

## תוכן העניינים:

2	משפטי הרשת
2	המרת מקורות :
2	סיכום כללי :
3	שאלות :
4	תשובות סופיות :
5	שיטת מתחי הצמתים (העשרה) :
5	סיכום כללי :
6	שאלות :
7	תשובות סופיות :
8	שיטת זרמי חוגים :
8	סיכום כללי :
10	שאלות :
11	תשובות סופיות :
12	שיטת הסופרפוזיציה (עיקרון ההרכבה) :
12	סיכום כללי :
14	שאלות :
14	תשובות סופיות :
15	שקולי תבנין ונורטון :
15	סיכום כללי :
16	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.

# מבוא להנדסת חשמל

## משפטי הרשת

### המרת מקורות:

#### סיכום כללי:

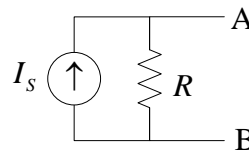
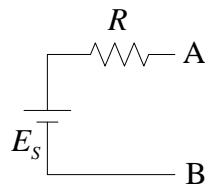
#### משפטים יסודיים - צורות חיבור של מקורות אנרגיה:

- (1) מקור מתח אידיאלי המחובר במקביל גובר על כל מקור אנרגיה אחר.
- (2) מקור זרם אידיאלי שמחובר בטור גובר על כל מקור אנרגיה אחר.
- (3) ניתן לחבר מקורות מתח אידיאליים המחוברים בטור זה לזה תוך שמירה על כיווני המתחים.
- (4) ניתן לחבר מקורות זרם אידיאליים המחוברים במקביל זה לזה תוך שמירה על כיווני הזרמים.
- (5) כאשר מקורות זרם אידיאליים מחוברים בטור או מקורות מתח אידיאליים מחוברים במקביל לא ניתן לדעת מהו הזרם השקול והמתח השקול בהתאמה.
- (6) מותר להחליף בין מקורות מתח והתנגדויות המחוברות בטור זו לזו. (נגד בטור למקורות מתח לא משפיע על עקרון הצמצום).  
מותר להחליף בין מקורות זרם והתנגדויות המחוברים במקביל זה לזה. (נגד במקביל למקורות זרם לא משפיע על עקרון הצמצום).

#### משפט ההמרה המרכזי:

ניתן להמיר מקור מתח אידיאלי  $E$  המחובר בטור להתנגדות  $R$  למקור זרם  $I$

המחובר במקביל לאותה התנגדות  $R$  כך ש-  $I = \frac{E}{R}$ , ולהיפך.

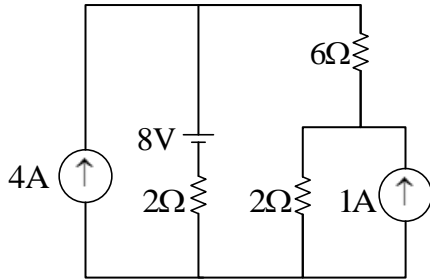


הערה:

ההמרה בין מקורות האנרגיה מתייחסת למקורות מעשיים, כלומר מקור מתח המחובר להתנגדות בטור אשר מהווים מקור מתח מעשי, ומקור זרם המחובר להתנגדות במקביל המהווים מקור זרם מעשי. לא ניתן להמיר מקורות אנרגיה אידיאליים מאחד לשני.

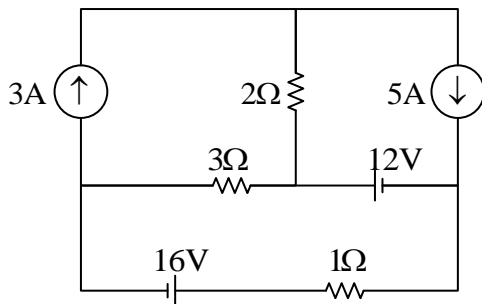
**משפט ואשי (גרסת הזרמים):**

ניתן לפרק מקור זרם למספר מקורות זרם שיהיו במקביל לכל הרכיבים שמחוברים במסלול אחד שמקביל למקור הזרם, כאשר מגמת מקורות הזרם תהיה מנוגדת למקור הזרם המקורי.



**❖ דוגמא לשימוש בכללי המרת מקורות:**

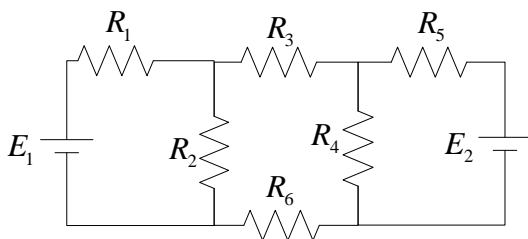
מצא את מפל המתח על הנגד של  $6\Omega$ .



**❖ דוגמא לשימוש במשפט ואשי:**

מצא את מפל המתח על הנגד  $1\Omega$ .

**שאלות:**



**1) לפניך המעגל הבא:**

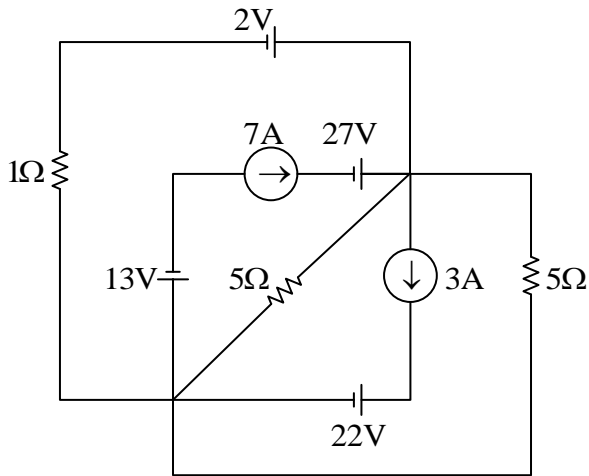
נתון:  $E_1 = 6V$ ,  $E_2 = 40V$ ,  $R_1 = 4\Omega$

$R_2 = 30\Omega$ ,  $R_3 = 6\Omega$ ,  $R_4 = 20\Omega$

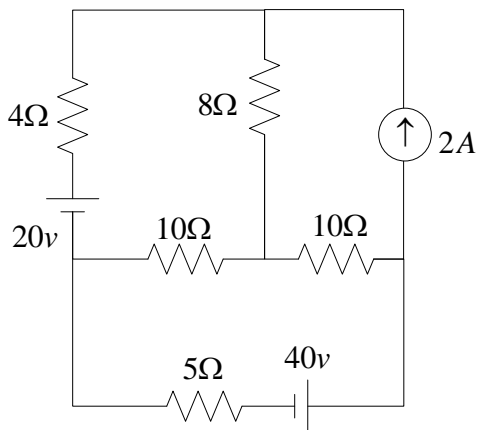
$R_5 = 5\Omega$ ,  $R_6 = 10\Omega$

מצא את ההספק המתפתח על המקור  $E_1$ .  
היעזר בהמרת מקורות.

(2) מצא את הזרם העובר דרך הנגד  $5\Omega$  החיצוני.



(3) מצא את ההספק הנופל על פני הנגד  $4\Omega$  :



**תשובות סופיות:**

- .4.95W (1)
- .0.875A (2)
- .4.9358W (3)

## שיטת מתחי הצמתים (העשרה):

**סיכום כללי:**

**המטרה:**

למצוא את ערכי הפוטנציאל החשמלי בכל הצמתים במעגל.

**הדרך:**

- 1) להגדיר את אחד הצמתים במעגל כאדמה (במידה ולא הוגדר בתחילה).
- 2) לסמן את כל הצמתים במעגל (נהוג לסמן ב- A, B, ... ואת ערכי הפוטנציאל:  $v_A, v_B, \dots$ ).
- 3) להגדיר זרמים הנכנסים/יוצאים מכל ענף במעגל.
- 4) לחבר משוואות על בסיס חוק הזרמים של קירכהוף (KCL) לכל צומת.
- 5) פתרון המשוואות ייתן את המתחים שבין כל צומת יחסית לאדמה.

**כתיבה מטריציאית של משוואות המעגל בשיטת מתחי הצמתים:**

במעגל שבו  $N$  צמתים ניתן לחבר  $N-1$  משוואות בלתי תלויות על בסיס חוק הזרמים של קירכהוף בצורה הבאה:

$$\begin{pmatrix} G_{11} & -G_{12} & -G_{13} & \cdots & -G_{1(N-1)} \\ -G_{21} & G_{22} & & & \vdots \\ -G_{31} & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ -G_{(N-1)1} & -G_{(N-1)2} & \cdots & \cdots & G_{(N-1)(N-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{SC1} \\ \vdots \\ I_{SC(N-1)} \end{pmatrix}$$

כאשר:

$G_{ik}$  - סכום המוליכויות של הענפים הנכנסים לצומת ה- $i$  במשוואה ה- $k$ .  
 $I_{SCi}$  - זרם הקצר במשוואה ה- $i$ .

$v_i$  - הפוטנציאל החשמלי בצומת ה- $i$  (ביחס לאדמה שהוגדרה בתור אחד הצמתים).

ניתן לכתוב את מערכת המשוואות גם:  $G \cdot \underline{v} = \underline{I}_{SC}$  כאשר:

$G$  - היא מטריצת המוליכויות.

$\underline{I}_{SC}$  - הוא ווקטור זרמי הקצר במעגל.

$\underline{v}$  - הוא וקטור המשתנים (ערכי הפוטנציאלים בכל הצמתים במעגל ביחס לצומת שהוגדר כאדמה).

**מקרים פרטיים:**

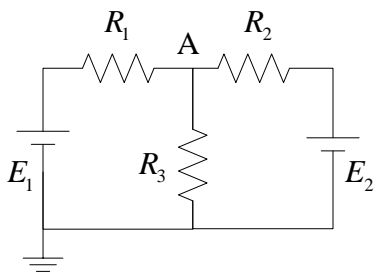
- עבור שתי משוואות עם שני נעלמים המערכת תראה:

$$\begin{pmatrix} G_{11} & -G_{12} \\ -G_{21} & G_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{SC1} \\ I_{SC2} \end{pmatrix}$$

- עבור שלוש משוואות עם שלושה נעלמים המערכת תראה:

$$\begin{pmatrix} G_{11} & -G_{12} & -G_{13} \\ -G_{21} & G_{22} & -G_{23} \\ -G_{31} & -G_{32} & G_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{SC1} \\ I_{SC2} \\ I_{SC3} \end{pmatrix}$$

**שאלות:**

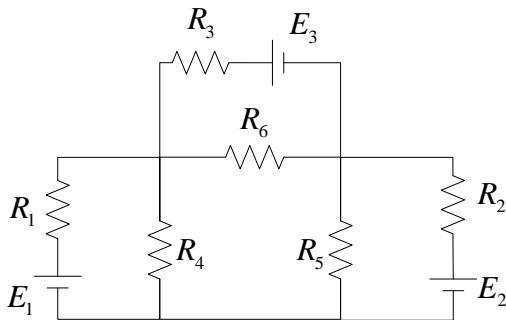


(1) לפניך המעגל הבא:

נתון:  $E_1 = 24V$ ,  $E_2 = 10V$ ,  $R_1 = 20\Omega$

$R_2 = 30\Omega$ ,  $R_3 = 10\Omega$

- מצא את הפוטנציאל בצומת A.
- מצא את עוצמת הזרם דרך הנגד  $R_3$ .
- מהו סך ההספק המסופק למעגל?



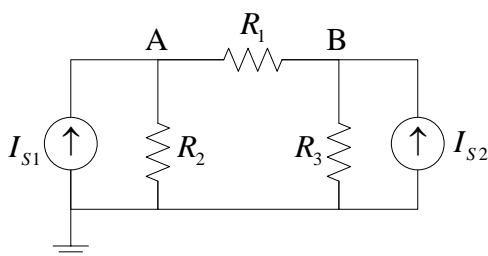
(2) לפניך המעגל הבא:

נתון:  $E_1 = 28V$ ,  $E_2 = 15V$ ,  $E_3 = 12V$

$R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 1.5\Omega$ ,  $R_3 = 2\Omega$

$R_4 = 20\Omega$ ,  $R_5 = 25\Omega$ ,  $R_6 = 40\Omega$

מצא את הזרמים דרך כל נגד.  
היעזר במתחי הצמתים.



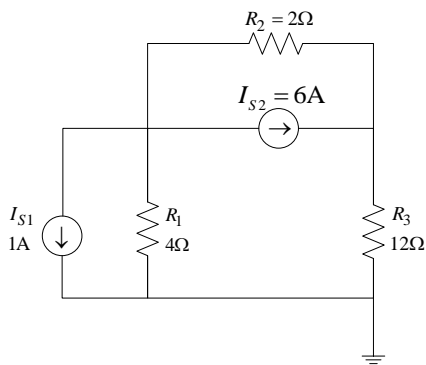
(3) במעגל שלפניך נתון:

$I_{S1} = 2mA$ ,  $I_{S2} = 3mA$ ,  $R_1 = 2k\Omega$

$R_2 = 3k\Omega$ ,  $R_3 = 1k\Omega$

- חשב את מתחי הצמתים A ו-B.
- מהי נצילות המעגל עבור עומס  $R_2$ ?

4) לפניך המעגל הבא :



א. מצא את מפלי המתחים על כל אחד ממקורות הזרם.

ב. קבע לגבי כל מקור האם הוא ספק או צרכן במעגל.

### תשובות סופיות:

1) א.  $v_A = 8.363V$     ב.  $0.836A$     ג.  $P_{in} = \sum P_E = 19.314W$

2)  $I_1 = 1.574A, I_2 = 0.326A, I_3 = 0.044A, I_4 = 1.321A, I_5 = 0.579A, I_6 = 0.297A$

3) א.  $v_A = 4.5V, v_B = 3.5V$     ב.  $\eta = 34.6\%$

4) א.  $U_{I_{S1}} = 5.78V, U_{I_{S2}} = 11.11V$     ב.  $P_{I_{S1}} = 5.87W > 0, P_{I_{S2}} = 66.66W > 0$  (שניהם ספקים).

## שיטת זרמי חוגים:

### סיכום כללי:

#### המטרה:

לחשב את ערכי הזרמים הזורמים בכל ענף.

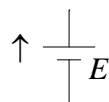
#### הדרך:

(1) נבחר לולאות במעגל ונסמן בהם זרמים:  $I_1', I_2', \dots$  (חשוב לסמן את כל הזרמים לאותו הכיוון).

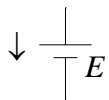
(2) בכל לולאה, נלך עם כיוון הזרם ונבצע חיבור וחיסור של מפלי מתח:

א. עבור נגדים נחסר מפל מתח  $I_k' \cdot R$  כאשר נמצאים בכיוון הזרם וההיפך.

ב. עבור מקורות מתח נבצע:



i. אם כיוון הזרם הוא עם כיוון מקור המתח  $E$ , נוסיף אותו למשוואה.



ii. אם כיוון הזרם הוא נגד כיוון מקור המתח  $E$ , נחסר אותו מהמשוואה.

(3) נפתור את מערכת המשוואות עבור  $I_1', I_2', \dots$  ונחשב את הגדלים הרצויים במעגל.

### כתיבה מטריציאית של משוואות המעגל בשיטת זרמי החוגים:

במעגל שבו  $N$  צמתים ו- $M$  ענפים ניתן לחבר  $M - N + 1$  משוואות בלתי תלויות על בסיס חוק המתחים של קירכהוף בצורה הבאה (לשם הנוחות נסמן:  $K \triangleq M - N + 1$ ):

$$\begin{pmatrix} R_{11} & -R_{12} & -R_{13} & \dots & -R_{1K} \\ -R_{21} & R_{22} & & & \vdots \\ -R_{31} & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ -R_{K1} & -R_{K2} & \dots & \dots & R_{KK} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1' \\ \vdots \\ I_K' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_1' \\ \vdots \\ E_K' \end{pmatrix}$$

כאשר:

$I_i'$  - זרם החוג בלולאה ה- $i$ .

$R_{ii}$  - סכום ההתנגדויות בלולאה ה- $i$ .

$R_{ij}$  - סכום ההתנגדויות בלולאה ה- $i$  אשר נמצאים גם בלולאה ה- $j$ .

$E_i'$  - סכום מפלי המתח בלולאה ה- $i$  (סימנם נקבע לפי כיוון זרם החוג).



ניתן לכתוב את מערכת המשוואות גם:  $R \cdot \underline{I}' = \underline{E}'$  כאשר:

- $R$  היא מטריצת המוליכויות.
- $\underline{E}'$  הוא ווקטור המתחים בלולאות.
- $\underline{I}'$  הוא ווקטור המשתנים (ערכי הזרמים שבכל לולאה).

**מקרים פרטיים:**

- עבור שתי משוואות עם שני נעלמים המערכת תראה:

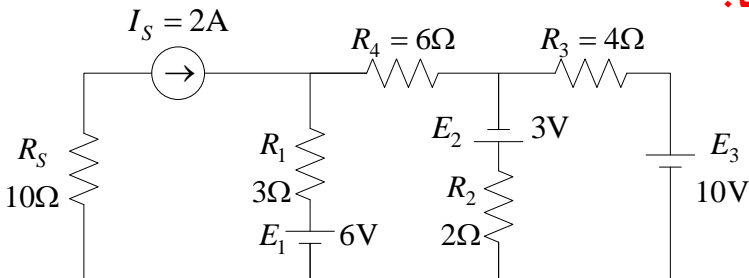
$$\begin{pmatrix} R_{11} & -R_{12} \\ -R_{21} & R_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I'_1 \\ I'_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E'_1 \\ E'_2 \end{pmatrix}$$

- עבור שלוש משוואות עם שלושה נעלמים המערכת תראה:

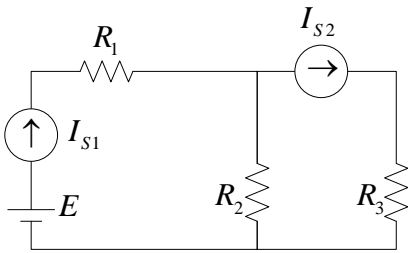
$$\begin{pmatrix} R_{11} & -R_{12} & -R_{13} \\ -R_{21} & R_{22} & -R_{23} \\ -R_{31} & -R_{32} & R_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I'_1 \\ I'_2 \\ I'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E'_1 \\ E'_2 \\ E'_3 \end{pmatrix}$$

**❖ דוגמה לניתוח מעגל עם מקור זרם:**

מצא את הזרמים בכל הענפים במעגל הבא:



שאלות:



(1) לפניך המעגל הבא:

נתון כי המקורות החשמליים אידיאליים.

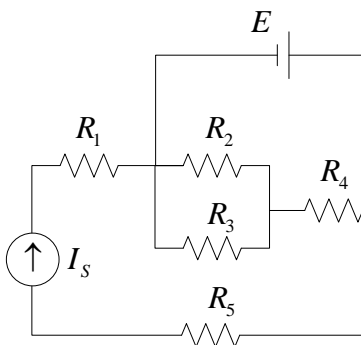
נתון:  $I_{S1} = 2A$ ,  $I_{S2} = 3A$ ,  $E = 10V$

$R_1 = 15\Omega$ ,  $R_2 = 5\Omega$ ,  $R_3 = 10\Omega$

א. מצא את הזרמים שבכל נגד במעגל

לפי שיטת זרמי החוגים.

ב. מצא את המתחים הנופלים על כל מקור זרם.



(2) לפניך המעגל הבא:

המקורות אידיאליים.

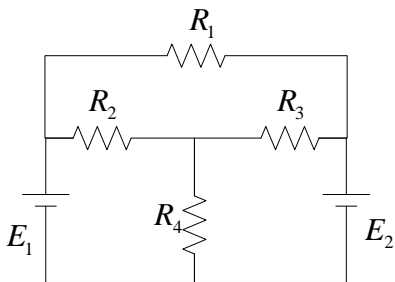
נתון:  $I_S = 5A$ ,  $E = 100V$ ,  $R_1 = 5\Omega$

$R_2 = 15\Omega$ ,  $R_3 = 18\Omega$ ,  $R_4 = 23\Omega$ ,  $R_5 = 17\Omega$

ענה על הסעיפים הבאים:

א. חשב את עוצמת הזרם דרך מקור המתח.

ב. חשב את המתח של מקור הזרם.



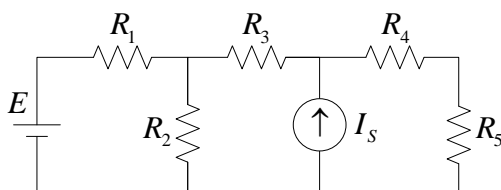
(3) לפניך המעגל הבא:

נתון:  $R_1 = 20k\Omega$ ,  $R_2 = 40k\Omega$ ,  $R_3 = 20k\Omega$

$R_4 = 20k\Omega$ ,  $E_1 = 20V$ ,  $E_2 = 10V$

מצא את הזרמים דרך כל אחד מהנגדים.

היעזר בזרמי החוגים.



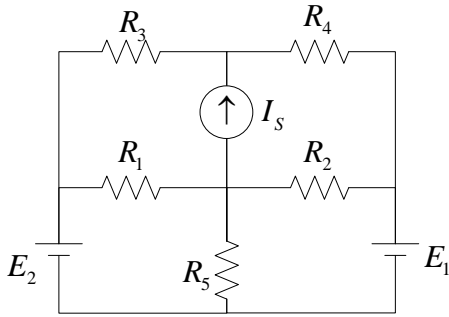
(4) לפניך המעגל הבא. נתון:

$E = 40V$ ,  $R_1 = 120\Omega$ ,  $R_2 = 40\Omega$ ,  $R_3 = 0.6k\Omega$

$I_S = 212mA$ ,  $R_4 = 60\Omega$ ,  $R_5 = 60\Omega$

מצא את כל הזרמים במעגל.

היעזר בזרמי החוגים.



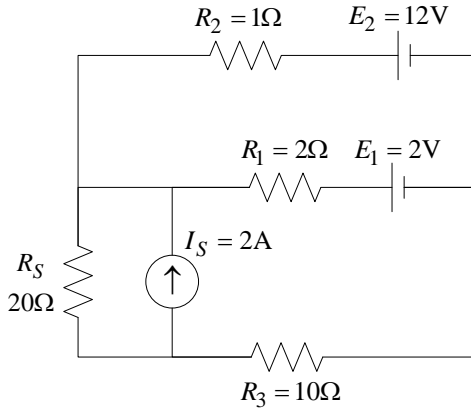
5) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $E_1 = 20V$  ,  $E_2 = 30V$  ,  $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 5\Omega$  ,  $R_3 = 10\Omega$  ,  $R_4 = 12\Omega$

$R_5 = 12\Omega$  ,  $I_s = 2A$

מצא את הזרמים דרך כל נגד.  
היעזר בזרמי החוגים.



6) לפניך המעגל הבא.

היעזר בשיטת זרמי החוגים ומצא את הזרם העובר דרך הנגד  $R_1$  במעגל.

### תשובות סופיות:

ב.  $v_{S1} = 15V$  ,  $v_{S2} = 35V$

1) א.  $I_1 = I_{S1} = 2A$  ,  $I_2 = 1A$  ,  $I_3 = I_{S2} = 3A$

2) א.  $I_E = 8.2A$  ב.  $U_{I_{S1}} = 10V$

3)  $I_1 = 0.5mA$  ,  $I_2 = 0.3mA$  ,  $I_3 = 0mA$  ,  $I_4 = 0.4mA$

4)  $I_1 = 244.8mA$  ,  $I_2 = 265.4mA$  ,  $I_3 = 20.6mA$  ,  $I_4 = 191.4mA$

5)  $I_1 = 1.69A$  ,  $I_2 = 1.4A$  ,  $I_3 = 0.64A$  ,  $I_4 = 1.36A$  ,  $I_5 = 1.09A$

6) 3.76A לכיוון ימין.

## שיטת הסופרפוזיציה (עיקרון ההרכבה):

סיכום כללי:

שיטת הסופרפוזיציה (ההרכבה):

השיטה מתבססת על עיקרון האומר כי תרומת כל אחד ממקורות האנרגיה לזרם העובר דרך נגד  $R$  (או למפל המתח עליו) ניתנת לחיבור תוך שימת לב לכיוון הזרם (או מפל המתח).

באופן כללי נאמר כי אם מעגל מכיל  $N$  מקורות מתח בלתי תלויים  $E_n$   $1 \leq n \leq N$  ו-  $M$  מקורות זרם בלתי תלויים  $I_m$   $1 \leq m \leq M$  אז מפל המתח על נגד  $R$  והזרם העובר דרכו יחושבו לפי:

$$U_R = \sum_{n=1}^N \alpha_n E_n + R \cdot \sum_{m=1}^M \beta_m I_m$$

$$I_R = \frac{1}{R} \sum_{n=1}^N \alpha_n E_n + \sum_{m=1}^M \beta_m I_m$$

כאשר:  $\forall n, m : 0 \leq \alpha_n, \beta_m \leq 1$ .

**בפרט עבור מקור מתח אחד ומקור זרם אחד נוכל לפשט ולכתוב:**

מפל המתח והזרם העוברים דרך אלמנט בעל התנגדות  $R$  במעגל בו יש לפחות מקור מתח אחד  $E$  ומקור זרם אחד  $I$  יהיו מהצורה הבאה:

$$U_R = \alpha_1 E + \beta_1 \cdot IR$$

$$I_R = \alpha_2 \frac{E}{R} + \beta_2 \cdot I$$

כאשר:  $i=1,2 : 0 \leq \alpha_i, \beta_i \leq 1$ .

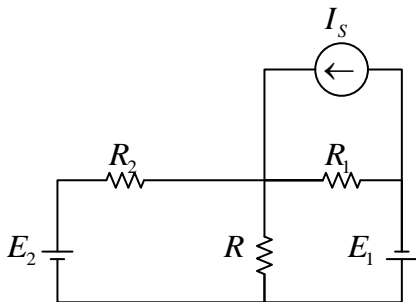
שלבי הפתרון:

- (1) סופרים את המקורות במעגל = אלו הן מספר הפעמים שנצטרך לפתור את המעגל.
- (2) משתקים את כל המקורות במעגל ומשאירים אחד פעיל בכל שלב:
  - א. שיתוק מקור זרם יעשה ע"י נתק.
  - ב. שיתוק מקור מתח יעשה ע"י קצר.
- (3) פותרים את המעגל שקיבלנו ומוצאים את תרומת המתח והזרם על הרכיב המבוקש מהמקור הפעיל במעגל.
- (4) חוזרים על תהליך זה עבור כל המקורות ומסכמים את תרומות המתח והזרם על הרכיב המבוקש מכל המקורות שבמעגל. יש לשמור על קוטביות מתאימה בעת החיבור.

הערה:

בשלבי הפתרון מדובר אך ורק במקורות אנרגיה בלתי תלויים.

❖ דוגמא לשימוש בשיטת הסופרפוזיצה במעגל:



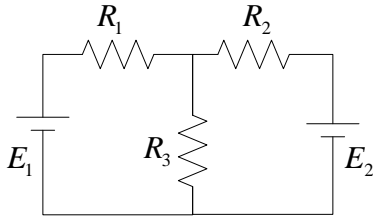
במעגל שלפניך נתון:

$$E_1 = 9V, E_2 = 6V, I_s = 1.5A$$

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 3\Omega, R = 6\Omega$$

מצא את ההספק הנופל על הנגד  $R$ .

**שאלות:**



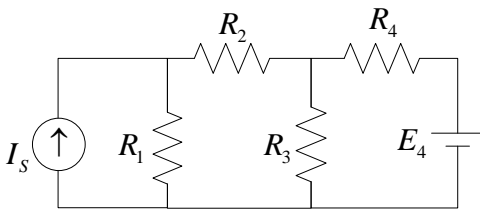
(1) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $E_1 = 18V$  ,  $E_2 = 16V$  ,  $R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 4\Omega$  ,  $R_3 = 12\Omega$

היעזר בשיטת הסופרפוזיציה

ומצא את הזרם בנגד  $R_1$ .



(2) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $I_s = 2A$  ,  $E_4 = 50V$  ,  $R_1 = 10\Omega$

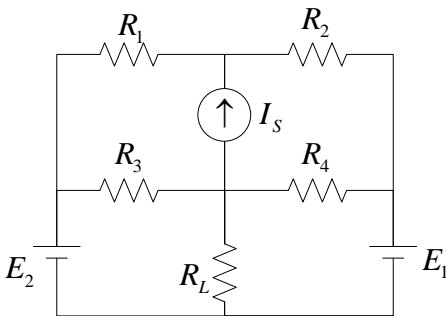
$R_2 = 20\Omega$  ,  $R_3 = 8.3\Omega$  ,  $R_4 = 30\Omega$

א. חשב את הזרם בנגד  $R_3$

באמצעות שיטת הסופרפוזיציה.

ב. מצא את הספק מקור הזרם.

ג. חשב את נצילות המעגל עבור עומס  $R_1$ .



(3) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $I_s = 2A$  ,  $E_1 = 20V$  ,  $E_2 = 30V$

$R_1 = 10\Omega$  ,  $R_2 = 12\Omega$  ,  $R_3 = 10\Omega$

$R_4 = 5\Omega$  ,  $R_L = 12\Omega$

מצא את הספק הנגד  $R_L$ .

היעזר בשיטת הסופרפוזיציה.

**תשובות סופיות:**

(1) 1.2A

(2) א. 1.5A      ב. 34.96W      ג. 31.3%

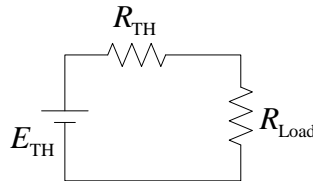
(3) 14.15W

## שקולי תבנין ונורטון:

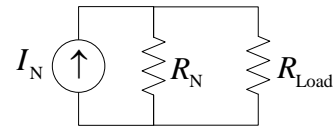
סיכום כללי:

מודלים של מעגלים שקולי תבנין ונורטון:

שקול תבנין:



שקול נורטון:



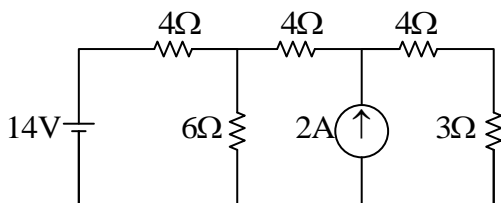
הקשר בין המקורות השקולים וההתנגדויות הוא:  $R_{TH} = R_N$ ,  $I_N = \frac{E_{TH}}{R_{TH}}$ .

אופן החישוב:

- 1) מנתקים את הרכיב שבין הנקודות (הצמתים) הרלוונטיות. נסמן אותן ב-A ו-B לצורך הנוחיות.
- 2) נמצא את ההתנגדות השקולה  $R_{AB}$  ע"י שיתוק מקורות וחישובים עם נגדים.
  - א. מקור מתח מקצרים.
  - ב. מקור זרם מנתקים.
- 3) נמצא את מתח תבנין,  $E_{TH}$ , ע"י החזרת על המקורות למעגל וחישוב המתח בין הנקודות A ו-B. כדי לעשות זאת נעזר בכל הטכניקות שנלמדו עד כה.
- 4) לאחר מציאת  $E_{TH}$  ו- $R_{AB}$  נוכל לסרטט מעגל תבנין, או להמיר למעגל נורטון. נזכור כי העומס הוא הרכיב שניתקנו מהמעגל.

❖ דוגמא למציאת שקול תבנין ונורטון:

מצא את שקולי תבנין ונורטון לנגד  $3\Omega$  במעגל הבא:



### העברת הספק מירבי:

התנגדות העומס עבורה ההספק המתפתח על פניו יהיה מירבי שווה להתנגדות

$$P_{L(\max)} = \frac{E_{TH}^2}{4R_{TH}} \quad \text{במקרה זה ההספק יהיה: } R_L = R_{TH}$$

(תקף במעגלי זרם ישר בלבד).

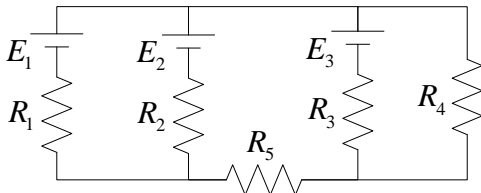
### שלבים למציאת הספק מירבי:

נתבקש למצוא התנגדות של רכיב מסוים עבורו ההספק עליו יהיה מירבי (ולמצוא את הספק זה). לשם כך נבצע:

- (1) ניתוק הרכיב וחישוב מעגל שקול תבנית יחסית אליו.
- (2) ההתנגדות השקולה (התנגדות תבנית) תקיים מעבר של הספק מירבי על פני הרכיב.
- (3) ההספק המירבי עצמו יחושב לפי הנוסחה לעיל.

### שאלות:

(1) לפניך המעגל הבא:



נתון:  $E_1 = 24V$ ,  $E_2 = 16V$ ,  $E_3 = 12V$

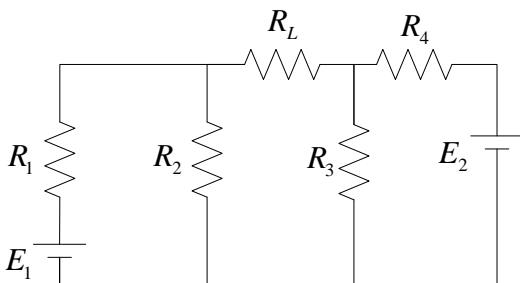
$$R_1 = 1\Omega, R_2 = 1\Omega, R_3 = 2\Omega$$

$$R_4 = 4\Omega, R_5 = 2.166\Omega$$

א. סרטט מעגל תמורה תבנית עבור  $R_5$ .

ב. חשב את ההספק על פני  $R_5$ .

(2) לפניך המעגל הבא:



נתון:  $E_1 = 40V$ ,  $E_2 = 80V$ ,  $R_1 = 15\Omega$

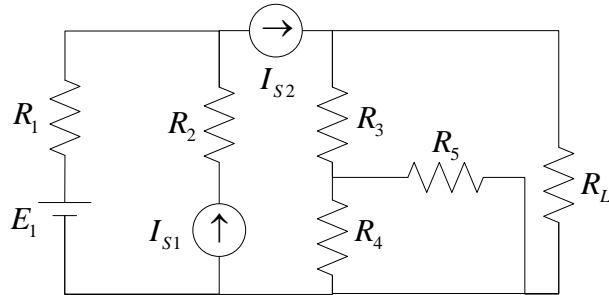
$$R_2 = 5\Omega, R_3 = 10\Omega, R_4 = 30\Omega$$

סרטט מעגל תמורה נורטון עבור נגד העומס.



3) לפניך המעגל הבא ובו נתון:

$$E_1 = 2V, I_{S1} = 2A, I_{S2} = 1A, R_1 = 5\Omega, R_2 = 10\Omega, R_3 = 5\Omega, R_4 = 3\Omega, R_5 = 6\Omega$$



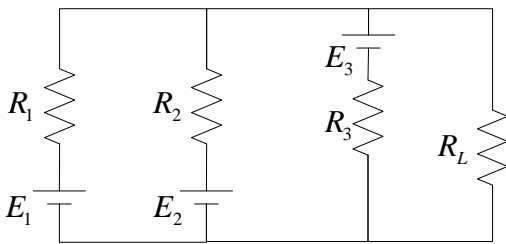
- חשב את התנגדות נורטון עבור נגד העומס.
- חשב את זרם נורטון.
- מצא את ערכי נגד העומס שיגרמו להספק של 1W עליו.

4) לפניך המעגל הבא:

$$E_1 = 10V, E_2 = 12V, E_3 = 20V$$

$$R_1 = 3\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 5\Omega$$

- סרטט מעגל תמורה עפ"י נורטון לנגד העומס.
- מהו ההספק המקסימלי שיכול להתפתח על נגד העומס?

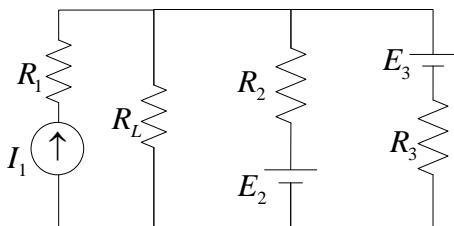


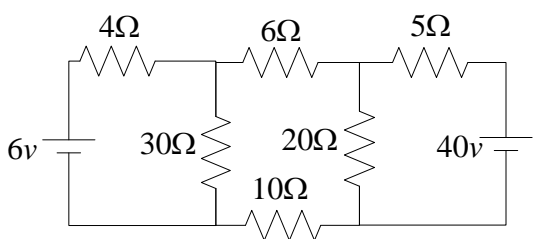
5) לפניך המעגל הבא:

$$E_2 = 4V, E_3 = 12V, I_1 = 1A$$

$$R_1 = R_2 = 2\Omega, R_3 = 4\Omega$$

- חשב את ערכו של נגד העומס לקבלת נצילות מקסימלית במעגל.
- מהו זרם הקצר של נגד העומס?
- לנגד העומס קיימים שני ערכים שונים שיגרמו לכך שעל פני הנגד יתפתח הספק השווה בערכו למחצית ההספק המקסימלי שלו. מהם שני ערכי ההתנגדויות שמקיימים זאת?





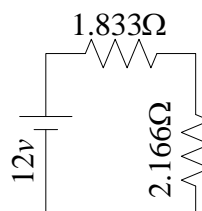
6) לפניך המעגל הבא :

- א. מצא את ההספק המתפתח על מקור המתח של 6V.  
 ב. קבע האם מקור זה הוא צרכן או ספק במעגל.

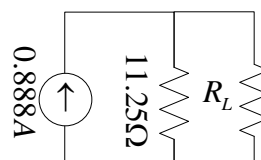
**תשובות סופיות:**

ב. 19.5W.

1) א. להלן סרטוט:



2) א. להלן סרטוט:

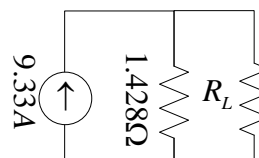


ב. 1A      ג.  $R_{L1} = 1.46\Omega$  ,  $R_{L2} = 33.539\Omega$

3) א. 7Ω

ב. 31.11W

4) א. להלן סרטוט:



ב. 6A      ג.  $R_{L1} = 7.771\Omega$  ,  $R_{L2} = 0.228\Omega$

5) א.  $R_L = \frac{4}{3}\Omega$

ב. המקור צורך אנרגיה.

6) א. 4.95W