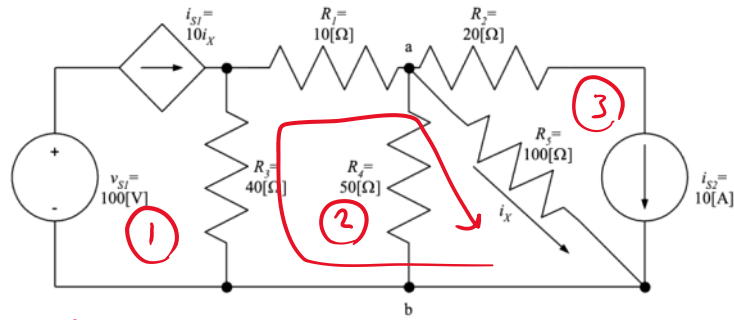


سؤال ۱

ولتژن ← ولتژن
معادلات ← معادلات



برای بدست آوردن ولتژن، در حلقه دوم KVL می نویسیم. ولتژن

$$(A) \quad 10 = 10i_x + 10i_x + 10i_x \quad \text{جریان ۱} \quad 10i_x = 10i_x + 10i_x + 10i_x$$

KVL حلقه ۲

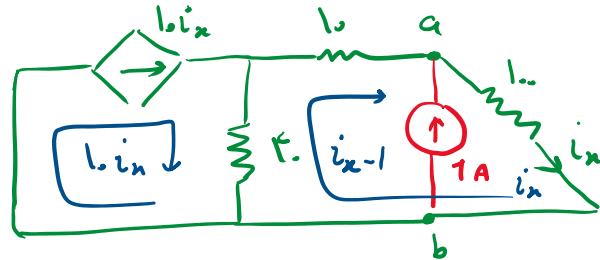
$$40(i_x + 10) + 10(i_x + 10) + 100i_x = 0 \Rightarrow i_x = 2 (A)$$

از اینجاست

ولتژن برابر افت ولتژن در سری معادلات R_5 است:

$$V_{Th} = 2 \times 100 = 200 (V) \quad \checkmark$$

منبع مستقل را حذف می کنیم
در یک منبع جریان فرضی 1A بین A و B قرار می دهیم.
دوباره KVL می نویسیم.



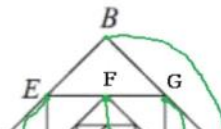
KVL حلقه راست:

$$40(i_x - 1) + 10(i_x - 1) + 100i_x = 0 \Rightarrow i_x = \frac{-1}{5} (A)$$

$$V_{ab} = 100 \times i_x = 20 V \Rightarrow R_{Th} = \frac{V_{ab}}{I} = 20 \Omega \quad \checkmark$$

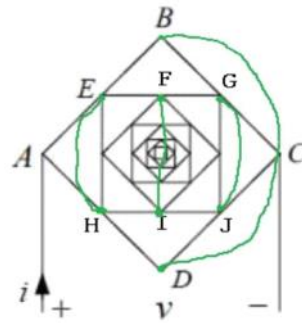
سؤال ۲

د. با توجه به شکل، جفت های D و B، E و H، F و A، G و L و ... مقارن هستند و چون ولتاژ برابری دارند، می توانیم هر جفت را با سیم به یکدیگر متصل کنیم.

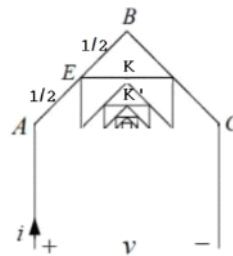
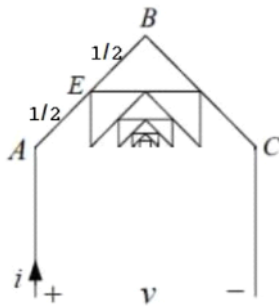


سوال ۲

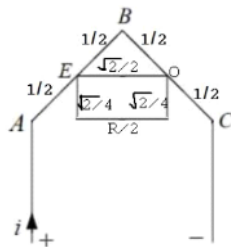
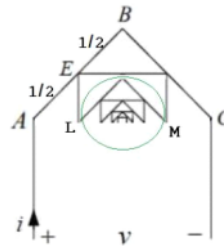
د. با توجه به شکل، جفت‌های D و B، E و H، F و A، G و I و ... متقارن هستند و چون ولتاژ برابری دارند، می‌توانیم هر جفت را با سیم به یکدیگر متصل کنیم.



به همین صورت در مربع‌های داخلی نیز نقاط متقارن را به یکدیگر متصل می‌کنیم. از شکل مشخص است که جفت‌های DJ و BG، DH و BE، IJ و FG، IH و FE و ... مقاومت‌های موازی هستند. پس از جایگزین کردن هر جفت موازی با مقاومت معادل آن به شکل زیر می‌رسیم. (انگار مدار را از خط AC زده‌ایم).



با توجه به تقارن، مشخص است که ولتاژ هر دو نقطه K و K' برابر نصف v است و پس از قطع کردن اتصال این دو نقطه، ولتاژشان برابر مانده، پس می‌توانیم با فرض وصل نبودن این دو نقطه به حل مسئله ادامه دهیم.



از شکل مشخص است که مقاومت مشخص شده بین L و M مشابه مقاومت خواسته شده بین A و C می‌باشد، با این تفاوت که ضلع این مربع نصف ضلع مربع خارجی است. پس اگر مقاومت مجهول بین A و C را R بنامیم، می‌توانیم کل مقاومت داخل دایره را با یک مقاومت R/2 جایگزین کنیم.

در نهایت R₂ با AE و OC سری می‌شود:

$$R = 1 + \frac{R + \sqrt{2}}{R \cdot (1 + \sqrt{2}) + 4 + \sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow (1 + \sqrt{2}) \cdot R^2 + 2R - (4 + 2\sqrt{2}) = 0$$

$$\Rightarrow R = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 4 \cdot (1 + \sqrt{2}) \cdot (4 + 2\sqrt{2})}}{2 \cdot (1 + \sqrt{2})} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + (8 + 6\sqrt{2})}}{1 + \sqrt{2}}$$

می‌دانیم مقدار مقاومت حتما عدد مثبتی است پس علامت + را انتخاب می‌کنیم.

$$R = \frac{-1 + \sqrt{3 \cdot (1 + \sqrt{2})^2}}{1 + \sqrt{2}} = (\sqrt{3} - \sqrt{2} + 1) \Omega$$

سه مقاومت پایین OE با هم سری و با مقاومت چهارم بین OE موازی می‌شوند:

$$R_1 = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot (\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{R}{2})}{\sqrt{2} + \frac{R}{2}} = \frac{1 + \frac{\sqrt{2}}{2} R}{2\sqrt{2} + R}$$

مقاومت‌های OB و OE با هم سری و با R₁ موازی می‌شوند:

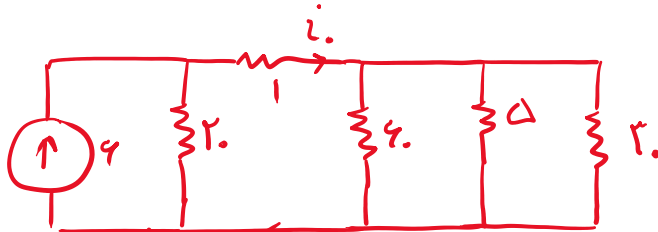
$$R_2 = \frac{1 + \frac{\sqrt{2}}{2} R}{2\sqrt{2} + R} = \frac{R + \sqrt{2}}{R \cdot (1 + \sqrt{2}) + 4 + \sqrt{2}}$$

سؤال ۳

اثر هر منبع را جداگانه بررسی می‌کنیم:

(به نوبت نحوه خاتوشن کردن منبع ولتاژ و جریان (تک سبز)

منبع ۶ آمپر



با استفاده از معادلات حاکم سری و موازی مدار را ساده می‌کنیم:

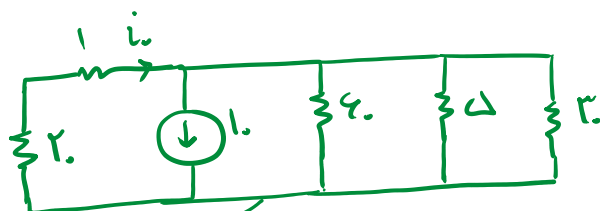


پس در شکل سمت چپ، ولتاژ دو سر معادلت ۲۰ اهمی و (۴+۱) اهمی برابر ۲۴ است؛ یعنی

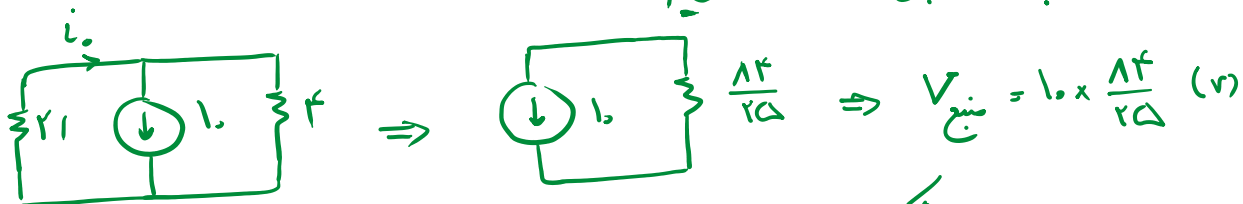
جریان نوزده از معادلت ۱ اهمی برابر است با:

$$i_0 = \frac{V}{R} = \frac{24}{5} = 4.8 \text{ (A)}$$

منبع ۱۰ آمپر



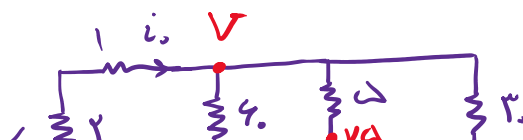
دوباره همانند قبل مدار را ساده می‌کنیم:



پس در شکل سمت چپ، ولتاژ معادلت ۲۱ اهمی برابر $10 \times \frac{14}{25}$ بود و این یعنی:

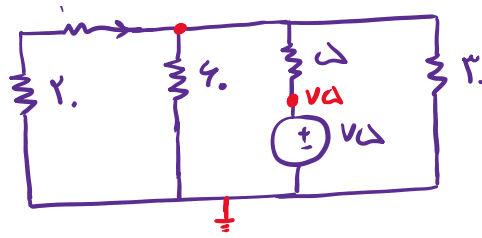
$$i_0 = \frac{V}{R} = \frac{10 \times 14}{25 \times 21} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ (A)}$$

منبع ولتاژی



منبع ولتاژی

برای هر ولتاژ قانون KCL بنویسیم:



$$KCL : \frac{V - 0}{1 + 2} + \frac{V - 0}{6} + \frac{V - V_{\Delta}}{\Delta} + \frac{V - 0}{3} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{2\Delta}{1\Delta} V = 1\Delta \Rightarrow V = \frac{3 \times 18}{\Delta} (V)$$

$$i_o = \frac{0 - V}{21} = \frac{-3 \times 18}{\Delta \times 21} = \frac{-12}{\Delta} \quad \boxed{-2.4 (A)}$$

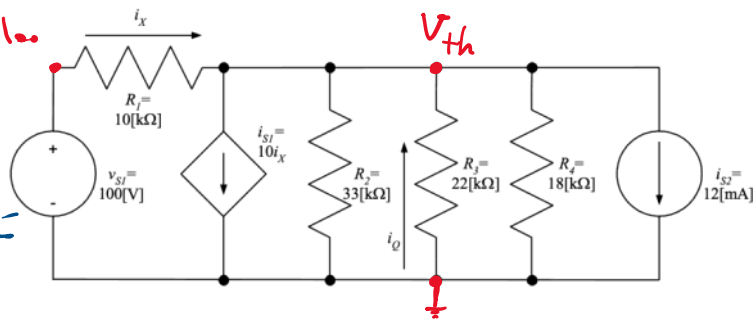
اکنون با استفاده از اصل برهم نهی، سه معادله فوق را با هم جمع می‌کنیم:

$$i_o = 4.8 + 1.6 - 2.4 = \boxed{4 (A)} \quad \checkmark$$

سوال ۴

الف

ولتاژ نودین \Leftarrow ولتاژ سر بار
تعارض نودین \Leftarrow معرک نودین منبع تست



ولتاژ نودین

معادله یک به هم جمع می‌کنیم. KCL می‌نویسیم:

$$KCL : -i_x + 10i_x + \frac{V_{th} - 0}{33} + \frac{V_{th} - 0}{18} + 12 = 0 \Rightarrow 9i_x + \frac{12}{198} V_{th} = -12 \quad [*]$$

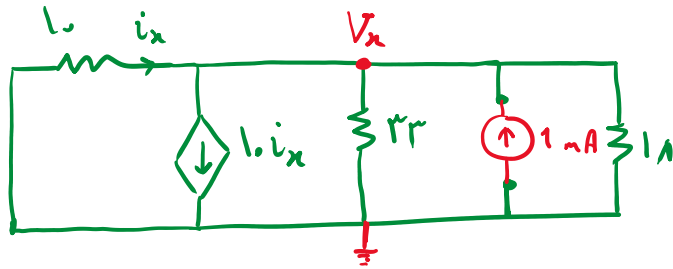
$$i_x = \frac{100 - V_{th}}{10} \quad [**]$$

$$9 \cdot \frac{100 - V_{th}}{10} + \frac{12}{198} V_{th} = -12 \Rightarrow V_{th} = 95.1 (V) \quad \checkmark$$

i_x V_x

محاسبه تئری

منبع جریان نظری قرار می دهیم و در V_x معادله Kcl می نویسیم:



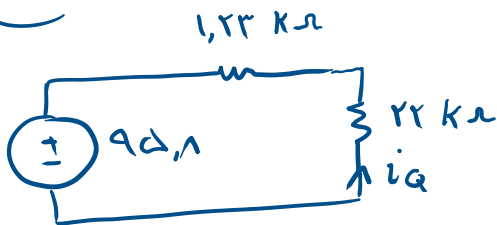
$$\text{Kcl} \rightarrow V_x : -i_x + 1.0i_x + \frac{V_x}{33} - 1 + \frac{V_x}{1} = 0$$

$$i_x = \frac{0 - V_x}{1.0}$$

بر معادله بالا $V_x = -1.23 \text{ (V)} \Rightarrow R_{th} = \left| \frac{V}{I} \right| = 1.23 \text{ k}\Omega$ ✓

ب.

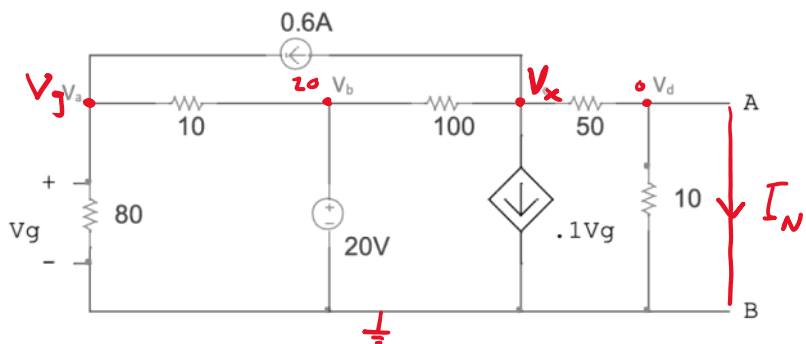
مدار به صورت زیر خواص برد:



$$\Rightarrow i_Q = \frac{-9A}{1.23 + 22} \approx -4.12 \text{ (mA)} \quad \checkmark$$

سوال ۵

جریان تئری \Rightarrow اتصال کوتاه
محاسبه تئری \Rightarrow نوشتن معادله تئری



جریان تئری

در معادله V_x و V_g قانون Kcl می نویسیم:

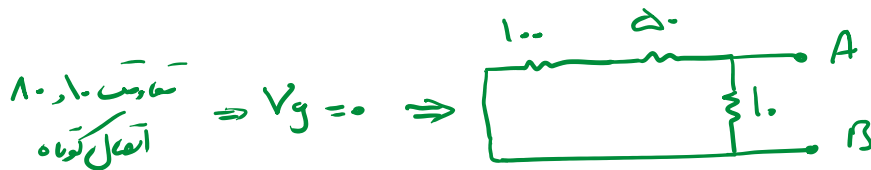
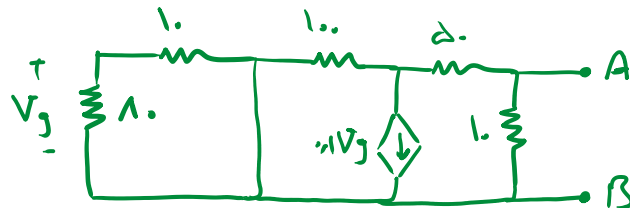
$$\text{Kcl} \rightarrow V_g : \frac{V_g}{10} + \frac{V_g - 20}{1.0} - 0.6 = 0 \Rightarrow V_g = \frac{1 \times 26}{9} \text{ (V)}$$

$$\text{Kcl} \rightarrow V_x - 20 : \dots \dots \dots V_x \dots \dots \dots 17 \dots \dots \dots 9.12 \text{ (V)}$$

$$Kcl \quad V_x = -2.0 \quad \frac{V_x - 2.0}{1.0} + 0.6 + 0.1 V_g + \frac{V_x}{5.0} = 0 \Rightarrow V_x = -9V (v)$$

$$\Rightarrow I_N = \frac{V_x}{5.0} = -1.8A \quad \checkmark$$

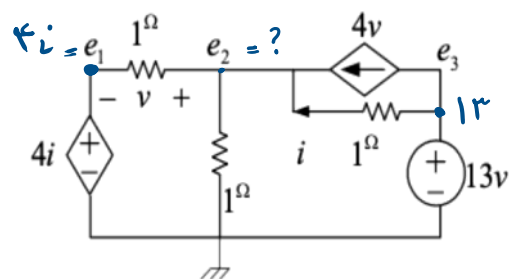
مقاومت نورین



$$\Rightarrow R_{th} = \left(\frac{1}{1.0} + \frac{1}{1.0 + 5.0} \right)^{-1} = 9.375 \Omega \quad \checkmark$$

سوال ۹ الف

ابتدا با جایی که می توانیم ولتاژ کرده ها مشخص می کنیم.
انتهای برای تنو کرده های مانند Kcl می نویسیم:



$$Kcl \quad e_2 = -f_i \quad \frac{e_2 - f_i}{1} + \frac{e_2}{1} + \frac{e_2 - 13}{1} - 4V = 0$$

$$i = \frac{13 - e_2}{1}, \quad V = e_2 - f_i = 5e_2 - 52$$

$$\Rightarrow 13e_2 = 143 \Rightarrow e_2 = 11 (v)$$

$$\Rightarrow V = 55 - 52 = 3 (v) \quad \checkmark$$

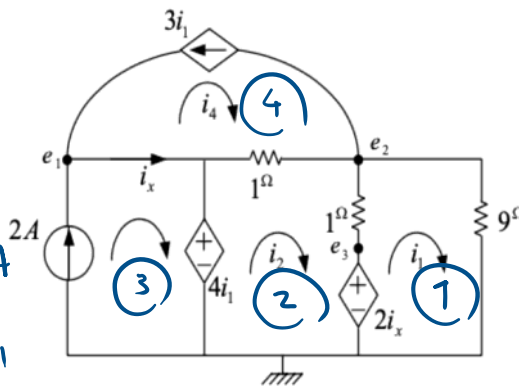
$$\Rightarrow i = 13 - 11 = 2 (A) \quad \checkmark$$

خیر، چنین امکانی وجود ندارد در حالت قبل، تنها یک معادله داریم و اصل حل کردن مسئله با کتبه از یک معادله وجود ندارد.

الف سوال ۷

برای هر حلقه را می‌نویسیم:

- ۱) $i_1 = ?$ ۳) $i_3 = 2A$
 ۲) $i_2 = ?$ ۴) $i_4 = -3i_1$
 ۵) $i_x = 2 + 3i_1$



اکنون در حلقه ۱ و ۲ قانون KVL می‌نویسیم:

$$\text{KVL (2): } -4i_1 + (i_2 + 3i_1) + (i_2 - i_1) + 2(2 + 3i_1) = 0$$

$$\Rightarrow 4i_1 + 2i_2 = -4 \quad (*)$$

$$\text{KVL (1): } -2(2 + 3i_1) + (i_1 - i_2) + 9i_1 = 0$$

$$\Rightarrow 4i_1 - i_2 = 4 \quad (**)$$

 $i_2 = -\frac{1}{3}, i_1 = \frac{1}{3} \Rightarrow i_x = 3 \text{ (A)}$ ✓

ب. سعی کنید مقدار پاور بدست آوریم.

$$KCL_{e_2} : +3i_1 + \frac{e_2 - 4i_1}{1} + \frac{e_2 - 2i_x}{1} + \frac{e_2}{9}$$

$$i_1 = \frac{e_2}{9} , \quad i_x = 2 + 3i_1 = 2 + \frac{e_2}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3}e_2 = 4 \Rightarrow e_2 = 3 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow i_x = 2 + 1 = 3 \text{ (A)} \quad \checkmark$$

