

מתי צמתים - פרק 2 ע"ן

① ספרים יות כחוק הצמתים המוחלטת שאופייה במעטל מספר המשוואות שיהיה איתרן היא:

$$\text{מספר המשוואות} = 1 - \text{מספר הצמתים}$$

② בוחרים צומת יחוס (אדמה, צומת (א), $\perp$) לפי הכל הבו:
 * יש לבדוק שראשונה תהיה השוקפת לכמה שמת לקורות מתח אינוליים.
 ואם אין במעט לקורות מתח אינוליים, נבחר את צומת עבור אדמה.

③ ממספרים את של הצמתים כרצוננו.

④ בהתאם למספר הצמתים (אטל) (אט), יושלים מערכת משוואות שצורתה הבסיסית היא:

$$G \cdot V = I_{sc}$$

דוגמה למערכת משוואות 3-3 צמתים.

$$\begin{aligned} +G_{11}V_1 - G_{12}V_2 - G_{13}V_3 &= I_{sc1} \\ -G_{21}V_1 + G_{22}V_2 - G_{23}V_3 &= I_{sc2} \\ -G_{31}V_1 - G_{32}V_2 + G_{33}V_3 &= I_{sc3} \end{aligned}$$

או בצורת מטריצה

$$\begin{pmatrix} +G_{11} & -G_{12} & -G_{13} \\ -G_{21} & +G_{22} & -G_{23} \\ -G_{31} & -G_{32} & +G_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{sc1} \\ I_{sc2} \\ I_{sc3} \end{pmatrix}$$

מטריצת לולייסיות וקטור מתחים וקטור זרמים

G_{11} [S] - סכום הלולייסיות שמחוברת לצומת 1

G_{12} [S] - סכום הלולייסיות שמחוברת גאון ישר בין צומת ① ל- צומת ②

כחוקן מתקיים

$$G_{12} = G_{21}$$

הערה: חישוב מיליוני צבעי זיקה שלפני במסך מיליון.

$[A]_{sc}$ - סכום צבעי הקצב הנכנסים וחיוצאים לצומת 1

⊗ צבע קצב לבן ילקח בסילון פלוס +

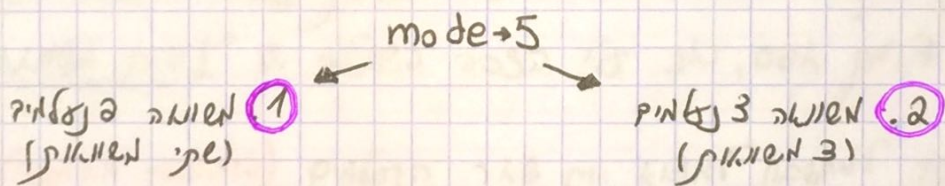
⊗ צבע קצב יורק ילקח בסילון מינוס -

הערה: חישוב צבעי הקצב צבעי לחשב שקורא במסך מיליון.

הערה: יש לשים לב שסילון ה-G הם חיוביים בואבסון (G_{11}, G_{22}, G_{33}) וכל השאר שליליים.

⑤ רשמים רשימה מסודרת של כל המקדמים שיש לחצוא (רשימת קניות) ומחלקים אותה.

⑥ רשמים מערכת משוואות עם המקדמים שלצדן ומציבים בהתאמה.



לחצוב לחצוב חישוב ראש + Mode + 1

④ מקבלים את התוצאות ורשמים אותן בצמתי המסך.

⑧ בכפי לחצוב צבעי ברכיה פשוט יש לרשם את הצבעי הראשונים. כאשר במקביל אליו יש לרשם מקור לחצוב וירטואלי שיחשב לפי לחצובי הצמתיים שקיבלנו, ואז לפי כליי הבסיס לחשב את הצבעי וכיוצא בזה כמו במסך מיליון!

הערות:

⑩ מסך מיליון הוא מקרה פרטי של לחצוב צמתיים, עדיין צומת אחד:

$$G_{11} V_1 = I_{sc1}$$

$$V_1 = \frac{I_{sc1}}{G_{11}}$$

המתח בין (1) ל-(0) →

סכום זרמי קצר לצומת 1 ←

סכום התנודות של צומת 1 ←



$$U_{AB} = \frac{\sum I_{sc}}{\sum \frac{1}{R}}$$

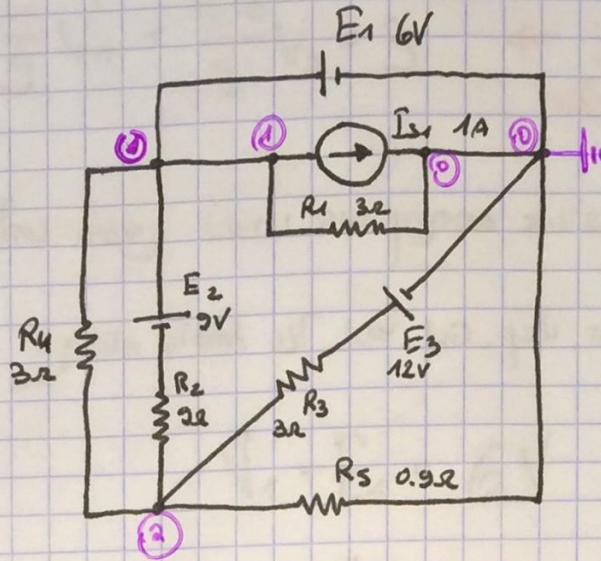
כ) כאשר יש במעגל מקורות מתח או זרמים יש לנקוט בכל המקרים:
כל מקור מתח או זרמי מופל משוואה!

ניתן להקטין את בעיה זו ע"י מציאת נעלם מתמנה מופל של צומת אפס, ואז ע"י הצבה בסט"ה או "ניסוח משוואה"

יתר למחשבוני למצוא את שאר הנעלמים (קובצות בהמשך)

במידה ויש יותר מדי מקורות מתח או זרמים, כדאי לפתור את המעגל בשילוב • כרמי חובים.

מצב נקודת איזולציה נקודת מפתח איזולציה



נקודת מפתח איזולציה ← מפתח מולקול

~~$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 = I_{sc1}$$~~

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 = I_{sc2}$$

$$\times G_{11} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{0} \leftarrow E_1 \text{ is } \infty \neq \text{not possible}$$

$$G_{22} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{3} + \frac{1}{0.9} = \frac{17}{9} \text{ S}$$

$$G_{12} = G_{21} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{9} = \frac{4}{9} \text{ S}$$

$$\times I_{sc1} = \frac{E_2}{R_2} - I_{sc1} + \frac{E_1}{0} = \square + \infty = \infty \neq \text{not possible}$$

$$I_{sc2} = -\frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} - \frac{9}{9} + \frac{12}{3} = -1 + 4 = 3 \text{ A}$$

לכיוון E_1 הוא מפתח מפתח איזולציה. הוא "מפוצץ" את G_{11} ו- I_{sc1} .
אזכור: אין לנו הצגה המדויקת של המפתח ונכתבו בהמשך את
השינויים.

$$-\frac{4}{9}V_1 + \frac{17}{9}V_2 = 3$$

באי פתור!
משוואה אחת מתבטלת

בכדי לפתור את המשוואה בפיתרון סימ ודואל נפגש ניהל "לפתח מילת":
 E_1 הפל לנו משוואה, ולכן הוא יבוא לנו למשוואה חלופית:

$$V_1 = E_1 = 6V$$

↓

$$-\frac{4}{9} \cdot 6 + \frac{17}{9}V_2 = 3$$

$$-24 + 17V_2 = 27 \Rightarrow 17V_2 = 51$$

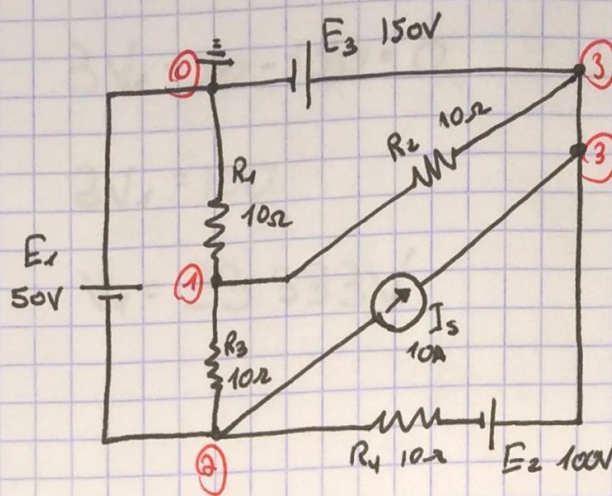
↓

$V_2 = 3V$
$V_1 = 6V$

=====

02/01/15

פרק 2 - מעגל 3 נודות עם מקורות מתח וזרם



$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 - G_{13}V_3 = I_{sc1}$$

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 - G_{23}V_3 = I_{sc2} \Rightarrow$$

$$-G_{31}V_1 - G_{32}V_2 + G_{33}V_3 = I_{sc3} \Rightarrow$$

② מקור מתח E1
אפס מתח בנוד

③ מקור מתח E3
אפס מתח בנוד

ליתרון עם מתח בנוד 3 עם 3 נודות

$$V_2 = -E_1 = -50V \quad \text{לנוד 2 מתח "מחולק" הנקב}$$

$$V_3 = E_3 = 150V$$

כעת ניקח את G11, G12, G13 ו- Isc1

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{3}{10} S$$

$$G_{12} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} S$$

$$G_{13} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} S$$

$$I_{sc1} = 0$$

$$\frac{3}{10} \cdot V_1 - \frac{1}{10} \cdot (-50) - \frac{1}{10} \cdot 150 = 0 \quad / \cdot 10$$

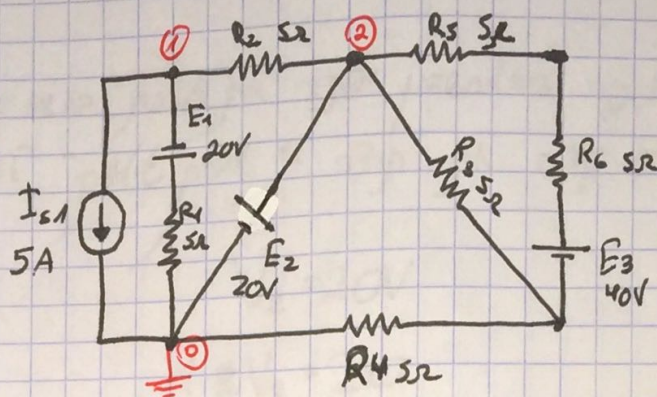
$$3V_1 + 50 - 150 = 0$$

$$3V_1 = 100$$

$$V_1 = 33.333V$$

02/01/15

תרגיל 3 - מתח 3 נקודות P ונקודות מוליכים



$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 - G_{13}V_3 = I_{sc1}$$

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 - G_{23}V_3 = I_{sc2}$$

נראה כי נוסף
הכלל E_2 (מחובר) נוסף
②

$$-G_{31}V_1 - G_{32}V_2 + G_{33}V_3 = I_{sc3}$$

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} S$$

$$G_{33} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5+R_6} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{1}{2} S$$

$$G_{12} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} S$$

$$G_{13} = G_{31} = 0 S$$

$$G_{32} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5+R_6} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10} S$$

$$I_{sc1} = -I_{s1} - \frac{E_1}{R_1} = -5 - 4 = -9A$$

$$I_{sc3} = -\frac{E_3}{R_5+R_6} = -\frac{40}{10} = -4A$$

אשר נותן טכניק מילמן: $V_2 = 20V$

$$+\frac{2}{5} \cdot V_1 - \frac{1}{5} \cdot V_2 - 0 \cdot V_3 = -9 \quad \Leftarrow \text{משוואה ראשונה}$$

$$-0 \cdot V_1 - \frac{3}{10} V_2 + \frac{1}{2} V_3 = -4 \quad \Leftarrow \text{משוואה שנייה}$$

אם ברצוננו שהמתקן יפתור את המכונה במשואות כמו
שהיא, יש לפרש את קוצר השרית שלמת"ל למחצית היציבה:

$$V_2 = 20V$$

$$1 \cdot V_2 = 20$$

$\Downarrow$

$$0 \cdot V_1 + 1 \cdot V_2 + 0 \cdot V_3 = 20$$

$$\frac{2}{5} V_1 - \frac{1}{5} V_2 - 0 \cdot V_3 = -9 [A]$$

$$-0 \cdot V_1 - \frac{3}{10} V_2 + \frac{1}{2} V_3 = -4 [A]$$

$$0 \cdot V_1 + 1 \cdot V_2 + 0 \cdot V_3 = 20 [V]$$

$\Downarrow$

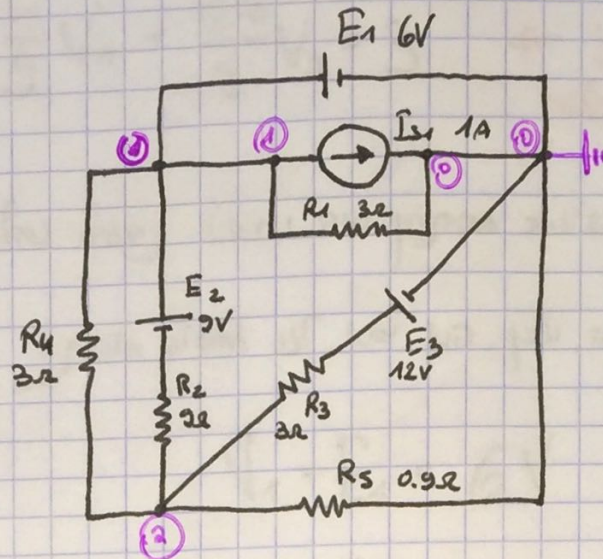
$$V_1 = -12.5V$$

$$V_2 = 20V$$

$$V_3 = 4V$$

02/01/15

תרגיל מקור מתח 3 נגדים מקור מתח אינדיקטור



מקור מתח אינדיקטור ← מפתח מולטמטר

~~$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 = I_{sc1}$$~~

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 = I_{sc2}$$

$\times G_{11} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{0} \xrightarrow{E_1 \text{ is } 1\text{A}} \square + \infty = \infty \neq \text{מפתח מולטמטר}$

$$G_{22} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{3} + \frac{1}{0.9} = \frac{17}{9} \text{ S}$$

$$G_{12} = G_{21} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{9} = \frac{4}{9} \text{ S}$$

$\times I_{sc1} = \frac{E_2}{R_2} - I_{sc1} + \frac{E_1}{0} = \square + \infty = \infty \neq \text{מפתח מולטמטר}$

$$I_{sc2} = -\frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} - \frac{9}{9} + \frac{12}{3} = -1 + 4 = 3 \text{ A}$$

לכיוון E1 הוא המקור המתח האינדיקטור הוא "מולטמטר" לקי G11 - I_{sc1} = 1
אזכור אינדיקטור ← המעגל המשווק נוסף + נכתבו במשוואה לקי
זמן (מולטמטר).

$$-\frac{4}{9}V_1 + \frac{17}{9}V_2 = 3$$

באי פתור! $\leftarrow$
משוואה אחת מתבטלת

בכדי לפתור את המשוואה בפיתרון סימ ודואל נפגש ניהל "לפתח מילת":
 E_1 הפל לנו למשוואה, ולכן הוא יבטל לנו למשוואה חלופית:

$$V_1 = E_1 = 6V$$

$\Downarrow$

$$-\frac{4}{9} \cdot 6 + \frac{17}{9}V_2 = 3$$

$$-24 + 17V_2 = 27 \Rightarrow 17V_2 = 51$$

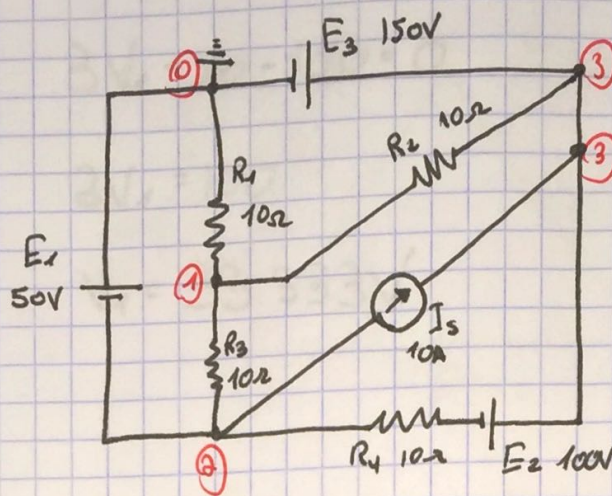
$\Downarrow$

$V_2 = 3V$
$V_1 = 6V$

=====

02/01/15

פרק 2 - מעגל 3 נודות עם מקורות מתח וזרם



$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 - G_{13}V_3 = I_{sc1}$$

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 - G_{23}V_3 = I_{sc2} \Rightarrow$$

$$-G_{31}V_1 - G_{32}V_2 + G_{33}V_3 = I_{sc3} \Rightarrow$$

② מקור המתח E1
אין משואה בודת

③ מקור המתח E3
אין משואה בודת



ליתרון עם משואה אחת עם 3 נודות



$$V_2 = -E_1 = -50V \quad \text{לפי "משפט הולטר" הקב}$$

$$V_3 = E_3 = 150V$$



כעת נותר למצוא את G_{11}, G_{12}, G_{13} ו- I_{sc1}

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{3}{10} S$$

$$G_{12} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} S$$

$$G_{13} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} S$$

$$I_{sc1} = 0$$



$$\frac{3}{10} \cdot V_1 - \frac{1}{10} \cdot (-50) - \frac{1}{10} \cdot 150 = 0 \quad / \cdot 10$$

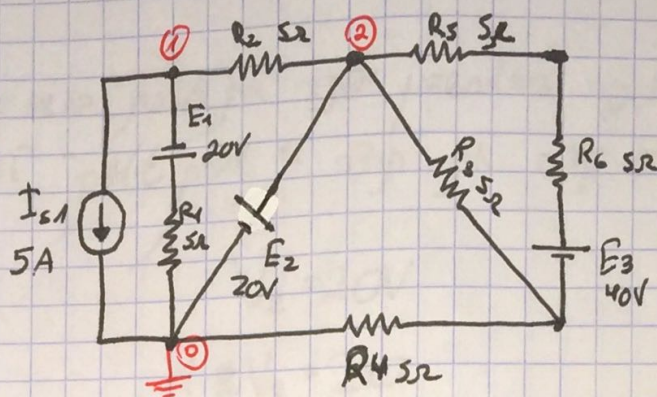
$$3V_1 + 50 - 150 = 0$$

$$3V_1 = 100$$

$$V_1 = 33.333V$$

02/01/15

תרגיל 3 - מתח 3 נקודות P ונקודות מוליכים



$$+G_{11}V_1 - G_{12}V_2 - G_{13}V_3 = I_{sc1}$$

$$-G_{21}V_1 + G_{22}V_2 - G_{23}V_3 = I_{sc2}$$

נראה כי נוסף
הכלל E_2 (מחובר) נוסף
②

$$-G_{31}V_1 - G_{32}V_2 + G_{33}V_3 = I_{sc3}$$

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} S$$

$$G_{33} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5+R_6} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{1}{2} S$$

$$G_{12} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} S$$

$$G_{13} = G_{31} = 0 S$$

$$G_{32} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5+R_6} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10} S$$

$$I_{sc1} = -I_{s1} - \frac{E_1}{R_1} = -5 - 4 = -9A$$

$$I_{sc3} = -\frac{E_3}{R_5+R_6} = -\frac{40}{10} = -4A$$

אשר נותן טבלה נקודה : $V_2 = 20V$

$$+\frac{2}{5} \cdot V_1 - \frac{1}{5} \cdot V_2 - 0 \cdot V_3 = -9 \quad \Leftarrow \text{משוואה ראשונה}$$

$$-0 \cdot V_1 - \frac{3}{10} V_2 + \frac{1}{2} V_3 = -4 \quad \Leftarrow \text{משוואה שנייה}$$

אם ברצוננו שהמתקן יפתור את המכונה במשואות כמו
שהיא, יש לפרש את קוצר השרית שלמת"ל למחצית היציבה:

$$V_2 = 20V$$

$$1 \cdot V_2 = 20$$

$\Downarrow$

$$0 \cdot V_1 + 1 \cdot V_2 + 0 \cdot V_3 = 20$$

$$\frac{2}{5} V_1 - \frac{1}{5} V_2 - 0 \cdot V_3 = -9 [A]$$

$$-0 \cdot V_1 - \frac{3}{10} V_2 + \frac{1}{2} V_3 = -4 [A]$$

$$0 \cdot V_1 + 1 \cdot V_2 + 0 \cdot V_3 = 20 [V]$$

$\Downarrow$

$$V_1 = -12.5V$$

$$V_2 = 20V$$

$$V_3 = 4V$$