

תוכן העניינים:

2	מבוא לרכיבים ריאקטיביים במעגל החשמלי
2	הקבל במעגל החשמלי:
2	סיכום כללי:
6	שאלות:
11	תשובות סופיות:
12	הסליל במעגל החשמלי:
12	סיכום כללי:
15	שאלות:
18	תשובות סופיות:

שימו לב!

החוברת מחולקת לנושאים כפי שמוצגים באתר GOOL. כל נושא פותח בסיכום תיאורטי קצר ולאחריו דוגמאות – אלו נידונים בהרחבה בסרטוני התיאוריה שבאתר GOOL. לאחר מכן ישנו מגוון תרגילים ברמה עולה בכל אחד מהנושאים – כולם נפתרים באריכות ובפירוט בסרטוני השאלות שבאתר.

פרק 6

מבוא לרכיבים ריאקטיביים במעגל החשמלי

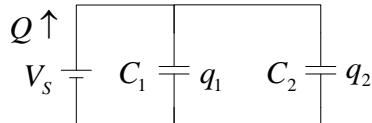
הקבל במעגל החשמלי:

סיכום כללי:

חיבור קבלים במקביל:

עבור חיבור של N קבלים מקביל, בעלי קיבולים $1 \leq k \leq N: C_k$ בהתאמה,

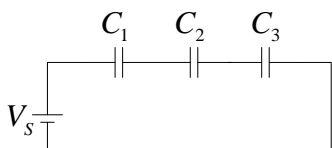
נוכל לכתוב ביטוי לקיבול השקול באופן הבא: $C_T = \sum_{k=1}^N C_k$.



חיבור קבלים בטור:

עבור חיבור של N קבלים בטור, בעלי קיבולים $1 \leq k \leq N: C_k$ בהתאמה,

נוכל לכתוב ביטוי לקיבול השקול באופן הבא: $\frac{1}{C_T} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{C_k}$.



התנהגות קבלים במעגל חשמלי:

מעגלים הנקראים מעגלי RC או מעגלים מסדר ראשון.

נניח כי הקבל אינו טעון ($Q_C = 0$).

תובנות:

(1) ברגע סגירת המפסק הזרם הוא: $I(0) = \frac{V_S}{R}$ והמתח על פני הקבל הוא: $V_C(0) = 0V$.

(2) לאחר זמן רב מרגע סגירת המפסק, הזרם הוא אפס: $I(\infty) = 0$ והמתח על פני הקבל הוא $V_C(\infty) = V_S$.

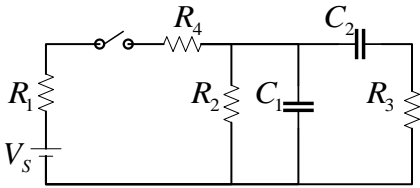
(3) מרגע סגירת המפסק ניתן להסתכל על הקבל כרכיב שהתנגדותו היא 0Ω (קצר) והולכת כלפי $\infty\Omega$ (נתק) עם הזמן, כך שלאחר זמן רב מרגע סגירת המפסק הקבל מהווה נתק במעגל.

המצב המתמיד של מעגלים עם קבלים:

מקובל להתייחס למצב המתמיד במעגלים עם מפסקים וקבלים בתור פרק זמן מספיק ארוך כזה שכל תופעות המעבר עברו (ולכן קבלים יתפקדו כנתק).

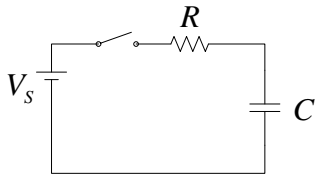
❖ דוגמא - ניתוח במצב המתמיד:

במעגל שלפניך נתונים הנגדים R_1, R_2, R_3, R_4 והקבלים C_1, C_2 . בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק כך שמקור המתח V_s מתחבר.



א. כתוב את הזרם $I(0)$ במעגל ואת מפלי המתחים על הקבלים ברגע סגירת המפסק.

ב. כתוב את הזרם $I(\infty)$ במעגל ואת מפלי המתחים והמטענים על הקבלים במצב מתמיד (כלומר: זמן רב לאחר סגירת המפסק).

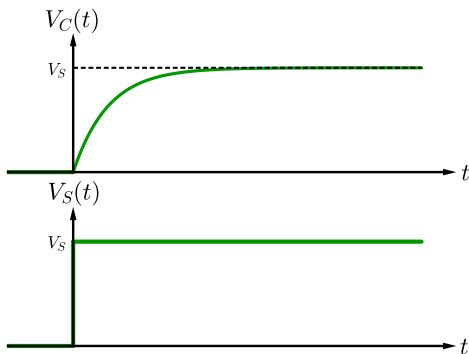


טעינה של קבל:

נתון המעגל הבא. בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק. ידוע כי אין אנרגיה האגורה בקבל, כלומר $V_C(0) = 0V$.

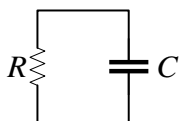
אות המתח המתקבל: $V_C(t) = V_s \left(1 - \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\} \right)$

תיאור גרפי של טעינת הקבל:



פריקה של קבל:

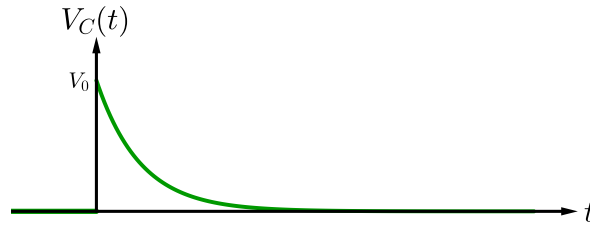
נניח כעת כי הקבל מתפרק על פני נגד R ונכתוב את המשוואה המתאימה המתארת את התפרקותו.



כעת נניח מתח התחלתי על פני הקבל V_0 , כלומר: $V_C(t=0) = V_0$.

הפתרון הסופי המתקבל: $V_C(t) = V_0 \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}$.

תיאור גרפי:



הערות:

- (1) הגודל τ נקבל **קבוע הזמן של המעגל** והוא פרמטר המתאר את קצב הטעינה של הקבל במעגל. τ מתאר את משך הזמן שלוקח לקבל להיטען עד ל-63% מערך המתח המירבי אליו הוא מחובר.
- (2) מקובל לומר כי לאחר 5 קבועי זמן (5τ) טעינת הקבל הסתיימה והמתח על פניו יהיה V_s .
- (3) קבוע הזמן הפריקה מתאר את קצב ההתפרקות של הקבל. בפרט לאחר $t = \tau$ הקבל יפרוק 63% מערכו (או יישאר עם כ-36% מערכו ההתחלתי).

משוואת הדפקים (גרסת המתחים):

משוואה הכוללת טעינה ופריקה יחדיו:

$$V_C(t) = V_\infty - (V_\infty - V_C(0^+)) \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}$$

כאשר:

- הגודל V_∞ , או $V_C(\infty)$, מתאר את המתח על הקבל לאחר שכל תופעות המעבר הסתיימו.
- הגודל $V_C(0^+)$ מתאר את המתח על הקבל מיד עם סגירת המפסק.
- הגודל τ מתאר את קבוע הזמן של המעגל.
- הגודל $V_C(t)$ מתאר את מפל המתח על הקבל בזמן t כלשהו.

הערה:

- (1) יש הכותבים את המשוואה כך שתתחיל מנקודת זמן כללית t_0 (שאינה דווקא ב-0)

$$V_C(t) = V_\infty - (V_\infty - V_C(t_0^+)) \exp\left\{-\frac{t-t_0}{\tau}\right\} \quad \text{כך:}$$

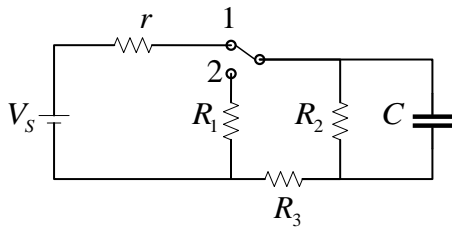
מציאת התנגדות שקולה:

כדי לכתוב את קבוע הזמן של מעגל בצורה נכונה יש לדעת את ערך הקיבול C ואת ההתנגדות R .

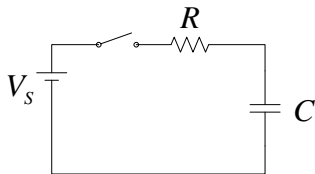
התנגדות זו מוגדרת בתור ההתנגדות השקולה המשוקפת מבעד להדקי הקבל! כדי למצוא אותה נצטרך לבצע את הפעולות הבאות:

- 1) ניתוק הקבל מהמעגל.
 - 2) שיתוק מקורות אנרגיה (מקור מתח מקצרים ומקור זרם מנתקים).
 - 3) חישוב ההתנגדות השקולה המשתקפת מבעד לשתי נקודות הדקי הקבל (באמצעות חישובים של חיבורי נגדים בטור ובמקביל).
- נסמן את ההתנגדות השקולה ב- R_T ונקפיד לכתוב את $\tau = R_T C$ בצורה נכונה עבור כל מעגל.

❖ דוגמא - מציאת קבוע זמן וביטויים זמניים:



נמצא את קבוע הזמן של המעגל הבא כאשר המפסק במצב 1 וכאשר הוא במצב 2. לאחר מכן נעזר במשוואות הדפקים כדי לכתוב את המשוואה של מפל המתח על פני הקבל בכל מצב.



שיקולי אנרגיה והספק בקבל:

מחישובים במעגל הסמוך מתקבל:

$$I = \frac{V_s}{R} \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\} \quad \text{אות הזרם:}$$

$$P_R(t) = I^2 R = \frac{V_s^2}{R} \exp\left\{-\frac{2t}{\tau}\right\} \quad \text{הספק על פני הנגד:}$$

$$W_C(t) = \frac{C V_s^2}{2} \left(1 - \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}\right)^2 \quad \text{אנרגיה על פני הקבל:}$$

רציפות מתח בקבל:

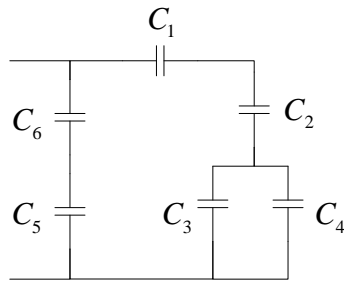
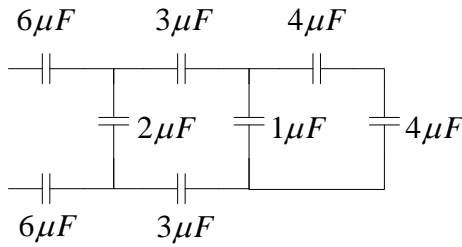
$$V_C(t = t_0^-) = V_C(t = t_0^+) \quad \text{קבל רציף לעניין מתחים:}$$

(כאשר ב- t_0 יש מפסק שמעביר את המעגל ממצב אחד למצב אחר).

שאלות:

שאלות במציאת קיבולים שקולים:

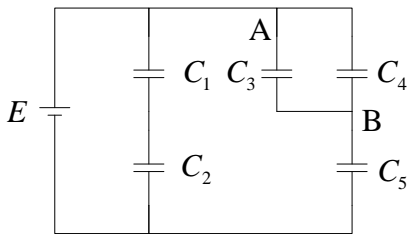
(1) חשב את הקיבול השקול של המעגל הבא:



(2) לפניך המעגל הבא:

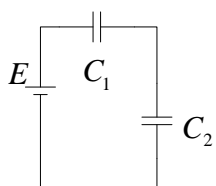
נתון: $C_1 = 12\mu\text{F}$, $C_2 = 18\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$
 $C_4 = 6\mu\text{F}$, $C_5 = 12\mu\text{F}$, $C_6 = 4\mu\text{F}$
 ידוע כי המתח על הקבל C_2 הוא 8V .
 מצא את המתח על הדקי הקבל C_6 .

(3) לפניך המעגל הבא:



נתון: $C_1 = 6\text{mF}$, $C_2 = 3\text{mF}$, $C_3 = 2\text{mF}$
 $C_4 = 4\text{mF}$, $C_5 = 12\text{mF}$

א. חשב את הקיבול השקול שרואה מקור המתח.
 ב. מצא את מתח המקור אם נתון כי $V_{AB} = 16\text{V}$.



(4) במעגל שלפניך הקבל C_2 הינו קבל לוחות.

נתון: $E = 30\text{V}$, $C_1 = 49\text{pF}$, $C_2 = 12.4\text{pF}$

א. מהו המתח על הדקי קבל הלוחות?
 ב. חשב את האנרגיה האגורה בכל קבל.

טבלו את קבל הלוחות במים מזוקקים וכתוצאה מכך

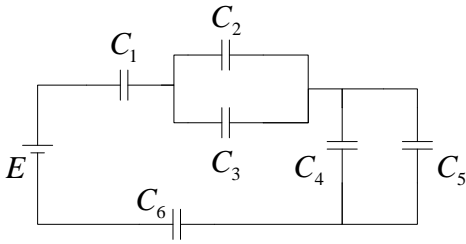
ג. גדל קיבולו פי 80. חשב את האנרגיה כעת בשני הקבלים.

ד. מהו כיוון הכוח הפועל בין לוחות הקבל?

ה. כיצד הייתה משתנה התוצאה של סעיף ב' אם במקום קבל לוחות,

הקבל C_2 היה קבל טפלון גלילי שבו הרדיוס חיצוני גדול פי 2 מהרדיוס

הפנימי והוא באורך של 1cm ?



5) לפניך המעגל הבא :

נתון : $C_1 = 10\mu\text{F}$, $C_3 = 4\mu\text{F}$, $C_4 = 7\mu\text{F}$

$C_5 = 3\mu\text{F}$, $C_6 = 10\mu\text{F}$

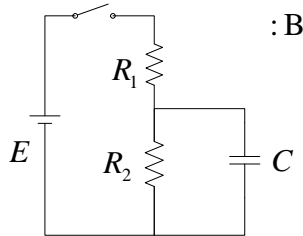
מצא מה צריך להיות ערכו של C_2 על מנת

שמתח המקור יהיה 100V אם ידוע : $U_{C_6} = 25\text{V}$.

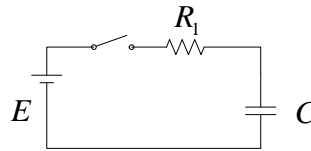
שאלות יסודיות עם קבלים במעגל החשמלי במצב המתמיד :

6) לפניך שני המעגלים הבאים :

נתון : $E = 12\text{V}$, $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$, $C = 10\mu\text{F}$



A :



B :

א. מצא את הזרם במעגל ברגע סגירת המפסק.

ב. מצא את הזרם בכל מעגל במצב המתמיד.

ג. מה הם הזרם והמתח שעל פני הקבל ברגע סגירת המפסק?

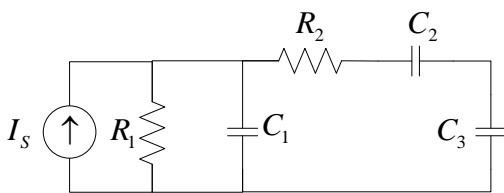
ד. מה הם הזרם והמתח שעל פני הקבל במצב המתמיד?

ה. מהו המטען שהצטבר על הקבל במצב המתמיד בכל מעגל?

7) לפניך המעגל הבא :

נתון : $I_s = 12\text{A}$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 100\Omega$

$C_1 = 1.9\mu\text{F}$, $C_2 = 3\mu\text{F}$, $C_3 = 2\mu\text{F}$

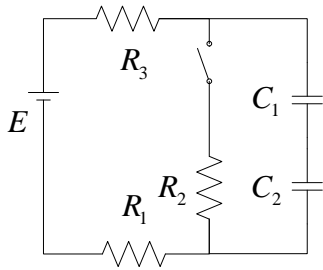


א. חשב את הזרם דרך כל נגד במצב המתמיד.

ב. חשב את המתח על כל קבל במצב המתמיד.

ג. מחליפים את הנגד R_2 בנגד חדש בעל התנגדות של $1\text{k}\Omega$.

כיצד ישתנו הזרמים במעגל במצב המתמיד?



8) לפניך המעגל הבא :

נתון : $E = 12V$, $R_1 = 4k\Omega$, $R_2 = 6k\Omega$

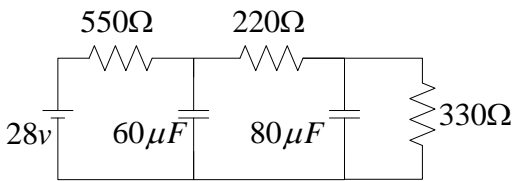
$R_3 = 8k\Omega$, $C_1 = 15mF$, $C_2 = 5mF$

חשב את הערכים הבאים בשני המצבים :
כאשר המפסק פתוח וכאשר הוא סגור.

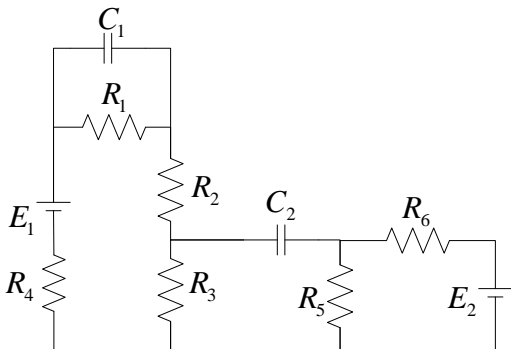
א. מה יהיה המתח על כל קבל במצב המתמיד?

ב. חשב את הזרם הכללי במעגל במצב המתמיד.

ג. חשב את האנרגיה האגורה בשני הקבלים כאשר המפסק סגור לאחר זמן רב.



9) כמה מטען ואנרגיה אגורים בכל אחד מהקבלים במצב המתמיד במעגל הבא :



10) לפניך המעגל הבא :

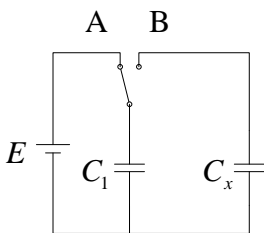
נתון : $E_1 = 15V$, $E_2 = 12V$, $R_1 = 2k\Omega$

$R_2 = 3k\Omega$, $R_3 = 5k\Omega$, $R_4 = 5k\Omega$

$R_5 = 2k\Omega$, $R_6 = 4k\Omega$, $C_1 = 1\mu F$

$C_2 = 3\mu F$

חשב את מתחי הקבלים במצב המתמיד.



11) לפניך המעגל הבא :

ידוע כי : $C_1 = 4\mu F$ וכי מקור המתח הוא : $E = 500V$.

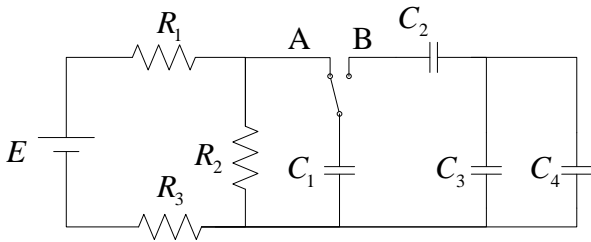
בשלב הראשון המפסק היה במצב A למשך זמן רב.

לאחר מכן העבירו אותו למצב B והקבל C_x נטען

למתח של 200V.

מצא את קיבולו של הקבל C_x ואת המטענים שעל

פני כל קבל במצב המתמיד.



12) לפניך המעגל הבא :

נתון : $E = 12V$, $R_1 = 3k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$

$R_3 = 2k\Omega$, $C_1 = 5\mu F$, $C_2 = 3\mu F$

$C_3 = 4\mu F$, $C_4 = 2\mu F$

לאחר שהמפסק היה זמן רב בנקודה A,

הוא הועבר לנקודה B.

חשב את המתח והמטען שעל פני כל אחד מהקבלים לאחר שהמפסק

היה במצב B במשך הרבה זמן.

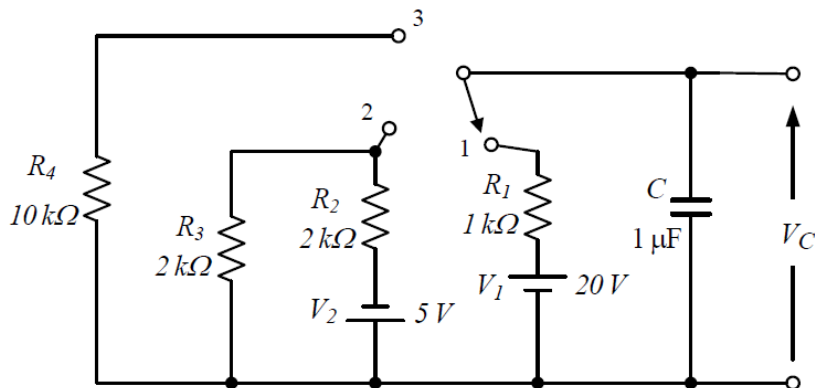
שאלות עם שימוש במשוואת הדפקים :

13) במעגל באיור לשאלה, נתון כי בזמן $t = 0$ הקבל היה פרוק והעבירו את המפסק

למצב 1 למשך של 2msec.

לאחר זמן זה העבירו את המפסק למצב 2 עד שמתח הקבל הגיע ל-10V,

ברגע זה העבירו את המפסק למצב 3 עד להתפרקות מלאה של הקבל.

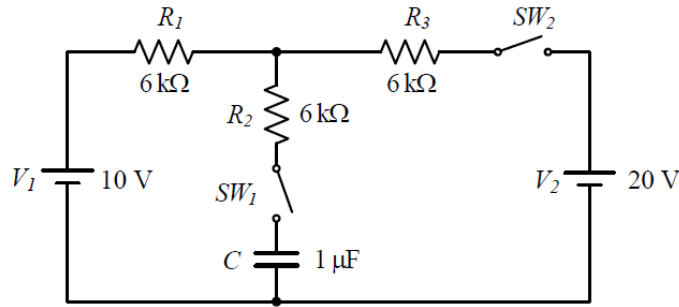


א. חשב את מתח הקבל בזמן העברת המפסק למצב 2.

ב. חשב את הזמן שהמפסק היה במצב 2.

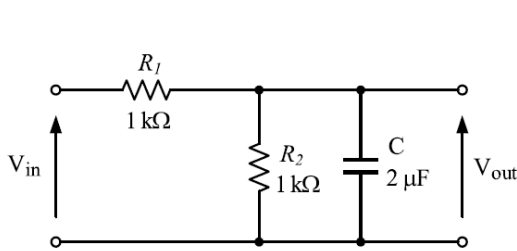
ג. חשב את מתח הקבל ושרטט אותו מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה של מתח הקבל. ציין בשרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר.

14) נתון המעגל באיור לשאלה 2, נתון כי בזמן $t = 0$ הקבל היה פרוק. כמו כן בזמן $t = 0$ נסגר מפסק SW_1 ולאחר 24msec נסגר מפסק SW_2 גם הוא.

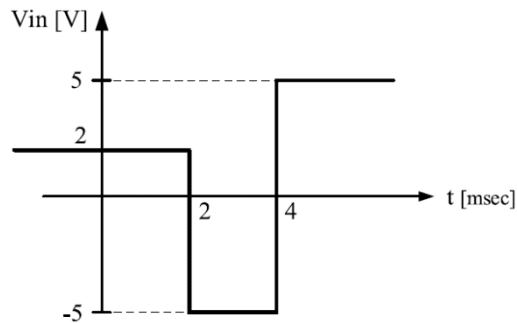


- חשב את המתח ואת הזרם הקבל ברגע סגירת המפסק SW_2 .
- חשב ושרטט את מתח הקבל מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה של מתח הקבל. ציין בשרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר.
- חשב את הזמן מרגע $t = 0$ בו מתח הקבל מגיע ל- 8V.

15) נתון המעגל באיור א' לשאלה 2. במבוא סיפקו אות מתח, המתואר באיור ב' לשאלה 2.



איור א' לשאלה 2



איור ב' לשאלה 2

- חשב את הזרם והמתח על הקבל ברגע $t = 0$.
- חשב את מתח הקבל מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה של מתח הקבל ושרטט אותו. ציין בשרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר ואת זמני החלפת קוטביות מתח הקבל.

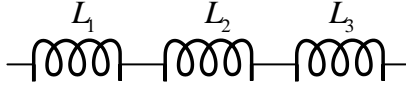
תשובות סופיות:

1. $1.5\mu\text{F}$ (1)
2. 27V (2)
3. א. 6mF ב. 24V (3)
4. א. 23.94V ב. $W_1 = 899\text{pJ}$, $W_2 = 3533\text{pJ}$ ג. $E_1 = 20\text{nJ}$, $E_2 = 988\text{pJ}$ (4)
- ד. כיוון הכוח הוא מהלוח העליון לתחתון. ה. $W_1 = 24.5\text{pJ}$, $W_2 = 706.44\text{pJ}$ (5)
5. $6\mu\text{F}$ (5)
6. א. $I_A(0) = I_B(0) = 12\text{mA}$ ב. $I_A(\infty) = 0\text{A}$, $I_B(\infty) = 6\text{mA}$ (6)
- ג. $V_{C(A,B)}(0) = 0\text{V}$, $I_{C(A,B)}(0) = 12\text{mA}$
- ד. $V_{C(A)}(\infty) = 12\text{V}$, $V_{C(B)}(\infty) = 6\text{V}$, $I_{C(A,B)}(\infty) = 0\text{A}$
- ה. $Q_{C(A)} = 120\mu\text{C}$, $Q_{C(B)} = 60\mu\text{C}$
7. א. $I_{R_1} = 12\text{A}$, $I_{R_2} = 0\text{A}$ ב. $V_{C_1} = 24\text{V}$, $V_{C_2} = 9.6\text{V}$, $V_{C_3} = 14.4\text{V}$ (7)
- ג. הזרמים לא ישתנו כלל.
8. א. $S = 0: V_{C_1} = 3\text{V}$, $V_{C_2} = 9\text{V}$, $S = 1: V_{C_1} = 1\text{V}$, $V_{C_2} = 3\text{V}$ (8)
- ב. $I(S = 0) = 0\text{A}$, $I(S = 1) = 0.66\text{mA}$ ג. $W_{eq} = 30\text{mJ}$
9. $60\mu\text{F}: Q = 840\mu\text{C}$, $W = 5.88\text{mJ}$; $80\mu\text{F}: Q = 672\mu\text{C}$, $W = 2.822\text{mJ}$ (9)
10. $V_{C_1} = 2\text{V}$, $V_{C_2} = 1\text{V}$ (10)
11. $q_1 = 0.8\text{mC}$, $q_x = 1.2\text{mC}$, $C_x = 6\mu\text{F}$ (11)
12. $C_1: V = 1.428\text{V}$, $Q = 7.14\mu\text{C}$, $C_2: V = 0.953\text{V}$, $Q = 2.86\mu\text{C}$ (12)
- $C_3: V = 0.475\text{V}$, $Q = 1.9\mu\text{C}$, $C_4: V = 0.475\text{V}$, $Q = 0.96\mu\text{C}$
13. א. 17.293V ב. 0.459 msec ג. ראה גרף בסרטון הוידאו. (13)
14. א. 113.33mA , 8.64V ב. ראה גרף בסרטון הוידאו. ג. 19.31 msec (14)
15. א. 1V , 0A ב. ראה גרף בסרטון הוידאו. (15)

הסליל במעגל החשמלי:

סיכום כללי:

חיבור סלילים בטור:

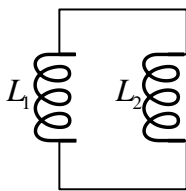


עבור חיבור של N סלילים בטור, בעלי השראויות L_k : $1 \leq k \leq N$ בהתאמה,

נוכל לכתוב ביטוי להשראות השקולה באופן הבא: $L_T = \sum_{k=1}^N L_k$.

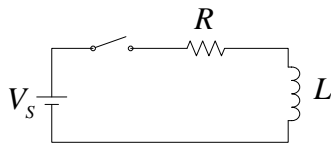
חיבור סלילים במקביל:

עבור חיבור של N סלילים במקביל, בעלי השראויות L_k : $1 \leq k \leq N$ בהתאמה,



נוכל לכתוב ביטוי להשראות השקולה באופן הבא: $\frac{1}{L_T} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{L_k}$.

התנהגות סלילים במעגל חשמלי:



מעגלים הנקראים מעגלי RL או מעגלים מסדר ראשון. נניח כי הסליל אינו טעון ($\phi = 0$). תובנות:

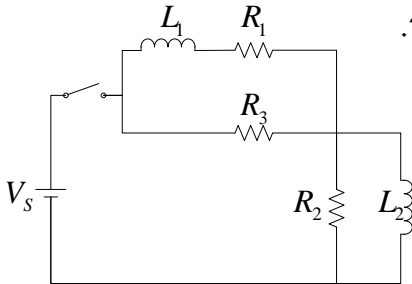
(1) ברגע סגירת המפסק הזרם הוא: $I(0) = 0A$ והמתח על פני הסליל הוא: $V_L(0) = V_S$.

(2) לאחר זמן רב מרגע סגירת המפסק, הזרם הוא: $I(\infty) = \frac{V_S}{R}$ והמתח על פני הסליל הוא: $V_L(\infty) = 0V$.

(3) מרגע סגירת המפסק ניתן להסתכל על הסליל כרכיב שהתנגדותו היא $\infty \Omega$ (נתק) והולכת כלפי 0Ω (קצר) עם הזמן, כך שלאחר זמן רב מרגע סגירת המפסק הסליל מהווה קצר במעגל.

❖ דוגמא - ניתוח במצב המתמיד:

במעגל שלפניך נתונים הנגדים R_1, R_2, R_3 והסלילים L_1, L_2 . בזמן $t=0$ סוגרים את המפסק כך שמקור המתח V_S מתחבר.



- כתוב את הזרם $I(0)$ במעגל ואת מפלי המתחים על הסלילים ברגע סגירת המפסק.
- כתוב את הזרם $I(\infty)$ במעגל ואת מפלי המתחים והזרמים בסלילים במצב מתמיד.

טעינה של סליל:

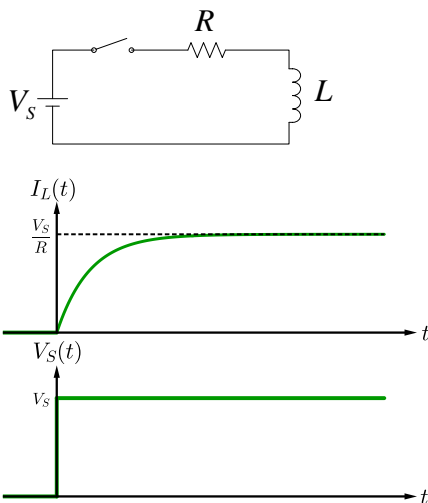
נתבונן במעגל הבא.

בזמן $t=0$ סוגרים את המפסק.

ידוע כי אין אנרגיה מגנטית בסליל, כלומר $I_L(0^+) = 0A$.

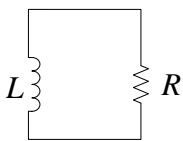
$$I(t) = \frac{V_S}{R} \left(1 - \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\} \right)$$

תיאור גרפי של טעינת הקבל:



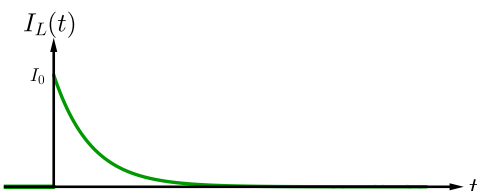
פריקה של סליל:

נניח כעת כי הסליל מתפרק על פני נגד R ונכתוב את המשוואה המתאימה המתארת את התפרקותו. כעת נניח כי הסליל אוגר זרם I_0 , כלומר: $I_L(t=0) = I_0$.

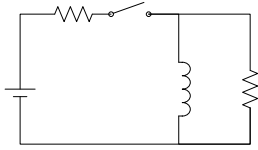


$$I_L(t) = I_0 \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}$$

תיאור גרפי:



משוואת הדפקים (גרסת הזרמים):



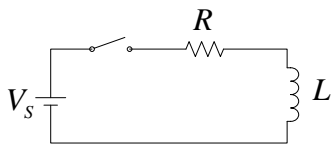
משוואה הכוללת טעינה ופריקה יחדיו:

$$I_L(t) = I_\infty - (I_\infty - I_L(0^+)) \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}$$

כאשר:

- הגודל I_∞ , או $I_L(\infty)$, מתאר את הזרם בסליל לאחר שכל תופעות המעבר הסתיימו.
- הגודל $I_L(0^+)$ מתאר את הזרם בסליל מיד עם סגירת המפסק.
- הגודל τ מתאר את קבוע הזמן של המעגל.
- הגודל $I_L(t)$ מתאר את הזרם בסליל בזמן t כלשהו.

שיקולי אנרגיה והספק בסליל:



מחישובים במעגל הסמוך מתקבל:

אות המתח: $V_L(t) = V_s \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}$

הספק על פני הנגד: $P_R(t) = I^2 R = \frac{V_s^2}{R} \left(1 - \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}\right)^2$

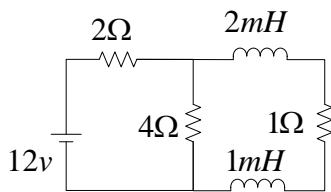
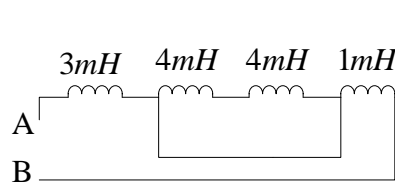
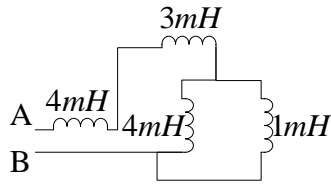
אנרגיה על פני הקבל: $W_L(t) = \frac{LI_\infty^2}{2} \left(1 - \exp\left\{-\frac{t}{\tau}\right\}\right)^2$

רציפות זרם בסליל:

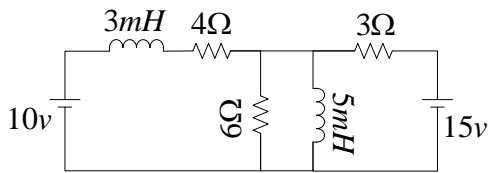
סליל רציף לעניין זרמים: $I_L(t = t_0^-) = I_L(t = t_0^+)$
 (כאשר ב- t_0 יש מפסק שמעביר את המעגל ממצב אחד למצב אחר).

שאלות:

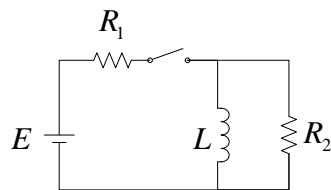
1) חשב את ערכי ההשראות השקולים של הסלילים הבאים בין הנקודות A ו-B:



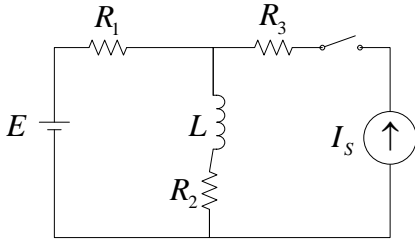
2) לפניך המעגל הבא :
חשב את האנרגיה האגורה בכל סליל במצב המתמיד.



3) נתון המעגל הבא :
חשב את האנרגיה האגורה בכל אחד מהסלילים.



4) לפניך המעגל הבא :
נתון : $E = 24V$, $R_1 = 6k\Omega$, $R_2 = 3k\Omega$, $L = 2H$.
בזמן $t = 0$ סגרו את המפסק.
א. מהו ההספק על R_2 בזמן זה?
ב. כמה זמן יש להשאיר את המפסק סגור כדי לקבל זרם מירבי בסליל ומהי עוצמתו?
ג. תוך כמה זמן ימדד הספק של $6.75mW$ על הנגד R_2 ?
פתחו את המפסק לאחר $3.5msec$.
ד. מהו המתח על הנגד R_2 ומהי קוטביותו?
ה. תוך כמה זמן ימדד זרם מינימלי דרך הסליל?



5) לפניך המעגל הבא :

נתון : $E = 40V$, $R_1 = 2k\Omega$, $R_2 = 2k\Omega$

$R_3 = 2k\Omega$, $I_s = 2mA$, $L = 4H$

זמן רב לאחר שהמפסק היה פתוח סגרו אותו.

א. מהו ההספק על R_2 מיד לאחר סגירת המפסק?

ב. מהו הזרם דרך הסליל $3msec$ לאחר סגירת המפסק?

לאחר $4msec$ פתחו שוב את המפסק.

ג. מהו ההספק על מקור המתח מיד עם פתיחת המפסק?

ד. תוך כמה זמן ימדד זרם של $10.5mA$ דרך הסליל?

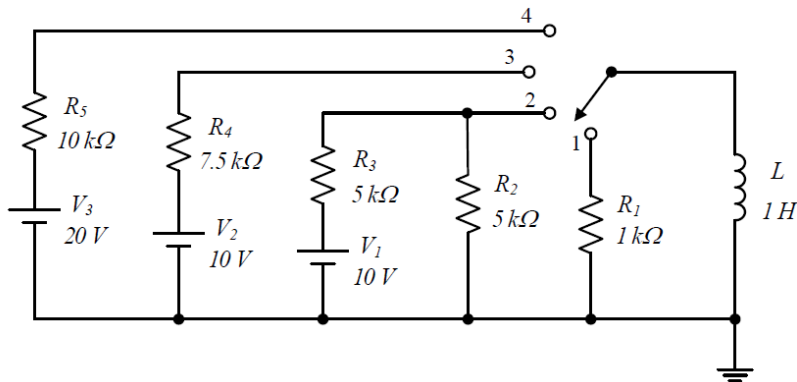
6) במעגל, באיור 2 לשאלה נתון שבזמן $t = 0$ הסליל היה פרוק.

העבירו את המפסק למצב 4 למשך של $200\mu sec$.

לאחר משך זמן זה העבירו את המפסק למצב 3.

ברגע שזרם הסליל הגיע ל- $1.5mA$ העבירו את המפסק למצב 2 למשך זמן של $100\mu sec$.

לאחר מכן העבירו את המפסק למצב 1 עד להתפרקות מלאה של הסליל.



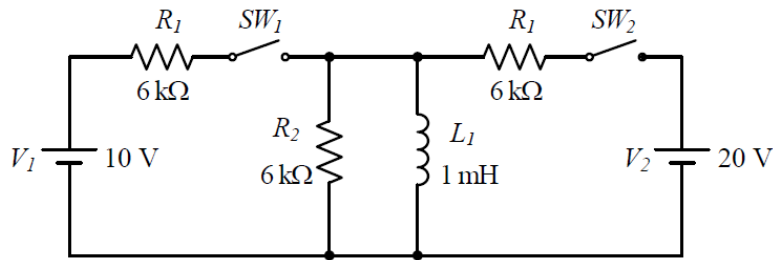
א. חשב את מתח הסליל ואת זרם הסליל בזמן העברת המפסק למצב 3.

ב. חשב את משך הזמן שהמפסק היה במצב 3.

ג. חשב את מתח הסליל וסרטט אותו מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה

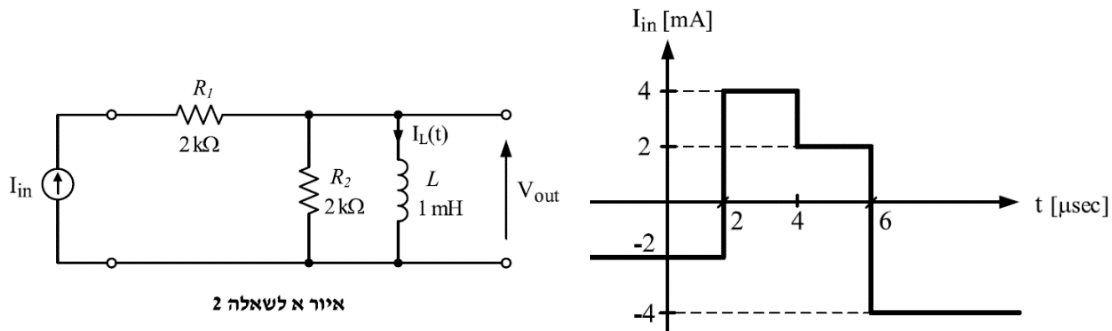
של מתח הסליל. ציין בסרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר.

7) נתון המעגל באיור לשאלה 2, נתון כי בזמן $t = 0$ הסליל היה פרוק, כמו כן בזמן $t = 0$ נסגר מפסק SW1, ולאחר $1 \mu\text{sec}$ נסגר מפסק SW2 גם הוא.



- א. חשב את מתח הזרם הסליל ברגע סגירת המפסק SW2.
 ב. חשב ושרטט את מתח הסליל מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה של מתח הסליל.
 ציין בשרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר.

8) נתון מעגל באיור א לשאלה 2. במבוא סיפקו אות זרם, המתואר באיור ב לשאלה 2.



- א. חשב את הזרם ואת המתח על הסליל ברגע $t = 2 \mu\text{sec}$.
 ב. חשב את הזרם והמתח בסליל מזמן $t = 0$ ועד להתייצבות מלאה של מתח הסליל ושרטט אותו. ציין בשרטוטך את כל הערכים בנקודות המעבר.

תשובות סופיות:

- (1) א. 6mH ב. 7.8mH
- (2) .11.755mJ , 5.877mJ
- (3) .0.14J , 9.375mJ
- (4) א. 21.33mW ב. $I_{\max} = 4\text{mA}$, $\Delta t = 5\text{ msec}$
- ג. $\Delta t = 0.575\text{ msec}$
- ד. 11.673V , הפוטנציאל החיובי בתחתית, הזרם נגד כיוון השעון.
- ה. $\Delta t = 3.33\text{ msec}$
- (5) א. 0.2W ב. 11.9mA ג. 478mW ד. $\Delta t = 1.36\text{ msec}$
- (6) א. 1.73mA , 2.7V ב. 111 μsec ג. ראה גרף בסרטון הוידאו.
- (7) א. 1.58mA , 0.25V ב. ראה גרף בסרטון הוידאו.
- (8) א. $I_L(2^- \mu\text{sec}) = I_L(2^+ \mu\text{sec}) = -2\text{mA}$, $V_L(2^- \mu\text{sec}) = 0\text{V}$, $V_L(2^+ \mu\text{sec}) = 12\text{V}$
- ב. ראה גרף בסרטון הוידאו.