

平成 29 年度 統一テスト
(理数基礎学力到達度テスト)
＜問題冊子①＞必答問題

大問 1 (数学①)

試験時間 13:30～14:15

解答開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません

【解答する際の注意】

1. 大問 1 問につき解答用紙 1 枚 (裏面もあり) を用いること.
2. マーク式解答と記述式解答の混合なので注意すること (マーク式のみの大問もあり).
3. 解答の仕方に特に指示が無い場合は, 問題文の **A1**, **A2**, … にあてはまるものを該当する解答群 (選択肢) から選び, 選択肢の番号①, ②…で答えること. 同じ選択肢が複数回あてはまることもある.
4. 問題に関する質問は, 汚損で読めない等以外は原則認めない.

大問 1 (数学①) 必答問題

電気回路は、私達の身近にある様々な電化製品の中に存在する。製品の働きの目的に応じて、電気回路中には色々な種類の素子が組み込まれている。それらの電化製品を使うには、何らかの起電力発生装置（電気エネルギー源）が必要である。日常生活では、電池を製品に装着したり、発電機につないだり、コンセントに製品のプラグを差し込んだりして起電力を得ている。本問では、最も基本的な 3 つの素子、抵抗器、コンデンサー（キャパシター）、コイル（インダクター）を持つ電気回路をモデル化し、電荷や電流の時間変化を考える。なお、回路中の起電力発生装置や導線については、内部抵抗の無い理想的なものと仮定する。

図 1-1 のように、電流 $I = I(t)$ が各素子を通るとき、 a 端を基準とする b 端の電位を電位差と呼び、各々 E_R , E_C , E_L とおく。抵抗器は、エネルギーを消費する素子であり、例えば電球や電熱器である。抵抗器の電気抵抗 R （単位は Ω : オーム）は電流を阻む尺度である。図 1-1 では、電位の低い方へ電流が向かうことから、次式が成り立つ。

$$E_R = - \boxed{\text{A1}} \quad (1-1)$$

この $\boxed{\text{A1}}$ を、抵抗における電圧降下という。

キャパシターは、電場の中にエネルギーを蓄える素子である。キャパシターを電池でゆっくり充電させてから短時間に大きな電力で放電させる技術は、例えば写真撮影のフラッシュやストロボで用いられている。キャパシターの電気容量 C （単位は F : ファラッド）は、電極間に単位電位差を生み出すために蓄える必要がある電荷の量で定義され、電荷および電気エネルギーを蓄える能力の尺度である。図 1-1 のようにキャパシターに電荷 $Q = Q(t)$ が蓄えられている場合、キャパシターの両端に生じる電位差は Q/C であり、正電荷がたまった側の電位が高いため、次式が成り立つ。

$$E_C = -\frac{Q}{C} \quad (1-2)$$

この Q/C を、キャパシターにおける電圧降下という。キャパシターに蓄えられた電荷の量は、図 1-1 のような電流 $I = I(t)$ により増えることになる。電流は導線ループ中の任意の点における導線断面を単位時間に通過する電荷の量として定義されるので、キャパシターにおいては、次式が成り立つ。

$$I = \boxed{\text{A2}} \quad (1-3)$$

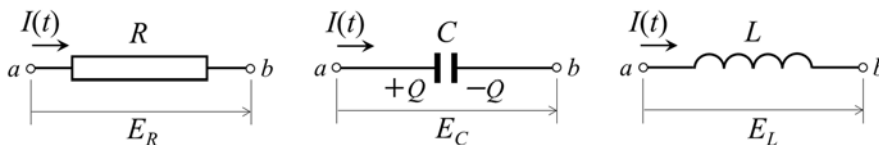


図 1-1 各素子を通る電流と両端の電位差

インダクターは、電流によって生ずる磁場のエネルギーを蓄える素子である。インダクターには、流れる電流の変化（増加や減少）を妨げる向きに起電力が発生するため、次式が成り立つ。

$$E_L = -L \frac{dI}{dt} \quad (1-4)$$

この $L(dI/dt)$ を、インダクターにおける電圧降下という。インダクターの自己インダクタンス L （単位は H：ヘンリー）は、インダクターに電流を流したときに作り出される磁場とインダクターとの結合の強さを示す値であり、電流の変化を阻む尺度である。

1. 電気回路を次のようにモデル化して微分方程式を立てなさい。

以下に示す各回路において、電流は図中に示された向きを正とする。指定する閉じたループにおいて、ループに沿った各素子における電圧降下の和が起電力 $E = E(t)$ に等しいことを用いる。

(1) 抵抗器、インダクター、キャパシターが1つずつ直列につながっている、図 1-2 のような単ループ回路をモデル化して微分方程式を立てなさい。

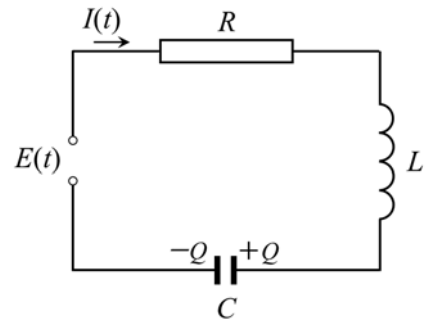


図 1-2 単ループ回路

式(1-1), (1-2), (1-4)を用いると、左辺を各素子の電圧降下の和、右辺を起電力として次式が成り立つ。

$$\boxed{\text{A1}} + L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} Q = E$$

式(1-3)を用いて整理すると、キャパシターの電荷に関する 2 階の常微分方程式を得る。

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q = E \quad (1-5)$$

回路を流れる電流に注目したい場合は、式(1-3)より次式を得る。

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} I = \boxed{\text{A3}} \quad (1-5)'$$

- | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------|-------------------|------------------------|
| ① $\frac{I}{R}$ | ② $\frac{R}{I}$ | ③ RI | ④ $R^2 I$ | ⑤ RI^2 | ⑥ Q | ⑦ $\frac{dQ}{dt}$ |
| ⑧ $\frac{d^2 Q}{dt^2}$ | ⑨ I | ⑩ $\frac{dI}{dt}$ | ⑪ $\frac{d^2 I}{dt^2}$ | ⑫ E | ⑬ $\frac{dE}{dt}$ | ⑭ $\frac{d^2 E}{dt^2}$ |

(2) キャパシターとインダクターが 2 つずつ入っている
 図 1-3 のような複数ループ回路を考える。構成素子は、キャパシター1 (電気容量 C_1)、キャパシター2 (電気容量 C_2)、インダクター1 (インダクタンス L_1)、インダクター2 (インダクタンス L_2) である。各々のキャパシターに蓄えられる電荷を Q_1 、 Q_2 とおく。また、各箇所を流れる電流を、 I_1 、 I_2 、 I_3 とする。この回路をモデル化して微分方程式を立てなさい。

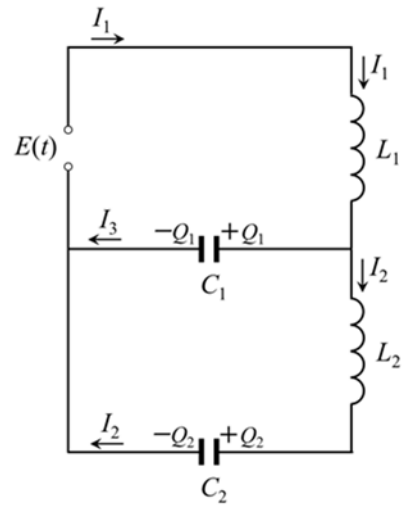


図 1-3 複数ループ回路

上のループは、インダクター1 とキャパシター1 から成り、起電力 $E = E(t)$ を持つ。下のループは、インダクター2、キャパシター2、キャパシター1 から成る。式(1-1)、(1-2)、(1-4)を用いると、左辺を各素子の電圧降下の和、右辺を起電力として、各ループで次式が成り立つ。

$$\text{上のループ: } L_1 \frac{dI_1}{dt} + \frac{Q_1}{C_1} = E$$

$$\text{下のループ: } L_2 \frac{dI_2}{dt} + \boxed{\text{A4}} - \boxed{\text{A5}} = \boxed{\text{A6}}$$

各キャパシターにおいて、次式が成り立つ。

$$\frac{dQ_1}{dt} = I_3, \quad \frac{dQ_2}{dt} = I_2$$

また、電流の分岐点においては流れ込む電流の和と流れ出る電流の和が等しいことから、次式が成り立つ。

$$I_3 = \boxed{\text{A7}} - \boxed{\text{A8}}$$

これらより、電流に関する 2 階の連立常微分方程式が以下のように得られる。

$$\text{上のループ: } L_1 \frac{d^2 I_1}{dt^2} + \frac{1}{C_1} I_1 - \boxed{\text{A9}} I_2 = \boxed{\text{A3}}$$

$$\text{下のループ: } L_2 \frac{d^2 I_2}{dt^2} - \boxed{\text{AX}} I_1 + (\boxed{\text{B1}} + \boxed{\text{B2}}) I_2 = \boxed{\text{A6}}$$

- ① 0 ② $\frac{1}{C_1}$ ③ $\frac{1}{C_2}$ ④ Q_1 ⑤ Q_2 ⑥ $\frac{Q_1}{C_1}$ ⑦ $\frac{Q_2}{C_2}$
 ⑧ I_1 ⑨ I_2 ⑩ E ⑪ $\frac{dQ_1}{dt}$ ⑫ $\frac{dQ_2}{dt}$ ⑬ $\frac{dI_1}{dt}$ ⑭ $\frac{dI_2}{dt}$ ⑮ $\frac{dE}{dt}$

2. 抵抗器とキャパシターを含む直列回路に，起電力 $E = E(t)$ の電源が繋がれている（図 1-4）．最初，キャパシター上の電荷は $Q = 0$ である．スイッチを入れたときの時刻を $t = 0$ とし，この回路について，次の間に答えなさい．

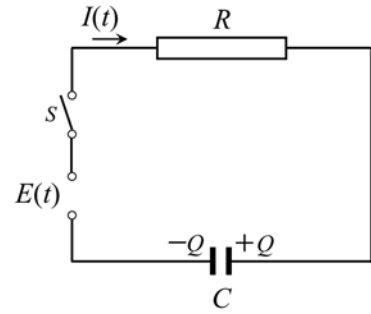


図 1-4 RC 回路

この回路は，式(1-5)からインダクターの項が除かれた次式によりモデル化される．

$$R \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{C} Q(t) = E(t)$$

これは，1 階の非斉次微分方程式であり，変数分離法と定数変化法を用いて解いていく．まず， $E(t) = 0$ の場合を考えると， c_B を定数として，次の斉次解を得る．

$$Q(t) = c_B \exp(\boxed{\text{B3}} t) \quad (1-6)$$

次に， $E(t)$ を考慮して， c_B を改めて t の関数とする．式(1-6)の両辺を t で微分して整理すると，次式を得る．

$$\frac{dc_B}{dt} = \frac{E(t)}{R} \exp(\boxed{\text{B4}} t) \quad (1-7)$$

- (1) 起電力が $E(t) = E_0 (> 0)$ で一定である場合

式(1-7)に $E(t) = E_0$ を代入して，両辺を積分する．

$$c_B = \boxed{\text{B5}} \exp(\boxed{\text{B4}} t) + c_C \quad (\text{ただし，} c_C \text{ は積分定数})$$

これを式(1-6)に代入し，初期条件より $c_C = \boxed{\text{B6}}$ を得る．これより，求めるキャパシター上の電荷 $Q(t)$ を得る．

$$Q(t) = CE_0 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{RC} t\right) \right\} \quad (1-8)$$

式(1-8)より，電流 $I(t)$ ，抵抗の両端の電位差 $E_R(t)$ ，キャパシターの両端の電位差 $E_C(t)$ の式を得ることができる．なお， $E_R(t)$ と $E_C(t)$ は式(1-1)と式(1-2)に従う．

- ① $\frac{1}{C}$ ② $-\frac{1}{C}$ ③ $\frac{1}{RC}$ ④ $-\frac{1}{RC}$ ⑤ $\frac{E_0}{R}$ ⑥ $-\frac{E_0}{R}$ ⑦ CE_0
- ⑧ $-CE_0$ ⑨ E_0 ⑩ $-E_0$ ⑪ $\frac{E(t)}{R}$ ⑫ $-\frac{E(t)}{R}$ ⑬ $CE(t)$ ⑭ $-CE(t)$
- ⑮ $E(t)$ ⑯ $-E(t)$ ⑰ 1 ⑱ -1 ⑲ 0

(i) 解答用紙裏面の記述欄 1 に図 1-5 が印刷されているので、同じ図上に $E_R(t)$ と $E_C(t)$ のグラフの概略を描き、各グラフの横に式も書きなさい。

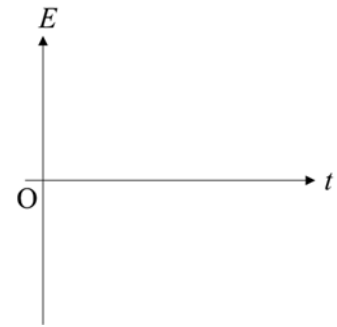


図 1-5 RC 回路における各素子両端の電位差 (起電力一定の場合)

グラフと式より、次のことが読み取れる。キャパシターが充電されていないときは電極板間の電位差は **B7** である。充電が始まり、電極板に電荷がたまるにつれて電極板間の電位差の大きさは **B8** .十分に時間が経過すると、電極板間の電位差の大きさは、起電力発生装置の端子間の電位差の大きさと比較して **B9** . そうなると電流は流れなくなる。

(ii) この回路において、充電にかかる時間を具体的な数字で考える。例えば、 $E_0 = 5 \text{ V}$, $R = 400 \Omega$, $C = 50 \mu\text{F}$ のとき、充電が 90% まで終わるのにかかる時間は概ね $t = \text{BX}$ ms である。なお、計算に必要なならば、次の概数値を用いなさい。

参考：対数関数の値 (概数) $\log_e 2 = 0.7$, $\log_e 3 = 1.1$, $\log_e 5 = 1.6$, $\log_e 7 = 1.9$.

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| ①大きくなる | ②小さくなる | ③同じになる | ④ E_0 | ⑤ $-E_0$ | ⑥ 0 |
| ⑦ 1 | ⑧ 10 | ⑨ 20 | ⑩ 30 | ⑪ 50 | ⑫ 70 |
| ⑬ 100 | ⑭ 200 | ⑮ 300 | ⑯ 500 | ⑰ 700 | ⑱ 1000 |

(2) 起電力が余弦関数 $E(t) = E_0 \cos \omega t$ で与えられる場合

式(1-7)に $E(t) = E_0 \cos \omega t$ を代入して、両辺を積分する。

$$c_B = \frac{E_0}{R} \int \exp(\text{B4} t) \cos \omega t dt + c_D \quad (\text{ただし, } c_D \text{ は積分定数})$$

部分積分を 2 回繰り返して得た c_B の式を式(1-6)に代入し、初期条件より c_D を決定する。これより、求めるキャパシター上の電荷 $Q(t)$ を得る。

$$Q(t) = \frac{CE_0}{1 + (\omega RC)^2} \left\{ -\exp\left(-\frac{1}{RC}t\right) + \cos \omega t + \omega RC \sin \omega t \right\}$$

三角関数を合成することで、 $\tan \delta = 1/(\omega RC)$ として、次式を得る。

$$Q(t) = \frac{CE_0}{1 + (\omega RC)^2} \left\{ -\exp\left(-\frac{1}{RC}t\right) + \sqrt{1 + (\omega RC)^2} \sin(\omega t + \delta) \right\} \quad (1-9)$$

電荷 $Q(t)$ の時間変化のグラフを考える。ある E_0 , R , C , ω の場合の, $Q(t)$ と, その指数関数項および正弦関数項の 3 つの関数のグラフの概略を図 1-6 に示す。

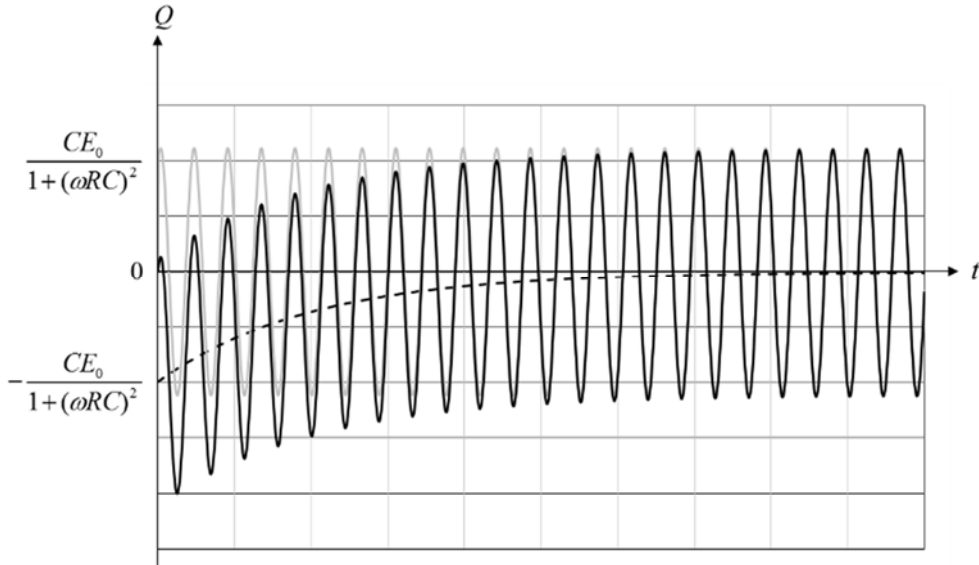


図 1-6 $Q(t)$, 指数関数項, 正弦関数項のグラフの概略 (起電力が余弦関数)

関数 $Q(t)$ は, 2 つの曲線 $\boxed{\text{C1}} CE_0 \left\{ -\exp\left(-\frac{1}{RC}t\right) \pm \boxed{\text{C2}} \right\}$ の間を, 指数関数項の曲線を中心に振幅 $\boxed{\text{C3}} CE_0$ で振動していることがわかる。ただし, $\boxed{\text{C4}}$ 項の大きさが急激に減少するため, 実質的にはすぐに $\boxed{\text{C5}}$ 項のみとなる。

- | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|
| ① 指数関数 | ② 正弦関数 | ③ $\frac{1}{\sqrt{\omega RC}}$ | ④ $\frac{1}{\omega RC}$ | |
| ⑤ $\sqrt{\omega RC}$ | ⑥ ωRC | ⑦ $\frac{1}{\sqrt{1 + \omega RC}}$ | ⑧ $\frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$ | ⑨ $\sqrt{1 + \omega RC}$ |
| ⑩ $\sqrt{1 + (\omega RC)^2}$ | ⑪ $\frac{1}{1 + \omega RC}$ | ⑫ $\frac{1}{1 + (\omega RC)^2}$ | ⑬ $1 + \omega RC$ | ⑭ $1 + (\omega RC)^2$ |

3. 問 1(1)の抵抗器，インダクター，キャパシターの直列回路で，起電力が無い場合を考える（図 1-7）．ただし，抵抗は小さい（ $R^2 < 4L/C$ ）とする．スイッチを入れる前，キャパシターは充電された状態（電荷 Q_0 ）である．スイッチを入れたときの時刻を $t=0$ とし，この回路について，次の問に答えなさい．

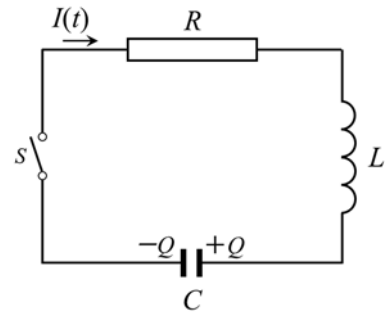


図 1-7 RLC 回路

この回路は，式(1-5)において起電力の項が除かれた次式でモデル化される．

$$L \frac{d^2 Q(t)}{dt^2} + R \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{C} Q(t) = 0 \quad (1-10)$$

$Q(t) = e^{\lambda t}$ とおき微分方程式に代入すると，特性方程式は $\lambda^2 + \boxed{\text{C6}} \lambda + \boxed{\text{C7}} = 0$ となる．ここで，表記を簡単にするために，この特性方程式が $\lambda^2 + 2\alpha\lambda + \beta^2 = 0$ となるように α と β を定義すると，与えられた抵抗の条件より，一般解は次式となる．

$$Q(t) = c_1 \boxed{\text{C8}} + c_2 \boxed{\text{C9}} \quad (\text{ただし，} c_1 \text{ と } c_2 \text{ は定数})$$

この式に， $\exp(i\theta) = \cos\theta + i\sin\theta$ の関係を適用すると次式に変形できる．

$$Q(t) = \exp(-\alpha t) \left\{ c_3 \cos(\sqrt{\beta^2 - \alpha^2} t) + c_4 \sin(\sqrt{\beta^2 - \alpha^2} t) \right\} \quad (\text{ただし，} c_3 \text{ と } c_4 \text{ は定数})$$

これより $I(t)$ の式も得る．これらに初期条件を適用すると c_3 と c_4 が決定され，求める電荷 $Q(t)$ および電流 $I(t)$ の式を得る．電流 $I(t)$ は， α ， β を R ， C ， L で表わすと次式となる．

$$I(t) = -\frac{Q_0}{LC \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} \exp\left(-\frac{R}{2L} t\right) \sin\left(\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} t\right) \quad (1-11)$$

$I(t)$ が正弦関数の因数を持つことから，固有角振動数で振動することがわかる．ただし，単調減少する指数関数も因数に持っていることから，振動が減衰することを示している．

- ① 1 ② -1 ③ $\frac{R}{L}$ ④ $\frac{R}{2L}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ ⑥ $\frac{1}{LC}$ ⑦ $\frac{1}{RC}$ ⑧ $\frac{R}{LC}$ ⑨ $\exp(-\alpha t)$
- ⑩ $\exp\left\{\left(\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$ ⑪ $\exp\left\{\left(-\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$ ⑫ $\exp\left\{\left(i\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$
- ⑬ $\exp\left\{\left(-i\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$ ⑭ $\exp\left\{\left(-\alpha + \sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$ ⑮ $\exp\left\{\left(-\alpha - \sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$
- ⑯ $\exp\left\{\left(-\alpha + i\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$ ⑰ $\exp\left\{\left(-\alpha - i\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}\right) t\right\}$

4. インダクターとキャパシターのみの直列回路を考える

(図 1-8). スイッチを入れる前, キャパシターは充電された状態 (電荷 Q_0) である. スイッチを入れたときの時刻を $t=0$ とする. 問 3 を参考に, 理論上の LC 回路と実際の LC 回路 (ごく小さな抵抗を含む RLC 回路) を比較して, 次の各問に答えなさい.

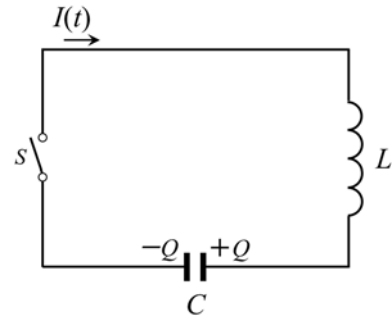


図 1-8 LC 回路

(1) 回路の電流 $I(t)$ の式が, どのような時間変化の特徴を表しているかを考える.

LC 回路をモデル化した微分方程式は, 式(1-10)の抵抗の項を除いたものであり, 電流は式(1-11)において抵抗 $R=0$ とした式となる. **CX** 因数はあるが **D1** 因数が無いことから, 電流がずっと同じ振幅で振動することを示している.

実際の LC 回路では導線なども含めて何らかの抵抗があるため, ごく小さな抵抗を含む RLC 回路として考える必要があり, 振動には **D2** が起こる. つまり, 抵抗が小さいとはいえ **D1** 因数は無視できない. RLC 回路の固有角振動数 ω_{RLC} は LC 回路の固有角振動数 ω_{LC} よりも常に **D3** が, 抵抗 R が十分に小さく ($R^2 \ll 4L/C$), $\omega_{RLC} \approx \omega_{LC}$ とみなせる場合は, 式(1-11)は次式となる.

$$I(t) = -\frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \exp\left(-\frac{R}{2L}t\right) \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right) \quad (1-12)$$

この振動の周波数を具体的な数値で考える. 例えば, $R=0.5 \Omega$, $C=100 \mu\text{F}$, $L=10 \text{mH}$, $Q_0=5 \mu\text{C}$ の場合には, おおよそ **D4** Hz である.

- ①指数関数 ②正弦関数 ③減衰 ④増幅 ⑤小さい ⑥大きい
 ⑦160 ⑧250 ⑨320 ⑩500 ⑪640 ⑫800 ⑬1000

式(1-12)で表される電流 $I(t)$ の時間変化を考える。ある R 、 C 、 L 、 Q_0 の場合の、指数関数 $\frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \exp\left(-\frac{R}{2L}t\right)$ および正弦関数 $\frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$ のグラフの概略を図 1-9 に示す。解答用紙裏面の記述欄 2 に図 1-9 が印刷されているので、同じ図上に $I(t)$ のグラフの概略を描きなさい。

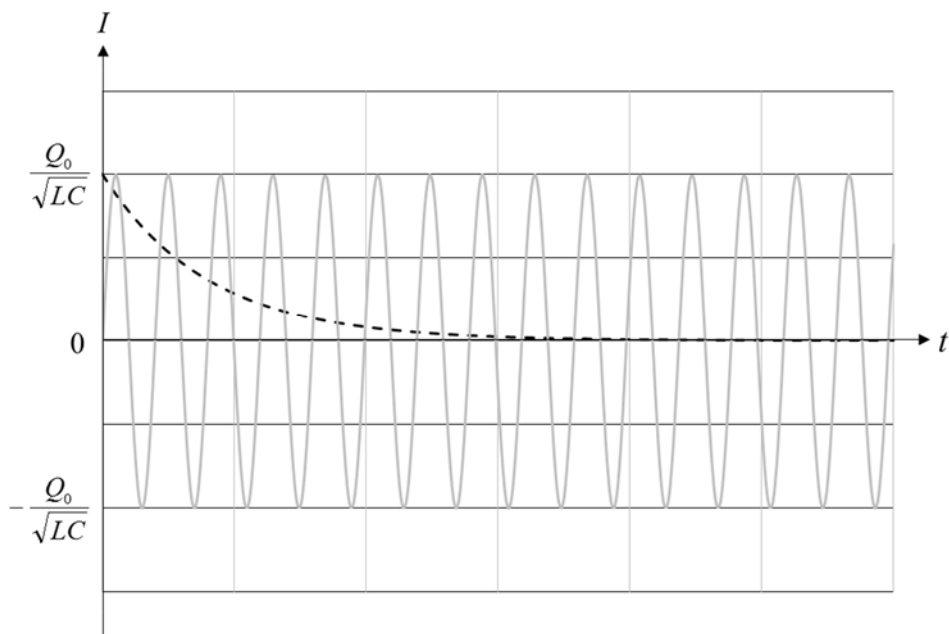


図 1-9 $I(t)$ の指数関数因数，正弦関数因数のグラフの概略

(2) 系のエネルギーの時間変化を考える。

キャパシタの電場に蓄えられる電気エネルギー U_C およびインダクターの磁場に蓄えられる磁気エネルギー U_L は、抵抗が十分に小さい場合 ($R^2 \ll 4L/C$) は式(1-12)を利用して次式で表される。

$$U_C(t) = \frac{Q(t)^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{2C} \exp\left(-\frac{R}{L}t\right) \cos^2\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$$

$$U_L(t) = \frac{LI(t)^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \exp\left(-\frac{R}{L}t\right) \sin^2\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$$

これより、抵抗が全く無い理想的な LC 回路 ($R=0$) であれば、最初は **D5** に蓄えられていたエネルギーが時間とともに **D6** に移動し、全て移動し終わるとまた **D5** に移動し、それをずっと繰り返すことがわかる。

しかし実際には、エネルギーの移動が繰り返される間に、導線などの抵抗でエネルギーがジュール熱として消費される。外からのエネルギー供給が **D7** ので、最後にはエネルギーが無くなり電流は流れなくなる。

ある時刻 t までにジュール熱として失われるエネルギー U_R を求める。時刻 t において残っているエネルギーは **D8** であるため、 $U_R(t)$ は、最初に蓄えられていたエネルギーとの差として、次式で与えられる。

$$U_R(t) = \text{D9} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right) \right\}$$

- ① $U_C(t)$ ② $U_L(t)$ ③ $U_C(t) + U_L(t)$ ④ $U_C(t) - U_L(t)$ ⑤ $U_L(t) - U_C(t)$
 ⑥ $\frac{Q_0}{\sqrt{LC}}$ ⑦ $\frac{Q_0^2}{LC}$ ⑧ $\frac{Q_0}{C}$ ⑨ $\frac{Q_0^2}{C}$ ⑩ $\frac{Q_0}{2C}$ ⑪ $\frac{Q_0^2}{2C}$
 ⑫ キャパシタの電場 ⑬ インダクターの磁場 ⑭ 抵抗 ⑮ 無い ⑯ 一定である

<学生のみなさんへ>

統一テストの大問1は工学的統合問題です。みなさんは、大学に入ってからすぐに学科の専門科目を学びたいのだと思いますが、専門科目を学ぶためには高校までに学ぶ内容に加えて、さらに高度な数学・物理学・化学が必要です。大問1の工学的統合問題は、大学で学ぶ理数系基礎科目の内容が工学の中でどのように使われるのかを、簡単な例を用いて段階的に示しています。式が具体的に何を表わしているかを、是非意識するようにしましょう。

*統一テストの内容に関する意見を工学教育院の問合せメールアドレスにお寄せください。

工学教育院 HP <http://www.iee.eng.tohoku.ac.jp/>

問合せメールアドレス eng-edu@grp.tohoku.ac.jp