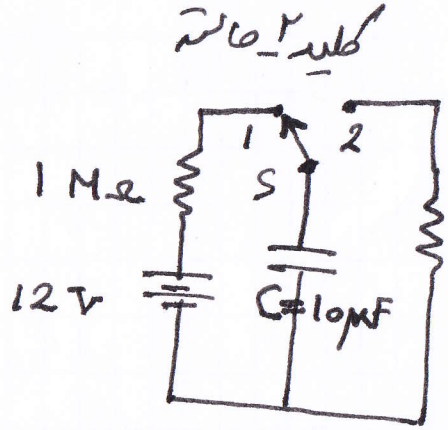
سوال ۱:

کلید S را از حالت ۱ به ۲ می بریم. پس از چند ثانیه ولتاژ خازن به ۹ ولت می رسد؟



حل: در حالت S، خازن از طریق مقاومت 1MΩ شارژ می شود.

وقتی خازن شارژ شده ولتاژ آن به ۱۲ ولت می رسد

ثابت زمانی = $\tau = 5RC = 5 \times 1 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-6} = 50\,s$

مقاومت 1MΩ

حالا وقتی از ۱ به ۲ کلید را جابجا می کنیم همان ولتاژ ۱۲ ولت در مقاومت 100K شروع به شارژ می کند.

ثابت زمانی = $\tau = 5RC = 5 \times 100 \times 1000 \times 10 \times 10^{-6} = 5\,s$

مقاومت 100K

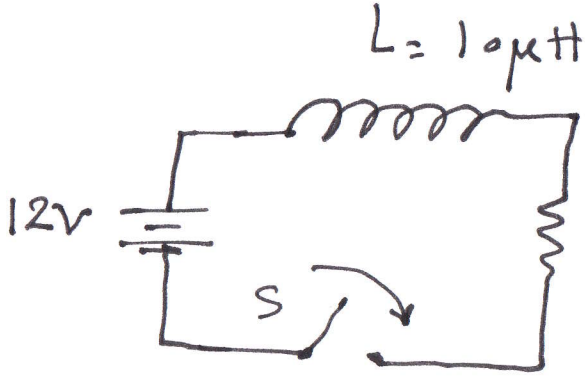
پس کل زمان شارژ می شود 5s.

حالا حساب می کنیم که ۹ ولت چند درصد این زمان می شود.

درصد ولتاژ = $\frac{9}{12} \times 100 = 75\%$

بنابراین: $75\% \times 5\,s = 3{,}75\,s$

سئوال ۳ :



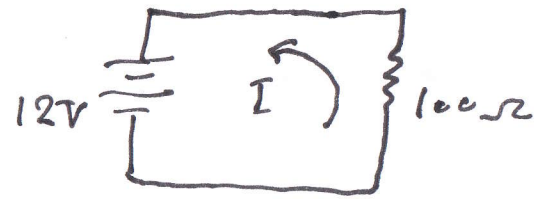
اگر کلید S را ببندیم،
ولتاژ و نرخ رشد مقاومتی
دو سر سیم پیچ چقدر خواهد شد؟
مدت زمان بستن را ۵ از ۲ فرض کنید.

محل:

وقتی کلید S را می بندیم سیم پیچ به اندازه زمان ثابت کامل مقاومت می کند.

$$\text{ثابت زمانی سیم پیچ} = \frac{L}{R} = \frac{10\times10^{-6}H}{100\Omega} = 0.5\times10^{-6}\,s$$

۵ برابر خیلی بیشتر از 0.5×10^{-6} است بنابراین سیم پیچ کاملا شارژ است و عملا نقشی در مدار ندارد. می گوییم به جای آن سیم اتصال کوتاه قرار دهیم.



$$I = \frac{V_{\text{باتری}}}{R} = \frac{12V}{100\Omega} = 0.12\,A$$

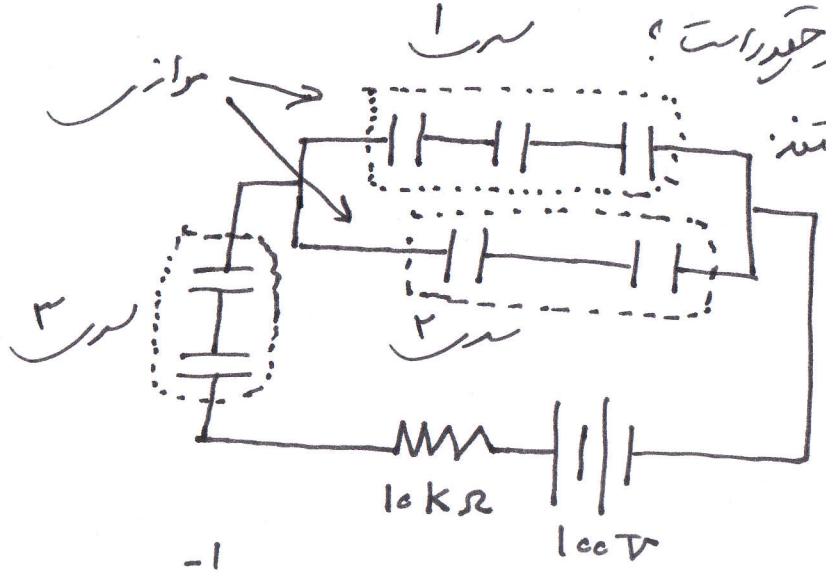
$$\Delta\Phi = L\,\Delta I = 10\times10^{-6}H\times(0.12-0)$$

$$\Delta\Phi = 1.2\times10^{-6}$$ و بر $$\rightarrow \text{نیروی محرکه} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{1.2\times10^{-6}}{0.2} = 6\,\mu Volt$$

سوال ۳ :

مقدار بار ذخیره شده در مدار زیر چقدر است ؟

همه خازن ها ۱۰ میکروفاراد هستند.



حل :

مقاومت نقشی ندارد.

$$C_{\text{سری ۱}}^{-1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = 3 \times \frac{1}{10} \rightarrow C_{\text{سری ۱}} = \frac{10}{3} = 3{,}3\ \mu F$$

$$C_{\text{سری ۲}}^{-1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = 2 \times \frac{1}{10} \rightarrow C_{\text{سری ۲}} = \frac{10}{2} = 5\ \mu F$$

$$C_{\text{سری ۳}}^{-1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = 2 \times \frac{1}{10} \rightarrow C_{\text{سری ۳}} = \frac{10}{2} = 5\ \mu F$$

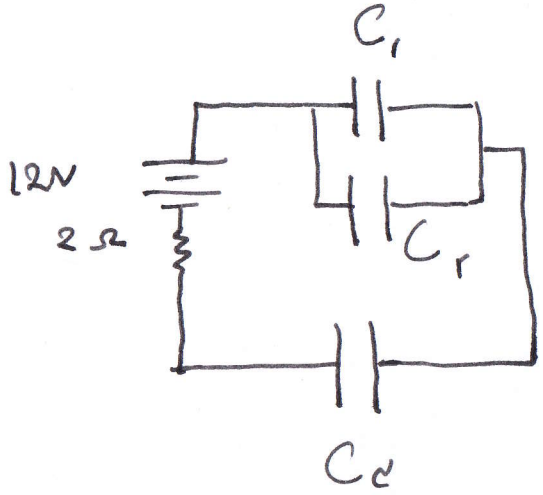
$$C_{\text{سری ۱ و ۲ موازی}} = C_{\text{سری ۱}} + C_{\text{سری ۲}} = 3{,}8 + 5 = 8{,}3\ \mu F$$

$$C_{\text{کل}}^{-1} = \frac{1}{8{,}3} + \frac{1}{5} \Rightarrow C_{\text{کل}} = \frac{5 \times 8{,}3}{5 + 8{,}3} = 3{,}12\ \mu F$$

$$Q = CV = 3{,}12\ \mu F \times 100\ V = 312\ \mu C$$

$$\text{ثابت زمانی} = \tau = 5RC = 5 \times 10\,000 \times 3{,}12 \times 10^{-6}\ F = 0{,}156\ S$$

سئوال ۴:



انرژی مدار زیر چقدر است؟

$C_1 = C_2 = C_3 = 10\,\mu F$

حل:

دو خازن C_1 و C_2 با هم متناظرند:

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 10 + 10 = 20\,\mu F$$

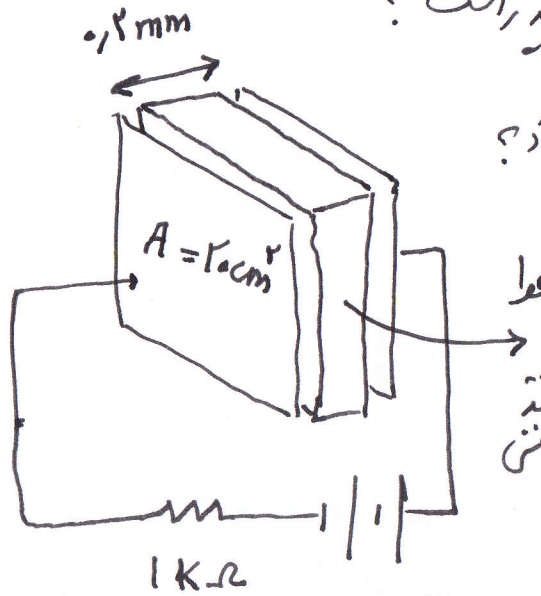
با خازن C_3 سری هستند:

$$C_T = \frac{C_3 C_{12}}{C_3 + C_{12}} = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = \frac{200}{30} = 6{,}6\,\mu F$$

$$W = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \times 6{,}6 \times 10^{-6} \times 12^2 = 475{,}2\,\mu J$$ فول‌ها

سؤال ۵:

- بار الکتریکی خازن زیر چقدر است؟
- چقدر طول می‌کشد تا تخلیه شود؟



حل:

ابتدا ظرفیت ساختاری خازن را بدست می‌آوریم.

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12}\ \frac{F}{m} \times 10 \times \frac{20 \times 10^{-4}\ m^2}{0.2 \times 10^{-3}\ m} = 8.85 \times 10^{-12}\ F$$

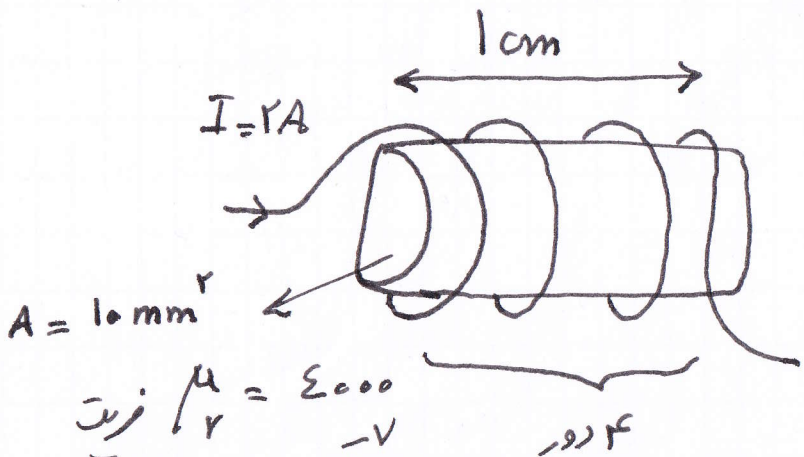
$$Q = CV = 8.85 \times 10^{-12} \times 100 = 8.85 \times 10^{-9}\ C = 8.85\ nC$$

$$\tau = 5RC = 5 \times 1000\ \Omega \times 8.85 \times 10^{-9}\ F = 44.25 \times 10^{-6}\ s$$

زمان تخلیه کامل $= 5\tau = 44.25 \times 10^{-6}\ s$

سؤال ۶ :

جریان برق ۲A از سیم‌پیچ زیر ناگهان در ۰٫۲ ثانیه قطع می‌شود. چند ولت برق در آن القا می‌شود؟



$\mu_r = 5000$ فرض

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

حل :

ابتدا ضریب خودالقایی سیم‌پیچ را بدست می‌آوریم.

$$L = \frac{\mu A N^2}{l} \Rightarrow$$ مقدار μ را می‌نویسیم

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r = 4\pi \times 10^{-7} \times 5000 = 1600\pi \times 10^{-7}$$

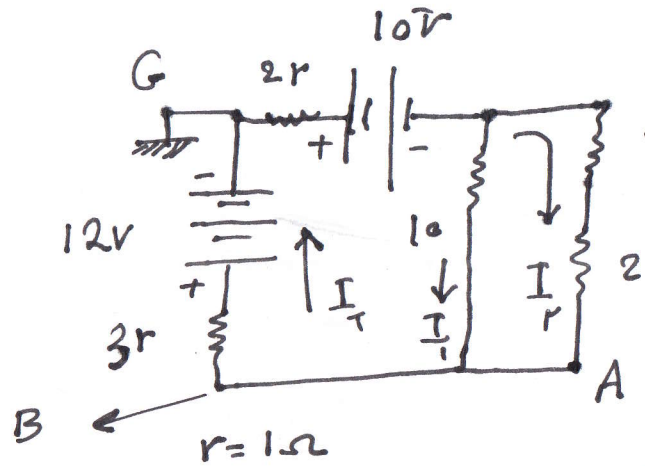
$$L = 1600\pi \times 10^{-7} \times \frac{10 \times 10^{-4}\ m^2 \times 5^2}{0.1\ m} = 80 \times 10^{-6}\ H$$

$$\Delta\Phi = L\Delta I = 80 \times 10^{-6} H \times (0 - 2A) = -160 \times 10^{-6}$$ وبر

$$\mathcal{E}_{emf} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\left(\frac{-160 \times 10^{-6}}{0.2}\right) = 800 \times 10^{-6}\ V$$ نیروی محرکه خودالقایی

سوال ۷:

در شکل زیر اگر نقطه زمین را به قطب منفی ولت‌سنج و نقطه A را به قطب مثبت ولت‌سنج وصل کنیم چه عددی را نشان می‌دهد؟



حل: جریان‌های I_1 و I_2 و I_t را با روش مدار متصل کنیم و با KVL و KCL کار کنیم:

KVL_1: منبع = مصرف

$12 + 10 = I_t(2r + 3r) + I_1 \times 10$, $r = 1\Omega$

$22 = I_t(5\times1) + I_1 \times 10$

KVL_2: $0 = I_2(30+20) - I_1(10) \Rightarrow 10I_1 = 50I_2 \rightarrow I_1 = \frac{50}{10} I_2 = 5I_2$

منبع در حلقه ۲ نداریم

KCL: $I_t = I_1 + I_2 = 5I_2 + I_2 = 6I_2$, $I_2 = \frac{1}{5} I_1$

حال در KVL_1 و KVL_2 قرار می‌دهیم:

$22 = 6\left(\frac{1}{5} I_1\right)(5\times1) + I_1 \times 10$

$22 = 16I_1 \rightarrow I_1 = \frac{22}{16} = 1.375\,A \Rightarrow I_2 = \frac{1}{5} \times 1.375 = 0.275\,A$

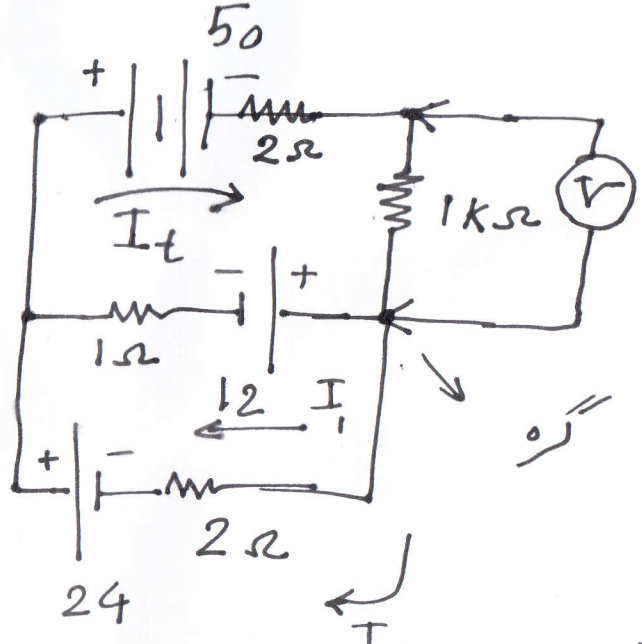
$I_t = 1.375 + 0.275 = 1.65\,A$

ولتاژ A نسبت به G همان ولتاژ B نسبت به G است.

منبع = مصرف

KVL_{BG}: $V_B = I_t(3r) + 12 = 1.65 \times 3 + 12 = 16.95\,V$

سوال ۸ :



ولت سنج ایده‌آل را چه مقداری نشان می‌دهد؟

گره

حل :

در ابتدا گره ۳ جریان داریم.

$I_t = I_1 + I_2$: KCL

۲ عدد حلقه جریان می‌گذاریم :

مصرف = منبع

$50 + 12 = I_t(2) + I_2(1000) + I_1(1)$: KVL_1

$12 + 24 = I_1(1) - I_2(2) \Rightarrow 36 = I_1 - 2I_2$: KVL_2

$I_1 = -2I_2 - 36 \rightarrow I_t = -2I_2 - 36 + I_2$

$I_t = -36 - I_2$ ← جایگذاری در KVL_1

$62 = 2(-36 - I_2) + 1000(-36 - I_2) - 2I_2$

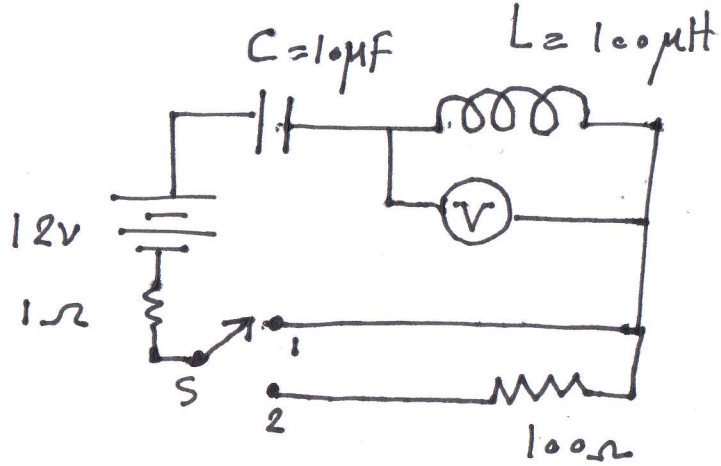
$62 + 72 + 36000 + 36 = -2I_2 - 1000I_2 - 2I_2 \Rightarrow 36170 = -1004I_2$

$I_2 = -36.02\ A \rightarrow I_t = -36 - (-36.02) = +0.02\ A$

$V = I_t R = 1000 \times 0.02 = 20\ V$

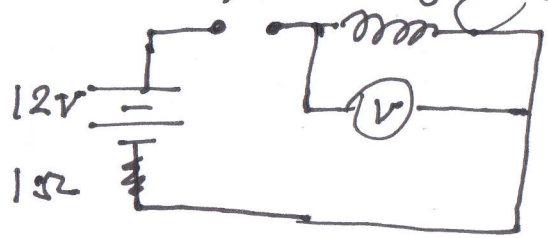
سئوال ۹:

اگر کلید ۱ را در مدت زمان $\frac{1}{100}$ ثانیه به حالت ۲ ببریم حلقه را چه حرکتی خواهد القا کرد؟

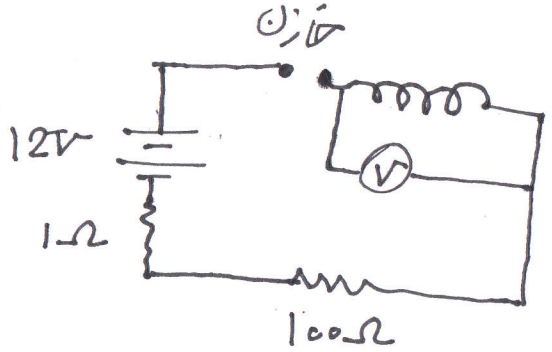


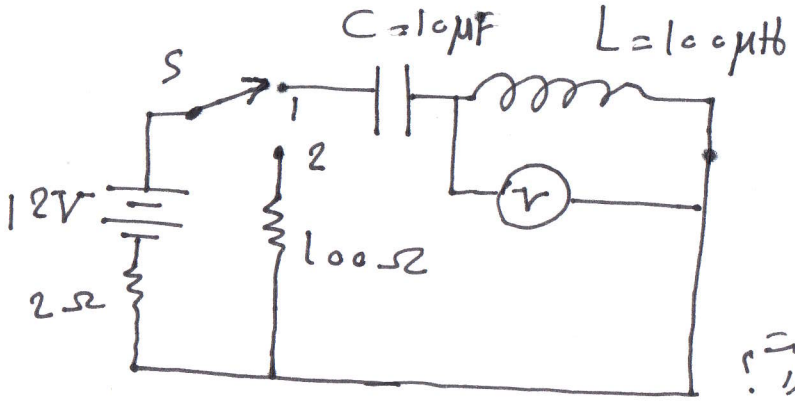
حل:

خازن در حالت $\frac{1}{2}$ که مدار باز است و مدار را قطع می‌کند. خازن ولتاژ عددی را از خود نمی‌دهد.



وقتی مدار به حالت ۲ برود باز هم خازن کامل شارژ است و ولتاژ عددی را از خود نمی‌دهد.

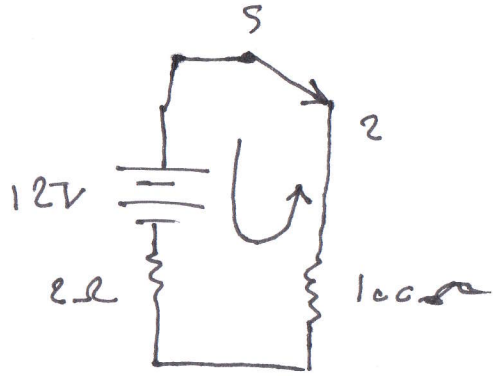




سئوال ۱۰:

در مدار زیر کلید S از ۱ به ۲ آمده است زمان $\frac{1}{100}$ ثانیه می‌رود.

نیرو محرکه خود القایی سیم پیچ چقدر است؟



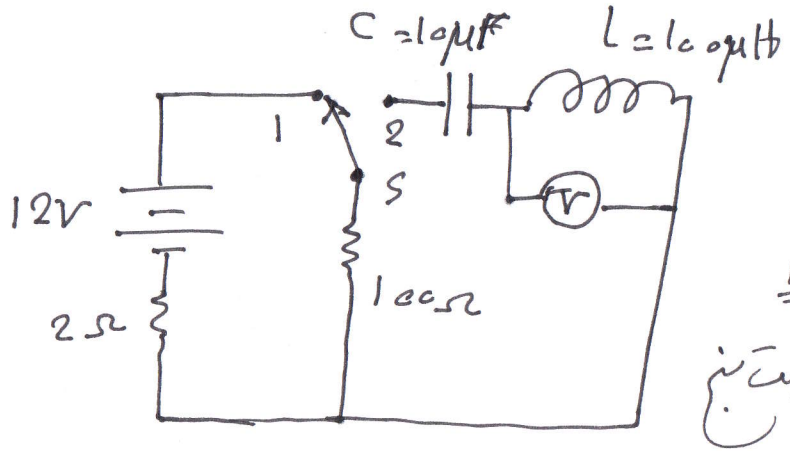
حل:

وقتی کلید روی حالت ۲ می‌رود

خازن کاملاً خارج شده است و از مدار

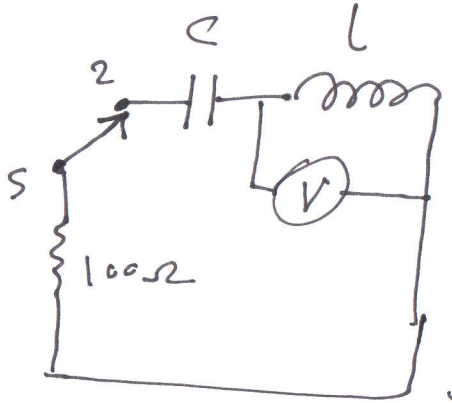
خازن جریانی عبور نمی‌کند. بنابراین

ولتاژ دو سر سیم پیچ تغییری نمی‌کند و هیچ نیروی خودالقایی



سؤال ۱۱:

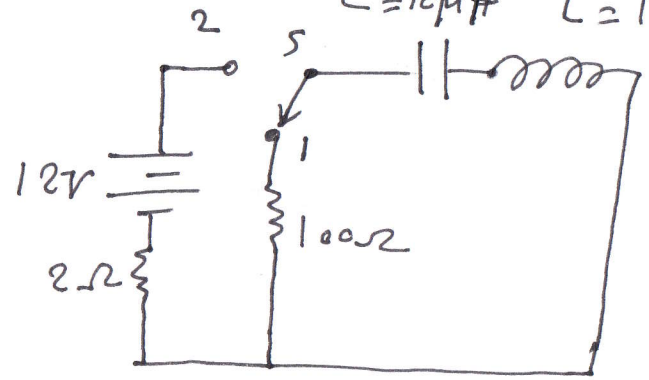
در مدار زیر کلید S در مدت زمان $\frac{1}{100}$ از ثانیه از حالت 1 به حالت 2 می‌رود. ولت‌سنج چه عددی را نشان می‌دهد؟



حل:

وقتی کلید روی 2 می‌رود هیچ جریانی برقرار نیست زیرا از باتری جدا شده است.

سوال ۱۲:

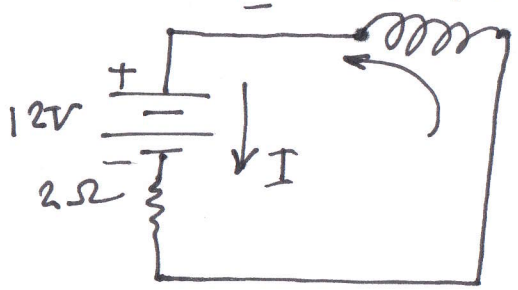


در مدار زیر کلید S از حالت ۱ در مدت زمان $\frac{1}{100}$ ثانیه به حالت ۲ می‌رود. جریان سیم‌پیچ چقدر تغییر می‌کند؟

حل:

۱- وقتی کلید روی ۱ است. خازن شارژ شده است. سیم‌پیچ هم جریان ندارد.

۲- وقتی کلید روی ۲ می‌رود خازن به سرعت جریان را عبور داده و سیم‌پیچ جریان می‌دهد.



مصرف = منبع

$12 = Ir \rightarrow 12 = I(2) \rightarrow I = 6A$

سیم‌پیچ: $\Delta\Phi = L\Delta I = 100\times10^{-6}(6-0)$

$\Delta\Phi = 600\times10^{-6}$ weber

$$V_{emf} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{600\times10^{-6}}{0.01} = 0.06\ V$$

۳- وقتی کلید دوباره به ۲ برمی‌گردد خازن در مقاومت 100Ω شارژ می‌شود.

ثابت زمانی خازن در حالت ۲ = $\tau = 5RC = 5\times2\times10\mu F = 100\mu s$

ثابت زمانی خازن در حالت ۱ = $\tau = 5RC = 5\times100\times10\mu F = 5ms$