

入試問題研究 第139回 2005年 同志社大学 ②コイル・コンデンサー 解答・解説

次の文中の空欄①から⑨に当てはまる数値を有効数字2桁で記入せよ。また、空欄(a)に当てはまる語句を解答群から選びなさい。

図1において、Eは起電力 68 V の電池、rは抵抗値 $1.0 \times 10^2 \Omega$ の抵抗、 C_0 は電気容量が $1.0 \times 10^{-3} \text{ F}$ のコンデンサー、Lは自己インダクタンス 2.5 H のコイル、Rは抵抗値 1.0×10^2 の抵抗とする。

はじめに、スイッチ S_1 と S_2 は開いていて、 C_0 には電荷がたくわえられていない。スイッチ S_1 のみを閉じて十分に長い時間が経過した時点で、コンデンサー C_0 にたくわえられる電荷は ① C であり、このとき C_0 たくわえられているエネルギーは ② J である。その後、スイッチ S_1 を開き、ついでスイッチ S_2 を閉じて C_0 の電荷を放電する。このときに回路を流れる電流 I [A] を、 S_2 を閉じてからの時間 t [s] に対するグラフにして表すと、図2のような、なめらかな曲線となった。図2のグラフより、電流ははじめ急激に増加し ③ 秒後に最大値 ④ A に達し、そののち比較的緩やかに減少してやがて 0 A に近づくことがわかる。

いま、図1のOを基準点としてPとQの電位をそれぞれ V_R 、 V_C と表すと、電流が最大となる時刻における V_R は、⑤ V、 V_C は ⑥ V である。図2のグラフ上で、ある時刻における曲線の接線を引くと、その傾きはそ

のときの電流の時間的変化率 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ を与える。そこで時刻 0.14 秒における接線を引くと、傾きはおおよそ ⑦ A/s である。一方、時刻 0.14 秒では、電流 I はおおよそ ⑧ A であるので、このときの V_C は ⑨ V である。 S_2 を閉じて十分に時間が経過すると、電流は 0 A となる。したがって、図2の曲線と横軸 ($I=0$) に囲まれた部分の全面積は (a) に相当する。

[解答群]

- (1) S_1 を閉じている間に E のした仕事
- (2) R で消費されたエネルギー
- (3) 放電開始時 ($t=0$) に C_0 にたくわえられた電荷

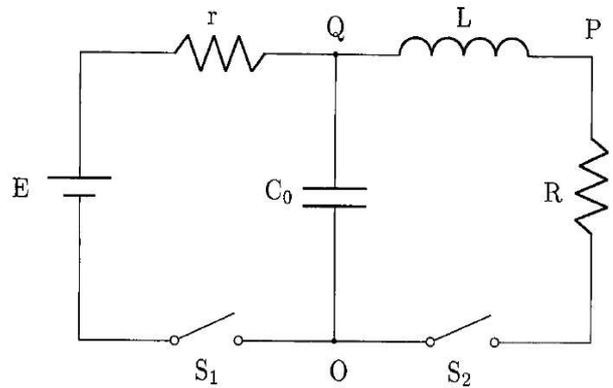


図1

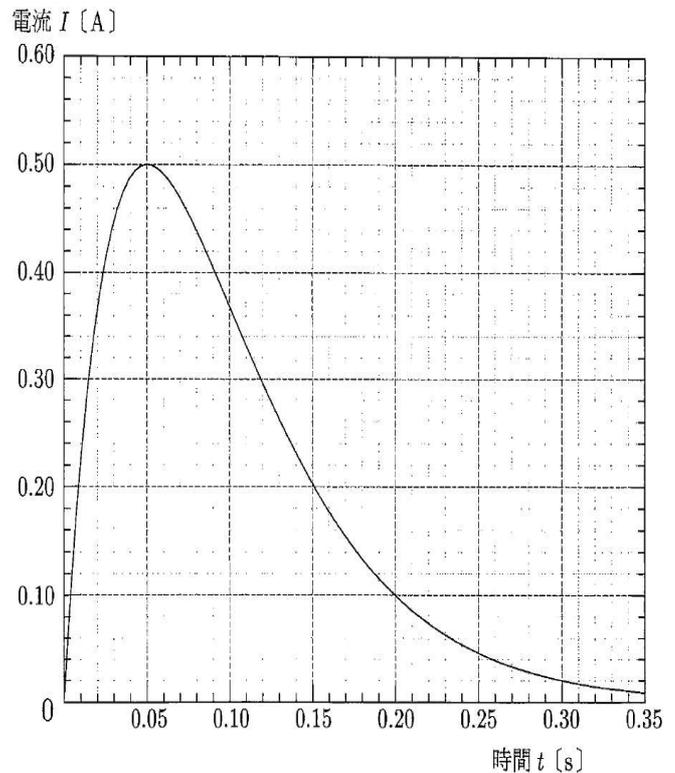


図2

入試問題研究 第139回 2005年 同志社大学 ②コイル・コンデンサー

スイッチ S_1 のみを閉じて十分に長い時間が経過した時点では、コンデンサー C_0 に 68 V の電圧がかかる。だから、コンデンサーにたくわえられる電荷は、コンデンサーの公式 $Q=CV$ より、 $1.0 \times 10^{-3} \times 68 = 6.8 \times 10^{-2}$ …①[C] である。また、コンデンサーにたくわえられているエネルギーの公式 $U = \frac{1}{2} CV^2$ より、 $\frac{1}{2} \times 1.0 \times 10^{-3} \times 68^2 = 2.31\dots$ だから、 2.3 …② [J] である。

その後、スイッチ S_1 を開き、ついでスイッチ S_2 を閉じて C_0 の電荷を放電する。このときに回路を流れる電流 I [A] を、 S_2 を閉じてからの時間 t [s] に対するグラフにしたものが図2である。図2のグラフを見れば明らかのように、電流ははじめ急激に増加し 0.050 …③秒後に最大値 0.50 …④[A] に達し、そののち比較的緩やかに減少してやがて 0 [A] に近づくことがわかる。

いま、図1のOを基準点としてPとQの電位をそれぞれ V_R 、 V_C と表す。

電流が最大となる時刻では、電流変化がゼロである。コイルの誘導電圧の公式 $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ より、コイルに発生する誘導電圧はゼロである。その結果、コンデンサーの電圧と抵抗の電圧降下は等しくなる。抵抗の電圧降下 V_R は、 $0.50 \times 1.0 \times 10^2 = 5.0 \times 10^1$ …⑤ [V] である。よって、コンデンサーの電圧 V_C も 5.0×10^1 …⑥ [V] である。

時刻 0.14 秒における電流のグラフに接線を引く。接線の傾きはおおよそ -3.0 …⑦ [A/s] である。コイルの誘導電圧の公式 $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ より、コイルに発生する電圧は $2.5 \times 3.0 = 7.5$ [V] である。電流が減少するときだから、電流を流す方向に誘導起電力が発生する。

また、時刻 0.14 秒での電流 I はおおよそ 0.23 …⑧ [A] である。このときの抵抗の電圧降下はオームの法則より $0.23 \times 1.0 \times 10^2 = 23$ [V] である。

アースから回路の右側をとおり、コンデンサーの上の極板まで電位の上下をたどればよい。

抵抗で 23 [V] 電位が上がり、コイルで 7.5 [V] 電位が下がる。よって、あわせて電位は 25.5 [V] アースより上がるのだから、コンデンサーの電圧(アースからの電位) V_C は 26 …⑨ [V] である。

S_2 を閉じて十分に時間が経過すると、電流は 0 A となる。このとき、コンデンサーの電気量もゼロとなる。したがって、図2の曲線と横軸 ($I=0$) に囲まれた部分の全面積はその間に流れた電気量だから、面積は (3) に相当する。