2015 問 7　過渡　抵抗、コイル、コンデンサに関する文章問題

以下の記述で，誤っているものを次の（1）～（5）のうちから一つ選べ。

(1)　直流電圧源と抵抗器，コンデンサが直列に接続された回路のコンデンサには，定常状態では電流が流れない。

(2)　直流電圧源と抵抗器，コイルが直列に接続された回路のコイルの両端の電位差は，定常状態では零である。

(3)　電線の抵抗値は，長さに比例し，断面積に反比例する。

(4)　並列に接続した二つの抵抗器 R_1，R_2 を一つの抵抗器に置き換えて考えると，合成抵抗の値は R_1，R_2 の抵抗値の逆数の和である。

(5)　並列に接続した二つのコンデンサ C_1，C_2 を一つのコンデンサに置き換えて考えると，合成静電容量は C_1，C_2 の静電容量の和である。

解説

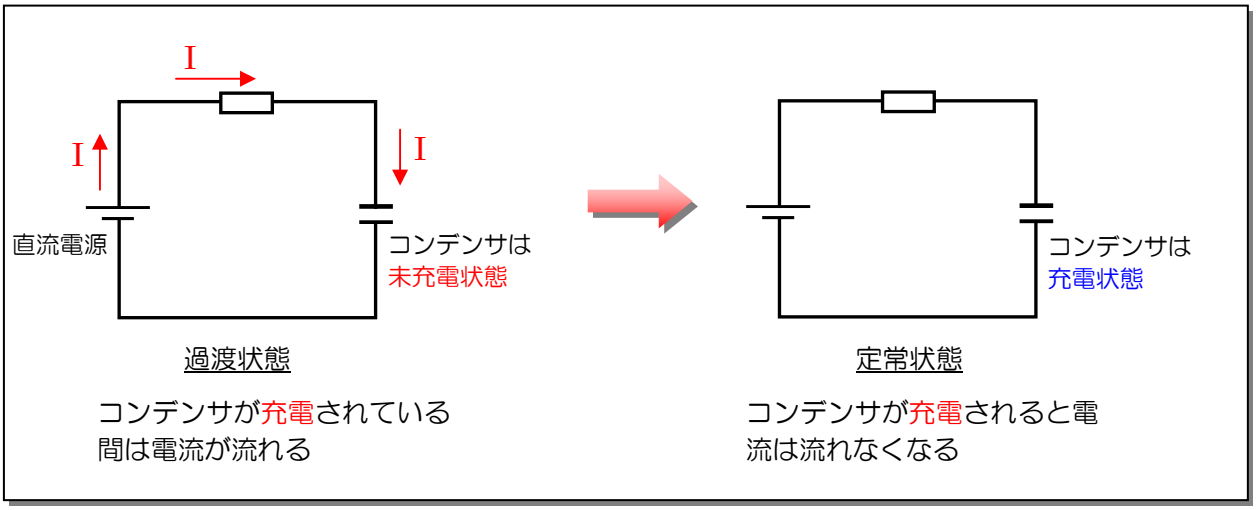
(1)　正しい

直流回路にコンデンサを接続し定常状態になると、回路に電流は流れない。

したがって正しい。

直流電源に抵抗とコンデンサを接続すると、コンデンサが充電されるまでの一瞬の間だけ電流は流れ、この状態を過渡状態と言う。

コンデンサが充電されて定常状態になると電流は流れなくなる。



(2)　正しい

直流電源にコイルを接続すると、コイルは充電されたのち定常状態になる。

コイルが充電されて定常状態になると、コイル両端の電位は同じになるため、電位差は 0 になる。

過渡状態

電流を流し始めた瞬間は、コイルに電流は流れない（コイルの+側までは電流が流れる）。このとき、コイル一次側には電源からの電圧がかかるが、コイルの−側の電圧は 0V になる。

定常状態

コイルが定常状態になると、コイルに電流が 100%流れるため、コイル一次側と二次側の電圧は同じになる。

(3)　正しい

長さ L [m]、断面積 A [m²]、抵抗率 ρ のときの電線の抵抗 R を求める式は $R = \rho \frac{L}{A}$ 。

この式から、抵抗は電線の長さに比例し、太さ(断面積)に反比例することがわかる。

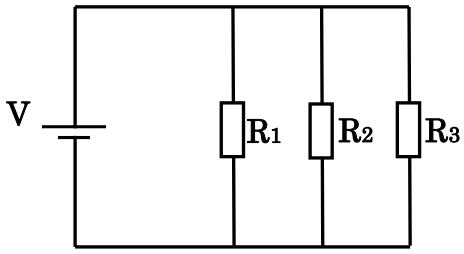
(4)　誤り

並列回路の合成抵抗を求める式は次のようになる。

公式

並列回路の合成抵抗を求める式

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$



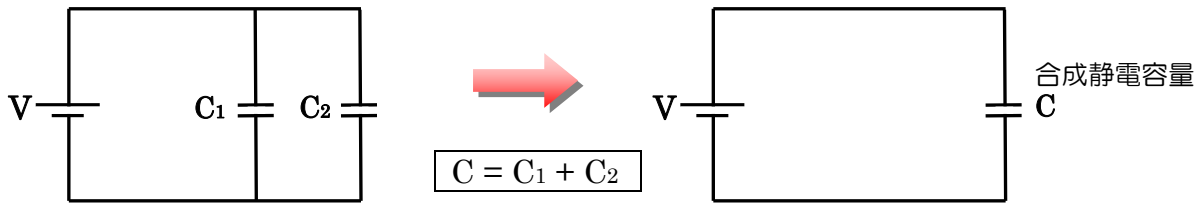
$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$ から、並列回路の合成抵抗を求める式は、R_1 と R_2 の逆数の和の逆数になることがわかる。したがって、誤り。

問題文にある「R_1とR_2の逆数の和」の場合は、$R=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$ になる。

$\dfrac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}$	・・・R_1とR_2の逆数の和の逆数
$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$	・・・R_1とR_2の逆数の和

(5)　正しい

静電容量 C_1 [F] と 静電容量 C_2 [F] のコンデンサを並列に接続したときの合成静電容量 C を求める式は $\boxed{C = C_1 + C_2}$ になる。したがって正しい。

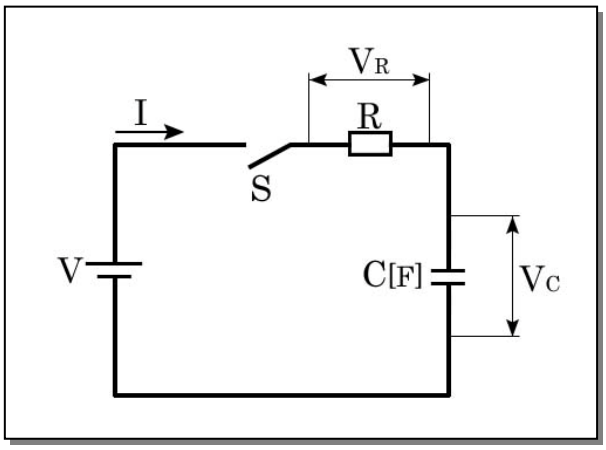


答　(4)

(1)の補足

コンデンサ充電時の過渡現象

直流電源、抵抗、コンデンサの３つを直列につないだ回路において、
コンデンサが充電されるときの様子を見てみましょう。



コンデンサの充電とは、コンデンサに電荷が溜まること。
電源の＋が接続された側には＋の電荷が、
電源の－が接続された側には－の電荷が 溜まります。

① 上の回路においてスイッチＳを閉じると、
回路に電流が流れ、コンデンサは徐々に充電されていきます。

② そしてコンデンサが完全に充電されると、それ以上電流は流れなくなります。

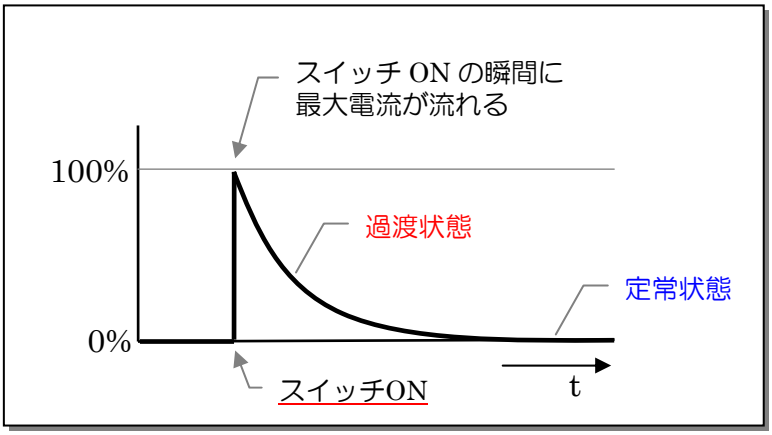
①の電流が流れている状態は過渡状態、②の電流が流れなくなった状態は定常状態になります

充電時の電流電圧の変化について見ていきましょう。

電流 I

回路に流れる電流 I はスイッチを入れた瞬間に最大電流（100%）が流れ、
その後 時間とともに減っていき、最後は 0 になります。
コンデンサが完全に充電されると、それ以上電流は流れなくなります。

定常状態

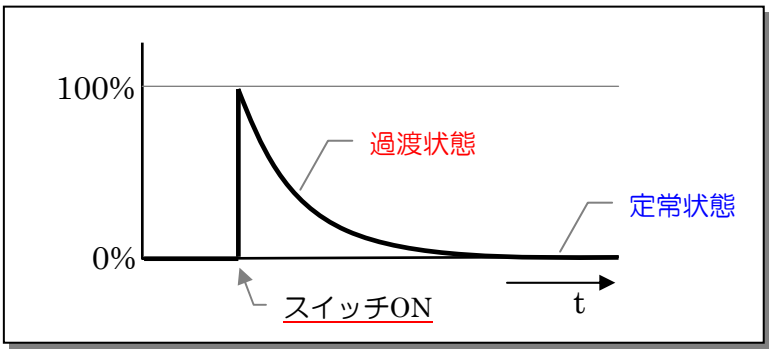


電流 I のグラフ

電圧 V_R （抵抗R にかかる電圧）

スイッチを入れた瞬間は、抵抗の両端の電位差は最大(電圧は最大)、コンデンサが充電されるにつれて、抵抗の両端の電位差は小さくなっていき、コンデンサが完全に充電されると、抵抗両端の電位差はゼロになり、それ以降電圧は変化しなくなります。

定常状態

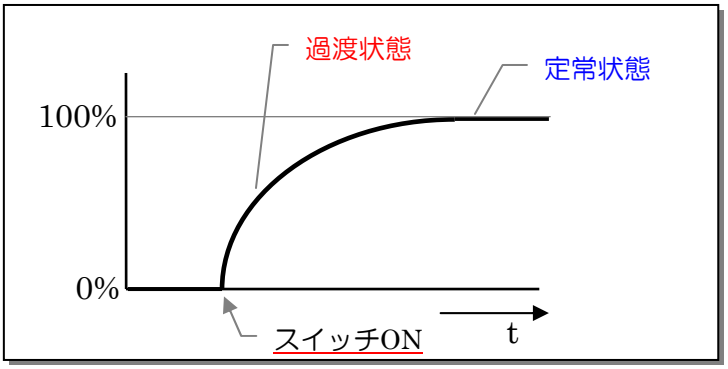


V_R のグラフ

V_R の変化の様子は、電流 I と同じになる。
したがって、V_R のグラフは 電流 I と同じ形になります。

電圧 Vc （コンデンサにかかる電圧）

スイッチを入れた瞬間はコンデンサには電荷が溜まっていないのでコンデンサ両端の電位差は 0、つまり $V_c = 0$ になっています。
電流が流れると、コンデンサの＋側には＋の電荷、－側には－の電荷が徐々に溜まっていき コンデンサ両端の電位差は大きくなっていきます。
コンデンサが完全に充電されたとき電位差(電圧)は最も大きくなり、コンデンサ両端の電位差は 電源電圧と同じになります。



V_C のグラフ

(2)の補足

コイル充電時の過渡現象

コイルもコンデンサと同様、電気を蓄えることができます。
そのためコイルに直流電源を接続すると、コイルは充電されます。
直流電源、抵抗、コイルを直列につないだ回路の過渡現象について見てみましょう。

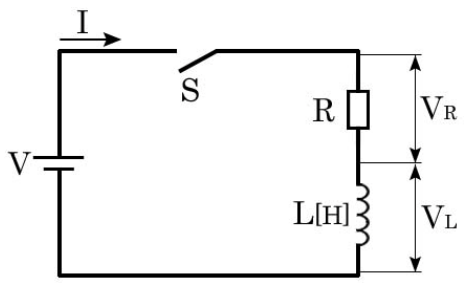


図 1

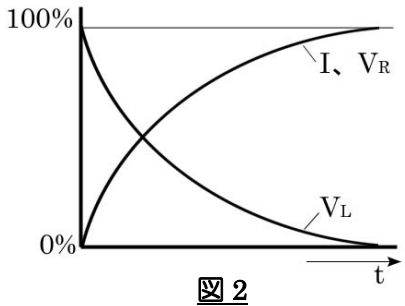


図 2

縦軸は電圧と電流の割合(%)を、
横軸は時間 t を表す

図 1 の回路において、スイッチ S を閉じた瞬間、コイルに電流は流れませんが、時間とともに徐々に流れるようになります。
徐々に電流が流れ、電流値が増加している状態は過渡状態になり、一定時間経過後、電流は100%流れるようになり、定常状態になります。

図 2 はその**過渡現象**の様子を表したグラフです。

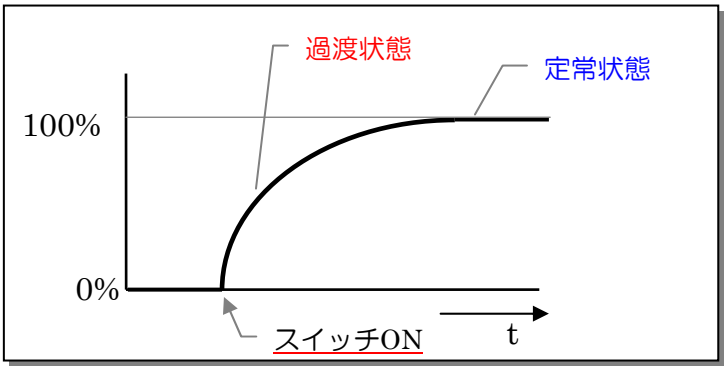
I： 回路に流れる電流
V_R： 抵抗にかかる電圧　　（I とV_R は同じグラフになります ）
V_L： コイルにかかる電圧

I と V_R は、0 → 100％ 、V_L は、100 → 0％ と変化する。

グラフを見ると、コイルにかかる電圧 V_L は一定時間後に定常状態になると 0 になる。
定常状態のコイルに電圧はかからない。つまり定常状態のとき、コイル両端の電位は等しくなり、電位差は 0 になるということです。

電流 I

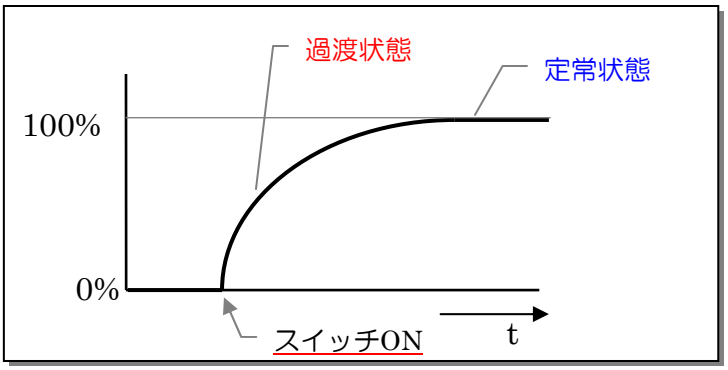
スイッチを入れた瞬間、コイルに電流 I は流れませんが、
時間とともに徐々に流れるようになります。
そして 一定時間後には 100%流れるようになり、定常状態となります。



電流I のグラフ

電圧 V_R

スイッチを入れた瞬間はコイルに電流が流れないため、コイルは**仮想開放状態**にあると言えます。そのため、スイッチを入れた瞬間は抵抗 R に電圧はかかりませんが、コイルに流れる電流が増加するにともなって抵抗 R にかかる電圧も大きくなります。
コイルに流れる電流 I が最大になると、V_R も最大になります（このとき定常状態）。



V_R のグラフ

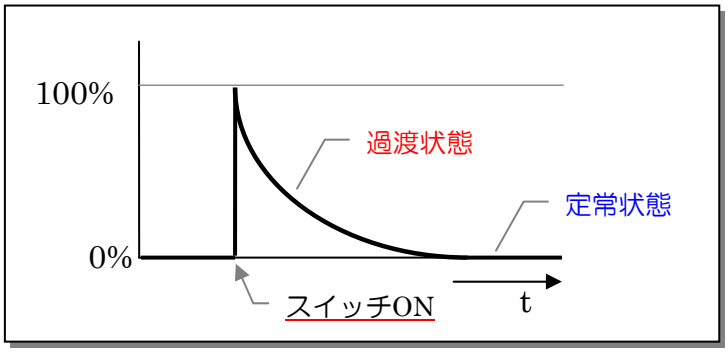
V_R の変化の様子は 電流 I と同じになります。
したがって、V_R のグラフは 電流 I と同じ形になります。

電圧 V_L

スイッチを入れた瞬間、
コイルの一次側には 100% の電圧が かかりますが、スイッチを入れた瞬間は、コイルは電流を流さないので コイルの二次側電圧は 0[V] になります。
そのため、スイッチを入れた瞬間のV_L は最大(100%)になります。

その後、徐々に流れる電流は増えていくため コイル両端の電位差は減っていき、
電流が100%流れると、コイル両端の電位差は 0[V] になります。

$V_L = 0$



V_L のグラフ

(3)の補足

電線の抵抗(電気抵抗)は電線の材質、太さ、長さなどによって変わり、次の式によって求めることができます。

公式

長さ L [m]、断面積 A [m²]、抵抗率 ρ のときの抵抗 R を求める公式

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

R [Ω]: 抵抗

A [m²]：断面積

L [m]：長さ

ρ [Ω·m]：抵抗率

この公式から抵抗は電線の長さに比例し、太さ(断面積)に反比例することがわかる。つまり、長くて細い電線は抵抗が大きく、短くて太い電線は抵抗が小さくなります。