

2021 年度（令和 3 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

私費外国人留学生

専門試験問題

（電気・機械工学系プログラム 電気電子分野）

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 4 ページまであります。解答用紙は、2 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. 下記表の問題番号 7 から 8 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
7	電気回路 Electric circuit
8	電磁気学 Electromagnetics

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 2 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7 電気回路 設問すべてについて解答すること。

I 図1は、実効値  $100[\text{V}]$ 、角周波数  $\omega$  の交流電圧源  $E$ 、および、抵抗、コイルとコンデンサで構成される回路である。抵抗  $R_1=40[\Omega]$ 、 $R_2=20[\Omega]$ 、 $R_3=10[\Omega]$ 、 $R_4=4[\Omega]$ 、コイルのインダクタンス  $L=40[\text{mH}]$ 、コンデンサの静電容量  $C=50[\mu\text{F}]$  とする。次の(1)～(4)の問いについて単位を付けて答えよ。ただし、解答に根号が含まれる場合には、根号のままでよい。

- (1) スイッチ  $S$  が開かれていて定常状態にあるとする。電源の角周波数  $\omega=1000[\text{rad/s}]$  のとき、電源から供給される有効電力、無効電力を求めよ。
- (2) スイッチ  $S$  が開かれていて定常状態にあるとする。電源の角周波数  $\omega=1000[\text{rad/s}]$  のとき、点  $c$ - $d$  間の電圧  $V_{cd}$  を求めよ。
- (3) 次に、スイッチ  $S$  を閉じて定常状態にあるとする。電源の角周波数  $\omega=1000[\text{rad/s}]$  のとき、抵抗  $R_4$  に流れる電流を求めよ。ただし、点  $c$  から点  $d$  に向かって流れる方向を正とする。
- (4) 再び、スイッチ  $S$  を開いているとき、端子  $a$ - $b$  から右側を見たときの力率が1となる角周波数  $\omega$  を求めよ。

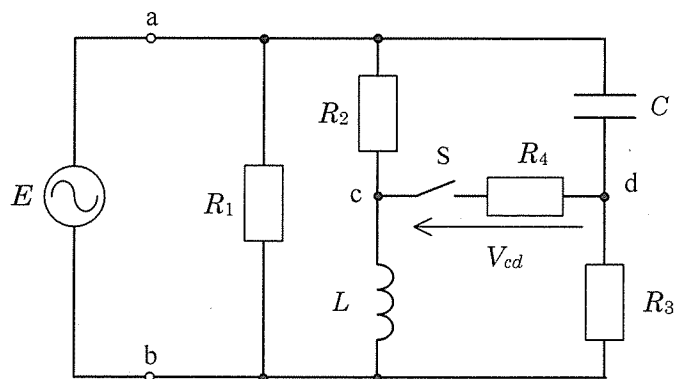


図1

II 図2に示す直流電圧源  $E$  [V], 抵抗器 (抵抗  $R$  [ $\Omega$ ]), コイル (インダクタンス  $L$  [H]), コンデンサ (静電容量  $C$  [F]), スイッチ  $S_1, S_2$  から構成される回路について, 次の (1) ~ (4) の問いについて答えよ。

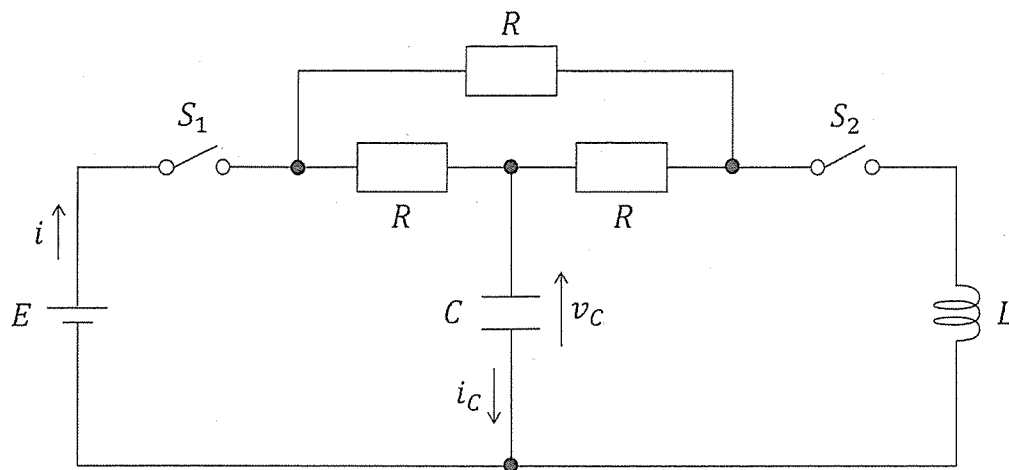


図 2

【条件 1】スイッチ  $S_1, S_2$  を開いて定常状態にある回路に対し, 時刻  $t = 0$  でスイッチ  $S_1$  を閉じた。ただし, コンデンサの初期電圧は  $E/3$  [V]である。

- (1) コンデンサに流れる電流  $i_c(t)$  を求めよ。
- (2) コンデンサの電圧  $v_c(t)$  が  $2E/3$  [V]になる時間  $T$  [s]を求めよ。
- (3) 回路が定常状態になるまでに回路で消費されるエネルギー  $W$  [J]を求めよ。

【条件 2】スイッチ  $S_1$  は開いて, スイッチ  $S_2$  は閉じている回路が定常状態にある。この回路に対し, 時刻  $t = 0$  でスイッチ  $S_1$  を閉じた。

- (4) 電源を流れる電流  $i(t)$  が時間によらず一定となる抵抗  $R$  をインダクタンス  $L$  と静電容量  $C$  を用いて表せ。

**問題 8 電磁気学** 設問すべてについて解答すること。

I 自由空間中に、 $y$  方向、 $z$  方向ともに長さ  $L$  の正方形の形状をした 2 枚の完全導体の電極板が、 $yz$  平面に平行に、 $x$  方向へ  $d$  だけ隔てて置かれている。両電極板には、スイッチ  $S$  と、電圧  $V_0$  の直流電源  $V$  が直列に接続されている。この電極板間と同一形状の容器を挿入し、この容器に比誘電率  $\epsilon_r$  の液状誘電体を注ぐ。以下の設問 (1) - (5) に答えよ。ただし、自由空間の誘電率を  $\epsilon_0$  とし、容器の厚さとその電気特性、および、電極板の端部効果の影響は無視する。

図 1 に示すように、容器が空の状態ですwitch  $S$  を導通させて、十分に時間がたった後に、スイッチ  $S$  を開放した。その後、図 2 に示すように、電極板間が埋まるまで液状誘電体をゆっくりと満たしていく。誘電体の液面の高さを  $z$  とする。

(1) 電極板間の静電容量  $C_1$  を、 $z$  の関数  $C_1(z)$  で表せ。

(2) 電極板間に誘電体が含まれる部分と中空の部分それぞれにおける、電極表面の電荷面密度  $\sigma_e$  と  $\sigma_0$  を、 $z$  の関数  $\sigma_e(z), \sigma_0(z)$  で表せ。

容器が完全に誘電体で充填された後、スイッチ  $S$  を導通させて、十分に時間がたった後、図 3 に示すように、スイッチ  $S$  を導通させたまま、片方の電極を容器からゆっくり遠ざける。誘電体から電極までの距離を  $x$  とする。

(3) 電極板間の静電容量  $C_2$  を、 $x$  の関数  $C_2(x)$  で表せ。

(4) 電極板間の誘電体内部および中空それぞれにおける、電界の大きさ  $E_e, E_0$  を、 $x$  の関数  $E_e(x), E_0(x)$  で表せ。

(5) 電極板間に蓄えられる電気エネルギー  $W_2$  を、 $x$  の関数  $W_2(x)$  で表せ。

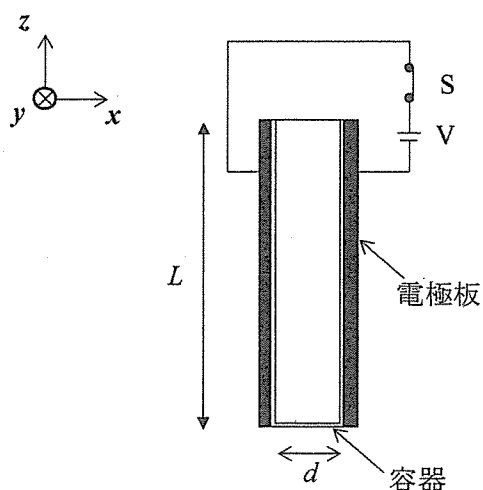


図 1

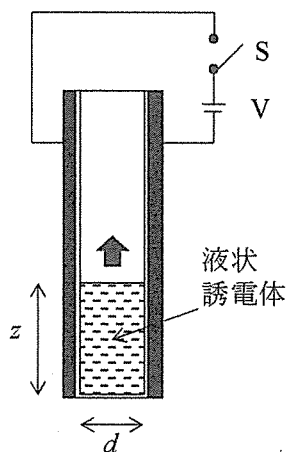


図 2

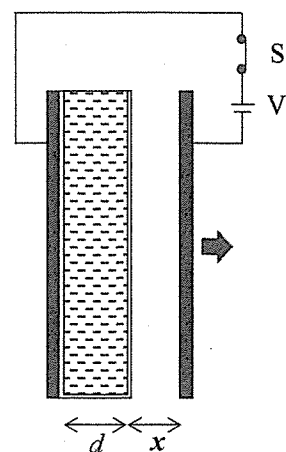


図 3

II 以下の設問 (1) ~ (4) について答えよ。

- (1) 図4のように、直線導体に電流  $I$  が  $+z$  方向に流れている。この導体の部分 AB を流れている電流のみにより、直線から距離  $r$  だけ離れた点 P に生じる磁界の大きさ  $H_1$  が、以下の式で与えられることを示せ。ただし、 $\angle PAB = \theta_1$ ,  $\angle PBA = \theta_2$  とする。

$$H_1 = \frac{I}{4\pi r} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

- (2) 図4において、線分 AB が十分に長いとみなせる場合、導体から距離  $r$  だけ離れた点 P に生じる磁界の大きさ  $H_2$  を求めよ。

- (3) 図5に示すように、中心軸を同じくする2つの導体からなる同軸線路がある。内導体の半径を  $a$ 、外導体の内径を  $b$ 、外径を  $c$  とする。電流  $I$  が、それぞれの導体に互いに逆向きに、かつそれぞれの導体断面を一様に流れるものとする。このとき、内導体の中心から  $r$  の距離における磁界の大きさ  $H_3$  ( $r \leq a$ ),  $H_4$  ( $a < r \leq b$ ),  $H_5$  ( $b < r \leq c$ ),  $H_6$  ( $r > c$ ) を求めよ。

- (4) 図5において、電流  $I$  が、それぞれの導体に互いに逆向きに、かつそれぞれの導体の表面のみを一様に流れるものとする。このとき、同軸線路の単位長さ当たりの自己インダクタンス  $L$  を求めよ。ただし、内導体と外導体の間の透磁率を  $\mu_0$  とする。

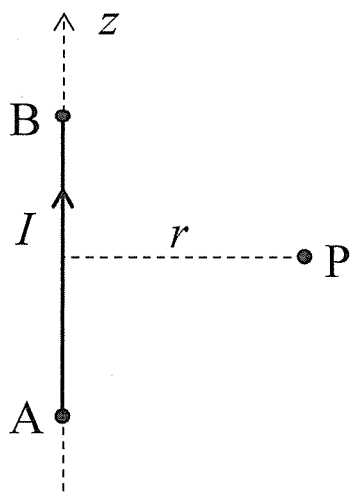


図 4

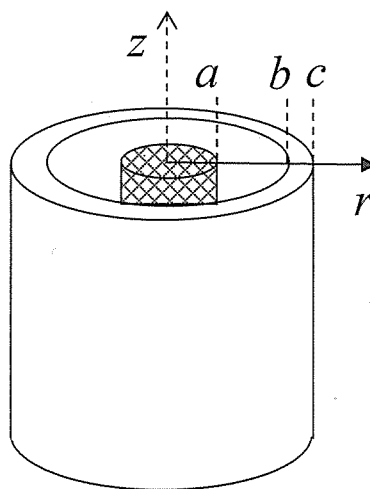


図 5