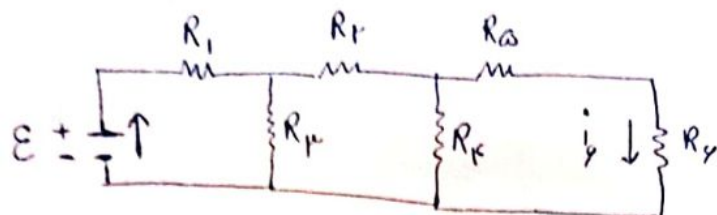


## فصل ۷ فیزیک: مدارها

① در سلسله‌ای، جریان در مقاومت برابر  $i_g = 14A$  و مقاومت‌ها عبارتند از:  $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$  و  $R_4 = 14\Omega$  و  $R_5 = 1\Omega$  و  $R_6 = 4\Omega$  و  $R_7 = 14\Omega$

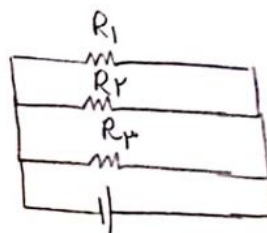
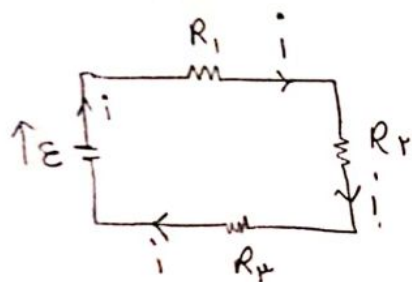


مقاومت‌های متوالی (سب):

$$\begin{cases} V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \\ i_T = i_1 = i_2 = i_3 = \dots \\ R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \end{cases}$$

مقاومت‌های موازی:

$$\begin{cases} V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots \\ i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots \\ \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \end{cases}$$



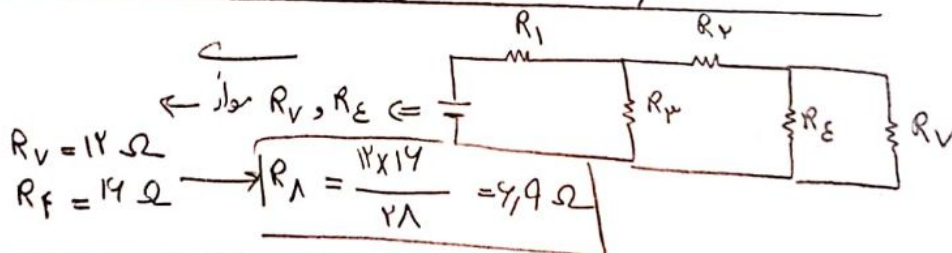
$i_g = 14A \rightarrow i_a = i_v = 14A$

$$\begin{aligned} R_a &= 1\Omega \\ R_4 &= 4\Omega \end{aligned} \rightarrow R_v = 14\Omega$$

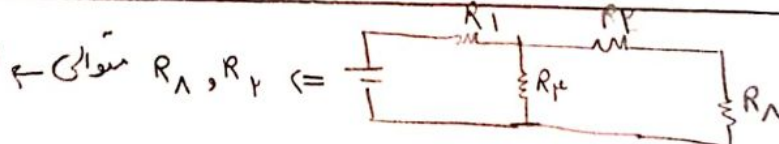
← متوالی  $R_v, R_a$

$$\begin{cases} R_v = R_a + R_4 \\ i_v = i_a = i_g \\ V_v = V_a + V_4 \end{cases}$$

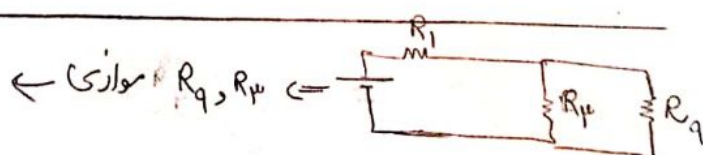
$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{R_4 R_v}{R_4 + R_v} \\ i_1 &= i_v + i_4 \\ V_1 &= V_v + V_4 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} R_9 &= R_2 + R_1 = 2 + 4.9 = 6.9 \\ i_9 &= i_2 = i_1 \\ V_9 &= V_2 + V_1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} R_{10} &= \frac{R_9 R_3}{R_9 + R_3} = \frac{6.9 \times 2}{6.9 + 2} = 1.43 \\ i_{10} &= i_3 + i_9 \\ V_{10} &= V_3 + V_9 \end{aligned}$$

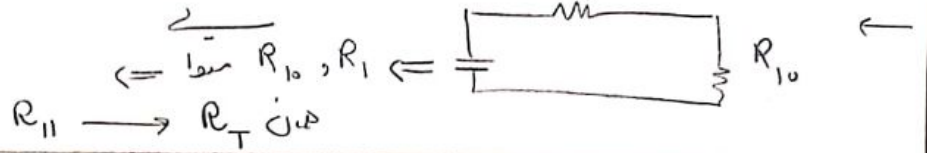


المان نهایی

$$R_{11} = R_1 + R_{10} = 1 + 1,413 = 2,413$$

$$i_{11} = i_1 = i_{10}$$

$$V_{11} = V_1 + V_{10}$$



$$R_V, R_F \rightarrow V_V = V_F \quad \left. \begin{array}{l} V = iR \\ R_V = 12\Omega, i_V = 1,4A \\ R_F = 14\Omega, i_F = ? \end{array} \right\} \rightarrow (1,4)(12) = (i_F)(14) \rightarrow i_F = 1,05A$$

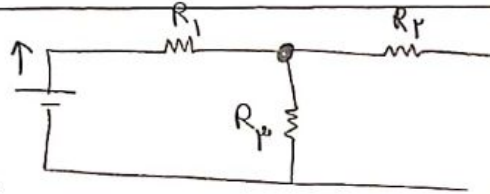
$$i_A = i_V + i_F = (1,4A) + (1,05A) = 2,45A$$

$$R_A, R_T \rightarrow i_T = i_A = i_F = 2,45A$$

$$R_Q, R_P \rightarrow V_P = V_Q \quad \left. \begin{array}{l} V = iR \\ R_Q = 1,9\Omega, i_Q = 2,45A \\ R_P = 2\Omega, i_P = ? \end{array} \right\} \rightarrow (2,45)(1,9) = (i_P)(2) \rightarrow i_P = 1,9A$$

$$i_T = i_1 = i_P + i_Q$$

$$\rightarrow i_T = (2,45) + (1,9) = 4,35A$$

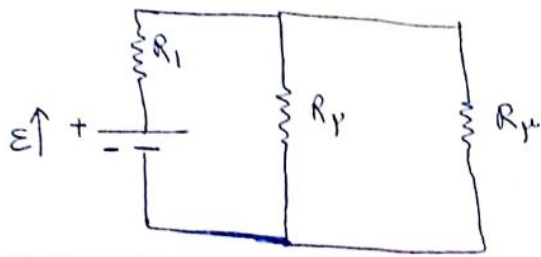


قانون الشعاب : مجموع جریان های ورودی هر نقطه الشعاب = مجموع جریان های خروجی از آن الشعاب

جمع جید جریان های  $I = 0$  ← حاشی از یابستی بار

$$\rightarrow \underbrace{V_T}_{\mathcal{E}} = i_T R_T = (4,35)(3,63) = 15,78 \rightarrow \text{emf باطری آرمانی}$$

۲) در شکل زیر  $R_1 = 2\Omega$  و  $R_2 = 5\Omega$  و با طری آزمای (ست) چه مقداری از  $R_3$   $\frac{P}{R_3}$  را  $\frac{P}{R_3}$  (بیشینه) می‌دهد؟



جایگزینی:  $R_2, R_3 \rightarrow R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{5R_3}{5 + R_3}$

مقدار  $R_1$  و  $R_{23} \rightarrow R_T = R_1 + R_{23} = 2 + \frac{5R_3}{5 + R_3} = \frac{10 + 5R_3}{5 + R_3}$

مقدار  $R_2$  و  $R_3 \rightarrow i_{23} = i_2 + i_3$  و  $V_{23} = V_2 = V_3$

مقدار  $R_1$  و  $R_{23} \rightarrow i_T = i_1 = i_{23}$  و  $V_T = V_1 + V_{23} = E$

مقدار  $R_3$  در  $P_3 \rightarrow P_3 = i_3^2 R_3 = \frac{V_3^2}{R_3}$

$$\left. \begin{aligned} V_3 = V_{23} = i_{23} \cdot R_{23} \\ i_{23} = i_T \text{ و } R_{23} = \frac{5R_3}{5 + R_3} \\ i_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{E}{\frac{10 + 5R_3}{5 + R_3}} \end{aligned} \right\} \rightarrow V_3 = i_T \left( \frac{5R_3}{5 + R_3} \right) \left\{ \begin{aligned} \rightarrow V_3 &= \frac{E(5 + R_3)}{10 + 5R_3} \cdot \frac{5R_3}{(5 + R_3)} \\ \rightarrow V_3 &= \frac{E \cdot 5R_3}{10 + 5R_3} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow P_3 = \frac{1}{R_3} \left( \frac{E \cdot 5R_3}{10 + 5R_3} \right)^2 = \frac{25E^2 R_3}{(10 + 5R_3)^2}$$

$$\rightarrow \frac{dP_3}{dR_3} = 0 \rightarrow \frac{25E^2 (10 + 5R_3)^2 - 2(10 + 5R_3)(5)(25E^2 R_3)}{(10 + 5R_3)^4} = 0$$

$$\rightarrow 25E^2 (10 + 5R_3)^2 - 25E^2 R_3 \cdot 10(10 + 5R_3) = 0 \rightarrow$$

$$25E^2 (10 + 5R_3) \left\{ \frac{10 + 5R_3 - 10R_3}{10 + 5R_3} \right\} = 0 \rightarrow \begin{cases} 10 + 5R_3 = 0 \rightarrow R_3 = -\frac{10}{5} \times \\ 10 - 5R_3 = 0 \rightarrow R_3 = \frac{10}{5} \checkmark \end{cases}$$



۴ = معادلت ۳ و ۴ را با بامری آرمی  $\varepsilon = 4V$  به صورتی بسته شده اند  
 در زمان  $t$  پس از اتصال، آند افرایش بار خازن، (پ) انرژی ذخیره شده در خازن،  
 (ج) تلف انرژی گرمایی و مجدداً به در مقاومت و (ت) انرژی تولید شده توسط بامری میگرداند

جایگزین: الف) آند افرایش بار خازن  $P =$

$$R = 3 \times 10^4 \Omega \quad \frac{dq}{dt} = 1$$

$$C = 1 \times 10^{-6} F$$

$$\varepsilon = 4V$$

$$t = 1s$$

$$q = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

(بار در استون خازن) بار خازن در حالت سار

$$\rightarrow \frac{dq}{dt} = C\varepsilon \left( \frac{1}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \right) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{4}{3 \times 10^4} \cdot e^{-\frac{1}{3 \times 10^4}}$$

$$= 4.55 \times 10^{-5} A$$

ب) آند انرژی ذخیره شده در خازن  $P =$

$$U = \frac{1}{C} \frac{q^2}{2}$$

$$\rightarrow \frac{dU}{dt} = \frac{1}{C} \left( 2q \cdot \frac{dq}{dt} \right) = \frac{q}{C} \frac{dq}{dt} \cdot \frac{C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})}{C} \cdot \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\rightarrow \frac{dU}{dt} = \frac{1}{2} \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = (4.55 \times 10^{-5}) (4) (1 - e^{-\frac{1}{3 \times 10^4}}) = 1.08 \times 10^{-4} W$$

ج) آند تلف گرمایی در مقاومت  $P =$

$$P_i = i^2 R = (4.55 \times 10^{-5} A)^2 (3 \times 10^4 \Omega) = 2.74 \times 10^{-4} W$$

ت) آند انرژی تولید شده توسط بامری  $P =$

$$\frac{dW}{dt} = \varepsilon \frac{dq}{dt} \rightarrow$$

آند انرژی تولید شده توسط بامری

$$\rightarrow P_r = (4) (4.55 \times 10^{-5}) = 3.82 \times 10^{-4} W$$

۴) در شکل زیر،  $\text{emf}$  باتری  $\mathcal{E}_1 = 12\text{V}$  و مقاومت درونی  $r_1 = 0.012\Omega$  و  $\text{emf}$  باتری  $\mathcal{E}_2$  باتری  $\mathcal{E}_2 = 12\text{V}$  و مقاومت درونی آن  $r_2 = 0.012\Omega$  است. باتری‌ها به طور متوالی به مقاومت خارجی  $R$  وصل می‌شوند.

الف) چه مقدار  $R$  اختلاف پتانسیل پایانه به پایانه یکی از باتری‌ها را ۵ می‌کند؟

ب) این  $\text{emf}$  باتری چیست؟

جاسف : قانون حادیت : اگر سادتی در جهت جریان می شود  $\rightarrow$  تغییر بتاییل  $= -iR$   
 " " " در خلاف جهت " " "  $\rightarrow$  " " "  $= +iR$   
 قانون emf : اگر در جهت نیروی محرکی الکتریکی حرکت لیتم  $\rightarrow$  تغییر بتاییل  $= +\mathcal{E}$   
 " " " خلاف جهت " " "  $\rightarrow$  " " "  $= -\mathcal{E}$

حل المسألة:  $V_b + E_r - i r_p + E_1 = i r_1 - i R_p = V_b \rightarrow E_1 + E_r = i(r_p + r_1 + R)$

$$\rightarrow i = \frac{\varepsilon_i + \varepsilon_r}{r_r + r_i + R} = \frac{V(12)}{0.012 + 0.014 + R} = \frac{VE}{0.026 + R}$$

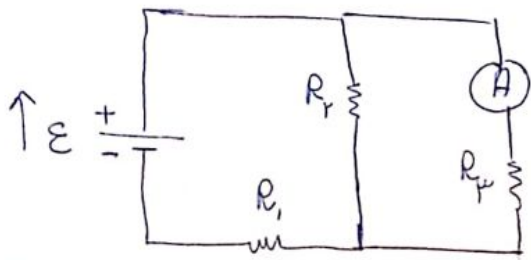
ولتاژ سریایی با همی ها :

$$\begin{cases} V_1 = \varepsilon_1 - i r_1 = 12 - 0.0141 \\ V_2 = \varepsilon_2 - i r_2 = 12 - 0.0141 \end{cases}$$

محل ۲۲۲ ← ولایت ۲ سر پایانی آن زونر = می شود ؟  $\rightarrow 12 - 0.12 = 0$

$$14 = 0.14 \rightarrow \frac{44}{0.28 + R} \cdot 0.14 = 14 \rightarrow 0.32 = 0.28 + R \rightarrow \underline{R = 0.04 \Omega}$$

۵) الف) در شکل زیر اگر  $\mathcal{E} = 5V$  (باتری آرایی) و  $R_1 = 2\Omega$  و  $R_2 = 4\Omega$  و  $R_3 = 2\Omega$  باشد  $\frac{1}{2}$  آمپر منبع چه عدد را نشان می‌دهد؟ ب) حال ما آمپر منبع و باتری را عوض می‌کنیم و نشان دیگری عدد آمپر منبع را تغییر می‌دهد.



ساده ←  $R_2, R_3 \rightarrow R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(4)(2)}{10} = 0.8\Omega$

ساده: الف)

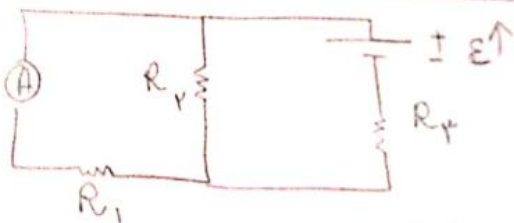
سری ←  $R_1, R_{23} \rightarrow R_T = R_1 + R_{23} = 2 + 0.8 = 2.8\Omega$

$i_{23} = i_2 + i_3 \quad / \quad V_{23} = V_2 = V_3$

$i_T = i_1 = i_{23} \quad / \quad V_T = V_1 + V_{23}$

$i_T = \frac{V_T = \mathcal{E}}{R_T} = \frac{5}{2.8} = 1.78A \rightarrow i_{23} = 1.78A$

$V_{23} = V_2 \rightarrow i_{23} R_{23} = i_2 R_2 \rightarrow (1.78)(0.8) = i_2 (4) \rightarrow i_2 = 0.355A$   
 که آمپر منبع این عدد را در ابتدا نشان می‌دهد.



ب) الف) در شکل زیر باتری و آمپر را عوض می‌کنیم و نشان دیگری عدد آمپر منبع را تغییر می‌دهد.

ساده  $R_2, R_1 \rightarrow R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(2)(4)}{6} = \frac{4}{3}\Omega$

سری  $R_3, R_{12} \rightarrow R_T = R_{12} + R_3 = 1.33 + 4 = 5.33$

$i_3 = i_2 + i_1 \quad / \quad i_T = i_3 = i_{12}$   
 $V_{12} = V_2 = V_1 \quad / \quad V_T = V_3 + V_{12}$

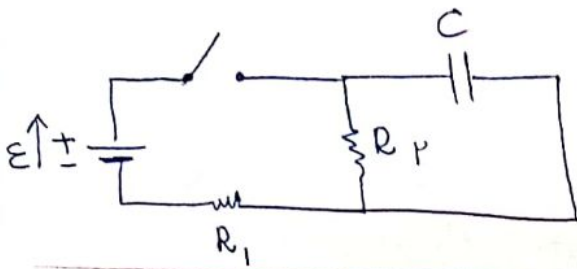
$i_T = \frac{V_T = \mathcal{E}}{R_T} \rightarrow i_T = \frac{5}{5.33} = 0.938A \rightarrow i_{12} = 0.938A$

$V_{12} = V_1 \rightarrow i_{12} R_{12} = i_1 R_1 \rightarrow (0.938)(1.33) = i_1 (2) \rightarrow i_1 = 0.62A$

که عدد آمپر منبع را تغییر می‌دهد.



④ در شکل زیر،  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  و  $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$  و  $C = 0.4 \mu\text{F}$  و  $\text{emf}$  باتری آرسنی  $\mathcal{E} = 20 \text{ V}$  است. نخست ولید بسته می شود و زمانی طولانی می گذرد تا حالت پایا برقرار شود. سپس ولید در لحظه  $t = 0$  بازگشوده می شود. جریان در مقاومت  $R_2$  در  $t = 4 \text{ ms}$  چقدر است؟



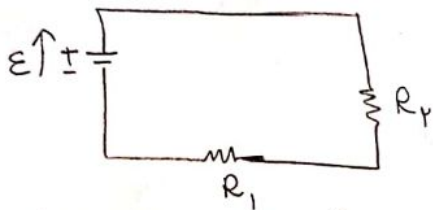
$$R_1 = 10 \times 10^3 \Omega$$

$$R_2 = 15 \times 10^3 \Omega$$

$$C = 0.4 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$\mathcal{E} = 20 \text{ V}$$

جایگزین: وقتی ولید برای مدتی طولانی بسته می شود یعنی خازن کاملاً شارژ شده (در واقع اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن  $\mathcal{E}$  می شود و یعنی بار روی هر صفحه خازن یکسان می شود) و دیگر خازن جریانی را عبور نمی دهد. بنابراین می توان گفت که در این لحظه  $\mathcal{E}$  می افتد به  $R_1$  و  $R_2$  و ولید بازگشوده می شود.



$$\begin{aligned} i_T &= i_1 = i_2 \\ R_T &= R_1 + R_2 = 25 \times 10^3 \Omega \\ \mathcal{E} &= V_1 + V_2 \end{aligned}$$

$$\rightarrow i_T = i_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_T} = \frac{20}{25 \times 10^3} = 8 \times 10^{-4} \text{ A}$$

$$V_C = V_2 = i_2 R_2 = (8 \times 10^{-4}) (15 \times 10^3) = 12 \text{ V}$$

در زمانی که ولید بازگشوده می شود  $R$  و  $C$  یک شبکه بسته می دهند. ولید بار از خازن  $t=0$  تخلیه می شود.

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{تخلیه مدار RC}$$

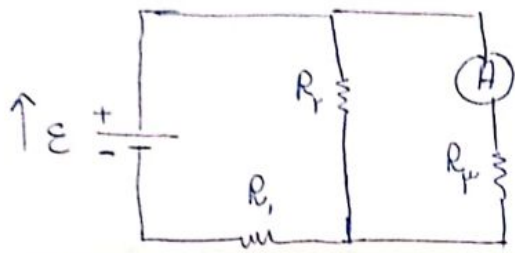
$$i_0 = 8 \times 10^{-4} \text{ A} \quad \text{جریان اولیه در مقاومت } R_2$$

$$\tau_0 = R_2 C = (15 \times 10^3 \Omega) (0.4 \times 10^{-6} \text{ F}) = 6 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$t = 4 \text{ ms} = 4 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\rightarrow t = 4 \text{ ms} \quad \text{جریان در مقاومت } R_2 \rightarrow i = (8 \times 10^{-4} \text{ A}) (e^{-\frac{4}{6}}) = 4.11 \times 10^{-4} \text{ A}$$

۵) الف) در سلسله‌ای از  $\mathcal{E} = 5V$  (باتری آرایی)،  $R_1 = 2\Omega$ ،  $R_2 = 4\Omega$  و  $R_3 = 4\Omega$  است.   
 آمپر سنج چه عدد را نشان می‌دهد؟ (ب) حال ما آمپر سنج و باتری را به‌همین سلسله نشان بگذاریم عدد آمپر سنج را پیدا می‌کند.



جایگزینی: الف)  $R_2, R_3 \rightarrow R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(4)(4)}{10} = 1.6\Omega$

جایگزینی: الف)

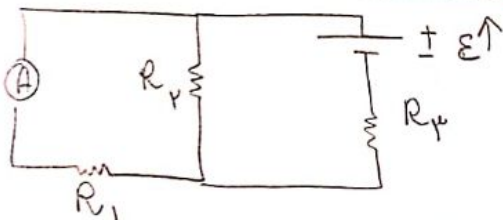
سری  $R_1, R_{23} \rightarrow R_T = R_1 + R_{23} = 2 + 1.6 = 3.6\Omega$

$i_{23} = i_2 + i_3$  /  $V_{23} = V_2 = V_3$

$i_T = i_1 = i_{23}$  /  $V_T = V_1 + V_{23}$

$i_T = \frac{V_T = \mathcal{E}}{R_T} = \frac{5}{3.6} = 1.39A \rightarrow i_{23} = 1.39A$

$V_{23} = V_3 \rightarrow i_{23} R_{23} = i_3 R_3 \rightarrow (1.39)(1.6) = i_3 (4) \rightarrow i_3 = 0.55A$   
 که آمپر سنج این عدد را در ابتدا نشان می‌دهد.



ب) تعریف می‌کنیم آمپر سنج و باتری را به‌همین سلسله:

سری  $R_2, R_1 \rightarrow R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(2)(4)}{6} = \frac{4}{3}\Omega$

سری  $R_3, R_{12} \rightarrow R_T = R_{12} + R_3 = 1.33 + 4 = 5.33\Omega$

$i_3 = i_2 + i_1$  /  $i_T = i_3 = i_{12}$   
 $V_{12} = V_2 = V_1$  /  $V_T = V_3 + V_{12}$

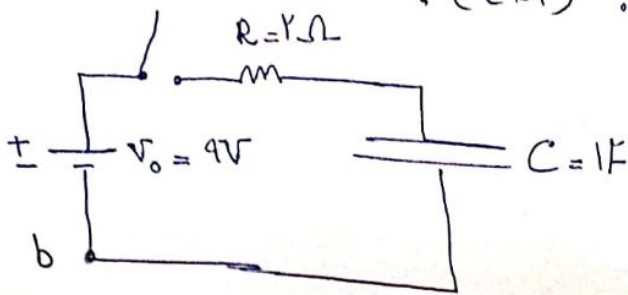
$i_T = \frac{V_T}{R_T} \rightarrow i_T = \frac{5}{5.33} = 0.94A \rightarrow i_{12} = 0.94A$

$V_{12} = V_1 \rightarrow i_{12} R_{12} = i_1 R_1 \rightarrow (0.94)(1.33) = i_1 (2) \rightarrow i_1 = 0.62A$

که عددی است که آمپر سنج نشان می‌دهد.



۷) یک خازن با بار  $1\mu\text{C}$  کولان را در مدار شکل مقابل قرار داده و سپس در  $t=0$  کلید  $S$  را می‌بندیم.  
 الف) مقدار  $2$  ثانیه، مقدار بار خازن را بدست آورید.  
 ب) انرژی تلف شده در مقاومت را طی این  $2$  ثانیه محاسبه کنید. (۳۵٪)



پایه: الف)

$$V_b + V_0 - iR - V_C = V_b \rightarrow V_0 - iR - V_C = 0$$

$$\rightarrow V_0 - R \frac{dq}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \rightarrow V_0 - \frac{q}{C} = R \frac{dq}{dt} \rightarrow V_0 C - q = RC \frac{dq}{dt} \rightarrow$$

$$\int \frac{dq}{V_0 C - q} = \int \frac{dt}{RC} \rightarrow - \int \frac{dq}{q - V_0 C} = \int \frac{dt}{RC} \Rightarrow q - V_0 C = e^{-\frac{t}{RC} + A}$$

$$- \ln(q - V_0 C) = \frac{1}{RC} t + A$$

لغت انتگرال

$$\rightarrow q = V_0 C + \frac{e^{-\frac{t}{RC}}}{B} = V_0 C + B e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$t=0 \rightarrow q' = V_0 C + B \rightarrow B = q' - V_0 C \Rightarrow q = V_0 C + (q' - V_0 C) e^{-\frac{t}{RC}} = q' e^{-\frac{t}{RC}} + V_0 C (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$t = 2\text{s}$   
 $RC = (2\Omega)(1\text{F}) = 2\text{s} \rightarrow$  ثانیه  
 $q' = (q(t=0)) = 3\text{C}$   
 $e \approx 3$

مقدار بار خازن بعد از  $2\text{s}$   
 $\Rightarrow q = 3 \cdot e^{-1} + 4(1)(1 - e^{-1}) = VC \rightarrow$

ب) انرژی تلف شده در مقاومت  $U = \int_0^2 i^2 R dt = \int_0^2 \left(\frac{dq}{dt}\right)^2 R dt$

$$q = V_0 C + (q' - V_0 C) e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow \frac{dq}{dt} = (q' - V_0 C) \left(-\frac{1}{RC}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\rightarrow U = \underbrace{(q' - V_0 C)^2}_{3^2 - 4^2} \cdot \underbrace{\left(-\frac{1}{RC}\right)^2}_{\frac{1}{4}} \cdot R \int_0^2 e^{-\frac{2t}{RC}} dt = 18(1 - e^{-2}) = 14 \text{ J}$$

$$\int_0^2 e^{-\frac{2t}{2}} dt = \left[-e^{-t}\right]_0^2 = 1 - e^{-2}$$