2025 年度（令和 7 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
19	制御工学
20	電気回路
21	電磁気学
22	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。

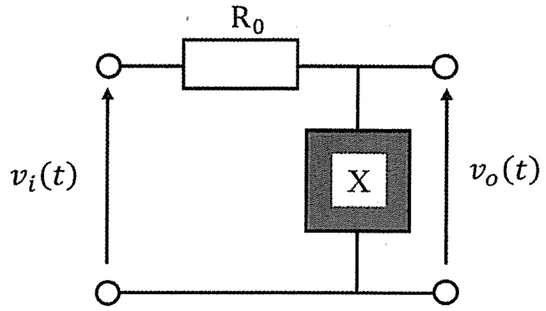
11．試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は，手をあげてください。

12．試験終了後，この問題冊子は持ち帰ってください。

問題１９　制御工学

設問すべてについて解答すること。ただし，t は時刻とする。

I　図 1 (a) の電気回路において，$v_i(t)$ を入力電圧，$v_o(t)$ を出力電圧としたとき，図 1 (b) のゲイン線図（折れ線近似）が得られた。R_0 は 50 Ω の抵抗であり，要素 X は抵抗 R [Ω]，コイル L [H]，コンデンサ C [F] の何れかである。X に当てはまる要素を答えよ。また，その値を求めよ。



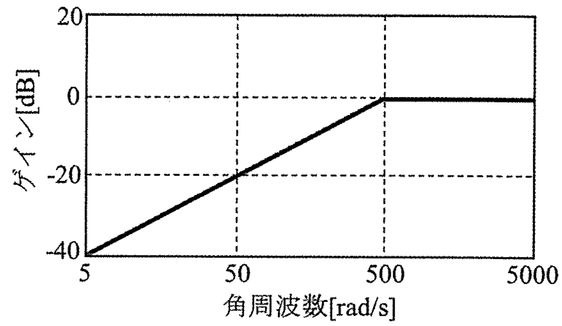


図 1

II　図 2 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，T と K は実数とし，コントローラと制御対象の初期値はすべて 0 とする。

（１）$r(t)$ から $y(t)$ までの伝達関数 $G_{yr}(s)$ が安定であるための K の範囲を求めよ。ただし，必要ならば T を用いてよい。

（２）$T=0$，$K=4$，$d(t)=0$ のとき，$r(t)$ として時刻 $t=0$ に単位インパルス信号を加えたときの応答 $y(t)$，$t \geq 0$ を求めよ。ただし，$y(t) = e^{at}(b \sin \omega t + c \cos \omega t)$ として a，b，c，ω を答えよ。

（３）$T=0$，$K=4$，$r(t)=0$ のとき，$d(t)$ として単位ランプ信号を加えたときの定常偏差を求めよ。

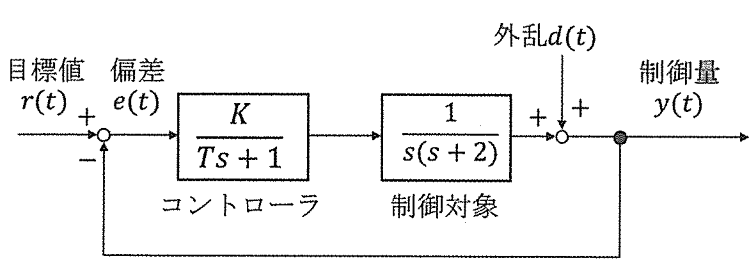


図 2

Ⅲ　次の伝達関数 $G(s)$ において，α は正の実数とする。

$$G(s) = \frac{s^2 + \alpha}{s^2 + 3s + 2}$$

$G(s)$ に入力 $u(t) = 2\sin 3t$ を加えたとき，出力 $y(t)$ が $\lim_{t \to \infty} y(t) = 0$ を満たす α の値を求めよ。

Ⅳ　次の伝達関数 $H(s)$ において，β は正の実数とする。

$$H(s) = \frac{\beta}{s^2 + s + 4}$$

この周波数応答の位相が $-90°$ となる角周波数において，ゲインが 20 dB となる β の値を求めよ。

問題２０　電気回路　設問すべてについて解答すること。

Ⅰ　図 1 に示す回路は，スイッチ S_1，S_2，コンデンサ C，抵抗 R，インダクタ L から構成される。次の（１）～（４）の問いについて答えよ。

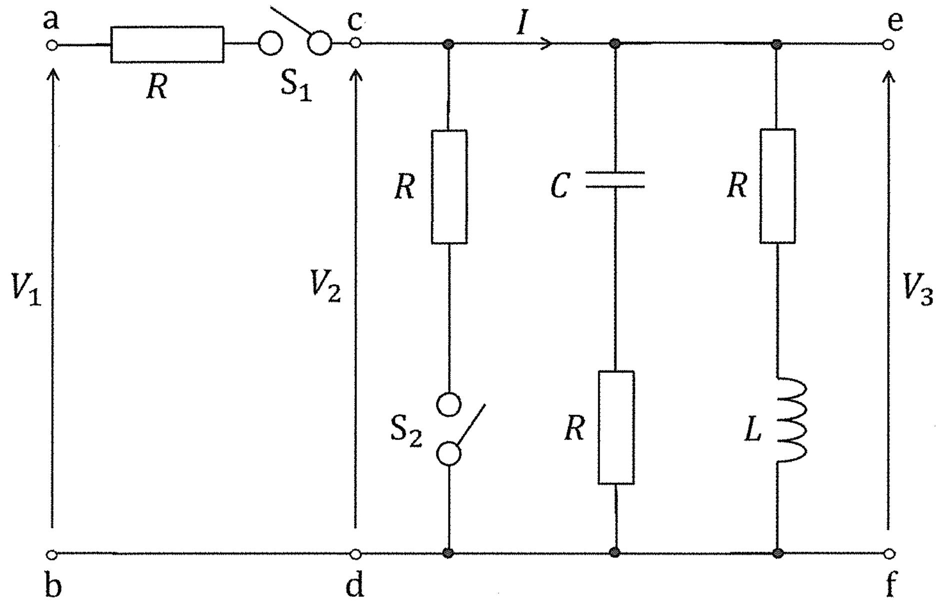


図 1

【状態１】スイッチ S_1 は閉じ，スイッチ S_2 は開いていて，定常状態にあるものとする。

（１）端子 a-b 間のインピーダンスを求めよ。

（２）端子 a-b 間に角周波数 ω の交流電圧 V_1 を加えた。このとき，端子 e-f 間の電圧 V_3 が，電圧 V_1 の半分となる R の条件を C と L で表せ。また，この R の条件のとき，端子 a-b 間のインピーダンスを求めよ。

【状態２】スイッチ S_1 は開き，スイッチ S_2 は閉じていて，定常状態にあるものとする。

（３）端子 c-d 間に角周波数 ω の交流電圧 V_2 を加えた。このとき，電流 I と電圧 V_2 が同位相となる角周波数 ω の条件をC と L で表せ。また，この ω の条件のとき，端子 c-d 間のアドミッタンスを求めよ。

（４）端子 c-d 間のアドミッタンスが角周波数 ω に関係しない定抵抗回路となる R の条件を C と L で表せ。また，この R の条件のとき，端子 c-d 間のアドミッタンスを求めよ。

II　図2に示す電気回路は，起電力 $2E$ の直流電源1，起電力 E の直流電源2，抵抗値が R である抵抗1と抵抗2，抵抗値が $2R$ である抵抗3，容量が C であるキャパシタ，切替スイッチ1，開閉スイッチ2から構成される。この回路に関する以下の設問（1）～（8）に答えよ。回答にあたっては，与えられた定数 E, R, C と時刻 t のみを用いること。また，電流 $i(t)$，電圧 $v_c(t)$ は図の矢印で示されている方向を正とする。

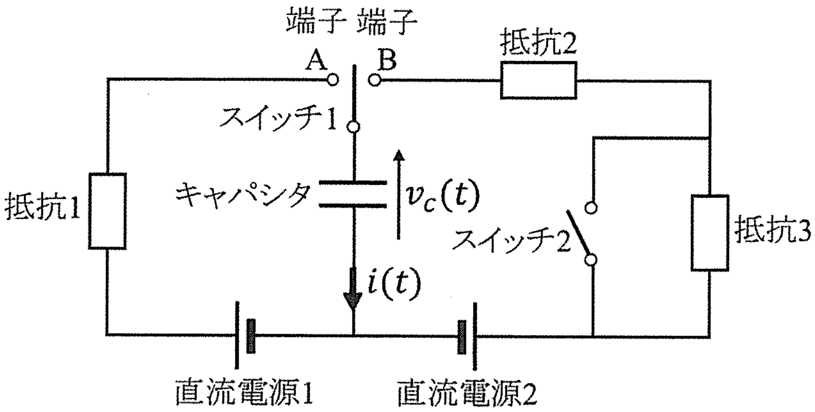


図2

まず，初期状態（時刻 $t < 0$）では，スイッチ1が端子Aに接続されて十分に時間が経過している。スイッチ2は開放されている。回路がこの状態にあるとして，以下の設問に答えよ。

（1）キャパシタに蓄えられた電荷を求めよ。

（2）キャパシタの静電エネルギーを求めよ。

次に，時刻 $t = 0$ においてスイッチ1を端子Bに接続した。スイッチ2は開放されたままである。時刻 t（$t > 0$）で回路がこの状態にあるとして，以下の設問に答えよ。

（3）電流 $i(t)$ を求めよ。

（4）キャパシタにかかる電圧 $v_c(t)$ を求めよ。

（5）この状態における回路の時定数 τ を求めよ。

次に，時刻 t が設問（5）で求めた時定数 τ に達した時，スイッチ2を閉じた。時刻 t（$t > \tau$）で回路がこの状態にあるとして，以下の設問に答えよ。

（6）電流 $i(t)$ を求めよ。

（7）キャパシタにかかる電圧 $v_c(t)$ を求めよ。

（次ページにつづく）

(前ページよりつづく)

(8) 図3に示すグラフを解答用紙に書き写した上で，設問（1）から設問（7）までの（時刻 t が初期状態 $t < 0$ から $t > \tau$ に至るまでの）一連の回路操作における電流 $i(t)$ の時間経過をグラフ上に描き表せ。また，グラフ内に，時刻 $t = 0$ ならびに $t = \tau$ のときの電流値を書き込め。

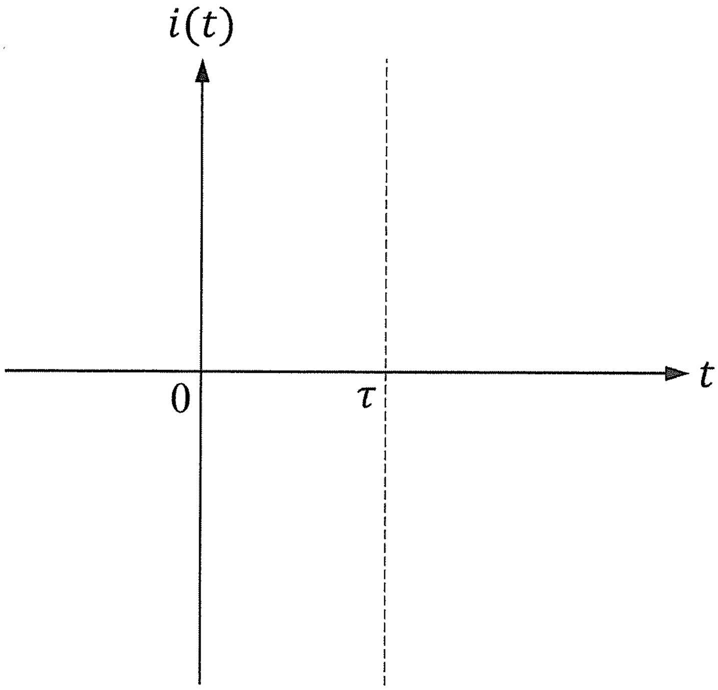


図3

問題２１　電磁気学

設問すべてについて解答すること。

I　真空中（誘電率 ε_0）で，電荷 Q が半径 a の円周に一様に分布している。円は xy 平面上にあり，円の中心を原点 O，z 軸上の座標$(0, 0, z_0)$（$z_0>0$）を点 P とする（図１）。以下の問いに答えよ。

（１）x 軸の正の向きから角度 θ の位置にある微小な角度 $\Delta\theta$ の部分に含まれる電荷を求めよ。

（２）前問（１）の $\Delta\theta$ の部分が点 P につくる電界の x，y，z 成分 ΔE_{Px}，ΔE_{Py}，ΔE_{Pz} を求めよ。

（３）全電荷 Q が点 P につくる電界の x，y，z 成分 E_{Px}，E_{Py}，E_{Pz} を求めよ。

（４）点 P の電位を求めよ。ただし，無限遠の電位をゼロとする。

図２のように，真空中で，電荷 Q が xy 平面上の原点 O を中心とした半径 a から半径 b（$a<b$）の範囲に一様に分布している。

（５）全電荷 Q が点 P につくる電界の x，y，z 成分 E'_{Px}，E'_{Py}，E'_{Pz} を求めよ。

図３のように，真空中で，半径 a と半径 b（$a<b$），長さ L の２つの円筒に挟まれた領域に電荷が体積電荷密度 ρ で一様に分布している。円筒は xy 平面から z 軸の負の方向にのびている。また，円筒の中心軸は z 軸と一致している。

（６）２つの円筒に挟まれた領域にある全電荷が，点 P に作る電界の x，y，z 成分 E''_{Px}，E''_{Py}，E''_{Pz} を求めよ。

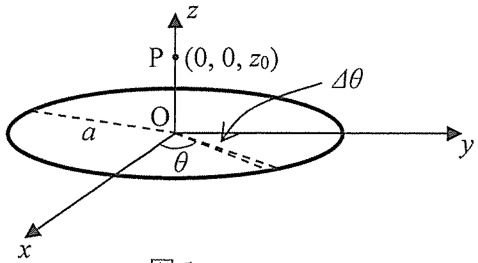


図１

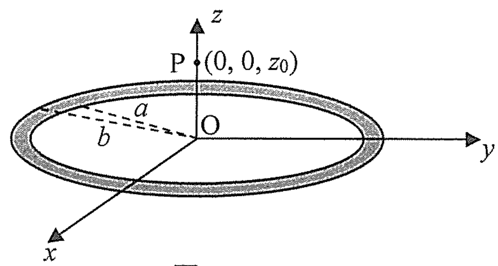


図２

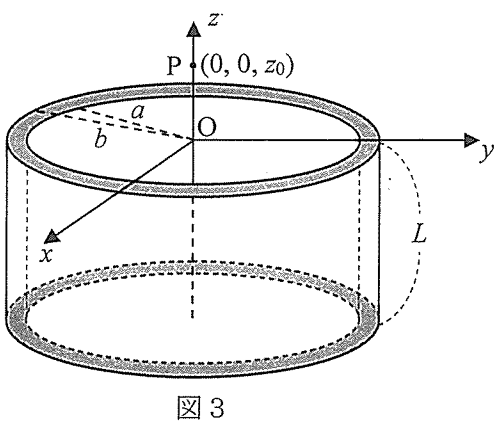


図３

Ⅱ　図４および図５のように，円筒座標系(ρ,θ,z)の自由空間中に，原点Oから距離dの点$\mathrm{Q}(d,0,0)$を通るz軸に平行な直線状導線と，$\rho\theta$平面内に原点を中心とした半径a（ただし$a<d$とする）の円環状導線がある。これらの直線状導線と円環状導線に，それぞれ電流I_1，I_2が図４に示す方向に流れている。自由空間中の透磁率をμ_0，円環状導線の任意の点を$\mathrm{P}(a,\theta,0)$，両導線の太さは無視できるとする。

次の問いに答えよ。必要に応じて，$\int_0^{\pi}\frac{\sin^2\theta}{1-2b\cos\theta+b^2}d\theta=\frac{\pi}{2}$（ただし$b<1$の場合）の公式を用いてもよい。

（１）線分PQの長さを求めよ。

（２）直線上導線に流れる電流I_1が，点Pに作る磁束密度の大きさを求めよ。

（３）（２）で求めた磁束密度が点Pの電流素片I_2dsに作用する力dFの大きさを求めよ。

（４）点Pの直線OQについての対称点をP′とする。このとき電流I_1による点P′の磁束密度が，点P′の電流素片I_2ds'に作用する力dF'の大きさを求めよ。

（５）$0<\theta<\pi$のとき，力dFと力dF'の向きをそれぞれ示せ。

（６）線分PP′と直線OQの交点をRとするとき，点Rを中心とする線分PP′に働く力のモーメント（偶力モーメント）の大きさを求めよ。

（７）円環導線全体に働く偶力モーメントの大きさを求めよ。

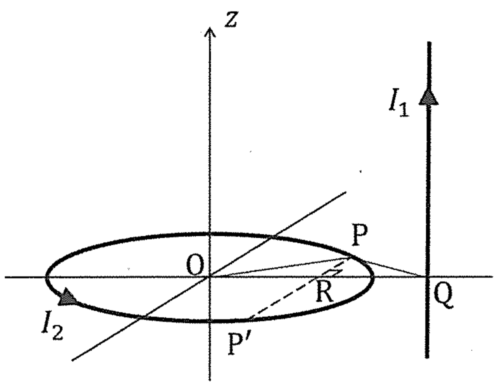


図４

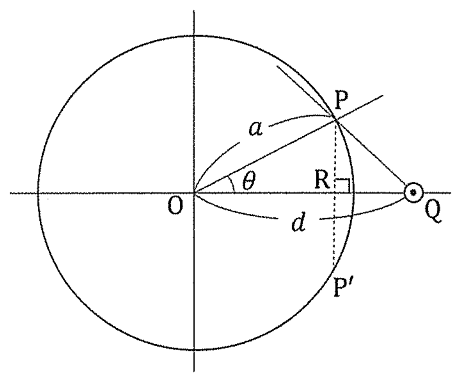


図５

問題２２　電子回路　設問すべてについて解答すること。

図１の回路はオペアンプを用いた差動増幅器である。図２の回路は計装アンプ（Instrumentation Amplifier）と呼ばれる回路であり，図２中の点線内は図１の回路である。V_0，V_aおよびV_1～V_4は電圧を，R_1～R_7は抵抗を表す。次の（１）～（６）について答えよ。ただし，オペアンプの特性は理想的（利得は無限大，入力インピーダンスは無限大，出力インピーダンスはゼロ）とする。

（１）図１の回路の節点aの電圧V_aを，V_2，R_2，R_4を用いて表せ。

（２）図１の回路のV_0を，V_1，V_2，R_1，R_2，R_3，R_4を用いて表せ。

（３）図２の回路のR_7を流れる電流I_7を，V_3，V_4，R_7を用いて表せ。

（４）図２の回路の$V_1 - V_2$を，V_3，V_4，R_5，R_6，R_7を用いて表せ。

（５）図２の回路のV_0を$V_0 = \alpha(V_3 - V_4) + \beta V_4$と表すとき，$\alpha$と$\beta$を，$R_1$～$R_7$を用いて表せ。

（６）図２の回路が差動増幅器となる条件，すなわち$\beta = 0$となる条件を求めよ。また，図２の回路は上下の抵抗を対称にすると，R_7を変化させることでαを変更できる。図２の回路において$R_1 = R_2 = R_A$，$R_3 = R_4 = R_B$，$R_5 = R_6 = R_C$とするときのαを，R_A，R_B，R_C，R_7を用いて表せ。

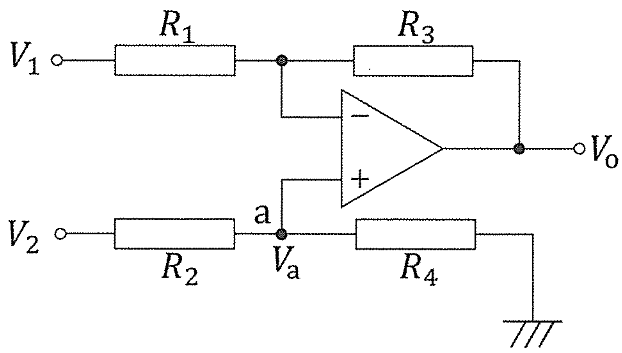


図１

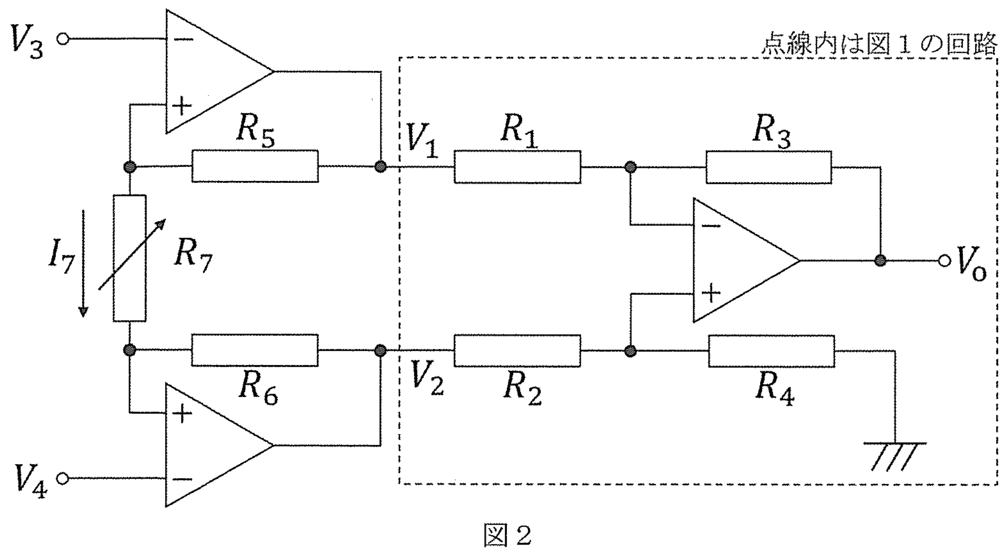


図２