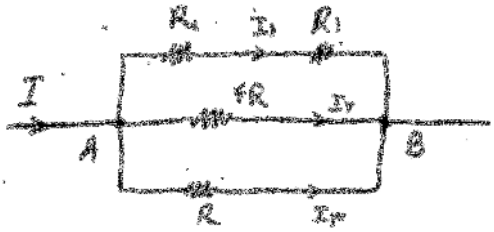
۱-



$$\left.\begin{array}{l} I_۱ + I_۲ + I_۳ = I \\ ۲RI_۱ = ۴RI_۲ = RI_۳ \end{array}\right\}$$

از حل معادله‌ی بالا داریم:

$$I_۲ = \frac{I}{۷}, I_۱ = \frac{۲I}{۷}, I_۳ = \frac{۴I}{۷}$$

$$\left.\begin{array}{l} P_۱ = I_۱^۲R = \dfrac{۴I^۲R}{۴۹} \\ P_۲ = I_۲^۲ \times (۴R) = \dfrac{۴I^۲R}{۴۹} \\ P_۳ = I_۳^۲ \times R = \dfrac{۱۶I^۲R}{۴۹} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

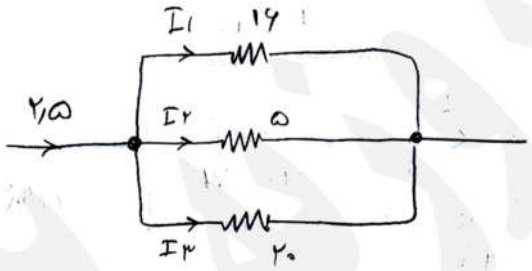
بیشترین توان در مقاومت شاخه $(I_۳)$ اتفاق می‌افتد و تحمّل توان در مقاومت شاخه $I_۳$ نیز کمتر می‌باشد. پس اوّلین مقاومتی که در اثر افزایش I آسیب می‌بیند مقاومت R شاخه $I_۳$ می‌باشد.

$$P_۳ = \frac{۱۶I^۲R}{۴۹} = ۲۰ \Rightarrow \boxed{I^۲R = \frac{۲۰ \times ۴۹}{۱۶}(w)}$$

پس توان مصرفی توسط مدار عبارتست از:

$$\left.\begin{array}{l} P_T = I^۲R_T \\ R_T = \dfrac{۴}{۷}R \end{array}\right\} \Rightarrow P_T = I^۲ \times \frac{۴}{۷}R = \frac{۴}{۷}I^۲R = \frac{۴}{۷} \times ۲۰ \times \frac{۴۹}{۱۶} = ۳۵ \text{ وات}$$

۲- ابتدا شکل مدار را کمی ساده می‌کنیم.



$$\left.\begin{array}{l} I_۱ + I_۲ + I_۳ = ۲/۵ \\ ۱۶I_۱ = ۵I_۲ = ۲۰I_۳ \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} ۱/۲۵I_۳ + ۴I_۳ + I_۳ = ۲/۵ \\ ۶/۲۵I_۳ = ۲/۵ \end{array}$$

$$I_۲ = ۴I_۳$$

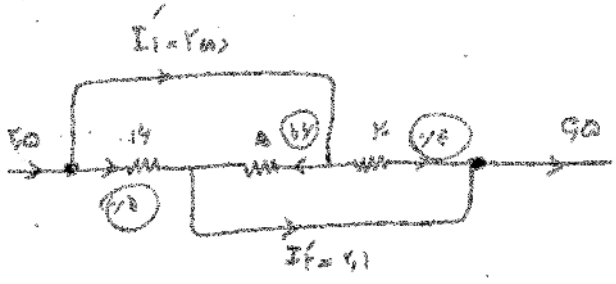
$$۴I_۱ = ۵I_۳ \Rightarrow I_۱ = ۱/۲۵I_۳$$

$$I_۳ = \frac{۲/۵}{۶/۲۵} = \frac{۱}{۲/۵} = ۰/۴$$

$$I_۲ = \frac{۴}{۲/۵} = ۱/۶$$

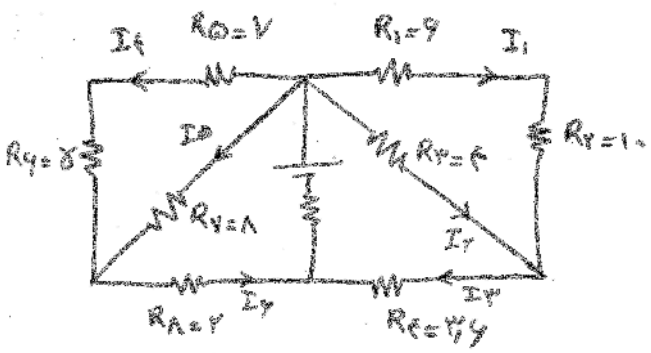
$$I_۱ = ۰/۵$$

حال شکل اصلی مدار را رسم می‌کنیم.



$$\boxed{I'_۱ = ۲(A) \ , \ I'_۲ = ۲/۱(A)}$$

-۳



$$P_3 = I_1^2 R_3 = I_1^2 \times 10 = 10 \Rightarrow I_1 = 1(A) \Rightarrow I_3 = 4(A)$$

از طرفی داریم $I_3 = I_1 + I_2 = 5(A)$

مقاومت معادل طرف راست مدار عبارتست از:

$$R_T^{'} = 6/8$$

ولت $V = I_3 R_T^{'} = 5 \times 6/8 = 34$ دو سر مولد

مقاومت معادل طرف چپ مدار عبارتست از:

$$R_T^{''} = 6/8 \Rightarrow I_6 = 5(A)$$

$$\left.\begin{matrix} I_4 + I_5 = 5 \\ 12 I_4 = 8 I_5 \end{matrix}\right\} \xrightarrow[\text{دو مجهول}]{\text{دو معادله}} \begin{matrix} I_4 = 2 \rightarrow P_6 = I_4^2 R_6 = 20(w) \\ I_5 = 3 \end{matrix}$$

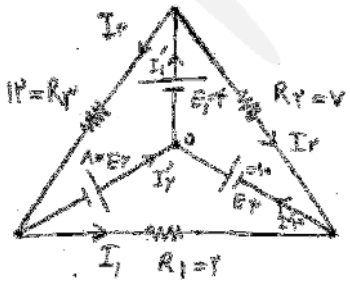
-۴

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \xrightarrow{R_2 \downarrow} \frac{1}{R_2} \uparrow \rightarrow \frac{1}{R_T} \uparrow \rightarrow R_T \downarrow$$

$$I = \frac{E}{R_T + r} \xrightarrow{R_T \downarrow} I \uparrow \rightarrow V = E - I \times r \rightarrow V \downarrow$$

$$\left.\begin{matrix} V = I_1 R_1 \\ V \downarrow \\ R_1 = \text{ثابت} \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_1 \downarrow$$

-۵



از قانون حلقه استفاده می‌کنیم $\Rightarrow$

$$V_0 - E_3 + I_1 R_1 + E_2 = V_0 \Rightarrow I_1 = 1(A)$$
$$V_0 + E_1 - I_2 R_2 + E_3 = V_0 \Rightarrow I_2 = 2(A)$$
$$V_0 + E_1 - I_3 R_3 + E_2 = V_0 \Rightarrow I_3 = 1(A)$$

$I_1' = 3(A)$ $\quad$ $I_3' = 3(A)$ $\quad$ $I_2' = 0(A)$

$P_1 = 12w$ $\quad$ $P_3 = 30$ $\quad$ $P_2 = 0$

۶- با توجّه به جهت جریان در مدار، مولد $\varepsilon_۲$ محرکه و مولد $\varepsilon_۱$ ضد محرکه است. برای محاسبه جریان در مدار، داریم:

$$I=\frac{\varepsilon_۲-\varepsilon_۱}{R_۱+R_۲+r_۱+r_۲}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon_۲-\varepsilon_۱}{۳+۲+۱+۱}\Rightarrow \varepsilon_۲-\varepsilon_۱=۷I(۱)$$

ولت‌سنج‌های ایده‌آل $V_۱$ و $V_۲$ به ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر مولدهای $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ را نشان می‌دهند. داریم:

$$V_۱=\varepsilon_۱+Ir_۱\Rightarrow V_۱=\varepsilon_۱+I \quad (۲)$$

$$V_۲=\varepsilon_۲-Ir_۲\Rightarrow V_۲=\varepsilon_۲-I \quad (۳)$$

$$\xrightarrow{(۲),(۳)} V_۲-V_۱=(\varepsilon_۲-\varepsilon_۱)-۲I\xrightarrow{(۱)}\Rightarrow V_۲-V_۱=۷I-۲I$$

$$\Rightarrow V_۲-V_۱=۵I\xrightarrow{V_۲-V_۱=۱۲V} I=\frac{۱۲}{۵}=۲/۴A$$

اختیاری:

۷- طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-Ir$ نمودار $V-I$ خطی است که عرض از مبدأ نمودار برابر نیروی محرکه و اندازهٔ شیب آن برابر مقاومت درونی مولد است. پس:

$$\begin{cases} I=۰\Rightarrow \varepsilon A=۲۰V \\ rA=\tan a=\frac{۲۰-۱۰}{۴}=۲/۵\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} I=۰\Rightarrow \varepsilon B=۱۵V \\ rB=\tan d=\frac{۱۵-۱۰}{۴}=۱/۲۵\Omega \end{cases}$$

حال اگر دو مولد را مطابق شکل سؤال به مقاومت خارجی $۱/۲۵\Omega$ وصل کنیم، خواهیم داشت:

$$I=\frac{\varepsilon A+\varepsilon B}{R+rA+rB}\Rightarrow \varepsilon A+\varepsilon B=I(R+rA+rB)\Rightarrow ۲۰+۱۵=I(۱/۲۵+۲/۵+۱/۲۵)\Rightarrow I=۷A$$

-۸

$$\begin{cases} \text{BACDB} & : V_B+\varepsilon_۱-I_۱R_۱-I_۲R_۲-\varepsilon_۲-I_۱R_۶=V_B \\ \text{DCMND حلقه‌ی} & : V_D+\varepsilon_۲+I_۲R_۲-I_۴R_۴-I_۵R_۵=V_D \\ \text{NMKLN حلقه‌ی} & : V_N+I_۵R_۵+I_۳R_۳-\varepsilon_۳=V_N \\ \text{C نقطه‌ی} & : I_۱=I_۲+I_۴ \\ \text{M نقطه‌ی} & : I_۵=I_۳+I_۴ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} ۱۴۶-۲I_۱-۳I_۱-۸۰-I_۱=۰ \\ ۸۰+۳I_۲-۴I_۴-۲۰I_۵=۰ \\ ۲۰I_۵+۱۵I_۳-۵۰=۰ \\ I_۵=I_۳+I_۴ \\ I_۱=I_۲+I_۴ \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_۱+I_۲=۲۲ \\ -۳I_۲+۴I_۴+۲۰I_۵=۸۰ \\ ۴I_۵+۳I_۳=۱۰ \\ I_۵=I_۳+I_۴ \\ I_۱=I_۲+I_۴ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} ۲I_۲+I_۴=۲۲ \\ -۳I_۲+۴I_۴+۲۰I_۳+۲۰I_۴=۸۰ \\ ۴I_۳+۴I_۴+۳I_۳=۱۰ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} I_۴=۲۲-۲I_۲ \\ ۲۴I_۴+۲۰I_۳-۳I_۲=۸۰ \\ ۷I_۳+۴I_۴=۱۰ \end{cases}$$

$$\begin{cases} ۵۲۸-۴۸I_۲+۲۰I_۳-۳I_۲=۸۰ \\ ۷I_۳+۸۸-۸I_۲=۱۰ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} ۲۰I_۳-۵۱I_۲=-۴۴۸ \\ -۷I_۳+۸I_۲=۷۸ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} I_۲=۸A \\ I_۳=-۲A \end{cases}$$

$$I_۴=۶A \qquad I_۱=۱۴A \qquad I_۵=۴A$$