2026年度（令和8年度）大学院工学研究科（博士前期課程）
専門試験問題
（電気・機械工学系　電気電子プログラム）

注　意　事　項

1．　試験開始の指示があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2．　問題は，1ページから8ページまであります。解答用紙は，4枚あります。ページの脱落等に気付いたときは，手をあげて監督者に知らせてください。
3．　下記表の問題を全て解答してください。1題につき解答用紙1枚を使用して解答してください。解答用紙の追加配付はありません。

問題番号	出題科目
18	制御工学A
19	電気回路
20	電磁気学
21	電子回路

4．　監督者の指示に従って，問題番号，志望プログラム及び受験番号を4枚の解答用紙の該当欄に必ず記入してください。
5．　計算用紙は，問題冊子の白紙ページを利用してください。
6．　解答用紙の裏にも解答を記入する場合には，表と上下を逆にして記入してください。
7．　机の上には，受験票，黒の鉛筆・シャープペンシル，消しゴム，鉛筆削り及び時計（計時機能だけのもの）以外の物を置くことはできません。
8．　コンパス及び定規等は，使用できません。
9．　時計のアラーム（計時機能以外の機能を含む。）は，使用しないでください。
10．　スマートフォン，携帯電話，ウェアラブル端末等の音の出る機器を全て机の上に出し，それらの機器のアラームを解除してから，電源を切り，かばん等に入れてください。
11．　試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は，手をあげてください。
12．　試験終了後，この問題冊子は持ち帰ってください。

問題１８　制御工学Ａ

設問すべてについて解答すること。

Ⅰ　図１のフィードバック制御系について以下の問いに答えよ。ただし，sはラプラス演算子，tは時刻とし，制御対象を含むすべての初期値は0とする。

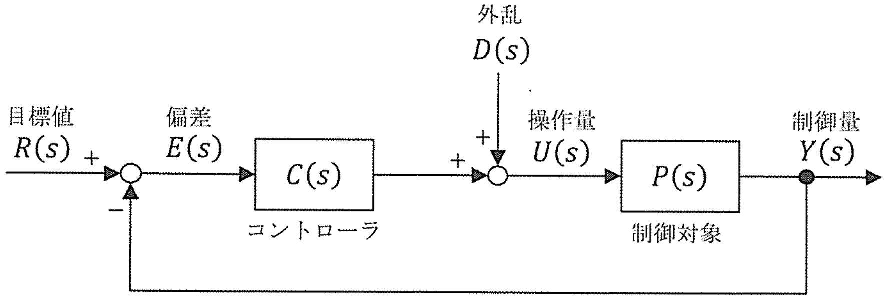

図１

はじめに，コントローラ$C(s) = 8$，制御対象$P(s)$に対応する微分方程式が $2\frac{\mathrm{d}^2 y(t)}{\mathrm{d}t^2} = u(t) - 4\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}$ と与えられるとき，（１）～（３）の問いに答えよ。

（１）　$P(s)$を求めよ。

（２）　$R(s)$から$Y(s)$までの伝達関数を求めよ。

（３）　$D(s) = 0$とする。$R(s)$として，$t = 0$に単位ステップ信号を加えたときの制御量$y(t)$，$t \geq 0$は次式となった。式中の $\{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ をそれぞれ求めよ。

$$y(t) = a_1 - e^{a_2 t}(a_3 \cos a_4 t + a_5 \sin a_4 t)$$

次に，$C(s) = K$，$P(s) = \frac{1}{s^2+3s+5}$と与えられるとき，（４）と（５）の問いに答えよ。ただし，Kは正の実数とする。

（４）　$D(s)$から$E(s)$までの伝達関数を求めよ。

（５）　$R(s) = 0$とする。$D(s) = \frac{20}{s^2+4}$の外乱を加えて定常状態になったとき，偏差$e(t)$は正弦波状の波形であった。定常状態における$e(t)$の振幅が1未満となるKの条件式を求めよ。

Ⅱ　開ループ伝達関数 $L(s)$が次式で与えられるフィードバック制御系について，以下の問いに答えよ。ここで，Kは正の実数である。

$$L(s) = \frac{K}{(s+1)(2s+1)(3s+1)}$$

（１）　$L(s)$の折れ線近似によるゲイン線図で，折れ点角周波数を，角周波数の低い方から ω_1，ω_2，ω_3 [rad/s]として求めよ。

（２）　$L(s)$の折れ線近似によるゲイン線図で，定常ゲインAを求めよ。

（３）　$L(s)$で $K = 1$とする。フィードバック制御系のゲイン余裕 GM_{dB} [dB]を求めよ。

問題１９　電気回路　　設問すべてについて解答すること。

I　図１の回路は，交流電圧源，２つの抵抗，可変コンデンサ，コイルから構成される。この回路は図に示すとおり接地されている。電圧源 $\boldsymbol{E} = 15 + j0$ V, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, コイルの誘導性リアクタンス $X_L = 1\ \Omega$, 可変コンデンサの容量性リアクタンス X_C [Ω]とする。次の（１）と（２）の問いについて単位を付けて答えよ。

（１）　節点 A の電位 $\boldsymbol{V}_1$, 可変コンデンサに流れる電流 $\boldsymbol{I_C}$, 抵抗 R_2 に流れる電流 $\boldsymbol{I_{R_2}}$ について，それぞれ変数 X_C のみを用いて表わせ。

（２）　抵抗 R_2 で消費される電力が最大となるときの X_C の値を求めよ。

次に，図１の回路の抵抗 R_2 に並列に交流電流源 $\boldsymbol{I}$ を接続して，図２の回路とする。交流電流源 $\boldsymbol{I} = 3 + j0$ A, $X_C = 0.5\ \Omega$ とする。次の（３）と（４）の問いについて単位を付けて答えよ。

（３）　節点 A の電位 $\boldsymbol{V}_1$, 抵抗 R_2 に流れる電流 $\boldsymbol{I_{R_2}}$ を求めよ。

（４）　両電源から供給される合成の有効電力と無効電力を求めよ。

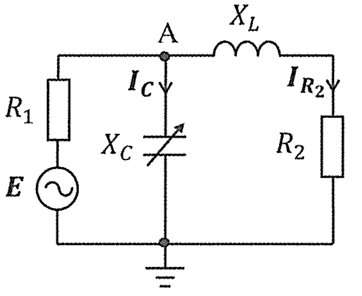

図１

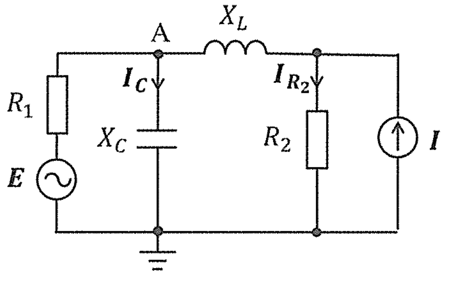

図２

Ⅱ　図３に示す回路において，次の（１）と（２）の問いについて，単位を付けて答えよ。ただし，直流電源の電圧 $E = 50\,\mathrm{V}$，抵抗 $R_1 = 5\,\Omega$，$R_2 = 5\,\Omega$，コイルのインダクタンス $L = 1\,\mathrm{H}$，コンデンサの静電容量 $C = 0.02\,\mathrm{F}$ とする。

（１）スイッチＳを開いて定常状態にあるときから，$t = 0$ でスイッチＳを閉じた。

① 電源の電流の時間変化 $i_1(t)$ とコンデンサの電流の時間変化 $i_2(t)$ を求めよ。

② コンデンサの両端電圧の時間変化 $v_C(t)$ を求めよ。

③ スイッチＳを閉じて定常状態にあるとき，回路の消費電力を求めよ。

（２）次に，スイッチＳを閉じてから十分に時間が経過した状態にあるとする。

① 時刻 t を新たに定義し直し，$t = 0$ でスイッチＳを開いた。コンデンサの電流の時間変化 $i_2(t)$ を求めよ。

② スイッチＳを開いてから定常状態になるまでの間に回路で消費されるエネルギーを求めよ。

③ スイッチＳを開いて定常状態にあるとする。コンデンサの静電容量 C をある値とした結果，スイッチＳを閉じた直後から，電源を流れる電流が常に一定となった。このときのコンデンサの静電容量 C を求めよ。

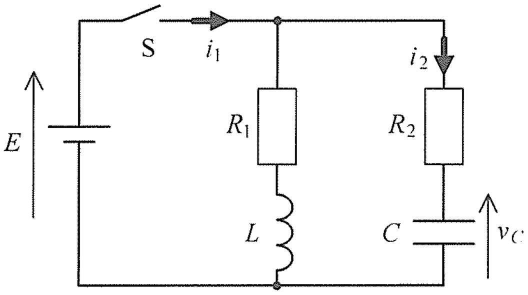

図３

問題２０　電磁気学　設問すべてについて解答すること。

I　図 1 に示すように，xy 面の面積が A の 2 枚の完全導体の電極板が，xy 平面に平行に，z 方向に d だけ隔てて自由空間中に置かれている。両電極板にはスイッチ S と直流電圧 V_0 の電源が直列に接続されている。この電極板間に，負側の電極板の上面から h の位置に底面がくるように，電極板と同一の xy 平面形状の完全導体の金属平板（厚さ t ）を，xy 面の位置を揃えて挿入した。以下の設問（1）～（5）に答えよ。ただし，自由空間の誘電率を ε_0 とし，電極板と金属平板の端部効果の影響は無視する。

（1）スイッチ S を閉じて十分に時間が経った状態で，電極板に蓄えられた電荷量 Q_0 と，電極板間の静電容量 C_0 を求めよ。

次に，図 2 に示すように，負側の電極板と，金属平板との間に，電極板と，底面形状が同一である容器を挿入する。ただし，容器の厚さとその電気特性は無視する。容器が空の状態でスイッチ S を閉じて，十分に時間が経った後に，スイッチ S を開いた。その後，金属平板の底面に達するまで，容器に比誘電率 ε_r （ $\varepsilon_r > 1$ ）の液状誘電体をゆっくりと満たしていく。この過程で，誘電体の液面の高さを z_0 とする。以下の問いに，V_0, z, ε_r, d, t, h, A, z_0 のいずれかを用いて答えよ。

（2）容器内の誘電体部分の電界の大きさ E_1 と中空部分の電界の大きさ E_2 と，正側の電極板と金属平板との間の電界の大きさ E_3 を求めよ。

（3）このときの，z に対する電位分布 $V(z)$ のグラフを描け。解答用紙に図 3 を書き写したうえでグラフを描き，電位 $V(z_0)$, $V(h)$, $V(h+t)$, $V(d)$ の値を示すこと。

（4）電極板間の静電容量 C_1, 電極板間に蓄えられる静電エネルギー W_1 をそれぞれ z_0 の関数 $C_1(z_0)$ ，$W_1(z_0)$ として表せ。

容器が完全に液状誘電体で充填された後，スイッチ S をいったん閉じて，十分に時間が経ってから再びスイッチ S を開いた。その後，液状誘電体を電極板間から取り除いた。

（5）電極板間に蓄えられる静電エネルギー W_2 は，図 1 の状態の静電エネルギー W_0 と異なる。この違いを，両者の比 W_2 / W_0 で表せ。

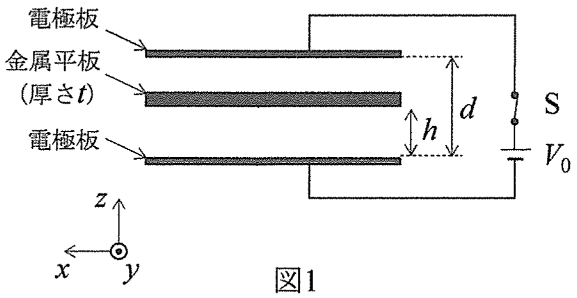

図1

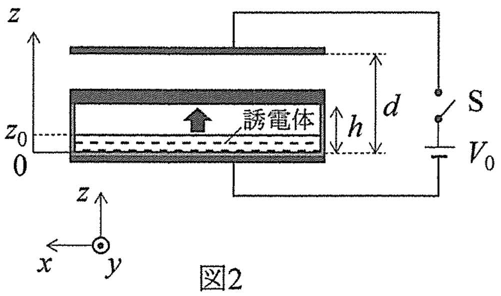

図2

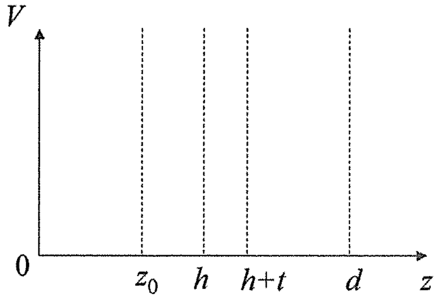

図3

II　透磁率が μ_0 である自由空間中において，図４に示すように，原点 O を中心として太さの無視できる半径 a の１回巻き円形コイル（コイル A）が xy 平面に置かれており，電流 I が流れている。また，図５はコイル A を z 軸の正の向きから見た図である。図４および図５において，点 P はコイル A 上の点であり，線分 OP と x 軸とのなす角は θ である。また，ベクトル $\boldsymbol{t}$ は点 P におけるコイル A の接線方向の単位ベクトルである。点 Q がコイル A の遠方にあり，点 P から点 Q への線分ベクトルを $\boldsymbol{R}$ とし，コイル A における電流素片の大きさを，$d\theta$ を正の微小角として $Iad\theta$ とするとき，次の問いに答えよ。

（1）点 P の電流素片によって，点 Q に生じる磁束密度 $d\boldsymbol{B}$ を $Iad\theta$，$\boldsymbol{t}$，$\boldsymbol{R}$，$R \equiv |\boldsymbol{R}|$ を用いて示せ。

（2）点 Q の座標を $\boldsymbol{r} = (x', y', z')$ とするとき，磁束密度 $d\boldsymbol{B}$ の z 成分 dB_z を示せ。ただし，解答には x', y', z' のいずれかを必ず用い，点 P と点 Q の間の距離として R を用いてよい。

（3）コイル A 全体の電流により，点 Q に生じる磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の z 成分 B_z を示せ。ただし，解答には x', y', z' のいずれかを必ず用い，点 O と点 Q の間の距離として $r \equiv |\boldsymbol{r}|$ を用いてよい。ここで R については，$a << r = (x'^2+y'^2+z'^2)^{1/2}$ のとき，$(a/r)^2$ を無視できるものとして，

$R = r\{1+3r^{-2}(ax'\cos\theta + ay'\sin\theta)\}^{-1/3}$ と近似して用いよ。

次に図６に示すように，原点 O を中心として太さの無視できる半径 b の１回巻き円形コイル（コイル B）を xy 平面に置く。これに対し，電流 I の流れているコイル A が，z 軸を中心軸として速度 v で z 軸の正方向に移動してきており，現在 $z = -c\ (< 0)$ の位置にいるものとする。次の問いに答えよ。ただし，$b, c >> a$ とする。

（4）原点 O を中心とする半径 ρ の円周上では，コイル A の電流 I により生じる磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の z 成分 B_z は一様である。このことを利用して，コイル B を貫く磁束 Φ を a，b，c を用いて示せ。

ただし，必要であれば，$\dfrac{d}{du}\dfrac{u}{(u+k)^{3/2}} = \dfrac{(2k-u)}{2(u+k)^{5/2}}$ (k: 定数)を用いよ。

（5）コイル A の運動により，コイル B に生じている誘導起電力の大きさ E を示せ。

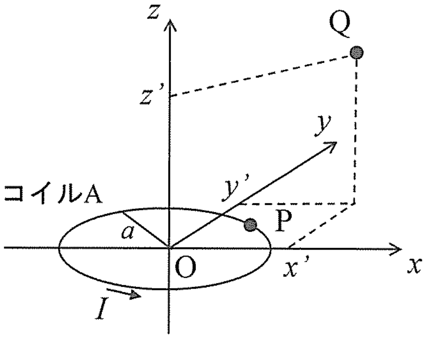

図４

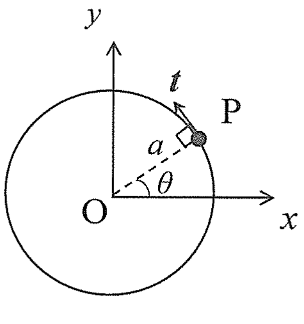

図５

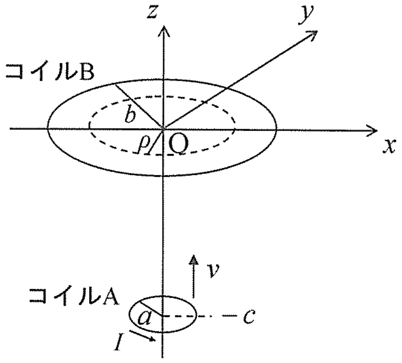

図６

問題２１　電子回路

設問すべてについて解答すること。

図１はオペアンプを用いた増幅回路である。次の（１）～（５）の問いについて答えよ。ただし，オペアンプの特性は，利得は無限大，入力インピーダンスは無限大，そして出力インピーダンスはゼロとする。V_Iは角周波数ωの正弦波電圧のフェーザ表示，V_0は出力電圧のフェーザ表示である。また，jを虚数単位とする。

（１）オペアンプの非反転入力端子電圧のフェーザ表示 V_+を，V_I，C，R_2を用いて表せ。

（２）I_1を，R_1を流れる電流のフェーザ表示としたとき，I_1を V_I，C，R_1，R_2を用いて表せ。

（３）V_0を V_I，C，R_1，R_2，R_3を用いて表せ。

（４）利得の絶対値$\left|\frac{V_0}{V_I}\right|$が１となるとき，$R_1$と R_3との間で成り立つ関係を，導出過程を含めて求めよ。

（５）（４）の条件のとき，V_0と V_Iの位相差が 90° となるωを C，R_2で表せ。

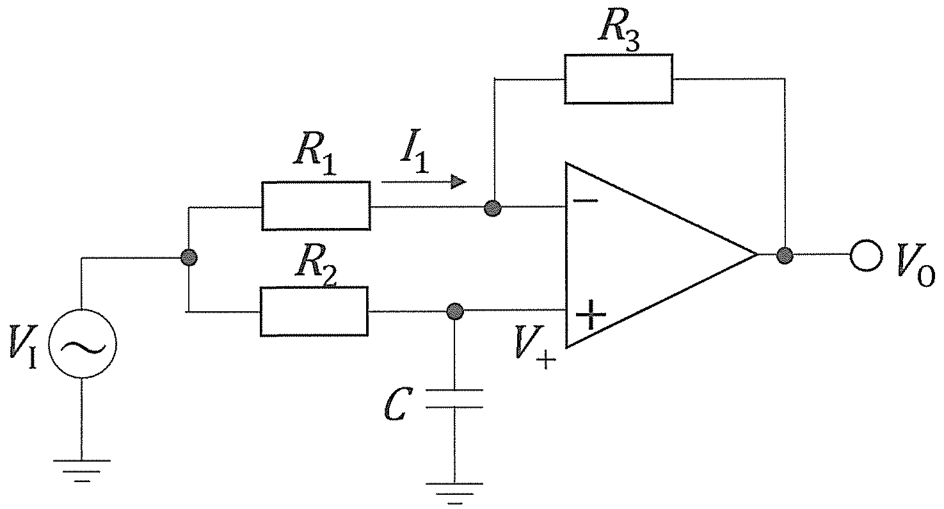

図１