

令和3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2年8月28日（金）

〔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のように半径 a の導体球 A を半径 b の導体球殻 B (球殻の厚み 0) で包み、導体 A に Q_1 、導体 B に Q_2 の電荷を与えた。真空の誘電率を ϵ_0 として以下の問い (問1, 問2, 問3, 問4, 問5, 問6) に答えよ。

- 問1 中心から距離 r の点における電界 E を求めよ。
- 問2 導体 A と B の各電位 V_A, V_B を求めよ。 $r = \infty$ の位置を電位の基準 ($V = 0$) とする。なお、計算過程も記入せよ。
- 問3 導体 AB 間の静電容量 C_{AB} と、導体 B と無限遠との間の静電容量 $C_{B\infty}$ を求めよ。なお、答えには V_A, V_B を含めないこと。
- 問4 $Q_1 = +Q, Q_2 = -Q$ 、電位差 $V_{AB} = V_A - V_B$ とする場合、導体 AB 間に蓄えられる静電エネルギー U_{AB} を、 Q と V_{AB} を用いて表しなさい。
- 問5 問4において、導体 AB 間の電界を E_{AB} 、導体 AB 間の体積を v とするとき、

$$\int_v \frac{1}{2} \epsilon_0 E_{AB}^2 dv$$

を求めよ。答えには Q を含めること。なお、計算過程も記入せよ。

問6 問5の結果より、 $\frac{1}{2} \epsilon_0 E_{AB}^2$ がどのような意味をもつのかを説明せよ。

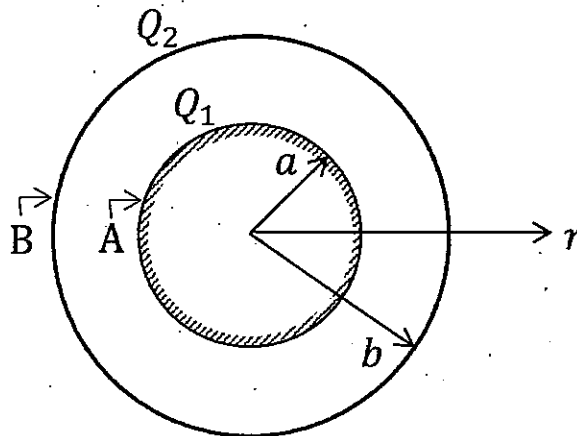


図1

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 半径 a の無限長の直線状導体に電流 I が一様に流れているとき、導体の内部インダクタンスを磁界のエネルギー密度を用いて求めたい。このとき後の問い（問1, 問2, 問3, 問4, 問5）に答えよ。ただし、導体の透磁率を μ とする。なお、計算過程も記入せよ。

問1 導体の中心から半径 $r (\leq a)$ 離れた点の磁界の強さ H を求めよ。

問2 導体内での単位体積あたりのエネルギー密度 w_m は、 $w_m = \frac{1}{2}\mu H^2$ で与えられる。 w_m を I, a, r で表せ。

問3 半径 $r (\leq a)$ の位置に幅 dr で導体方向に長さ 1 の円筒をとる。この部分の微小体積 dv を r と dr を用いて表せ。

問4 単位長さあたりの導体内部の磁界のエネルギー W_m を求めよ。

問5 一般的に自己インダクタンス L と磁界のエネルギー W_m との間には $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ の関係がある。単位長さあたりの内部自己インダクタンス L_{in} を求めよ。

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 交流回路について以下の問い(問1, 問2, 問3)に答えよ。複素数で回答する問題については, 指示が無い限り直交座標形式 ($a + jb$) で表せ。

問1 図2の回路において電圧源 V_s の瞬時値が $v_s(t) = 100 \sin(1000t + \frac{\pi}{4})$ [V] で与えられた。 V_s をフェーザ形式 ($V\angle\theta$) および直交座標形式 ($a + jb$) で表せ。また, 図中の電流 I_1 を求めた後, 回路の全体の複素電力 P , 有効電力 P_a , 無効電力 P_r , 皮相電力 P_0 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。なお, 計算過程も記入せよ。

問2 図3の回路において電流源 I_s の瞬時値が $i_s(t) = 25\sqrt{2} \sin(1000t + \frac{\pi}{2})$ [A] で与えられた。 I_s をフェーザ形式 ($V\angle\theta$) および直交座標形式 ($a + jb$) で表せ。また, 図中の電流 I_{2C} , I_{2R} および電圧 V_2 を求めた後, 回路の全体の複素電力 P , 有効電力 P_a , 無効電力 P_r 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。なお, 計算過程も記入せよ。

問3 図4の回路において電流 I_{aR} および電圧 V_{aI} を求めよ。なお, 計算過程も記入せよ。

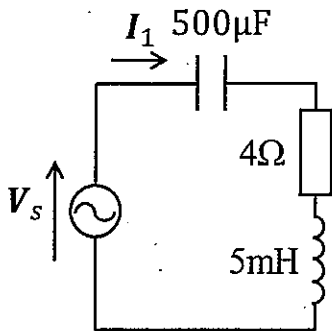


図2

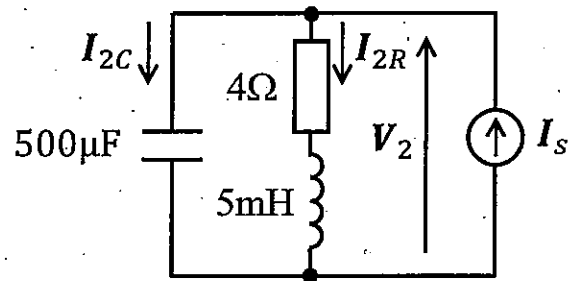


図3

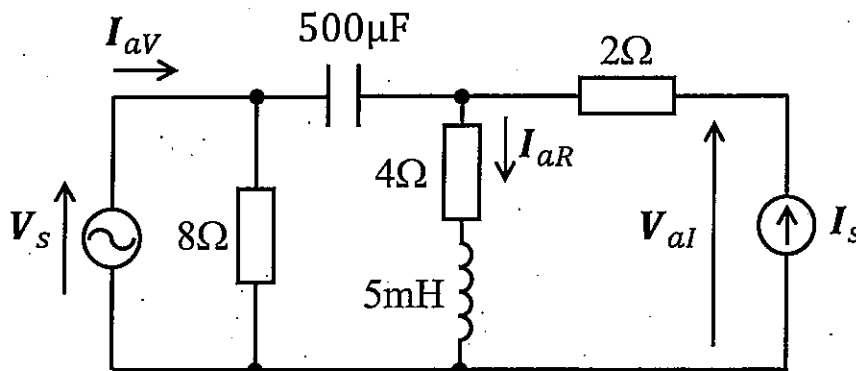


図4

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2)に答えよ。ただし, 初期状態では, スイッチ S_1 と S_2 は開いており, 回路は定常状態にある。また, E は直流電源, R_1 と R_2 は抵抗, L はインダクタンスを表わす。なお, 計算過程も記入せよ。

問1 時刻 $t=0$ で S_1 を閉じた。 L の電圧 $v_L(t)$ を求めよ。また, 時定数 T を求めよ。

問2 時刻 $t=T$ で S_2 を閉じた。 S_2 を閉じた時刻をあらためて $t=0$ としたとき, $v_L(t)$ を求めよ。

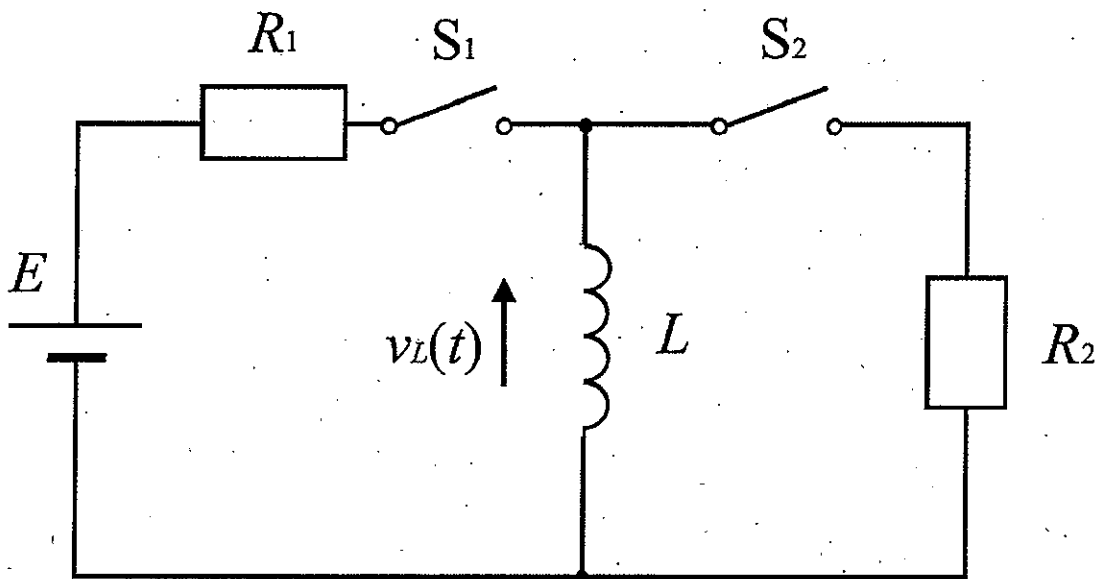


図5