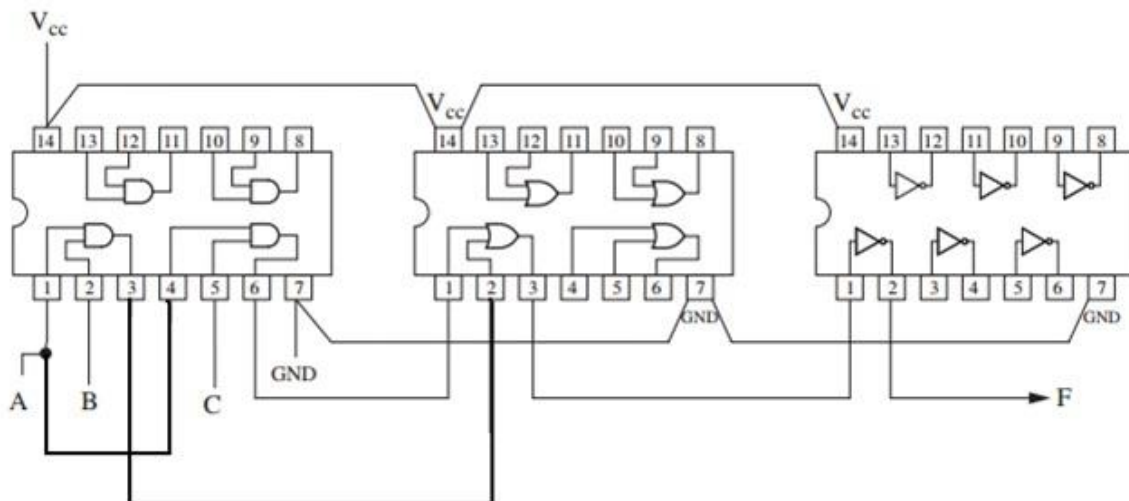
נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים. יש לסרטט את מערך השערים הלוגיים ולרשום את הביטוי המתקבל ביציאה



שאלה מס' 4

רמת חשיבה: ידע, הבנה, יישום

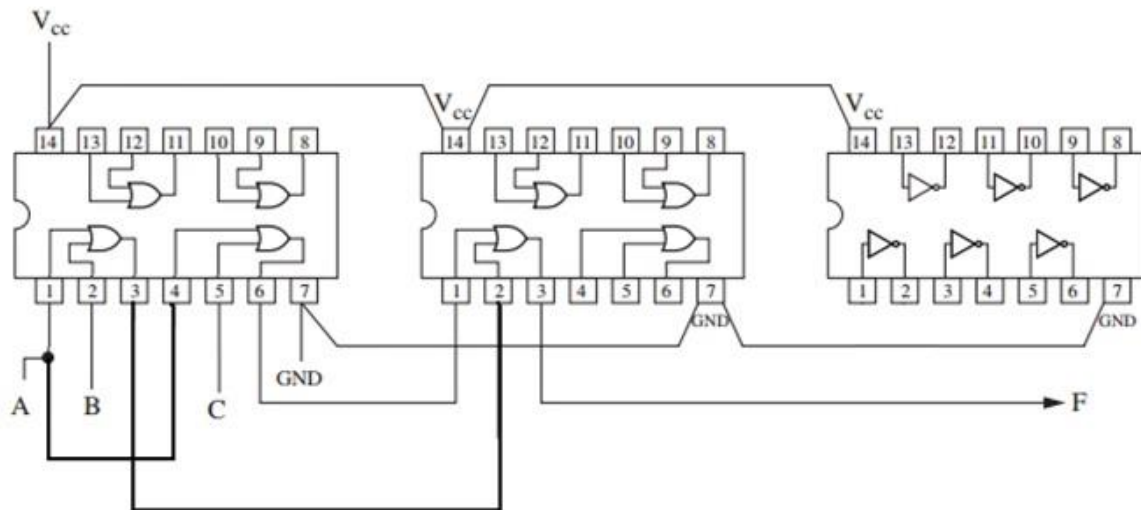
נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים. יש לסרטט את מערך השערים הלוגיים ולרשום את הביטוי המתקבל ביציאה



שאלה מס' 5

רמת חשיבה: ידע, הבנה, יישום

נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים. יש לסרטט את מערך השערים הלוגיים ולרשום את הביטוי המתקבל ביציאה



שאלה מס' 6

31



המנהל למדע וטכנולוגיה
משרד החינוך



מינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך
מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט



מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000 טל: 04-8293146

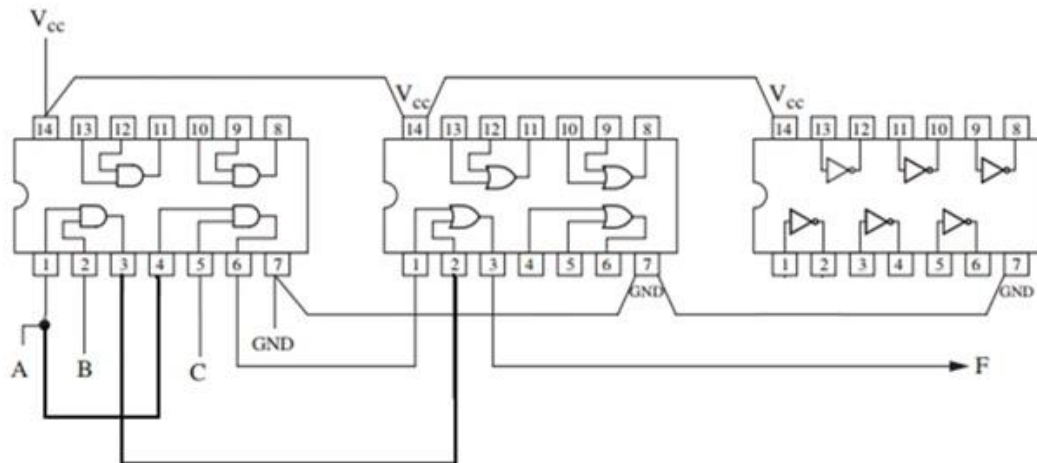
E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il

http://moretech.technion.ac.il



רמת חשיבה: ידע, הבנה, יישום

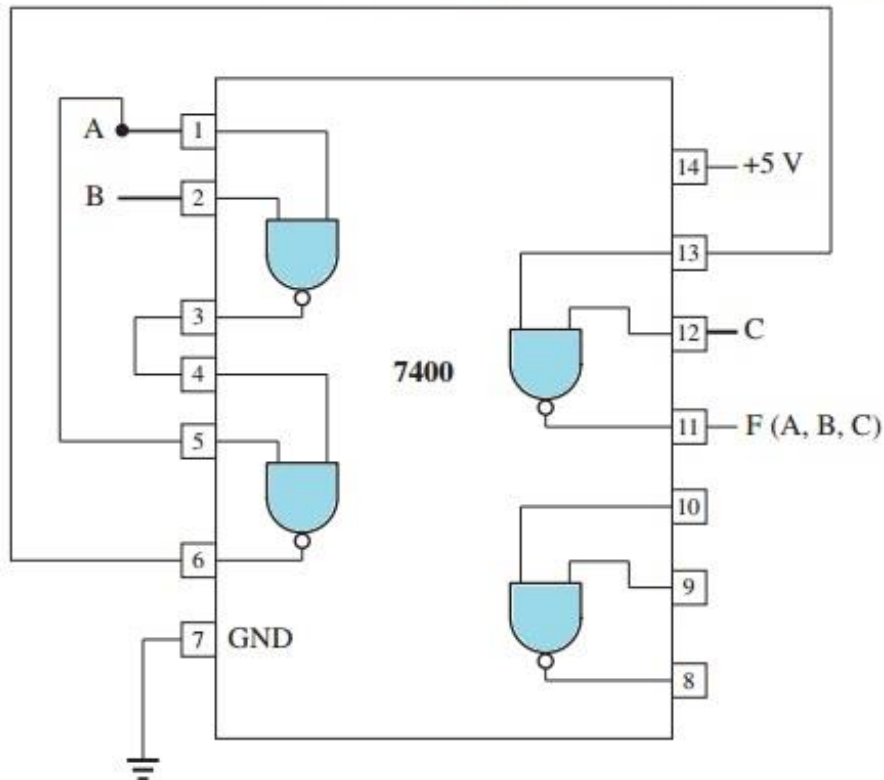
נתון מערך של מעגלים משולבים הכוללים רכיבים לוגיים שונים. יש לסרטט את מערך השערים הלוגיים ולרשום את הביטוי המתקבל ביציאה



שאלה מס' 7

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון הרכיב 7400 הכולל ארבעה שערים מסוג NAND.



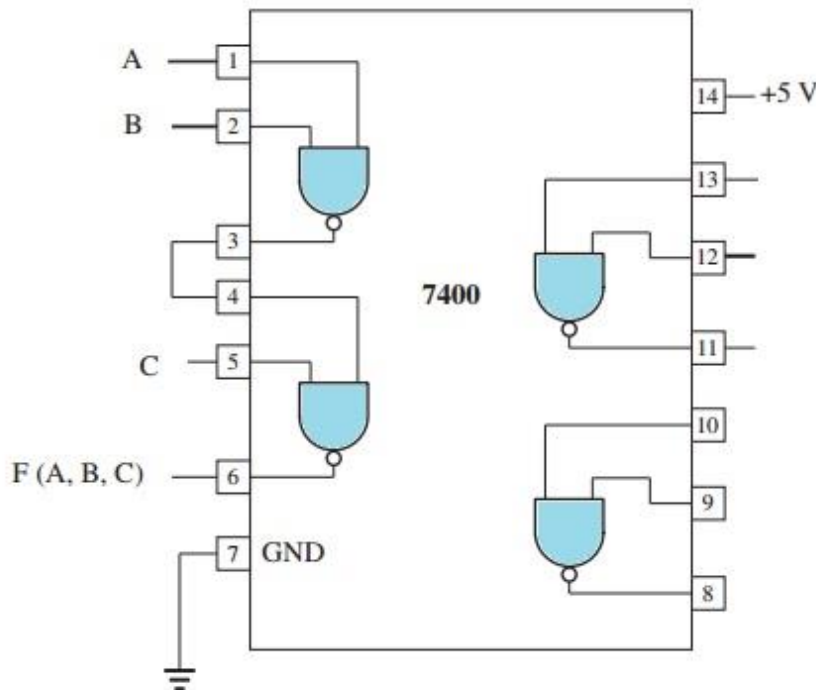
א. מצא את הפונקצייה המתקבלת במוצא F.

ב. רשום טבלת אמת, שבה עבור כל צירוף בכניסה יופיע הערך של הפונקצייה F.

שאלה מס' 8

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון הרכיב 7400 הכולל ארבעה שערים מסוג NAND.

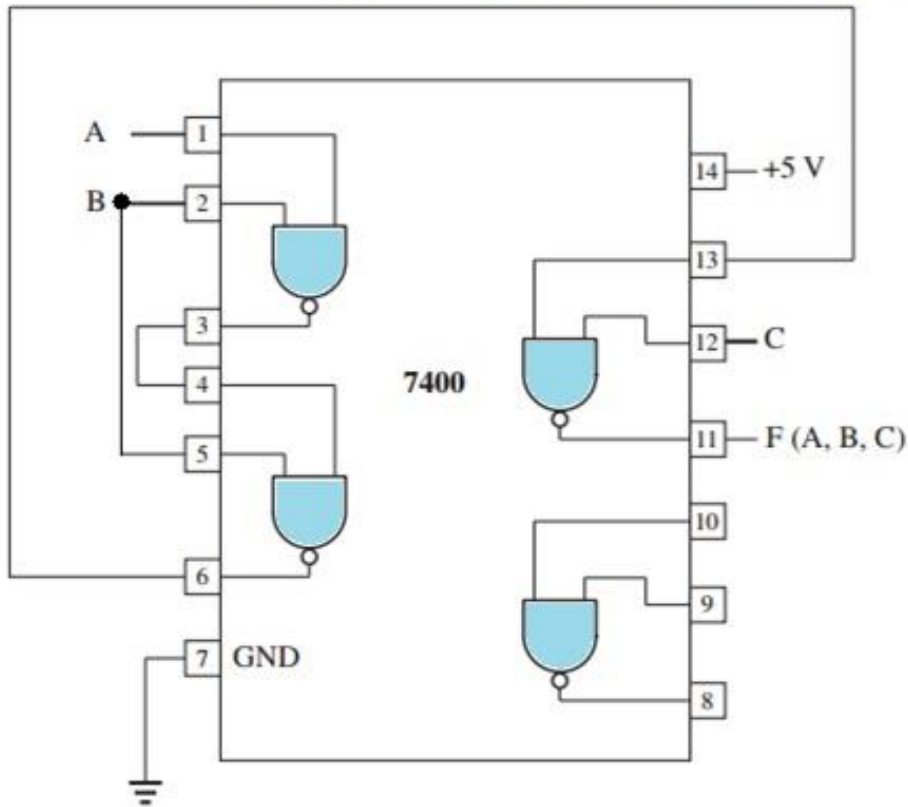


- א. מצא את הפונקציית המתקבלת במוצא F.
- ב. רשום טבלת אמת, שבה עבור כל צירוף בכניסה יופיע הערך של הפונקציית F.

שאלה מס' 9

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתון הרכיב 7400 הכולל ארבעה שערים מסוג NAND.



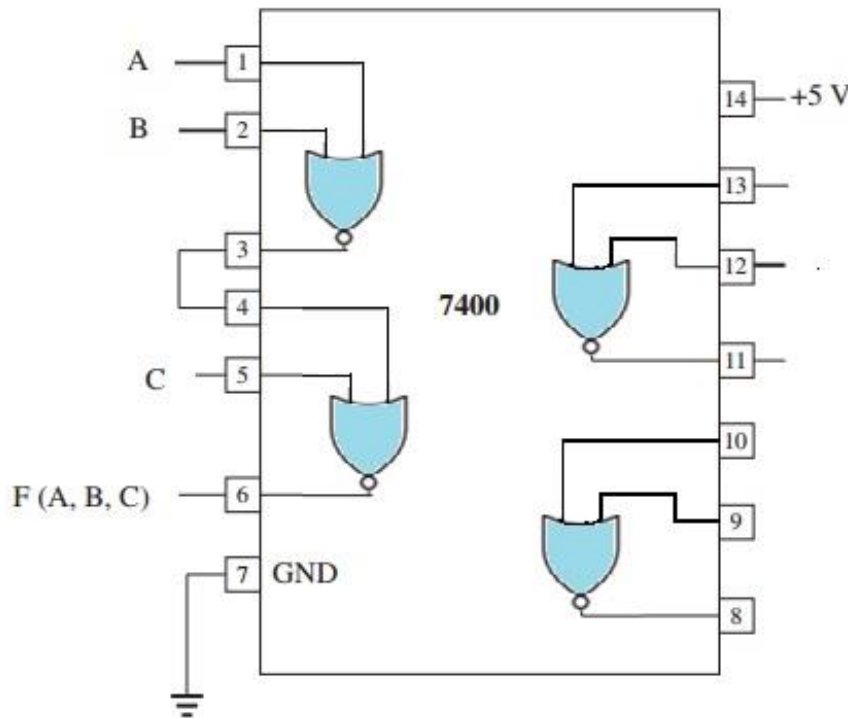
א. מצא את הפונקציית המתקבלת במוצא F.

ב. רשום טבלת אמת, שבה עבור כל צירוף בכניסה יופיע הערך של הפונקציית F.

שאלה מס' 10

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתון הרכיב 7400 הכולל ארבעה שערים מסוג NOR



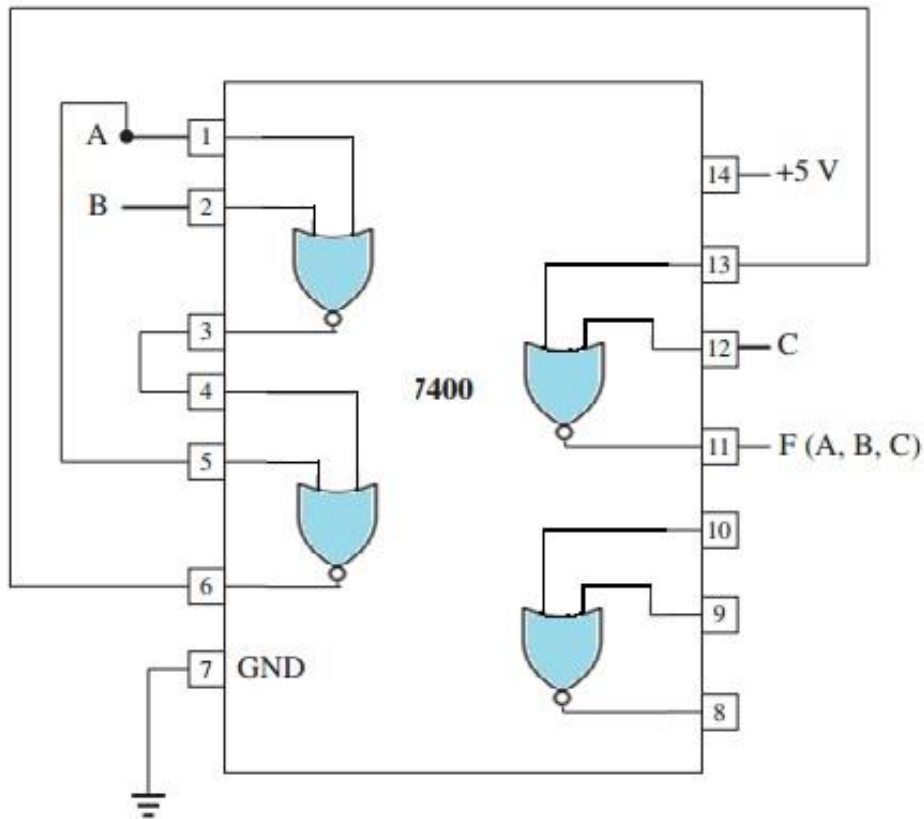
א. מצא את הפונקציית המתקבלת במוצא F.

ב. רשום טבלת אמת, שבה עבור כל צירוף בכניסה יופיע הערך של הפונקציית F.

שאלה מס' 11

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתון הרכיב 7400 הכולל ארבעה שערים מסוג NOR .



א. מצא את הפונקצייה המתקבלת במוצא F .

ב. רשום טבלת אמת, שבה עבור כל צירוף בכניסה יופיע הערך של הפונקצייה F .

שאלה מס' 12

רמת חשיבה: ידע, הבנה

נתונות שתי פונקציות: פונקציה א' הבנויה משערים לוגיים ופונקציה ב'

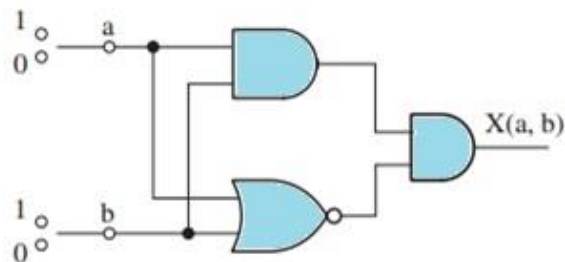
המבוססת על מפת קרנו.

$Y(a, b, c)$ שמיוצגת על ידי מפת קרנו.

$X(a, b)$ שמוצגת על ידי שערים לוגיים.

ab \ c	00	01	11	10
0	0	1	1	1
1	1	1	0	1

פונקציה ב'



פונקציה א'

- מהו מספר הצירופים הבינאריים לכל פונקציה.
- רשום את טבלת האמת של כל אחת מהפונקציות וציין עבור כל צירוף בינארי בכניסה את הרמה הלוגית במוצא.
- רשום את הפונקציות במינימום משתנים.
- קבע האם הפונקציות שקולות.

שאלה מס' 13

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתונה הפונקציה הבינארית הזאת : $F(A, B, C) = \overline{AC} + \overline{A}BC + \overline{A}BC$

א. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).

ב. ממש את הפונקציה המפושטת על-ידי שערים לוגיים.

שאלה מס' 14

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתונה הפונקציה הבינארית הזאת : $F(A, B, C) = \overline{AB} + (B + C) + \overline{A}BC$

א. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).

שאלה מס' 15

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתונה הפונקציה הבינארית הזאת : $F(A, B, C) = \overline{AC} + \overline{A} + C + \overline{A}BC + \overline{A}$

א. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).

ב. ממש את הפונקציה המפושטת על-ידי שערים לוגיים.

שאלה מס' 16

רמת חשיבה : ידע, הבנה

נתונה הפונקציה הבינארית הזאת :

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

א. פשט את הפונקציה F , ובטא אותה במינימום משתנים (ליטרלים).

ב. ממש את הפונקציה המפושטת על-ידי שערים לוגיים.

פתרונות לשאלות במעגלים מעורבים

פתרון שאלה מס' 1

א. חישוב ההתנגדות השקולה, R_T .

$$R_T = R_1 + R_2 \parallel (R_3 + R_4)$$

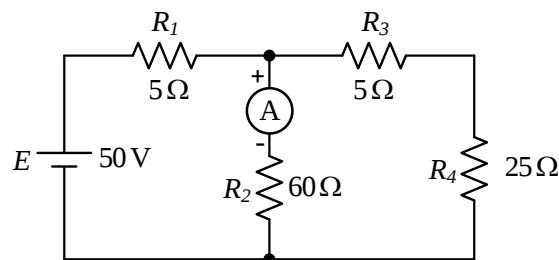
$$R_T = 5 + 60 \parallel (5 + 25) = 25 \Omega$$

ב. חישוב הזרם דרך הנגד R_4 .

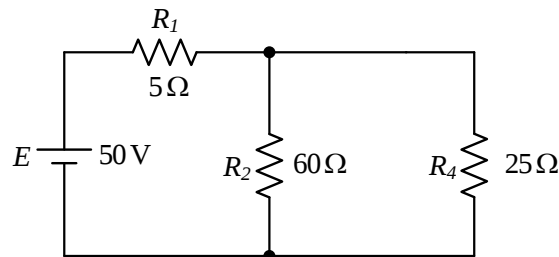
$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{50}{25} = 2 A$$

$$I_{R_4} = I_T \cdot \frac{R_2}{R_2 + (R_3 + R_4)} = 2 \cdot \frac{60}{60 + (5 + 25)} = 1.333 A$$

ג. רוצים למדוד את הזרם דרך הנגד R_2 באמצעות מכשיר מדידה מתאים



ד. סוגרים את המפסק, S. במצב זה המעגל ייראה:



במצב זה ההתנגדות השקולה של **תקטן**.

$$R_T = R_1 + R_2 \parallel R_4$$

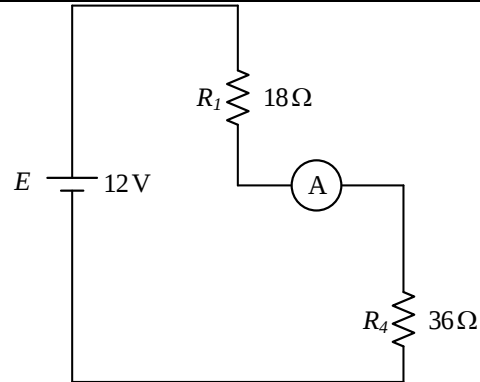
$$R_T = 5 + 60 \parallel 25 = 22.65 \Omega$$

ניתן להראות על-ידי חישוב: (בסעיף א' קיבלנו 25Ω)

פתרון שאלה מס' 2

א. שני המפסקים פתוחים:

$$I_A = \frac{E}{R_1 + R_4} = \frac{12}{18 + 36} = 0.222 \text{ A}$$



ב. מפסק S1 סגור, S2 פתוח.

$$R_T = (R_1 \parallel R_2) + R_4 = 18 \parallel 27 + 36$$

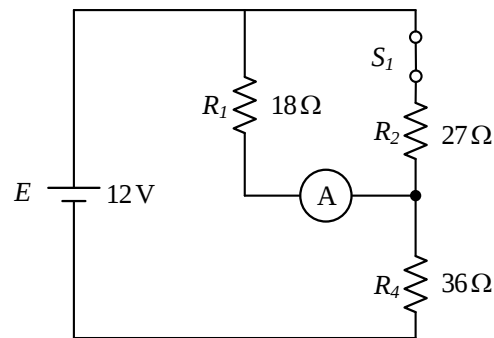
$$R_T = 46.8 \Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12}{46.8} = 0.2564 \text{ A}$$

לפי כלל מחלק הזרם:

$$I_A = I_{R_1} = I_T \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_A = 0.2564 \cdot \frac{27}{18 + 27} = 0.154 \text{ A}$$



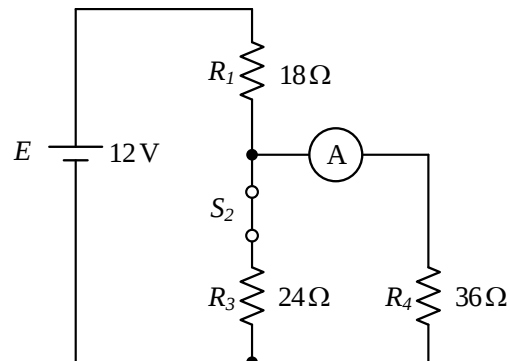
ג. מפסק S1 פתוח, S2 סגור.

$$R_T = R_1 + (R_3 \parallel R_4) = 18 + (24 \parallel 36)$$

$$R_T = 32.4 \Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12}{32.4} = 0.3704 \text{ A}$$

לפי כלל מחלק הזרם:



$$I_A = I_{R_4} = I_T \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$I_A = 0.3704 \cdot \frac{24}{24 + 36} = 0.148 \text{ A}$$

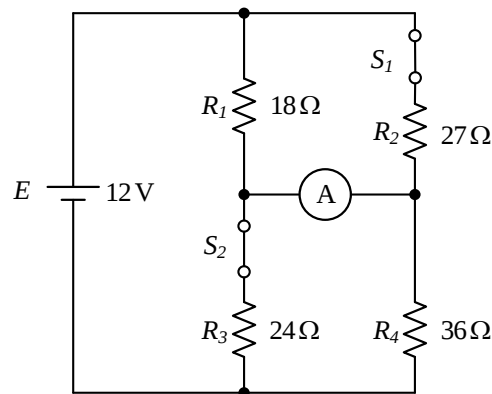
ד. שני המפסקים סגורים.

במצב זה המעגל הוא גשר ווינטסטון מאוזן, כלומר

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$\frac{18}{24} = \frac{27}{36}$$

לכן הזרם הוא אפס.



פתרון שאלה מס' 3

א.

$$R_{2-3} = R_2 + R_3 = 8 + 40 = 48\Omega$$

$$R_{4-5} = R_4 + R_5 = 60 + 40 = 100\Omega$$

$$R_{2-5} = \frac{R_{2-3} \cdot R_{4-5}}{R_{2-3} + R_{4-5}} = \frac{100 \cdot 48}{100 + 48} = 32.43\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{2-5} = 25 + 32.43 = 57.43\Omega$$

$$I_T = \frac{U_T}{R_T} = \frac{120}{57.43} = 2.08 \text{ A}$$

מד המתח ייתן את המתח על הנגדים R4 ו-R5

$$I_T = I_{R1} = I_{R(2-5)} = 2.08 \text{ A}$$

$$U_{R(2-5)} = I_{R(2-5)} \cdot R_{2-5} = 2.08 \cdot 32.43 = 67.45 \text{ V}$$

$$U_{R(2-5)} = U_{R(2-3)} = U_{R(4-5)} = 67.45 \text{ V}$$

$$U_{R(4-5)} = 67.45 \text{ V}$$

$$I_{R1} = 2.08A$$

ב.

$$I_{R(2-3)} = \frac{U_{R(2-3)}}{R_{2-3}} = \frac{67.45}{48} = 1.4A$$

ג.

$$I_{R2} = I_{R3} = 1.4A$$

$$P_{R3} = I \cdot R_3^2 = 1.4^2 \cdot 40 = 78.4W$$

פתרון שאלה מס' 4

$$I_T = I_{R3} = I_{R4} = 60mA$$

$$U_{R3} = I_{R3} \cdot R_3 = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 1.2 \cdot 10^3 = 72V$$

$$U_{R6} = I_{R6} \cdot R_6 = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5 \cdot 10^3 = 37.5V$$

$$I_{R4} = I_{R(1-2)} + I_{R(5-6)}$$

$$I_{R(1-2)} = I_{R4} - I_{R(5-6)} = 60 - 25 = 35mA$$

$$R_{1-2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} = 24k\Omega$$

$$U_{R(1-2)} = I_{R(1-2)} \cdot R_{1-2} = 35 \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 10^3 = 840V$$

$$U_{R(1-2)} = U_{R1} = U_{R2} = 840V$$

$$U_T = U_{R4} + U_{R3} + U_{R2}$$

$$U_{R4} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 1000 - 72 - 840 = 88V$$

$$R_4 = \frac{U_{R4}}{I_{R4}} = \frac{88}{60 \cdot 10^{-3}} = 1.46K\Omega$$

$$U_T = U_{R3} + U_{R4} + U_{R5} + U_{R6}$$

$$U_{R5} = U_T - U_{R3} - U_{R4} - U_{R6} = 1000 - 72 - 88 - 37.5 = 802.5V$$

$$R_5 = \frac{U_{R5}}{I_{R5}} = \frac{802.5}{25 \cdot 10^{-3}} = 32.1K\Omega$$

ב.

$$I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{840}{40 \cdot 10^3} = 2132.1mA$$

ב. כיוון הזרם שמאלה ←



$$R_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{1000}{60 \cdot 10^{-3}} = 16.66k\Omega$$

ג.

$$P_{R5} = U_{R5} \cdot I_{R5} = 802.5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 20.06W$$

ד.

פתרון שאלה מס' 5

$$I_{R(3-4)} = I_{R3} = I_{R4} = \frac{3}{2} = 1.5A$$

א.

$$U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 5 \cdot 10 = 50V$$

$$U_{R1} = I_{R1} \cdot R_1 = 5 \cdot 20 = 100V$$

$$U_T = U_{R1} + U_{R2} + U_{R5}$$

$$U_{R5} = U_T - U_{R1} - U_{R2} = 300 - 100 - 50 = 150V$$

$$U_{R5} = U_{R3} = U_{R4} = 150V$$

$$R_3 = \frac{U_{R3}}{I_{R1}} = \frac{150}{1.5} = 100\Omega$$

$$R_3 = R_4 = 100\Omega$$

$$U_{XY} = U_{R2} + U_{R3} = 50 + 150 = 200V$$

ב.

ג.

$$P_{R2} = I^2 \cdot R_2 = 5^2 \cdot 10 = 250W$$

ד.

$$I_{R2} = I_{R(3-4)} + I_{R5}$$

$$I_{R5} = I_{R2} - I_{R(3-4)} = 5 - 3 = 2A$$

↓ הזרם כלפה מטה



פתרונות לשאלות במעגלים טוריים

פתרון שאלה מס' 1

א.

$$P_T = 500w$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 30 + 60 + 10 = 100\Omega$$

$$P_T = I_T^2 \cdot R_T$$

$$I_T = \sqrt{\frac{P_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{500}{100}} = 2.23A$$

ב.

$$U_T = I_T \cdot R_T = 2.23 \cdot 100 = 223V$$

ג.

$$U_1 = I_T \cdot R_1 = 2.23 \cdot 30 = 66.9V$$

ד.

$$P_2 = I_T^2 \cdot R_2 = 2.23^2 \cdot 60 = 298.37w$$

פתרון שאלה מס' 2

$$P_T = 500w$$

$$U_T = 200v$$

$$I_T = \frac{P_T}{U_T} = \frac{500}{200} = 2.5A$$

$$R_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{200}{2.5} = 80\Omega$$

$$R_1 + R_2 = R_T$$

$$4R_2 + R_2 = 80$$

$$R_2 = 16\Omega$$

$$R_1 = R_T - R_2 = 80 - 16 = 64\Omega$$

45

פתרון שאלה מס' 3

$$R_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{50}{2} = 25\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$25 = R_1 + 10 + 2R_1$$

$$15 = 3R_1$$

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_3 = R_T - R_1 - R_2$$

$$R_3 = 25 - 5 - 10 = 10\Omega$$

פתרונות לשאלות במעגלים מקבילים

פתרון שאלה מס' 1

א.

$$U_4 = U_1 = U_2 = U_3 = U_T = I_4 \cdot R_4 = 2 \cdot 60 = 120V$$

ב.

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{120^2}{200} = 72\Omega$$

ג.

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{120}{30} = 4A$$

$$I_A = I_2 + I_3 + I_4 = 1.66 + 4 + 2 = 7.67A$$

ד.

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{120}{72} = 1.66A$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{120}{60} = 2A$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 2 + 1.66 + 4 + 2 = 9.66A$$

$$P_T = U_T \cdot I_T = 120 \cdot 9.66 = 1159.2w$$

פתרון שאלה מס' 2

א.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_2 = I_T - I_1 - I_3 = 12 - 4 - 3 = 5A$$

$$U_2 = U_1 = U_3 = U_T = \frac{P_2}{I_2} = \frac{300}{5} = 60V$$

ב.

$$I_A = I_2 + I_3 = 5 + 3 = 8A$$

ג.

$$R_1 = \frac{U_T}{I_1} = \frac{60}{4} = 15\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_T}{I_2} = \frac{60}{5} = 12\Omega$$

$$R_3 = \frac{U_T}{I_3} = \frac{60}{3} = 20\Omega$$

$$R_T = R_1 || R_2 || R_3 = R_T = 15 || 12 || 20 = \frac{U_T}{I_T} = \frac{60}{12} = 5\Omega$$

פתרון שאלה מס' 3

א.

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 100 \cdot 1 = j628.31\Omega$$

$$Z_L = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{500} + \frac{1}{j628.31} \right)^{-1} = 391.23 \angle 38.51^\circ \Omega$$

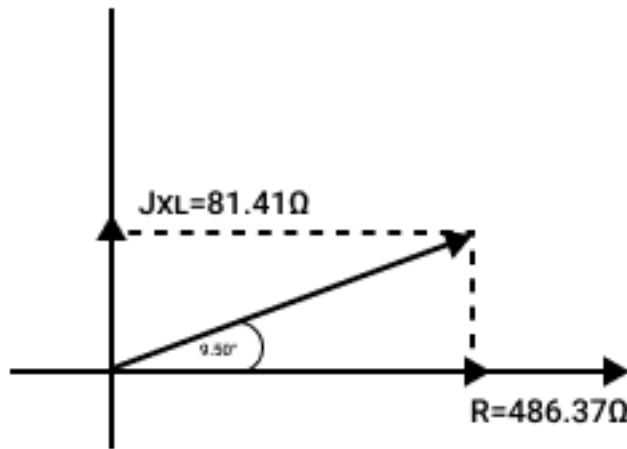
$$U_T = I \cdot Z_L = 22.5 \angle -39^\circ \cdot 391.23 \angle 38.51^\circ = 8802 \angle -0.49^\circ V$$

ב.

$$Z_T = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} - \frac{1}{jX_C} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{500} + \frac{1}{j628.31} - \frac{1}{j795.67} \right)^{-1} = 493.13 \angle 9.50^\circ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = -j795.67\Omega$$

משולש התנגדויות



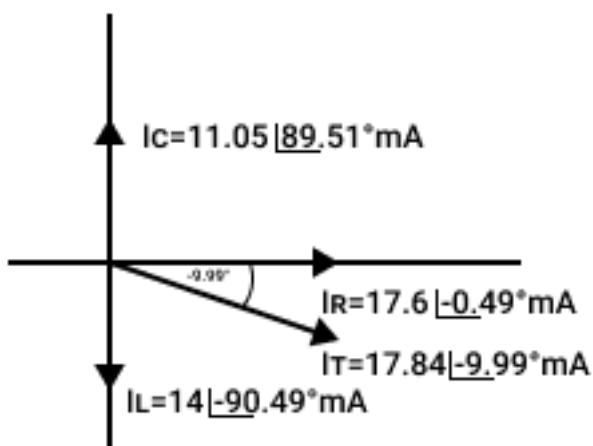
ג.

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{8802 \angle -0.49^\circ}{500 \angle 0^\circ} = 17.6 \angle -0.49^\circ \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{U_L}{X_L} = \frac{8802 \angle -0.49^\circ}{628.31 \angle 90^\circ} = 14 \angle -90.49^\circ \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{U_C}{X_C} = \frac{8802 \angle -0.49^\circ}{795.67 \angle -90^\circ} = 11.05 \angle 89.51^\circ \text{ mA}$$

$$I_T = \frac{U_T}{Z_T} = \frac{8802 \angle -0.49^\circ}{493.13 \angle 9.5^\circ} = 17.84 \angle -9.99^\circ \text{ mA}$$



ד.

$$P_T = I_T \cdot U_T \cdot \cos\phi = 17.84 \cdot 10^{-3} \cdot 8.80 \cdot \cos(9.50) = 154.83 \text{ mw}$$

$$Q_T = I_T \cdot U_T \cdot \sin\phi = 17.84 \cdot 10^{-3} \cdot 8.80 \cdot \sin(9.50) = 25.91 \text{ mVAR}$$

$$S_T = I_T \cdot U_T = 17.84 \cdot 10^{-3} \cdot 8.80 = 156.99 \angle 9.50^\circ \text{ mVA}$$

פתרון שאלה מס' 4

א.

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot x_c} = \frac{1}{\omega \cdot x_c} = \frac{1}{314 \cdot 5} = 639.9 \mu f$$

ב.

$$L = \left(\frac{x_L}{\omega}\right) = \frac{10}{314} = 31.8 \text{ mH}$$

ג.

$$Z = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{jx_L} - \frac{1}{jx_c}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{22} + \frac{1}{10} - \frac{1}{j5}\right)^{-1} = 9.1 \angle -65.5^\circ \Omega$$

ד.

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{35.4}{\sqrt{2}} = 25 \text{ V}$$

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{25}{22} = 1.13 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U_C}{x_c} = \frac{25 \angle 0^\circ}{5 \angle 90^\circ} = 5 \angle -90^\circ \text{ A}$$

$$I_L = \frac{U_L}{x_L} = \frac{25 \angle 0^\circ}{10 \angle 90^\circ} = 2.5 \angle -90^\circ \text{ A}$$

ה.

$$I_T = \frac{U_T}{Z_T} = \frac{25 \angle 0^\circ}{9.1 \angle -65.5^\circ} = 2.74 \angle 65.5^\circ \text{ A}$$

ו.

$$S_T = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 29.43 = 6116.9 \angle 15.7^\circ \text{ VA}$$

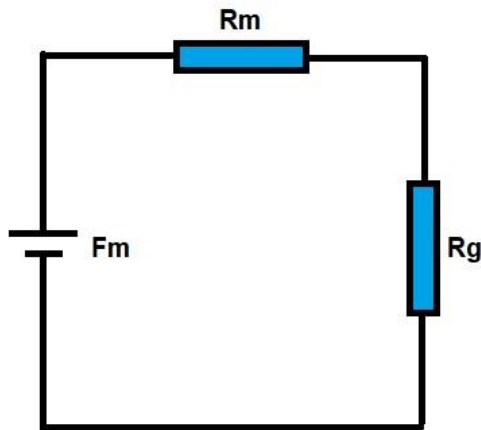
$$P_T = S \cdot \cos\phi = 6116.9 \cdot \cos(15.7) = 5887 \text{ W}$$

$$Q_T = S \cdot \sin\phi = 6116.9 \cdot \sin(15.7) = 1657 \text{ VAR}$$

חיבור הספק **p** בכוכב ההספק יורד פי 3.

פתרונות לשאלות במעגלים מגנטיים

פתרון שאלה מס' 1



א. מעגל תמורה של המעגל המגנטי

ב.

$$R_m = \frac{L}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A} = \frac{600 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1800 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 5305164.77$$

מיאון ברזל

$$R_g = \frac{L_g}{\epsilon_0 \cdot A} = \frac{3 \cdot 10^{-3} G}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 47746483$$

מיאון אוויר

$$\sum R_m + R_g = 5305164.77 + 47746483 = 53051647.77$$

$$\phi = \frac{F_m}{\sum R_m + R_g} = \frac{I \cdot N}{\sum R_m + R_g} = \frac{12 \cdot 500}{53051647.77} = 135.71 [\eta Wb]$$

ג. השטף יגדל כי אין התנגדות מאונית של האוויר.

פתרון שאלה מס' 2

$$F_{mX} = \beta_X \cdot \frac{L_{0X}}{\epsilon_0} = 0.35 \cdot \frac{0.65 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 1810.38 [AT]$$

(א) הכוח מגנטו מניע

$$F_{mX} = F_{mY}$$

$$\beta_Y = \frac{F_{my} \cdot \epsilon_0}{L_{0Y}} = \frac{1810.38 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{0.55 \cdot 10^{-2}} = 0.413 \frac{W_b}{m^2}$$

(ב) צפיפות השטף

$$A_Y = \frac{\phi_Y}{\beta_Y}$$

$$\phi_X = \phi_Y = \beta_X \cdot A_X$$

(ג) שטח חתך

$$A_Y = \frac{0.35 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0.413} = 4.2310^{-4} [m^2]$$

פתרונות לשאלות במעגלי תהודה

פתרון שאלה מס' 1

$$X_L = X_C = 40 \Omega \quad .א$$

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{V_s}{R} = \frac{120}{20} = 6 A \quad .ב$$

$$V_R = V_s = 120V \quad .ג$$

$$V_L = V_C = I \cdot X_L = 6 \cdot 40 = 240V$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} \quad .ד$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot X_C \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 159 Hz$$

פתרון שאלה מס' 2

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 500 \cdot 10^{-12}}} = 1\text{mHz}$$

$$xL_0 = 2\pi \cdot f_0 \cdot L = 2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = j314.15$$

$$|xL_0| = |xC_0| = 314.15$$

א.

$$Q_0 = \frac{xL_0}{R} = \frac{314.15}{20} = 15.70$$

ב.

$$B_W = \frac{F_0}{Q_0} = \frac{1 \cdot 10^6}{15 \cdot 7} = 63.69\text{kHz}$$

ג.

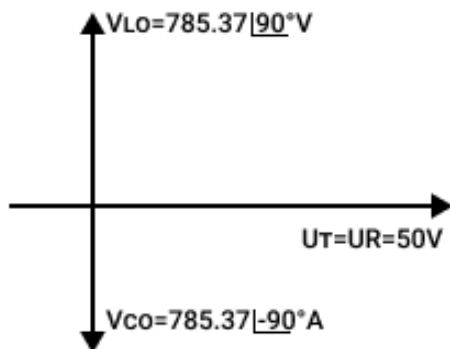
$$I_0 = \frac{U_T}{R} = \frac{50}{20} = 2.5\text{A}$$

$$U_T = U_{R0} = 50\text{V}$$

$$U_{L0} = I_{L0} \cdot X_{L0} = 2.5 \angle 0^\circ \cdot 314.15 \angle 90^\circ = 785.37 \angle 90^\circ$$

$$U_{C0} = 785.37 \angle -90^\circ$$

תרשים פאזורי למתחי המעגל



פתרון שאלה מס' 3

$$X_L = \omega \cdot L = 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 25k\Omega$$

$$X_L = X_C$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{10^6 \cdot 25 \cdot 10^3} = 40PF$$

$$Q = \frac{\omega \cdot L}{R}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\frac{5 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{2}}}{10 \cdot 10^{-3}} = 500\Omega$$

$$L = \frac{Q \cdot U}{I \cdot \omega} = \frac{50 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6} = 0.025H = 25mH$$

מתח על פני הסליל והקבל:

$$U_L = I \cdot X_L = 10 \cdot 25 = 250V$$

$$U_C = I \cdot X_C = 10 \cdot 25 = 250V$$

$$BW = \frac{f_r}{Q} =$$

$$f_r = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$BW = \frac{\omega}{Q \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{10^6}{50 \cdot 2 \cdot \pi} = 3184.7Hz = 3.184KHz$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{2} = \frac{10^6}{2} = 500 \frac{rad}{sec}$$

התדרים במחצית ההספק:

$$f_1 = f_r - \frac{BW}{2}$$

$$f_2 = f_r + \frac{BW}{2}$$

$$f_1 = 159k - \frac{3184.7}{2} = 157.6KHz$$

$$f_2 = 159k + \frac{3184.7}{2} = 160.8KHz$$

ורוחב הפס בתדרי מחצית ההספק:

$$BW = f_2 - f_1 = 160.8 - 157.6 = 3.2KHz$$

פתרונות לשאלות בשיטות לפתרון מעגלים

פתרון שאלה מס' 1

א. חישוב הזרמים: I_1 , I_2 , I_3 המסומים באיור, באמצעות חוקי קירכהוף.

$$I_1 = \frac{E_1 - V_{BD}}{R_1} = \frac{8 - 6.4}{8} = 0.2 \text{ A}$$

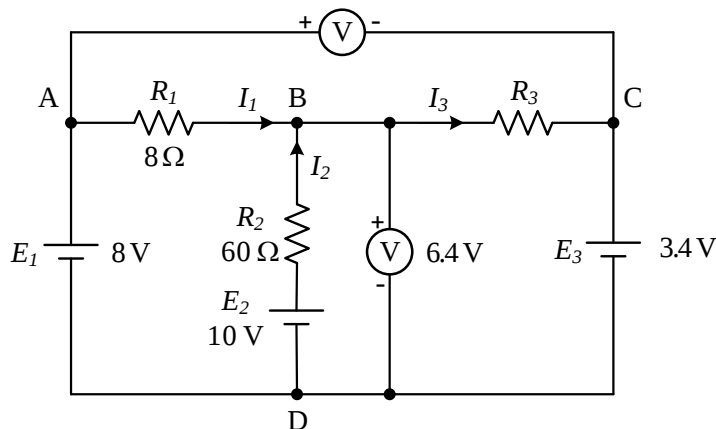
$$I_2 = \frac{E_2 - V_{BD}}{R_2} = \frac{10 - 6.4}{12} = 0.3 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 0.2 + 0.3 = 0.5 \text{ A}$$

ב. חישוב התנגדות הנגד R_3 .

$$R_3 = \frac{V_{BD} - E_3}{I_3} = \frac{6.4 - 3.4}{0.5} = 6 \Omega$$

ג. רוצים למדוד את המתח בין הנקודות A ו- C באמצעות מכשיר מדידה מתאים.



ד. חישוב המתח בין הנקודות A ו- C.

אפשרות 1 – חישוב מתח במסלול A-B-C

$$V_{AC} = V_{R_1} + V_{R_3} = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 = 0.2 \cdot 8 + 0.5 \cdot 6$$

$$V_{AC} = 4.6 \text{ V}$$

אפשרות 2 – חישוב מתח במסלול A-D-C

$$V_{AC} = E_1 - E_3 = 8 - 3.4 = 4.6V$$

פתרון שאלה מס' 2

.א.

$$\begin{aligned} UR_1 + E_1 + UR'_2 + UR''_2 + E_3 - E_2 &= 0 \\ -E_4 + UR_3 + UR'_2 + UR''_2 + E_3 + UR_4 &= 0 \\ 20I_1 - 20 + 10I_1 + 10I_2 + 60 - 60 &= 0 \\ -30 + 40I_2 + 10I_1 + 10I_2 + 60 - 10I_2 &= 0 \\ 30I_1 + 10I_2 &= 20 \\ 10I_1 + 60I_2 &= -30 \\ I_1 &= 0.88A \end{aligned}$$

$$I_2 = -0.64A$$

(כיוון הזרם הפוך)

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 - I_2 = 0.88 - 0.64 = 0.24A \\ I_1 &= IR_1 = 0.88A \\ I_2 &= IR_3 = 0.64A \\ I_3 &= IR_2 = 0.24A \end{aligned}$$

.ב.

$$PR_2 = IR_2^2 \cdot R_2 = 0.24^2 \cdot 10 = 0.57w$$

.ג.

$$U_{xy} = UR_3 + E_4 = 25.6 + 30 = 55.6V$$

$$UR_3 = IR_3 \cdot R_3 = 0.64 \cdot 40 = 25.6V$$

.ד.

$$PE_2 = I_1 \cdot E_1 = 0.88 \cdot 60 = 52.8w$$

פתרון שאלה מס' 3

.א.

$$R_{2-3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 10\Omega$$

$$\begin{aligned} -E_1 + UR_1 - E_2 + UR'_{2-3} + UR''_{2-3} &= 0 \\ -E_3 + UR_4 - E_2 + UR'_{(2-3)} + UR''_{2-3} &= 0 \\ -100 + 28I_1 - 40 + 10I_1 + 10I_2 &= 0 \end{aligned}$$

$$-80 + 18I_2 - 40 + 10I_1 + 10I_2 = 0$$

$$38I_1 + 10I_2 = 140$$

$$10I_1 + 28I_2 = 120$$

$$I_1 = 2.82A$$

$$I_2 = 3.27A$$

$$IR_{2-3} = I_1 + I_2 = 3.27 + 2.82 = 6.09A$$

$$I_1 = IR_1 = 2.82A$$

$$I_2 = \boxed{IR_4} = 3.27A$$

ב.

$$PR_2 = \frac{UR_2^2}{R_2} = \frac{60.9^2}{30} = 123.62w$$

$$UR_{2-3} = IR_{2-3} \cdot R_{2-3} = 6.09 \cdot 10 = 60.9V$$

$$UR_2 = UR_3 = 60.9V$$

ג.

$$U_{AB} = -U_4 + E_3 = -58.66 + 80 = 21.14V$$

$$UR_4 = IR_4 \cdot R_4 = 3.27 \cdot 18 = 58.86V$$

ד.

$$PE_3 = I_2 \cdot E_3 = 3.27 \cdot 80 = 261.6w$$

פתרונות לשאלות בכא"מ ומקורות מתח

פתרון שאלה מס' 1

א. כא"מ שקול וההתנגדות הפנימית השקולה של הסוללה.

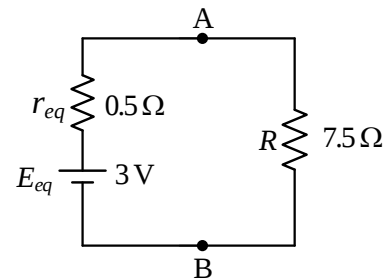
$$E_{eq} = E = 3V$$

$$r_{eq} = r / 3 = 1.5 / 3 = 0.5 \Omega$$

ב. חישוב מתח ההדקים של הסוללה

$$I = \frac{E_{eq}}{r_{eq} + R} = \frac{3}{0.5 + 7.5} = 0.375 A$$

$$V_{AB} = I \cdot R = 0.375 \cdot 7.5 = 2.8125V$$

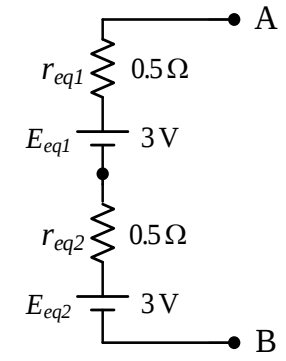


ג. חישוב נצילות המעגל

$$\eta\% = \frac{P_R}{P_{E_{eq}}} \cdot 100\% = \frac{I^2 \cdot R}{I \cdot E} \cdot 100\% = \frac{I \cdot R}{E} \cdot 100\% = \frac{V_{AB}}{E} \cdot 100\%$$

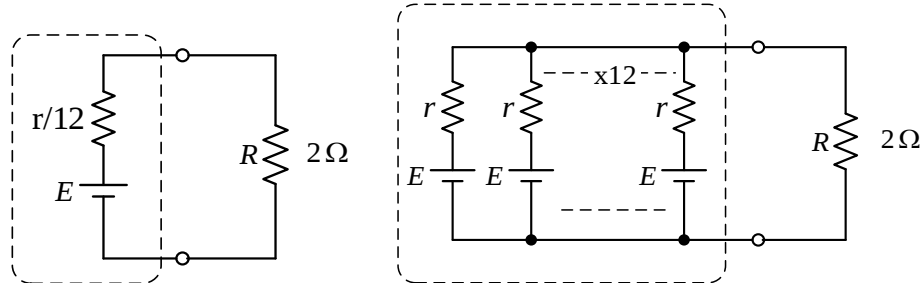
$$\eta\% = \frac{2.8125}{3} \cdot 100\% = 93.75\%$$

ד. שתי סוללות בטור.

ההתנגדות הפנימית השקולה: $r_{eq} = r_{eq1} + r_{eq2} = 0.5 + 0.5 = 1 \Omega$ הכא"מ השקול: $E_{eq} = E_{eq1} + E_{eq2} = 3 + 3 = 6V$	
---	--

פתרון שאלה מס' 2

א. סרטוט של הסוללה, מספר הענפים במקביל $m = 12$.



$$E_{eq} = E = 1.5V$$

$$(1) \quad r_{eq} = \frac{r}{m} = \frac{1.2}{12} = 0.1\Omega$$

$$I = \frac{E_{eq}}{r_{eq} + R} = \frac{1.5}{0.1 + 2} = 0.7143 A$$

$$(2) \quad P_R = I^2 \cdot R = 0.7143^2 \cdot 2 = 1.02 W$$

$$P_{E_{eq}} = I \cdot E_{eq} = 0.7143 \cdot 1.5 = 1.0715 W$$

$$\eta = \frac{P_R}{P_{E_{eq}}} = \frac{1.02}{1.0715} = 0.952 \quad \eta\% = 95.2\%$$

ב. (1) על מנת לקבל כא"מ של 6 V יש לחבר שלשה ענפים במקביל ($m = 3$),

כאשר בכל ענף 4 תאים בטור ($n = 4$).

$$n = 4, m = 3$$

$$(2) \quad r_{eq} = \frac{n \cdot r}{m} = \frac{4 \cdot 1.2}{3} = 1.6\Omega$$

פתרון לשאלות בנושא חילופין מקבילי

פתרון שאלה מס' 1

א. הזרם דרך רכיבי המעגל:

$$I_R = \frac{V_S}{R} = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ A}, \quad I_C = I_R = 1.2 \text{ A}, \quad I_L = \frac{1}{2} I_C = 0.6 \text{ A}$$

ב. עצמת הזרם הכללי:

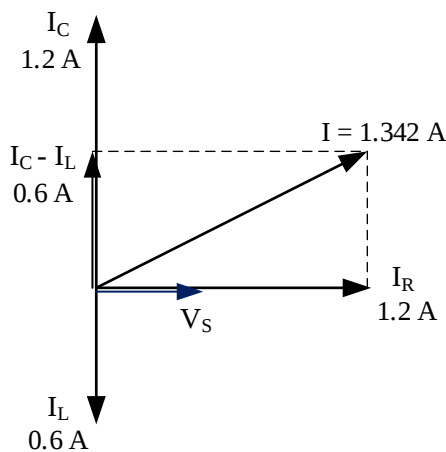
$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{1.2^2 + (1.2 - 0.6)^2} = 1.342 \text{ A}$$

ג. השראות הסליל וקיבול הקבל:

$$X_L = \frac{V_S}{I_L} = \frac{24}{0.6} = 40 \Omega, \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{40}{314.16} = 127.3 \text{ mH}$$

$$X_L = 2 \cdot X_C \Rightarrow X_C = 20 \Omega, \quad C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_C} = \frac{1}{314.16 \cdot 20} = 159.2 \mu\text{F}$$

ד. דיאגרמה פאזורית



פתרון שאלה מס' 2

א. חישובי זרמים

$$I_1 = \frac{P_1}{U \cdot \cos \varphi_1} = \frac{2000}{230 \cdot 0.85} = 10.23 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U \cdot \cos \varphi_2} = \frac{1500}{230 \cdot 0.8} = 8.152 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{U \cdot \cos \varphi_3} = \frac{500}{230 \cdot 1} = 2.174 \text{ A}$$

ב. הספק הגבי של כל צרכן
תחילה נחשב את הפרש המופע בין מתח לזרם של כל צרכן.

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.85) = 31.8^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.8) = 36.9^\circ$$

$$\varphi_3 = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$$

לחישוב הספק הגבי ניתן להשתמש באחת מתוך 2 הנוסחאות הבאות:

$$Q = P \cdot \tan \varphi, \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$Q_1 = P_1 \cdot \tan \varphi_1 = 2000 \cdot \tan 31.8 = 1.24 \text{ kVAr}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \tan \varphi_2 = 1500 \cdot \tan 36.9 = 1.126 \text{ kVAr}$$

$$Q_3 = P_3 \cdot \tan \varphi_3 = 0 \text{ VAr}$$

ג. הספק כולל של המעגל: ממשי, היגבי ומדומה.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 2000 + 1500 + 500 = 4 \text{ kW}$$

$$Q_{T1} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1240 + 1126 + 0 = 2.366 \text{ kVAr}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{4000^2 + 2366^2} = 4.647 \text{ kVA}$$

ד. זרם כללי במעגל:

$$I = \frac{S_T}{U} = \frac{4647}{230} = 20.2 \text{ A}$$

פתרון שאלה מס' 3

א. חישוב עכבת המעגל:

$$Z_R = R \angle 0^\circ = 60 \angle 0^\circ \Omega$$

$$Z_L = X_L \angle 90^\circ = 30 \angle 90^\circ \Omega$$

$$Z_C = X_C \angle -90^\circ = 20 \angle -90^\circ \Omega$$

$$Z = (Z_R^{-1} + Z_L^{-1} + Z_C^{-1})^{-1} =$$

$$Z = \left((60 \angle 0^\circ)^{-1} + (30 \angle 90^\circ)^{-1} + (20 \angle -90^\circ)^{-1} \right)^{-1}$$

$$Z = 30 - j30 = 42.43 \angle -45^\circ \Omega$$

ב. חישוב פאזור מתח המקור:

$$U = \bar{I} \cdot Z = 5\sqrt{2} \angle 45^\circ \cdot 42.43 \angle -45^\circ$$

$$U = 300 \angle 0^\circ V$$

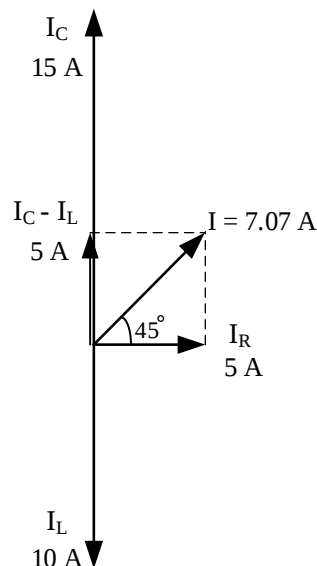
ג. חישוב פאזורי הזרמים:

$$\bar{I}_R = \frac{\bar{U}}{Z_R} = \frac{300 \angle 0^\circ}{60 \angle 0^\circ} = 5 A$$

$$\bar{I}_L = \frac{\bar{U}}{Z_L} = \frac{300 \angle 0^\circ}{30 \angle 90^\circ} = 10 \angle -90^\circ A$$

$$\bar{I}_C = \frac{\bar{U}}{Z_C} = \frac{300 \angle 0^\circ}{20 \angle -90^\circ} = 15 \angle 90^\circ A$$

ד. דיאגרמה פאזורי של זרמי המעגל



פתרון לשאלות בנושא חילופין טורי

פתרון שאלה מס' 1

א. חישוב הזרם I.

$$Z_T = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 - X_2 - X_3)^2}$$

$$Z_T = \sqrt{(6 + 4 + 8)^2 + (6 - 9 - 15)^2}$$

$$Z_T = \sqrt{18^2 + (-18)^2} = 25.456 \Omega$$

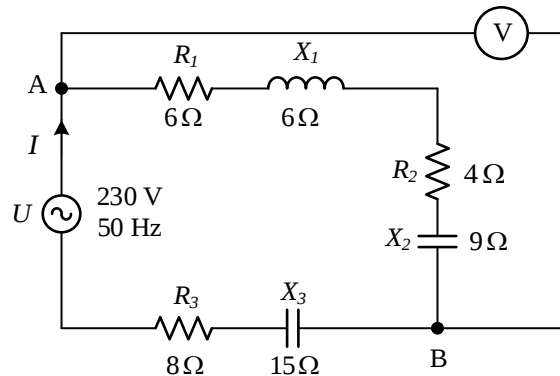
$$I = \frac{U}{Z_T} = \frac{230}{25.456} = 9.035 A$$

ב. חישוב המתח על הנגד R_2 ועל הקבל X_3

$$U_{R_2} = I \cdot R_2 = 9.035 \cdot 4 = 36.14 V$$

$$U_{X_3} = I \cdot X_3 = 9.035 \cdot 15 = 135.5 V$$

ג. (1) סרטוט המעגל עם מד מתח, למדידת המתח בין הנקודות A ו-B.



(2) המתח בין הנקודות A ו-B.

$$Z_T = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 - X_2 - X_3)^2}$$

$$Z_T = \sqrt{(6 + 4 + 8)^2 + (6 - 9 - 15)^2}$$

$$Z_T = \sqrt{18^2 + (-18)^2} = 25.456 \Omega$$

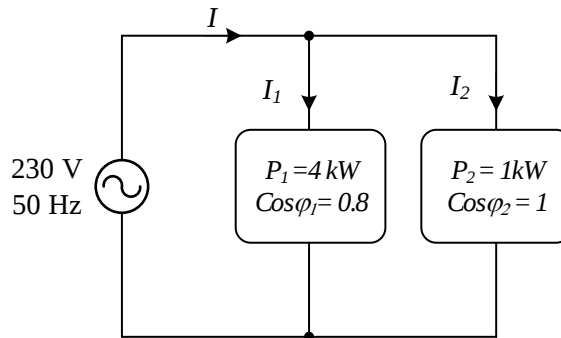
ד. חישוב קיבול הקבל C_2 .

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 9} = 354 \mu F$$

פתרונות לשאלות בנושא חילופין שיפור מקדם הספק

פתרון שאלה מס' 1

א. סרטוט המעגל



ב. חישוב מקדם ההספק הכולל

$$P_1 = 4 \text{ kW}, \cos \varphi_1 = 0.8$$

$$Q_1 = P_1 \cdot \tan(\cos^{-1}(\varphi_1)) = 4 \cdot \tan(\cos^{-1}(0.8)) = 3 \text{ kVar}$$

$$P_2 = 1 \text{ kW}, \cos \varphi_2 = 1$$

$$Q_2 = 0 \text{ Var}$$

$$P_T = P_1 + P_2 = 4 + 1 = 5 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 3 + 0 = 3 \text{ kVar}$$

$$\tan \varphi_T = \frac{Q_T}{P_T} = \frac{3}{5}$$

$$\varphi_T = 30.96^\circ \Rightarrow \cos \varphi_T = 0.8575$$

ג. קיבול הקבל הנדרש כדי שמקדם ההספק של המעגל יהיה 0.92

נשתמש בנוסחה מתוך הנוסחאון בתורת החשמל:

שיפור מקדם ההספק

$$\varphi \quad [^{\circ}, \text{rad}] \quad - \quad \text{זווית מופע}$$

$$C \quad [F] \quad - \quad \text{קיבול}$$

$$\varphi_2 \quad [^{\circ}, \text{rad}] \quad - \quad \text{זווית מופע אחרי השיפור}$$

$$\varphi_1 \quad [^{\circ}, \text{rad}] \quad - \quad \text{זווית מופע לפני השיפור}$$

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

$$C = \frac{P_T}{\omega U_T^2} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$\varphi_1 = 30.96^{\circ}$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.92) = 23.07^{\circ}$$

$$C = \frac{5000}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 230^2} (\tan(30.96) - \tan(23.07))$$

$$C = 52.35 \mu F$$

פתרונות לשאלות בנושא תלת מופעי

פתרון שאלה מס' 1

א. חישוב עצמת הזרם המופעי, I_{ab} , ועצמת הזרם הקווי I_{Aa}

$$Z = 20 + j8.52 = 21.74 \angle 23.07^{\circ} \Omega$$

$$|I_{ab}| = \frac{U_{ab}}{|Z|} = \frac{400}{21.74} = 18.4 \text{ A}$$

$$|I_{Aa}| = \sqrt{3} \cdot |I_{ab}| = \sqrt{3} \cdot 18.4 = 31.87 \text{ A}$$

ב. מקדם ההספק:

$$\cos \varphi = \cos(23.07) = 0.92$$

ג. הספק ממשי, הגבי ומדומה

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{Aa} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 31.87 \cdot 0.92 = 20.31 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{Aa} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 31.87 \cdot \sin(23.07) = 8.65 \text{ kVAr}$$

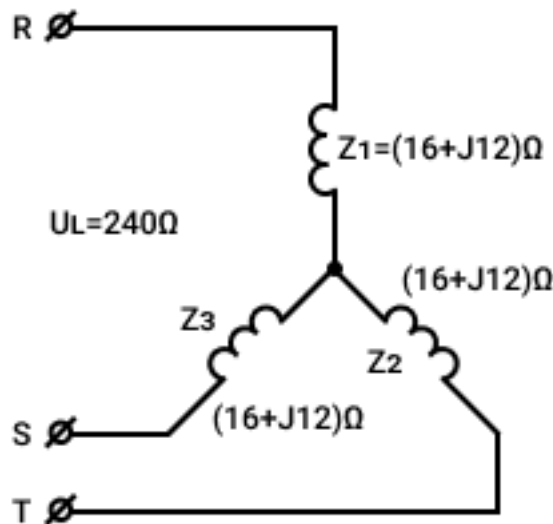
$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{Aa} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 31.87 = 22.08 \text{ kVA}$$

ד. בחיבור כוכב ההספק קטן פי 3 לכן, $P_Y = \frac{1}{3} P_\Delta = \frac{1}{3} \cdot 20.31 \text{ k} = 6.77 \text{ kW}$

פתרון שאלה מס' 2

א.

בחיבור כוכב:



$$U_2 = \sqrt{3} \cdot U_{PH}$$

$$I_L = I_{PH}$$

המתח השלוב בכוכב מקדים את מתח המופע ב- 30°

$$U_{PH} = \frac{U_2}{\sqrt{3}} = \frac{240}{\sqrt{3}} = 138.56 \text{ V}$$

$$U_{L1} = 240 \angle 0^\circ$$

$$U_{L2} = 240 \angle 120^\circ$$

$$U_{L3} = 240 \angle -120^\circ$$

$$\begin{aligned} U_{PH1} &= 138.56 \angle -30^\circ & U_{PH2} &= 138.16 \angle 90^\circ & U_{PH3} &= 138.16 \angle -150^\circ \end{aligned}$$

$$IPH_1 = \frac{UPH_1}{Z_1} = \frac{138.16 \angle -30}{20 \angle 36.36^\circ} = 6.92 \angle -66.86^\circ$$

$$IPH_2 = \frac{UPH_2}{Z_2} = \frac{138.16 \angle 90}{20 \angle 36.36} = 6.92 \angle 33.14^\circ Z_{1(16+J12)} = 20 \angle 36.36$$

$$IPH_3 = \frac{UPH_3}{Z_3} = \frac{138.16 \angle -150}{20 \angle 36.16} = 6.92 \angle -186.36^\circ$$

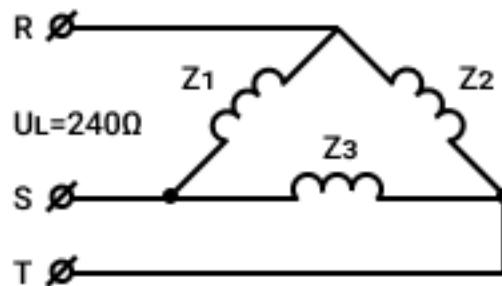
$$\cos \phi_T = \frac{R_Z}{Z_T} = 0.8 \rightarrow \sin \phi = 0.6$$

$$P_T = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2 \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 6.92 \cdot 240 \cdot 0.8 = 239.27 \text{ w}$$

$$Q_T = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot U_L \cdot \sin \phi = \sqrt{3} \cdot 6.92 \cdot 240 \cdot 0.6 = 1725.95 \text{ VAR}$$

$$S'_T = P_T + jQ_T = (239.27 + j1725.95) \text{ VA} = 2876.56 \angle 36.36^\circ \text{ VA}$$

בחיבור משולש:



$$U_2 = U_{PH}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot IP_H$$

זרם מפגר ב- 30° אחר הזרם הפאזה

$$IL_\Delta = 3IL_\Delta$$

ולכן, במידה ולא מבקשים את פאזורי הזרם ניתן לומר כי:

$$IL_\Delta = 3 \cdot 6.92 = 20.76 \text{ A}$$

פתרון שאלה מס' 3

א.

$$I_A = \frac{UPH}{Z_A} = \frac{120/\sqrt{3}}{4 + j6} = 9.6 \angle -56.3^\circ A$$

$$I_B = \sqrt{3} \left(\frac{UZ}{Z_B} \right) = \sqrt{3} * \left(\frac{120}{9} \right) = 23 \angle 0^\circ A$$

$$I = I_A + I_B = 9.6 \angle -56.3^\circ + 23 \angle 0^\circ = 29.43 \angle -15.7^\circ A$$

ב.

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_A = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 9.6 = 1995.3 \angle 56.3^\circ VA$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_B = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 23 = 4780.7 VA$$

ג.

$$S_T = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 29.43 = 6116.9 \angle 15.7^\circ VA$$

$$P_T = S_T \cdot \cos \phi = 6116.9 \cdot \cos(15.7) = 5887 W$$

$$Q_T = S_T \cdot \sin \phi = 6116.9 \cdot \sin(15.7) = 1659 VAR$$

ד. חיבור העומס בכוכב ירד פי 3.

פתרונות לשאלות בנושא התנגדות ומוליכות

פתרון שאלה מס' 1

$$\rho = 0.016 \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$$

$$\alpha = 0.0038 \left[\frac{1}{\alpha} \right]$$

$$P = 500 W$$

$$L = 2 \cdot km = 2000 m$$

$$I = 2 A$$

$$P = I \cdot U$$

$$U = \frac{P}{I} = \frac{500}{2} = 250 V$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{250}{2} = 125 \Omega$$

$$A = \frac{\rho \cdot L}{R} = \frac{0.016 \cdot 2000}{125} = 3.072 mm^2$$

פתרון שאלה מס' 2

$$\rho = 1 \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right] \text{ כרום}$$

$$\alpha = 0.003 \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$$

$$L = 600m$$

$$A = 4mm^2$$

$$P = 200w$$

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{1 \cdot 600}{4} = 150\Omega$$

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

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{250 \cdot 150} = 173.2V$$

ולכן: R_{50} עלינו למצוא את

$$R_{50} = R_{20}[1 + \alpha(T - 20)] = 150[1 + 0.003(50 - 20)] = 163.5\Omega$$

$$I_{[50^\circ]} = \frac{U}{R_{50}} = \frac{173.2^2}{163.5} = 1.05A$$

$$R_{100} = R_{20}[1 + \alpha(T - 20)] = 150[1 + 0.003(100 - 20)] = 186\Omega$$

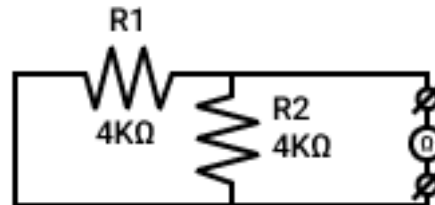
$$P_{[100^\circ]} = \frac{U^2}{R_{100}} = \frac{173.2^2}{186} = 161.28w$$

פתרונות לשאלות בנושא משפט תבין

פתרון שאלה מס' 1

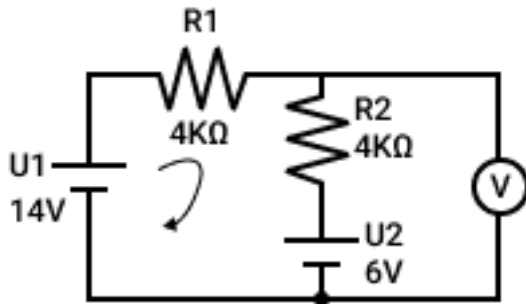
א. חישוב R_{th}

כאשר R_3 מקוצר נקבל מעגל הבא:



$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2k\Omega$$

ב. חישוב U_{th}



$$I = \frac{\dot{}}{R_1 + R_2} = \frac{\dot{}}{8 \cdot 10^3} = 1mA$$

$$U_{R2} = I R_2 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^3 = 4V$$

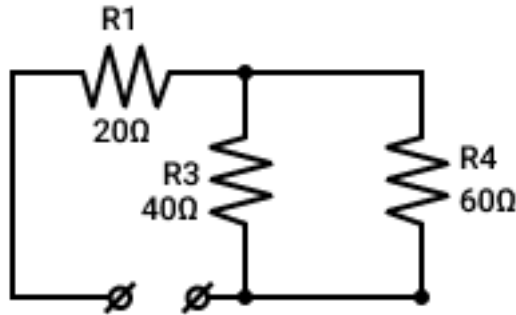
$$U_{th} = U_{R2} + U_2 = 4 + 6 = 10V$$

ג. התנגדות הנגד תשתנה כי נגד R_3 יתווסף למעגל לכן $R_{TH} = 4k\Omega$.

U_{th} לא ישתנה מכיון ש- R_3 הוא נתק.

פתרון שאלה מס' 2

א. חישוב R_{TH}

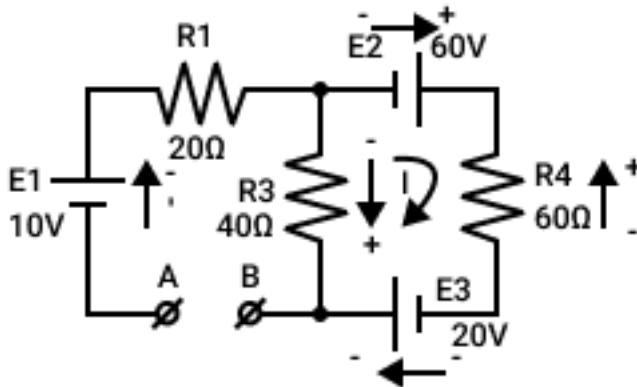


$$R_{3-4} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} = 24\Omega$$

$$R_{TH} = R_1 + R_{3-4} = 20 + 24 = 44\Omega$$

ב. חישוב המתח U_{TH}

נשרטט שוב את המעגל והפעם נחזיר את מקורות המתח.



$$E_3 - UR_4 + E_2 - UR_3 = 0$$

$$20 - 60I + 60 - 40I = 0$$

$$80 - 100I = 0$$

$$80 = 100I$$

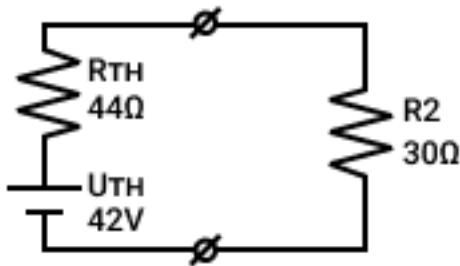
$$I = \frac{80}{100} = 0.8A$$

$$UR_3 = IR_3 \cdot R_3 = 0.8 \cdot 40 = 32V$$

$$U_{AB} = -E_1 - UR_3 = -10 - 32 = -42V$$

$$U_{AB} = U_{TH} = -42V$$

ג. נשרטט רשת שקולת תבנית



$$V_{R_2} = \frac{U_{TH} \cdot R_2}{R_{TH} + R_2} = \frac{42 \cdot 30}{44 + 30} = 17.02V$$

פתרונות לשאלות בנושא קבלים בזרם ישר

פתרון שאלה מס' 1

א.

$$Q_{C_4} = U_{C_4} \cdot C_4 = 50 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 1.5mc$$

$$C_{2-3} = C_2 + C_3 = 14 + 10 = 24\mu f$$

$$Q_T = Q_{C_4} = Q_{C_{2-3}} = Q_{C_1} = 1.5mc$$

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2-3}} + \frac{1}{C_4}} = \frac{1}{\frac{1}{60} + \frac{1}{24} + \frac{1}{30}} = 10.90\mu f$$

$$U_T = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{10.90 \cdot 10^{-6}} = 137.61V$$

ב.

$$U_{C_{2-3}} = \frac{Q_{C_{2-3}}}{C_{2-3}} = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 10^{-6}} = 62.5V$$

$$U_{2-3} = U_{C_2} = U_{C_3} = 62.5V$$

$$Q_{C_3} = U_{C_3} \cdot C_3 = 62.5 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 625\mu C$$

ג.

$$W_{C_1} = \frac{1}{2} \cdot U_{C_1}^2 \cdot C_1 = \frac{1}{2} \cdot 25^2 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 18.75mJ$$

$$U_{C_1} = \frac{Q_{C_1}}{C_1} = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 10^{-6}} = 25V$$

ד.

$$U_{AB} = U_{C_{2-3}} + U_{C_4} = 62.5 + 50 = 112.5V$$

פתרון שאלה מס' 2

.א.

$$C_{4-5} = \frac{C_4 \cdot C_5}{C_4 + C_5} = \frac{60 \cdot 100}{60 + 100} = 37.5 \text{ nf}$$

$$C_{3-5} = C_3 + C_{4-5} = 10 + 37.5 = 47.5 \text{ nf}$$

$$C_{2-5} = C_2 + C_{3-5} = 15 + 47.5 = 62.5 \text{ nf}$$

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_{2-5}}{C_1 + C_{2-5}} = \frac{30 \cdot 62.5}{30 + 62.5} = 20.27 \text{ nf}$$

$$Q_t = U_t \cdot C_T = 120 \cdot 20.27 \cdot 10^{-9} = 2.43 \mu\text{c}$$

$$Q_T = QC_1 = QC_{2-5} = 2.43 \mu\text{c}$$

$$UC_{2-5} = \frac{QC_{2-5}}{C_{2-5}} = \frac{2.43 \cdot 10^{-3}}{62.5 \cdot 10^{-9}} = 38.88 \text{ mV}$$

$$UC_{2-5} = UC_2 = UC_3 = UC_{4-5} = 38.88 \text{ mV}$$

.א.

$$QC_3 = UC_3 \cdot C_3 = 38.88 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-9} = 0.83 \text{ nc}$$

.ב.

$$WC_T = \frac{1}{2} \cdot U_T^2 \cdot C_T = \frac{1}{2} \cdot 120^2 \cdot 20.27 \cdot 10^{-9} = 0.145 \text{ mJ}$$

.ג.

$$U_{xy} = UC_2 = 38.88 \text{ mV}$$

.ד.

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} =$$

$$C \cdot d = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A$$

$$A = \frac{C_5 \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} =$$

$$\frac{100 \cdot 10^{-9} \cdot 0.035}{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 1} = 395.48 (\text{mm}^2)$$

פתרונות לשאלות בנושא זרם חילופין

פתרון שאלה מס' 1

א.

$$Z_1 = 20 \angle 30^\circ = (17.32 + j10) \Omega$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L =$$

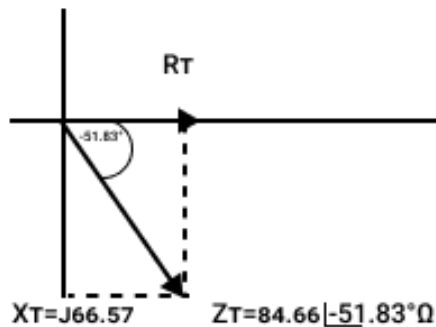
$$2\pi \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = j18.84 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = -j79.57 \Omega$$

$$Z_T = \overline{Z_1} + \overline{Z_2} + R + jX_L - jX_C$$

$$(17.32 + j10) + (10 - j15) + 25 + j18.84 - j79.5$$

$$(52.32 - j66.57) \Omega = 84.66 \angle -51.83^\circ$$



ב.

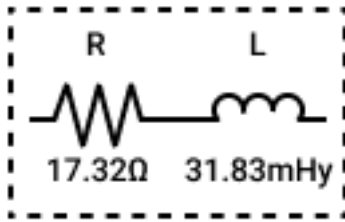
$$U_T = I_T \cdot Z_T = 84.66 \angle -51.83^\circ \cdot 2.5 \angle -20^\circ = 211.65 \angle -71.83^\circ V$$

ג.

$$Z_1 = 20 \angle 30^\circ \Omega = \frac{(17.32 + j10) \Omega}{R + jX_L}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{10}{2\pi \cdot 50} = 31.83 mH_y$$



$$Z_1 =$$

ערכי העכבה :

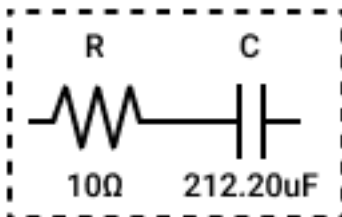
$$Z_2 = \frac{(10 - j15)\Omega}{R - jx_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot c}$$

↓

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot x_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 15} = 212.20\mu f$$

$$Z_2 =$$



ד.

אופי המעגל הינו קיבולי כי זווית העכבה שלילית.

ה.

$$\cos\phi Z = \cos(-51.83^\circ) = 0.617$$

ו.

$$\Delta\phi = \phi U - \phi I = (-51.83^\circ) - (-20^\circ) = -31.83^\circ$$

ז.

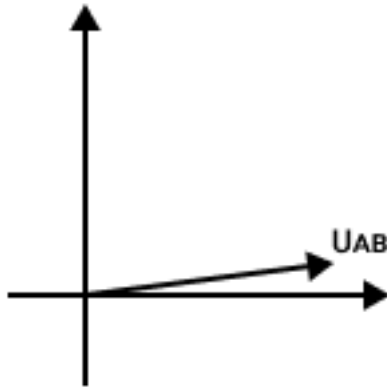
$$U_L = I_L \cdot x_L = 2.5 \angle -20^\circ \cdot 18.84 \angle 90^\circ = 47.1 \angle 70^\circ V$$

$$U_{Z_2} = I_2 \cdot Z_2 = 2.5 \angle -20^\circ \cdot 18.02 \angle -50.3^\circ = 45.05 \angle -76.3^\circ V$$

$$\overline{U_{AB}} = \overline{U_L} + \overline{U_{Z_2}} = (16.1 + j44.25) + (10.66 - j43.76)$$

$$= (26.76 + j0.48) V$$

$$26.76 \angle 1.02^\circ V$$



$$P_R = I_R^2 \cdot R = 2.5^2 \cdot 25 = 126.25w$$

ח.

$$Q_C = I_C \cdot C = 2.5^2 \cdot 79.57 = 497.31VAR$$

(מקדים")

ט.

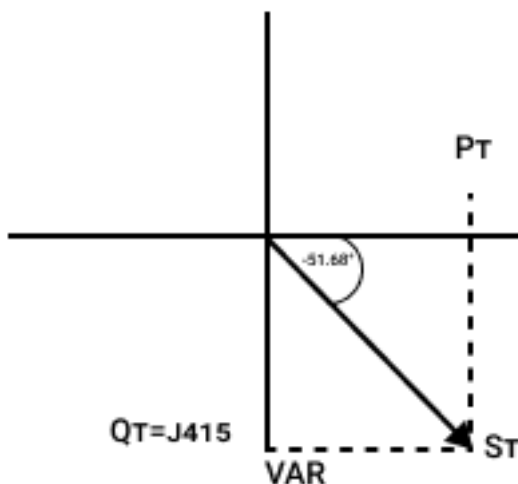
$$P_T = I_{RT}^2 \cdot R_T = 2.5^2 \cdot 53.32 = 327w$$

$$Q_T = I_T^2 \cdot x_T = 2.5^2 \cdot 66.51 = -J415.68VAR$$

"מקדים"

$$S'_T = P_T - JQ_T = (327 - J41 \cdot 5.68) = 528.88L - 51.8^\circ VAR$$

משולש הספקים



פתרון שאלה מס' 2

א.

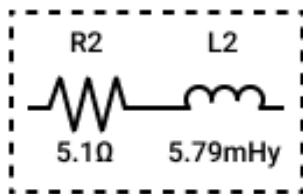
$$Z_T = \frac{U_T}{I_T} = \frac{220 \angle 0}{5 \angle -60^\circ} = 44 \angle 60^\circ \Omega$$

$$\overline{Z_T} = \overline{Z_1} + \overline{Z_2}$$

$$Z_2 = Z_T - Z_1 = (22 + j38.10) - (16.90 + j36.25)$$

$$Z_2 = \frac{(5.1 + j1.85) \Omega}{R \quad jX_L} \rightarrow 5.42 \angle 19.93^\circ \Omega$$

$$L = \frac{xL_2}{\omega} = \frac{xL_2}{2\pi \cdot f} = \frac{1.85}{2\pi \cdot 50} = 5.79 \text{mH}_y$$



$$Z_1 =$$

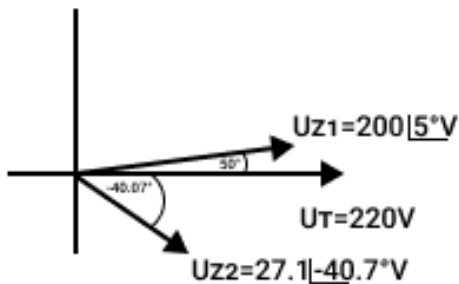
ב. אופי המעגל השראתי כי זווית העכבה חיובית.

ג.

$$U_{Z1} = I Z_1 \cdot Z_1 = 5 \angle -60^\circ \cdot 40 \angle 65^\circ = 200 \angle 5^\circ V$$

$$U_{Z2} = I Z_2 \cdot Z_2 = 5 \angle -60^\circ \cdot 5.42 \angle 19.93^\circ = 27.1 \angle -40.07^\circ V$$

תרשים פאזורי

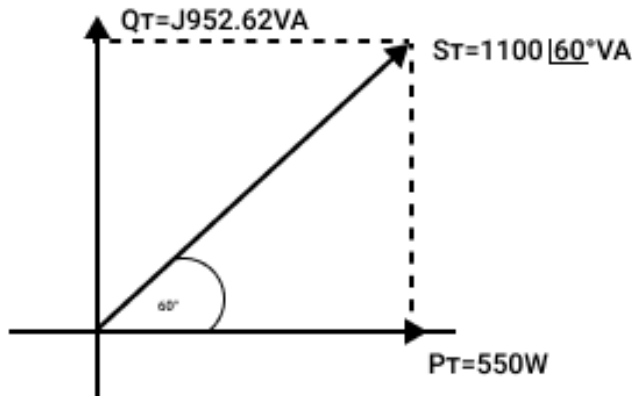


ד.

$$S(60^\circ) = 550 \text{W}$$

$$Q_T = I_T \cdot U_T \cdot \sin \phi = 5 \cdot 220 \cdot \sin(60^\circ) = j952.6 \text{VAR}$$

$$R S_T = I_T \cdot U_T = 5 \cdot 220 = 1100 \angle 60^\circ \text{VA}$$



ה.

$$\cos \phi_1 = 0.5 \rightarrow \tan \phi_1 = 1.73$$

לפני השיפור :

$$\cos \phi = 0.94 \rightarrow \tan \phi_2 = 0.362$$

אחרי השיפור :

$$Q_{C_x} = P_T \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 550(1.73 - 0.362) =$$

$$Q_{C_x} = 752.7 \text{ VAR}$$

$$C_x = \frac{Q_{C_x}}{\omega \cdot U_T^2} = \frac{752.4}{2\pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 49.48 \mu\text{f}$$

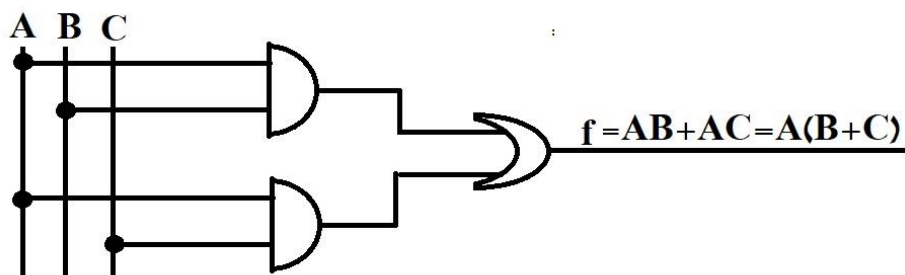
את הקבל יש לחבר במקביל למקור המתח!

ו. התנאי שיועבר הספק מירבי לעומס הוא שהעכבה Z_2 תהיה צמודה של Z_1 .

פתרונות לשאלות בנושא מערכות ספרתיות

פתרון שאלה מס' 1

א.



ב. $f = A(B + C) = 1(0 + 1) = 1$

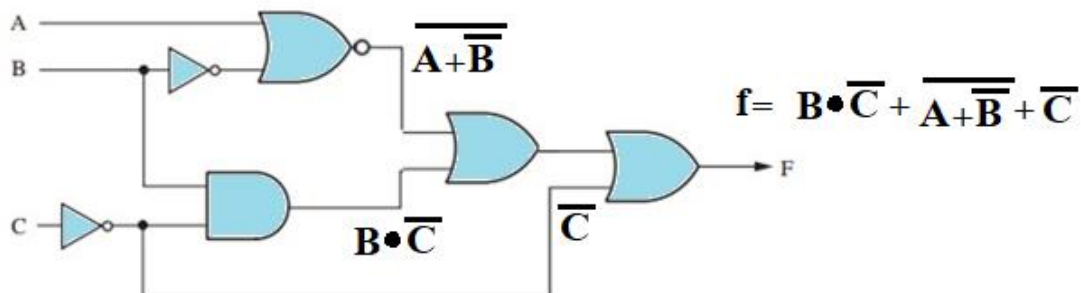
ג.

טבלת אמת

	A	B	C	f
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	0
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

פתרון שאלה מס' 2

א.



ב. טבלת אמת

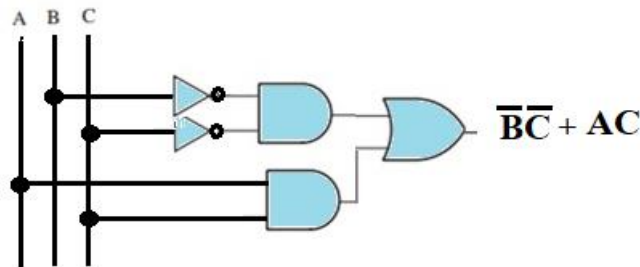
	A	B	C	F
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

ג. פישוט באמצעות מפת קרנו.

AB \ C	00	01	11	10
0	1			1
1			1	1

$\overline{B}\overline{C} + AC$

ד. מימוש



פתרון שאלה מס' 3

$$F(A, B, C) = \overline{A \cdot B \cdot C} + \overline{A} = (\overline{A \cdot B \cdot C}) \cdot \overline{A} = (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}) \cdot \overline{A} = \overline{A} \cdot \overline{A} + \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot \overline{C} = \overline{A} + \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot \overline{C} = \overline{A} \cdot (1 + \overline{B} + \overline{C}) = \overline{A} \cdot 1 = \overline{A}$$

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

פתרון לשאלה מס' 4

$$F(A, B, C) = \overline{A \cdot B + A \cdot C} = (\overline{A \cdot B}) \cdot (\overline{A \cdot C}) = (\overline{A} + \overline{B}) \cdot (\overline{A} + \overline{C}) = \overline{A} \cdot \overline{A} + \overline{A} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{B} \cdot \overline{C} = \overline{A} + \overline{A} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{B} \cdot \overline{C} = \overline{A} \cdot (1 + \overline{C} + \overline{B}) + \overline{B} \cdot \overline{C} = \overline{A} \cdot 1 + \overline{B} \cdot \overline{C} = \overline{A} + \overline{B} \cdot \overline{C}$$

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

פתרון שאלה מס' 5

$$F(A, B, C) = A + B + A + C = A + B + C$$

$$F(A, B, C) = A + B + C$$

פתרון שאלה מס' 6

$$F(A, B, C) = A \cdot B + A \cdot C = A \cdot (B + C)$$

$$F(A, B, C) = A \cdot (B + C)$$

פתרון שאלה מס' 7

א.

$$F(A, B, C) = \overline{A \cdot \overline{A \cdot B} \cdot C} = \overline{A \cdot \overline{A \cdot B}} + \bar{C} = \bar{A} + \overline{\overline{A \cdot B}} + \bar{C} = \bar{A} + A \cdot B + \bar{C} = \bar{A} + B + \bar{C}$$

$$F(A, B, C) = \bar{A} + B + \bar{C}$$

ב.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

פתרון שאלה מס' 8

א.

$$F(A, B, C) = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot C} = \overline{\overline{A \cdot B}} + \bar{C} = A \cdot B + \bar{C}$$

$$F(A, B, C) = A \cdot B + \bar{C}$$

ב.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

פתרון שאלה מס' 9

א.

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \overline{\overline{\overline{A \cdot B \cdot B \cdot C}}} = \overline{\overline{\overline{A \cdot B \cdot B}} + \overline{C}} = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot B} + \overline{C} = (\overline{A} + \overline{B}) \cdot B + \overline{C} \\ &= \overline{A} \cdot B + \overline{B} \cdot B + \overline{C} \\ &= \overline{A} \cdot B + 0 + \overline{C} = \overline{A} \cdot B + \overline{C} \end{aligned}$$

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

ב.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

פתרון שאלה מס' 10

א.

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

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

ב.

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

פתרון שאלה מס' 11

א.

$$F(A, B, C) = \overline{\overline{A+B} + A \cdot C} = \overline{\overline{A+B} + A \cdot \bar{C}} = (\overline{A+B} + A) \cdot \bar{C} = (\bar{A} \cdot \bar{B} + A) \cdot \bar{C} \\ = (A + \bar{B}) \cdot \bar{C}$$

$$F(A, B, C) = (A + \bar{B}) \cdot \bar{C}$$

ב.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

פתרון שאלה מס' 12

א. עבור פונקציה א' בעלת שתי משתנים ישנם 2^2 צירופים, כלומר 4 צירופים והם:

a	b	$X_{(a,b)}$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

עבור פונקציה ב' בעלת שלושה משתנים ישנם 2^3 צירופים, כלומר 8 צירופים והם:

a	b	c	$Y_{(a,b,C)}$
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

ב.
פונקציה א':

$$X(a, b) = ab \cdot (a + b)$$

a	b	$X_{(a,b)}$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	0

פונקציה ב':

$$Y_{(a,b,c)} = \bar{a}c + \bar{a}b + a\bar{c} + ab$$

a	b	c	$Y_{(a,b,c)}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

ג.
פונקציה א':

$$X(a, b) = ab \cdot (\bar{a} \cdot \bar{b}) = a \cdot b \cdot \bar{a} \cdot \bar{b} = 0$$

$$X(a, b) = 0$$

פונקציה ב':

$$Y_{(a,b,c)} = \bar{a}c + \bar{a}b + a\bar{c} + ab$$

ד. ניתן לראות על פי טבלאות אמת כי הפונקציות אינן שקולות.

פתרון שאלה מס' 13

א.

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \overline{A\bar{C}} + \overline{A\bar{B}C} + \overline{ABC} = (\overline{A\bar{C}}) \cdot (\overline{A\bar{B}C}) \cdot (\overline{ABC}) \\ &= (\bar{A} + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= (A + C) \cdot (A + B + \bar{C}) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= (AA + AB + A\bar{C} + AC + BC + C\bar{C}) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= (A + AB + A\bar{C} + AC + BC + 0) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= [A(1 + B + \bar{C} + C) + BC] \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= (A \cdot 1 + BC) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) = (A + BC) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ &= AA + A\bar{B} + A\bar{C} + ABC + \bar{B}BC + BC\bar{C} \\ &= A + A\bar{B} + A\bar{C} + ABC + 0 + 0 = A(1 + \bar{B} + \bar{C} + BC) = A \cdot 1 = A \\ F(A, B, C) &= A \end{aligned}$$

ב.



או



פתרון שאלה מס' 14

.א

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \overline{A\bar{B} + (B + C) + \bar{A}\bar{B}\bar{C}} = (\overline{A\bar{B}}) \cdot (\overline{B + C}) \cdot (\overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}}) \\ &= (\bar{A} + \bar{\bar{B}}) \cdot (\bar{B} \cdot \bar{C}) \cdot (\bar{\bar{A}} + \bar{\bar{B}} + \bar{\bar{C}}) \\ &= (\bar{A} + B) \cdot (\bar{B} \cdot \bar{C}) \cdot (A + B + C) = 0 \end{aligned}$$

פתרון שאלה מס' 15

.א

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \overline{AC + \bar{A} + C + \bar{A}B\bar{C} + A} = (\overline{AC}) \cdot (\bar{\bar{A}}) \cdot (\bar{C}) \cdot (\overline{\bar{A}B\bar{C}}) \cdot (\bar{A}) \\ &= (\bar{A} + \bar{C}) \cdot A \cdot \bar{C} \cdot (\bar{A} + B\bar{C}) \cdot \bar{A} = 0 \end{aligned}$$

$$F(A, B, C) = 0$$

פתרון שאלה מס' 16

.א

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \overline{(A + \bar{B}) \cdot \bar{B}\bar{C}} + A\bar{B} + (\overline{AB + C}) = (\overline{A + \bar{B}}) + \bar{\bar{B}\bar{C}} + A\bar{B} + (\overline{AB} \cdot \bar{C}) = \\ &= (\bar{A} \cdot \bar{\bar{B}}) + BC + A\bar{B} + [\bar{C} \cdot (\bar{A} + \bar{B})] = \bar{A}\bar{B} + BC + A\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}\bar{B} = \\ &= \bar{A} \cdot (B + \bar{B}) + BC + A\bar{B} + \bar{A}\bar{C} = \bar{A} + BC + A\bar{B} + \bar{A}\bar{C} = \bar{A} \cdot (1 + \bar{C}) + BC + A\bar{B} = \\ &= \bar{A} + BC + A\bar{B} \end{aligned}$$