

令和6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

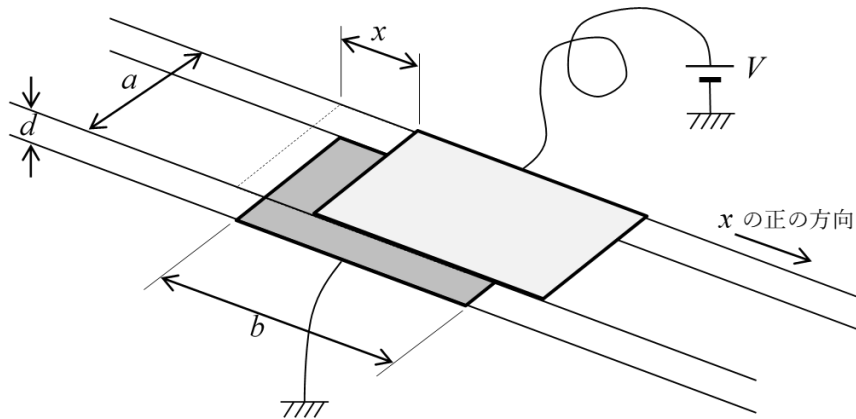
(検査時間 120分)

(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）の両方に解答してください。
- 3 電卓は、使用禁止です。
- 4 解答は、全て解答用紙に記入してください。
- 5 スペースが不足する場合は、その旨を明記の上、用紙の裏を使用してください。
- 6 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

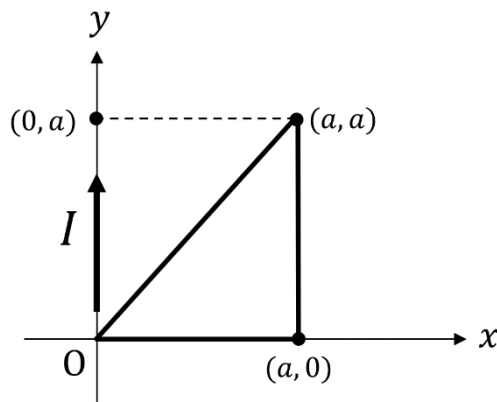
1. 下図のように、幅 a [m]、厚さ d [m]、誘電率 ϵ [F/m] の矩形断面の誘電体でできたレールの上下に、レールと同じ幅で長さ b [m] の電極板がある。下側の電極板は固定され、接地されている。上側の電極板は、質量 m [kg] で、レールに沿って摩擦無く滑ることができ、電圧 V [V] の定電圧源に柔らかい導線で接続されており、導線は電極板の動きを妨げることは無い。電極間の静電容量は、電極が上下に対向する部分の面積で決まるものとし、次の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) 上側電極が下側電極の真上の位置から x [m] ($< b$) ずれた位置にある時、電極間の静電容量はいくらか。
- (2) (1) の状態において、電極間に蓄えられている静電エネルギーはいくらか。
- (3) (1) の状態において、上側電極に働く力を、 x が増加する向きを正の向きとして求めよ。
- (4) (1) の状態において、上側電極の加速度の大きさを答えよ。
- (5) 時刻 $t=0$ [s] において、 $x=b/2$ で静止状態にあったとして、2つの電極が上下にぴったり重なる ($x=0$) までの時間 T を求めよ。
- (6) (5) の条件で、時刻 t ($0 < t < T$) における上側電極の速度を求めよ。ただし、これ以後の問題において、 x が増加する向きを正の向きとする。
- (7) (5) の条件で、電極がぴったり重なった ($x=0$) 瞬間の速度はいくらか。
- (8) (5) の条件で、時刻 t ($0 < t < T$) において、定電圧源から上側電極にむかって導線を通る電流はいくらか。
- (9) (5) の条件で、時刻 t ($0 < t < T$) において、定電圧源から上側電極にむかって導線を通る電流の大きさの最大値はいくらか。
- (10) (5) の条件で、2つの電極がぴったり重なる ($x=0$) までの間に定電圧源から供給されたエネルギーは、上側電極の運動エネルギーと電極間の静電エネルギーに等分配されることを示せ。

科目名 電磁気学

2. 下図に示すように真空中に原点をOとする x - y 平面を考える。平面上に原点Oと点 $(a, 0)$ を結ぶ長さ a [m]の直線状導体、点 $(a, 0)$ と点 (a, a) を結ぶ直線状導体、原点Oと点 (a, a) を結ぶ直線状導体からなる巻数1の三角形コイルが置かれている。時刻 $t = 0$ [s]においてコイル左端は原点Oにある。また、 y 軸上に無限長直線導体があり、 I [A]の電流が y 軸の正方向に流れている。この直線導体と三角形コイルは、絶縁されているものとする。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。ただし、導体の太さは無視でき、真空の透磁率を μ_0 [H/m]、円周率を π とする。



- (1) y 軸から距離 x [m]の点の磁界の強さはいくらか。
- (2) y 軸から距離 x [m]の点の磁束密度はいくらか。
- (3) 時刻 $t = 0$ [s] において、コイルに鎖交する磁束はいくらか。
- (4) 時刻 $t = 0$ [s] において、無限長直線導体とコイルの間の相互インダクタンスはいくらか。

時刻 t ($t > 0$) において、コイルが x 軸に沿って正方向に速度 v [m/s] ($v > 0$)で移動する。また、無限長直線導体は固定されていて動かないとする。

- (5) 時刻 t ($t > 0$) において、コイルに鎖交する磁束はいくらか。
- (6) 時刻 t ($t > 0$) において、無限長直線導体とコイルの間の相互インダクタンスはいくらか。
- (7) 時刻 t ($t > 0$) において、コイルに発生する誘導起電力の大きさはいくらか。

1. 図1に示すような対称三相交流回路において、電源側では、各相の相電圧をフェーザ形式で表すと、 $\dot{E}_{ab} = 120\angle 0$ [V]、 $\dot{E}_{bc} = 120\angle -\frac{2}{3}\pi$ [V]、 $\dot{E}_{ca} = 120\angle -\frac{4}{3}\pi$ [V]であり、負荷側では、 $R = 10$ [Ω]、 $X_C = 10\sqrt{3}$ [Ω]とする。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。ただし、円周率を π とする。

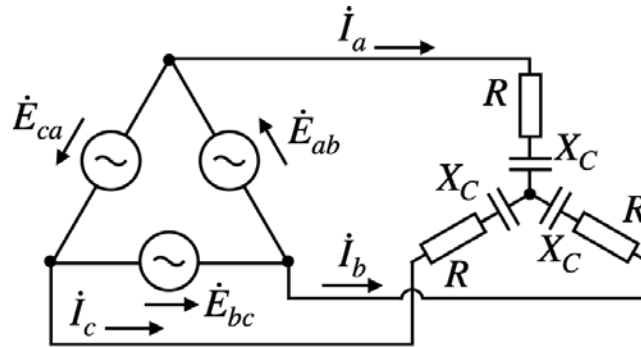


図1

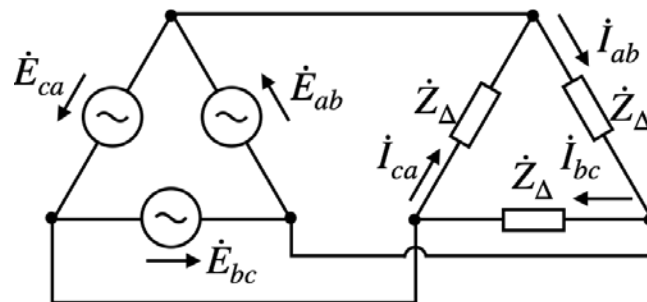


図2

- (1) 図1の負荷側をY結線から図2のように Δ 結線に変換した複素インピーダンス \dot{Z}_Δ をフェーザ形式で表わせ。
- (2) 図2の相電流 \dot{I}_{ab} 、 \dot{I}_{bc} 、 \dot{I}_{ca} をフェーザ形式で表わせ。
- (3) 図1の線電流 \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c をフェーザ形式で表わせ。
- (4) 負荷で消費される全電力を求めよ。

科目名 電気回路

2. ある交流回路において、基本波の角周波数 ω [rad/s]とする時刻 t [s]におけるひずみ波交流電圧

$$v(t) = 10 + 12\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right) + 2\sqrt{6} \sin 3\omega t \text{ [V]}$$

を負荷に加えると、次式の電流が流れた。

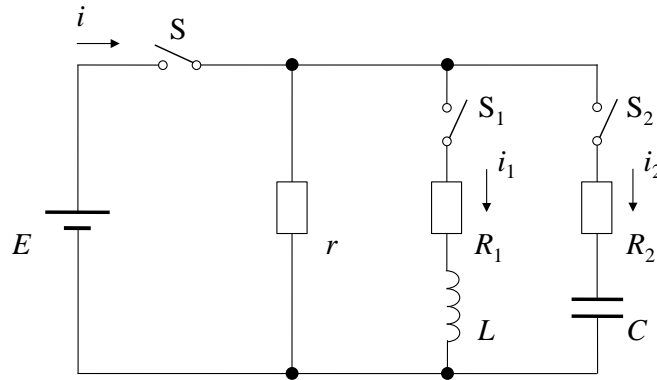
$$i(t) = 4 + 10 \sin \omega t + 3\sqrt{2} \sin\left(3\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ [A]}$$

以下の設問に適切な単位を付して答えよ。

- (1) $v(t)$ の実効値を求めよ。
- (2) $i(t)$ の実効値を求めよ。
- (3) 有効電力を求めよ。
- (4) 皮相電力を求めよ。
- (5) 力率を求めよ。

科目名 電気回路

3. 下図のような、直流電源 E [V]、3つの抵抗 r 、 R_1 、 R_2 [Ω]、インダクタンス L [H]、キャパシタンス C [F]、3つのスイッチ S 、 S_1 、 S_2 で構成される回路がある。時刻 $t < 0$ [s]において定常状態にあり、 C には電荷がなく、すべてのスイッチは開いている。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) まず、 $t = 0$ [s]で S を閉じた。電源から回路に流れる電流 i [A]の式を書け。
- (2) 次に、 $t = t_1$ [s]で S_1 を閉じた。任意の時刻 $t (\geq t_1)$ において、 R_1 に流れる電流 $i_1(t)$ [A]が満たす回路方程式を書け。
- (3) 前問の回路方程式を解き、任意の時刻 $t (\geq t_1)$ における電流 $i_1(t)$ [A]を求めよ。
- (4) S_1 を閉じてから $t \rightarrow \infty$ の定常状態までにインダクタンス L のコイルで蓄えられるエネルギー W [J]を求めよ。
- (5) S_1 を閉じてから十分時間が経過して定常状態になった後に S を開いた。 S を開いてから回路で消費される全エネルギーは、前問で求めた W [J]に等しくなることを示せ。
- (6) 次に、 S を開いてから十分時間が経過した後に S_1 を開き、 $t = t_2$ [s]で S と S_2 を同時に閉じた。任意の時刻 $t (\geq t_2)$ において、 C に蓄えられる電荷 $q(t)$ [C]が満たす回路方程式を書け。
- (7) 前問の回路方程式を解き、任意の時刻 $t (\geq t_2)$ における電荷 $q(t)$ [C]を求めよ。
- (8) 前問の結果を用いて、 R_2 に流れる電流 $i_2(t)$ [A]を求めよ。
- (9) 次に、十分時間が経過した後に S を開いた。 S を開いてから回路で消費される全エネルギーを求めよ。
- (10) さらに、 S_1 、 S_2 を閉じた状態で十分時間が経過して定常状態になった後に S を閉じた。 S を閉じた瞬間から電流 i [A]が時刻にかかわらず一定となるためには、 R_1 、 R_2 、 L 、 C の間にどのような条件が必要かを示せ。