

函館工業高等専門学校 専攻科

令和 9 年度学力検査による選抜検査問題

専 門

(生産システム工学専攻)

電気電子工学科目群

(注意)

1. 問題用紙および解答用紙は試験監督者の指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙は 1 ページから 4 ページまでである。
3. 解答用紙所定欄に受験番号・氏名を記入すること。
4. 解答は解答用紙の所定欄に記入すること。
5. 解答用紙（表紙含む）は試験終了時に回収する。
6. 問題用紙は持ち帰ること。

1. 電気磁気学

問 1.1 真空中において、図 1.1 に示す通り二つの点電荷 Q_A [C] および Q_B [C] が距離 r [m] だけ離れて置かれている。真空の誘電率を ϵ_0 とする。次の問いに答えなさい。

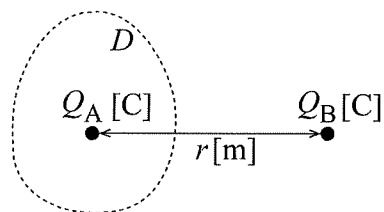


図 1.1

- (1) 二つの点電荷 Q_A [C] および Q_B [C] について、
 - (a) 点電荷間に働く力 F について、記号 Q_A 、 Q_B 、 r 、 ϵ_0 ならびに数学定数を用いて表しなさい。
 - (b) ここで、 $Q_A = -5.00$ C、 $Q_B = -2.00$ C、 $r = 3.00$ m であった。点電荷間に働く力の大きさ $|F|$ を答えなさい。真空の誘電率を $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m とし、答えの有効数字は 3 桁とする。
 - (c) (b) の条件の際、点電荷間に働く力 F は、引力と反発力どちらになるか答えなさい。
- (2) 点電荷 Q_B [C] を取り除き、点電荷 Q_A [C] のみにしたとき、
 - (a) +1 C の単位電荷を、無限遠点から点電荷 Q_A [C] までの距離 r_A [m] に、外力で静かに運ぶときに要する仕事 W_Q を求め、記号 Q_A 、 r_A 、 ϵ_0 と数学定数を用いて表しなさい。
 - (b) 点電荷 Q_A [C] を取り囲む領域を D 、その境界面を S 、体積を V とし、境界面の外向き単位法線ベクトルを $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ とする。ここで $\mathbf{r}$ は位置ベクトルである。点電荷 Q_A [C] の発する電界を $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ とし、領域 D 内の電荷密度を $\rho(\mathbf{r})$ とすると、積分型のガウスの法則

$$\int_S \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}) dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(\mathbf{r}) dV \dots (1.1)$$

が成り立つ。上に示した積分型ガウスの法則の式と、一般のベクトル場 $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ に対して成り立つガウスの発散定理

$$\int_S \mathbf{F}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}) dS = \int_V \nabla \cdot \mathbf{F}(\mathbf{r}) dV \dots (1.2)$$

から、微分型のガウスの法則の式を答えなさい。

問 1.2 真空中において、図 1.2 に示す通り 1 回巻きの閉導体回路がある。回路を囲む面を磁束 $\Phi(t)$ [Wb] が貫いており、回路には誘導起電力 $V(t)$ [V] が発生している。次の問いに答えなさい。

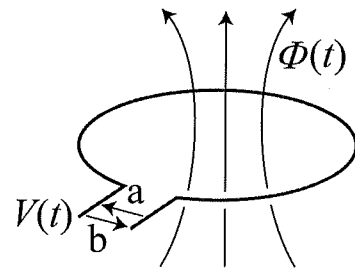


図 1.2

- (1) 誘導起電力 $V(t)$ と磁束 $\Phi(t)$ の関係式を記号で答えなさい。
- (2) ここで、磁束 $\Phi(t)$ が、 $+15.0 \times 10^{-5}$ Wb/ μ s の割合で一定に増加した。このときの誘導起電力の大きさ $|V(t)|$ を答えなさい。答えの有効数字は 3 桁とする。
- (3) 誘導起電力 $V(t)$ の極性は、図 1.2 の a、b のうち、どちらに対応するか、記号で答えなさい。
- (4) 回路に流れる電流を $I(t)$ 、回路の自己インダクタンスを L とする。磁束と回路に流れる電流の関係式 $\Phi(t) = LI(t)$ を用いて、磁束 $\Phi(t)$ が変化したことで回路に蓄えられる磁気エネルギー W_Φ を、記号 L 、 I ならびに数学定数を用いて表しなさい。
- (5) (1) で答えた法則を微分型で表すと

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -\frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} \dots (2.1)$$

となる。ここで、一般のベクトル場 $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ に対して、任意の閉曲線 C とそれが囲む面 S に対して成り立つストークスの回転定理

$$\oint_C \mathbf{F}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{r} = \int_S [\nabla \times \mathbf{F}(\mathbf{r})] \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}) dS \dots (2.2)$$

がある。ここで、左辺の積分は閉曲線上の周回積分、 $d\mathbf{r}$ は閉曲線 C 上の微小接線ベクトル、 $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ は面 S の法線ベクトル、 $\mathbf{r}$ は位置ベクトルである。ストークスの回転定理(2.2)を用いて、式(2.1)を積分型の式に変形し、その式を答えなさい。ただし、記号「 $\times$ 」を使用しないこと。

2. 電気回路

問 2.1 図 2.1 の直流回路において、負荷抵抗で消費される電力が $P_L = 100 \text{ W}$ である。負荷電流 I_L [A]、電源電圧 E [V]、および電源から流れ出る電流 I [A] を求めなさい。

問 2.2 図 2.2 の交流回路は、抵抗 $R = 3 \Omega$ 、誘導性リアクタンス $X_L = 4 \Omega$ の負荷に実効値 $E = 100 \text{ V}$ 、周波数 $f = 50 \text{ Hz}$ の電源が接続されている。次の問いに答えなさい。

- (1) 負荷の皮相電力 S [VA]、有効電力 P [W]、無効電力 Q [Var]、および力率[%]を求めなさい。
- (2) 負荷の力率を改善するため、回路の端子 a－b にキャパシタ C [F] を接続したところ、電源からみた回路の合成負荷の力率が 1 となった。接続したキャパシタの値を求めなさい。

問 2.3 抵抗 $R = 4 \Omega$ 、容量性リアクタンス $\frac{1}{\omega C} = 3 \Omega$ が直列に接続された負荷インピーダンスに、以下の電圧 $e(t)$ [V] を加えている。このとき、負荷に流れる電流の瞬時値 $i(t)$ [A]、電流の実効値 I [A]、および負荷で消費する有効電力 P [W] を求めなさい。

$$e(t) = 180\sqrt{2} \sin \omega t + 90\sqrt{2} \sin(2\omega t + 30^\circ) \text{ [V]}$$

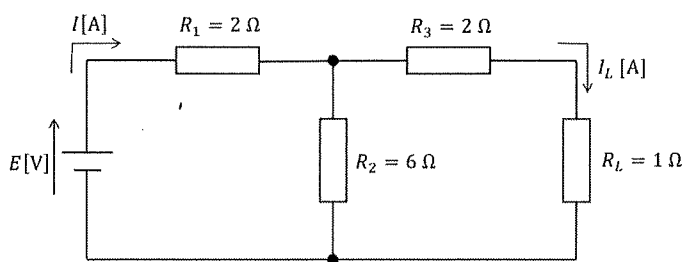


図 2.1

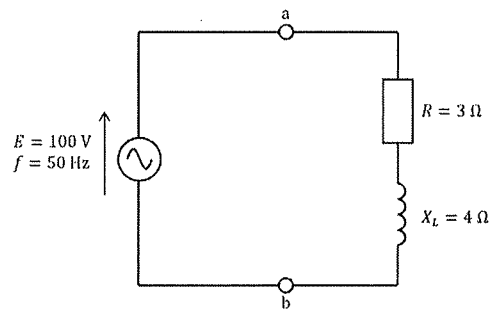


図 2.2

以上

3. 電子回路

問 3.1 図 1 に示す増幅回路は、交流小信号に対して、図 2 の等価回路で表すことができる。また、図 3 には FET の小信号等価回路を示す。増幅回路の入力インピーダンス R_i 、出力インピーダンス R_o および出力端子開放時の電圧増幅度 $A (=v_o/v_i)$ を等価回路に基づいて導きなさい。ただし、電圧増幅度は符号も含めて解答すること。また、 $r_d \gg R_D$ が成立し、図中のすべてのコンデンサのリアクタンスは、扱う信号周波数において無視しうるほど小さいものとする。

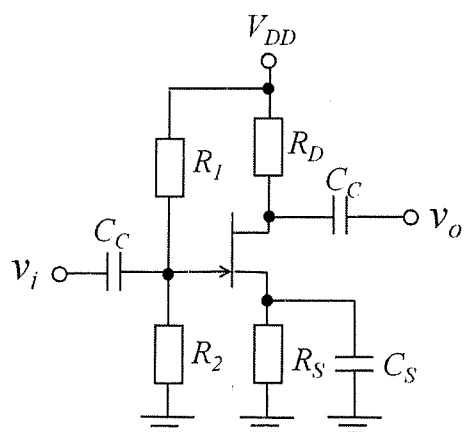


図 1

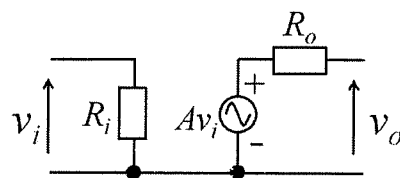


図 2

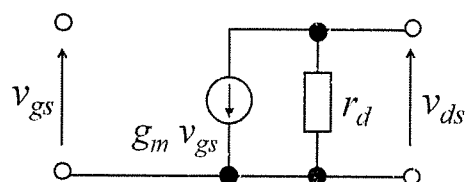


図 3

問 3.2 図 4 に示す回路において、OP アンプを理想 OP アンプとみなすとき、負荷抵抗 R_L を流れる電流 I_L は、入力電圧 v_i に比例し R_L の値と無関係に決まる。電流 I_L を v_i を用いた式で表せ。

問 3.3 図 5 に示す回路において、 $V_i=12\text{ V}$ である。また、 β および V_Z は、それぞれエミッタ接地の電流増幅率およびツェナー降伏電圧を表している。以下の電流を求めなさい。

- (1) ツェナーダイオードを流れる電流
- (2) トランジスタのコレクタを流れる電流

ただし、トランジスタが動作しているとき、ベース・エミッタ間電圧は 0.7 V として計算すること。

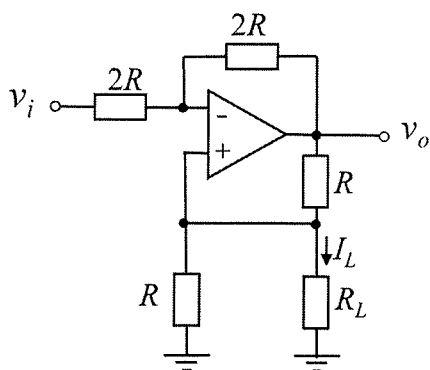


図 4

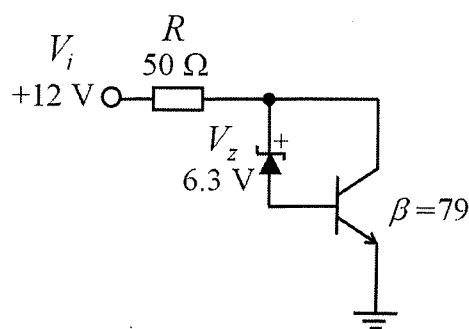


図 5