

令和4年度

宇都宮大学工学部第3年次編入学

専門科目試験問題

「電磁気学・電気回路」

〔試験日〕 令和3年7月6日(火)

〔試験時間〕 9:40～12:00

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. 試験問題は第1問から第4問までである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所があった場合には、申し出ること。
4. 問題について、質問がある場合には、その場で質問すること。
5. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
6. 問題用紙は持ち帰ること。解答用紙及び下書き用紙は回収する。
7. 体の具合が悪くなった場合、用便などの場合は、手をあげて監督者に申し出ること。

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

第1問 図1のように、面積 $S$ の2枚の金属平板が $x = \pm d$ の位置に $x$ 軸に垂直に置かれており、それぞれに $\pm Q$ の電荷が充電されている。 $S$ は十分に大きく端効果は考えないものとし、真空の誘電率を $\epsilon_0$ として以下の問い(問1~問8)に答えよ。

- 問1 ガウスの法則を用いて、 $-d < x < d$ における $x$ 軸上の電界の大きさ $E$ を求めよ。
- 問2  $-d < x < d$ における電位 $V$ を求めよ。ただし、 $x = 0$ における電位を基準( $V = 0$ )とする。
- 問3 この系のキャパシタンスを求めよ。
- 問4  $x = 0$ における電束密度の大きさ $D$ を求めよ。

ここで、2枚の金属平板間を誘電率 $\epsilon$ の誘電体で満たした。ただし、2枚の金属平板は電源等の回路には接続されておらず、電荷の流出入はないものとする。

- 問5 この系のキャパシタンスを求めよ。
- 問6  $x = 0$ における電界の大きさ $E'$ を求めよ。
- 問7  $x = 0$ における電束密度の大きさ $D'$ を求めよ。
- 問8 誘電体の表面に現れる分極電荷密度 $\sigma_p$ (あるいは分極の大きさ $P$ )を求めよ。

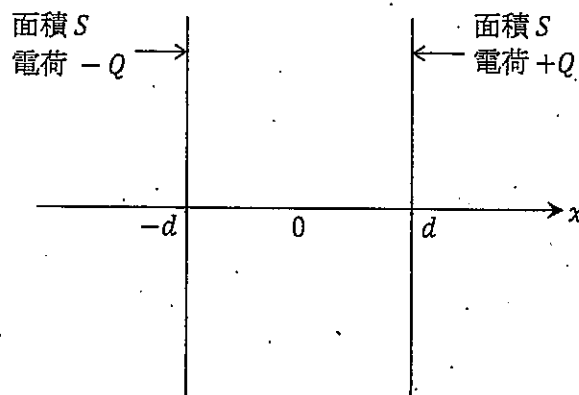


図1

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

第2問

問1 静磁界の存在する空間中の任意の閉路  $C$  を考え、それに鎖交する電流が  $I$  であるとき閉路上の磁界  $H$  に関して成り立つ「アンペールの周回積分の法則」を表す数式を書け。

問2 直流電流  $I$  が流れる導線上の電流要素  $I dl$  が、そこからの距離  $r$ 、その電流の向きとなす角  $\theta$  の点に作る磁束密度の大きさ  $dB$  を与えるものとして「ビオサバールの法則」が知られている。その数式表現として適切なものを下記から一つ選んで、その番号を記入せよ。ただし、各々の式中の  $\mu$  は透磁率である。

(1)  $dB = \frac{\mu Idl}{4\pi r^2} \sin \theta$                       (2)  $dB = \frac{\mu Idl}{2\pi r^2} \sin \theta$

(3)  $dB = \frac{\mu Idl}{4\pi r} \sin \theta$                       (4)  $dB = \frac{\mu Idl}{2\pi r} \sin \theta$

問3 次の各場合の電流による磁界の大きさを求めよ。ただし、いずれも太さの無視できる導線に直流電流  $I$  が流れるものとする。

- (1) 図2の様に、円筒座標系  $(r, \phi, z)$  の原点  $O$  に、長さ  $l$  で、 $z$  軸方向に伸びる直線状導体の中心を置いたとき、座標  $(a, \phi, 0)$  における磁界の大きさ
- (2) (1)において、長さ  $l$  を無限大にした場合の、座標  $(a, \phi, 0)$  における磁界の大きさ
- (3) 図3の様に、円筒座標系  $(r, \phi, z)$  の原点  $O$  を中心とし  $r\phi$  面に平行に、半径  $a$  の円環状導体をおき、 $\phi$  方向に電流  $I$  を流すときの、座標  $(0, 0, b)$  および原点  $O$  における磁界の大きさ

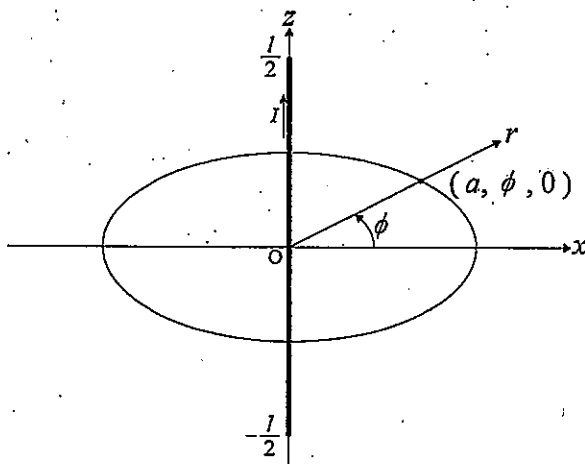


図2

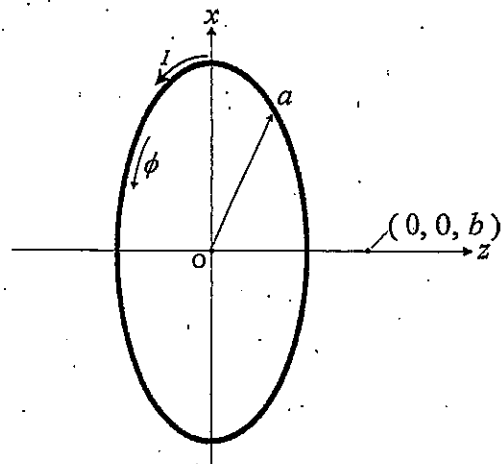


図3

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

第3問 図4の交流回路について以下の問い(問1～問3)に答えよ。回路の角周波数 $\omega = \frac{1000}{3}$  [rad/s]とする。なお、計算過程も記入の上、複素数で回答する問題は直交座標形式 ( $a + jb$ ) で答えよ。

- 問1 スイッチ S がオフとなっている状態でじゅうぶん時間が経ち定常状態となっている。電流源が  $I_s = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ$  [A] だとして図中の電流  $I_1$ ,  $I_2$  および電圧  $V_1$  を求めた上で、電流源から供給される有効電力  $P_{ai}$ , 無効電力  $P_{ri}$  を単位を付して答えよ。ただし、無効電力は誘導性無効電力を正とする。
- 問2 次にスイッチ S をオンとした後にじゅうぶん時間が経過した。電圧源が  $V_s = 20\angle 0^\circ$  [V] であるときに電流  $I_1$ ,  $I_2$ , 電圧源から流れ出る電流  $I_v$ , および電圧源から供給される有効電力  $P_{av}$ , 無効電力  $P_{rv}$  を単位を付して答えよ。ただし、無効電力は誘導性無効電力を正とする。
- 問3 問2の状態では電圧源の大きさを調整して  $V_s = V\angle 0^\circ$  [V] としたところ電圧源から供給される無効電力がゼロとなった。このときの電圧の大きさ  $V$  [V] および電圧源から供給される有効電力  $P_{av0}$  を単位を付して答えよ。

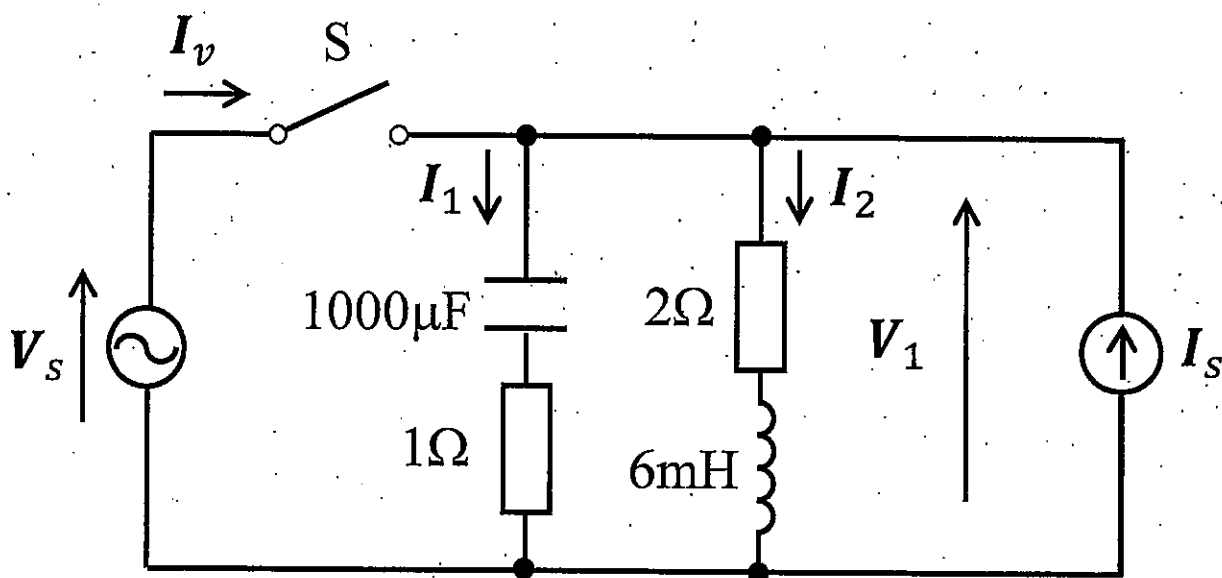


図4

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

第4問 図5の回路について以下の問い(問1～問3)に答えよ。ただし、初期状態では、スイッチSは閉じており、回路は定常状態にある。また、 $E$ は直流電源、 $R$ は抵抗、 $C$ はコンデンサを表わす。なお、計算過程も記入せよ。

問1 定常状態における $R$ の電流 $i_{R0}$ と $C$ の電流 $i_{C0}$ を求めよ。

問2 時刻 $t=0$ でSを開いた。電流 $i_R(t)$ と $i_C(t)$ を求めよ。

問3 電流 $i_R(t)$ と $i_C(t)$ のグラフを描け。 $t < 0$ も描くこと。

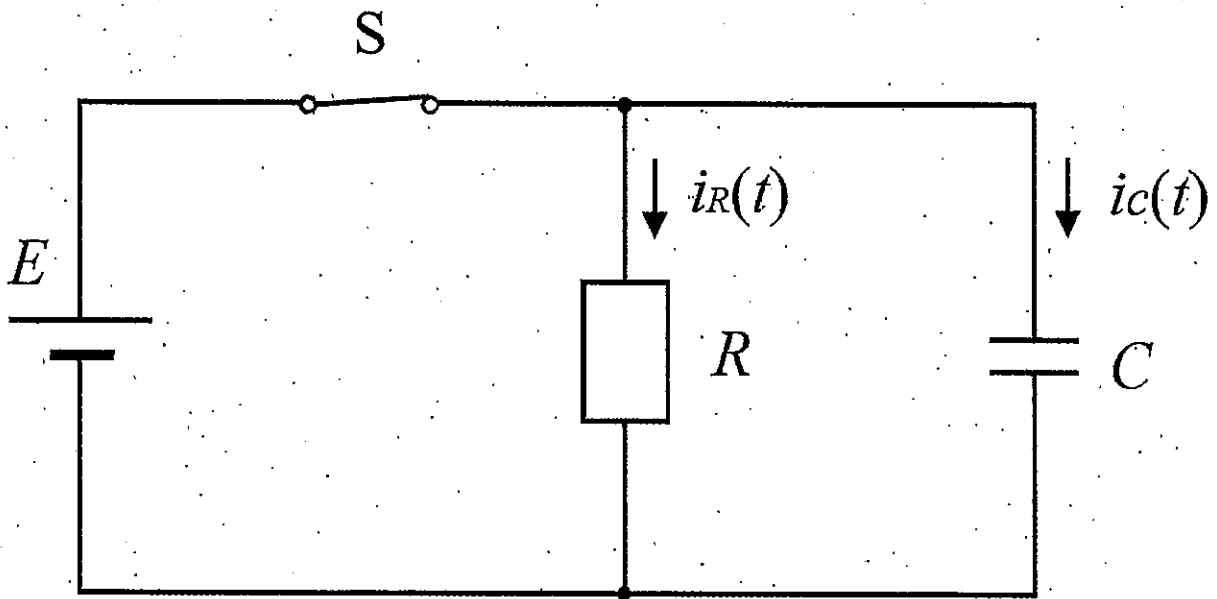


図5