

令和4年度専攻科入学者選抜検査

(学力一次) 検査問題

電子工学専攻

専 門 科 目

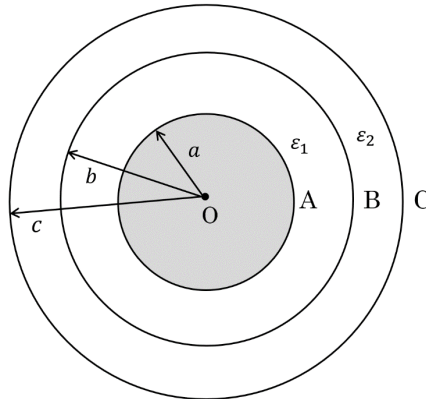
(検査時間 120分)

(注)

- 1 問題用紙は、表紙を含めて1～6ページです。
- 2 2科目（電磁気学、電気回路）すべてに解答してください。
- 3 電卓は、使用不可です。
- 4 解答は、全て解答用紙に記入してください。
- 5 検査終了後、検査問題は持ち帰ってください。

科目名 電磁気学

1. 下図に示すように、導体球 A と、導体球殻 B、C が、点 O を中心として真空中に存在する。A の半径を a [m]、B、C は導体の厚さが無視できるとし、半径がそれぞれ b [m] および c [m] ($a < b < c$) とする。また、AB 間は比誘電率 ϵ_1 、BC 間は比誘電率 ϵ_2 の誘電体で満たされている。A に Q [C]、C に $2Q$ [C] の正電荷を与えた。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]、円周率を π とする。



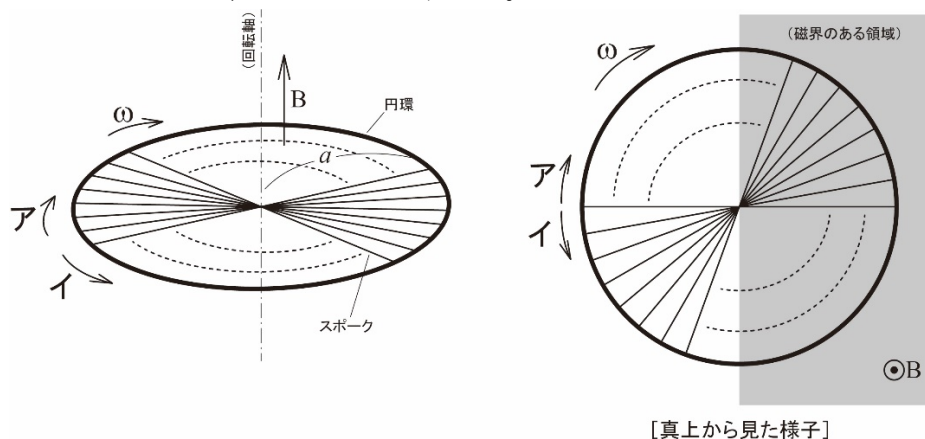
- (1) 点 O から距離 r [m] ($a < r < b$) の電界の強さを求めよ。
- (2) 点 O から距離 r [m] ($b < r < c$) の電界の強さを求めよ。
- (3) 点 O から距離 r [m] ($r > c$) の電界の強さを求めよ。
- (4) C の電位を求めよ。ただし、電位の基準を無限遠点とする。
- (5) B の電位を求めよ。ただし、電位の基準を無限遠点とする。
- (6) A の電位を求めよ。ただし、電位の基準を無限遠点とする。
- (7) B を接地した時、B に供給される電荷を求めよ。
- (8) (7) の状態における C の電位を求めよ。

科目名 電磁気学

2. 図のように、質量 $M[\text{kg}]$ で半径 $a[\text{m}]$ の金属の円環が、 $2n$ 本の軽くて細いスポークによって支えられ、鉛直な軸の回りに摩擦無く回転できるようになっている。金属の円環は抵抗が無視でき、スポークはそれぞれ(円環と回転軸との間に)抵抗 $R[\Omega]$ を持っている。今、円環を角速度 $\omega_0[\text{rad/s}]$ で回転させてから、時刻 $t=0[\text{s}]$ に、円環の半分のみの領域に鉛直上向きに磁束密度 $B[\text{T}]$ の一様な磁界を印加した。円環の残りの半分の領域への磁界の漏れは無いとして、この後の現象について以下の設問に適切な単位を付して答えよ。

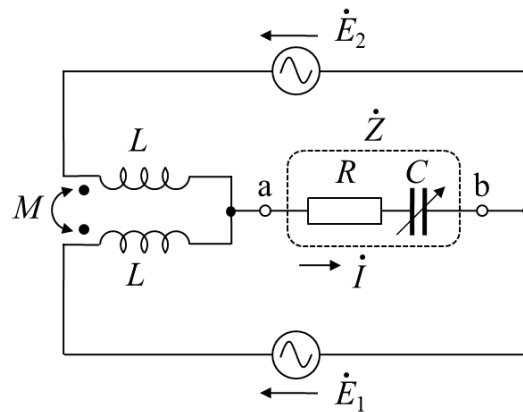
ただし、スポークが磁界の境界を横切る瞬間の過渡的な現象については無視してよいものとする。

- (1) $t=0[\text{s}]$ において円環が持っている運動エネルギー U_{k0} はいくらか。ちなみに、回転軸の周りの円環の慣性モーメントは $M a^2$ で表される。
- (2) 角速度が $\omega[\text{rad/s}]$ の時、磁界中を通過しているスポークに生じる起電力 V はいくらか。
- (3) 磁界中を通過している半分の部分は、起電力が V でスポークの持つ抵抗を内部抵抗とする電源であり、磁界外にあるスポークの抵抗がこれに負荷として繋がれている電気回路として考えた場合、その等価回路を描け。
- (4) 角速度が $\omega[\text{rad/s}]$ の時、スポーク 1 本に流れる電流 I はいくらか。
- (5) 角速度が $\omega[\text{rad/s}]$ の時、磁界中を通過しているそれぞれのスポークに働く力の大きさ F はいくらか。また、その向きは図の **A** の向き・**I** の向きのどちらか答えよ。
- (6) (5) の力 F がスポークの中心に働くと考えた場合、全体に働くトルクの大きさ T はいくらか。
- (7) 円環の回転に関する運動方程式を書け。
- (8) 角速度 $\omega[\text{rad/s}]$ を時間 $t[\text{s}]$ の関数として表せ。
- (9) 角速度が $\omega[\text{rad/s}]$ の時、スポーク全体で消費される電力 P はいくらか。
- (10) スポーク全体で発生するジュール熱が U_{k0} に等しいことを示せ。
- (11) 円環の回転をなるべく素早く減速するには、スポークの本数と抵抗 R はどうあるのが望ましいか、理由とともに答えよ。



科目名 電気回路

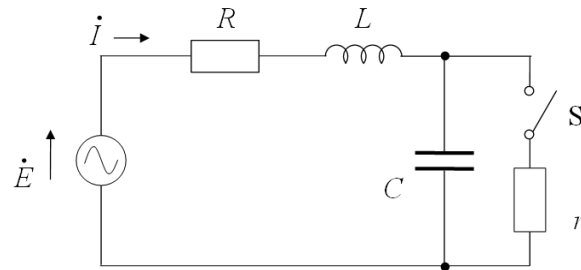
1. 下図のように、一次側および二次側インダクタンス $L[\text{H}]$ 、相互インダクタンス $M[\text{H}]$ の変成器、角周波数 $\omega[\text{rad/s}]$ の正弦波交流電圧源 $\dot{E}_1 = E\angle 0[\text{V}]$ 、 $\dot{E}_2 = E\angle \frac{\pi}{2}[\text{V}]$ からなる回路の端子 ab 間に、抵抗 $R[\Omega]$ と可変容量 $C[\text{F}]$ で構成されるインピーダンス $\dot{Z}[\Omega]$ を接続した。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) テブナンの定理を用いて $\dot{Z}$ に流れる電流 $\dot{i}$ の大きさを求めたい。 $\dot{Z}$ を取り外したとき、端子 ab 間の電圧 $\dot{V}_{\text{ab}}$ を E を用いて答えよ。
- (2) $\dot{Z}$ を取り外したとき、端子 ab 間から見た回路のインピーダンス $\dot{Z}_{\text{ab}}$ を求めよ。
- (3) 前問 (1) および (2) で求めた結果を用いて $\dot{Z}$ に流れる電流 $\dot{i}$ の大きさ I を求めよ。
- (4) 回路で消費される電力 P が最大となる C を求めよ。
- (5) 前問 (4) の C のときに回路で消費される電力 P を求めよ。

科目名 電気回路

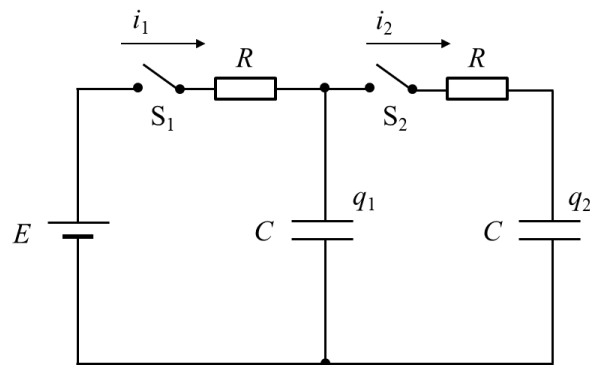
2. 下図のように、抵抗 $r[\Omega]$ 、 $R[\Omega]$ 、インダクタンス $L[\text{H}]$ 、キャパシタンス $C[\text{F}]$ 、スイッチ S からなる回路に角周波数 $\omega[\text{rad/s}]$ の正弦波交流電圧 $\dot{E} = E\angle 0[\text{V}]$ を加えた。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) スイッチ S が開いているとき、抵抗 R に流れる電流 i を求めよ。
- (2) スイッチ S が開いているとき、抵抗 R で消費される電力 P_1 を求めよ。
- (3) スイッチ S が開いたまま、角周波数 ω を変化させて P_1 を最大にした。このときの角周波数 ω_1 を求めよ。
- (4) スイッチ S を閉じ、角周波数 ω を変化させて回路を共振状態（回路のインピーダンスが実数になる状態）にした。このときの共振角周波数 ω_2 は前問の ω_1 の $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍であった。抵抗 r を L と C で表せ。
- (5) 前問(4)の共振状態のとき、抵抗 R で消費される電力 P_2 を R 、 L 、 C および E で表せ。

科目名 電気回路

3. 下図のように、 R [Ω]の抵抗が2個、 C [F]のコンデンサ2個および、スイッチ S_1 、 S_2 からなる回路に、起電力 E [V]の直流電圧源を接続した。時刻 $t < 0$ [s]において S_1 、 S_2 は共に開いており、定常状態であったとする。回路に流れる電流を下図のように i_1 、 i_2 とおき、2 個のコンデンサそれぞれに蓄えられる電荷を下図のように q_1 、 q_2 とおく。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) 時刻 $t = 0$ [s] において、 S_1 のみを閉じたとし、 $q_1 = 0$ [C]とする。
- (イ) 電荷 q_1 についての回路方程式を記述せよ。
 - (ロ) 前問の方程式を解き、 q_1 を求めよ。
 - (ハ) 前問をもとに、電流 i_1 を求めよ。
- (2) 上記(1)の後で定常状態に達した後、 S_1 を開いたとする。この後、あらためて時刻 $t = 0$ [s] において $q_2 = 0$ [C]とし、 S_2 のみを閉じた。
- (イ) 電荷 q_1 についての回路方程式を記述せよ。
 - (ロ) 前問の方程式を解き、 q_1 を求めよ。
 - (ハ) 電荷 q_2 を求めよ。
 - (ニ) 電流 i_2 を求めよ。
 - (ホ) S_2 を閉じた後で定常状態に達するまでに、回路右側にある抵抗 R で消費されるエネルギーの総量を求めよ。