

平成 29 年度

第 1 種
理 論

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。
色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141R01234Aの場合）

受 験 番 号											
数		字		記号	数		字		記号		
0	1	4	1	R	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②		②	②		②	②	●	②	②	●	C
③		③	③		③	③	③	●	③	●	K
④		●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤			⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥			⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦				●	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

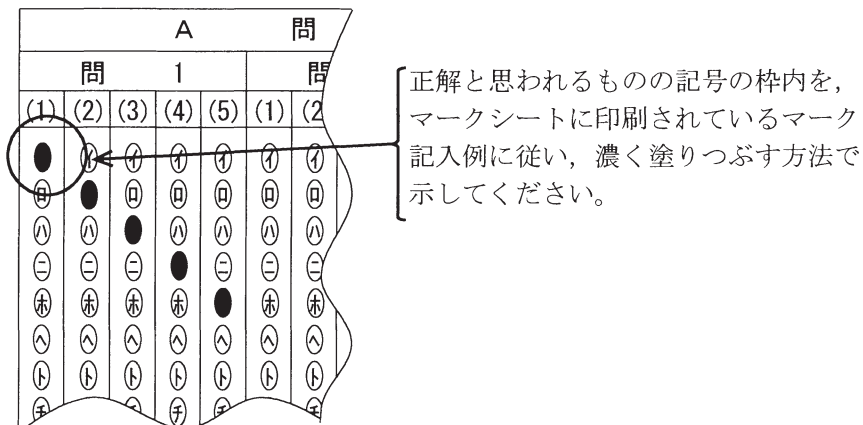
3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の (1) と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の(イ)をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)



6. 問6と問7は選択問題です。どちらか1問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例： 350 W $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例： I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

第 1 種

理 論

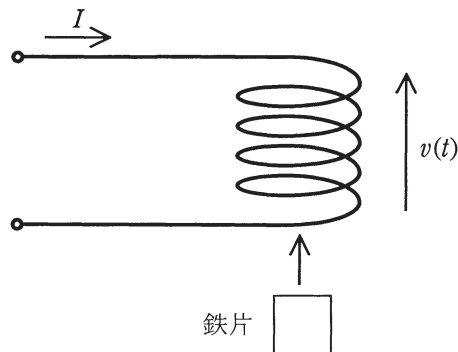
A問題(配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問1 次の文章は, コイルに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

空気中の広い空間にインダクタンス L_0 のコイルがあり, 理想的な電流源に接続され, 常に一定の電流 I が流れている。コイルの巻線抵抗は無視できるものとする。このとき, コイルに蓄えられているエネルギーは (1) である。

次に, 十分遠方にある鉄片を, 図のように時刻 $t=0$ からコイルにゆっくりと近付けることでコイルのインダクタンス $L(t)$ を時間変化させ, $t=T$ で鉄片の動きを止めた。ただし, 鉄片の磁束の飽和やヒステリシス特性は無視できるものとする。 $t=0\sim T$ の間, 図に示された向きでコイルの電圧 $v(t)$ を測定すれば, 電磁誘導の法則から $v(t) = \text{ (2)}$ が成り立つので, インダクタンス $L(t)$ は $v(t)$ を用いて $L(t) = \text{ (3)}$ の式で計算できることが分かる。

$L(T) = L_1$ とすると, $t=0\sim T$ の間に電流源から供給されるエネルギーは (4) であり, 鉄片の動きによりコイルが外部にした仕事量は (5) である。



[問 1 の解答群]

(イ) $\frac{1}{2}(L_1 - L_0)I^2$

(ロ) $\frac{v(t)I}{I}$

(ハ) $\frac{2}{3}(L_1 - L_0)I^2$

(ニ) $L_0 + \frac{1}{I} \int_0^t v(\tau) d\tau$

(ホ) $\frac{L(t)I}{T}$

(ヘ) $\frac{3}{2}(L_1 - L_0)I^2$

(ト) $\frac{1}{2}L_0I^2$

(チ) $\frac{1}{I} \int_0^t v(\tau) d\tau$

(リ) 0

(ヌ) $2(L_1 - L_0)I^2$

(ル) $2L_0I^2$

(レ) L_0I^2

(ヲ) $\frac{d}{dt}[L(t)I]$

(カ) $(L_1 - L_0)I^2$

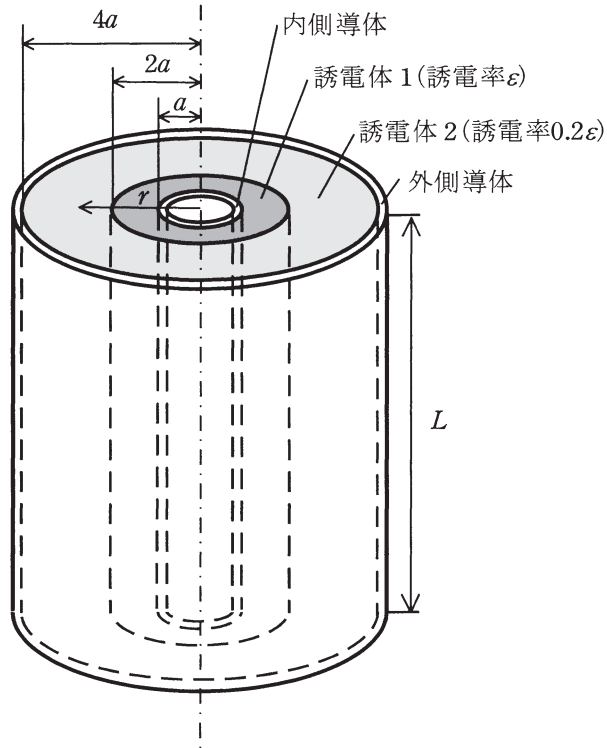
(ヱ) $\frac{d^2}{dt^2}[L(t)TI]$

問2 次の文章は、同軸円筒中の電界に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお、円筒の端部が電界に及ぼす効果は無視できるものとする。

図のような長さ L 、外半径 a の内側導体と、長さ L 、内半径 $4a$ の外側導体が中心軸を同じくして配置され、同軸円筒を構成している。内側導体と外側導体との間の空間は、図のように半径 $2a$ を境に、誘電率 ε の誘電体 1 と誘電率 0.2ε の誘電体 2 で満たされている。

このような誘電体の内部には、径方向の電界のみが発生する。内側導体に正の電荷 $+Q$ 、外側導体に負の電荷 $-Q$ を与えた場合の誘電体内部の電界分布を、円筒状の閉曲面にガウスの法則を適用して求めると、誘電体 1 の内部の電界の大きさは $E_1 =$ (1) 、誘電体 2 の内部の電界の大きさは $E_2 =$ (2) と表され、電界の大きさが最大となるのは、 (3) である。

誘電体 1 の内側境界に対する外側境界の電位 V_1 は、電界を半径 r 方向に積分して、 $V_1 = -\int_a^{2a} E_1 dr =$ (4) と求められる。同様に、誘電体 2 の内側境界に対する外側境界の電位 V_2 を求めると $V_2 = 5V_1$ となるので、この同軸円筒状の導体及び誘電体全体をコンデンサとみなしたときの容量は (5) と求められる。



[問2の解答群]

- | | | |
|---|---|--|
| (イ) $-\frac{Qa}{2\pi\epsilon L}$ | (ロ) $\frac{5Q}{2\pi\epsilon L}$ | (ハ) $\frac{\pi\epsilon L}{3\ln 2}$ |
| (ニ) 誘電体1と誘電体2の境界 | (ホ) $\frac{Q}{2\pi\epsilon L}$ | (ヘ) $-\frac{Q}{2\pi\epsilon L}\ln 2$ |
| (ト) 誘電体2と外側導体の境界 | (チ) $\frac{5Q}{4\pi\epsilon L} \frac{1}{r^2}$ | (リ) $\frac{Q}{4\pi\epsilon L} \frac{1}{r^2}$ |
| (ヌ) 内側導体と誘電体1の境界 | (ル) $\frac{Q}{2\pi\epsilon L} \frac{1}{r}$ | (レ) $\frac{\pi\epsilon L}{3a}$ |
| (リ) $\frac{5Q}{2\pi\epsilon L} \frac{1}{r}$ | (カ) $-\frac{Q}{8\pi\epsilon L} \frac{1}{a}$ | (ケ) $\frac{16\pi\epsilon La}{7}$ |

問3 次の文章は、回路の過渡現象に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図の回路において、時刻 $t < 0$ では、スイッチ S は a 側にあり、回路は定常状態にあるものとする。

時刻 $t = 0$ で、スイッチ S を b 側に切り換えたとする。時刻 $t \geq 0$ において、キルヒホッフの電圧則に従う微分方程式が成立するが、この微分方程式の両辺をラプラス変換し、コイル L を流れる電流 $I(s) = \mathcal{L}[i(t)]$ を求めると、

$$I(s) = \text{ (1) } i(0) \dots\dots\dots \text{①}$$

となる。ここで、 $i(0)$ は時刻 $t = 0$ におけるコイルの電流であり、

$$i(0) = \text{ (2) } \dots\dots\dots \text{②}$$

で与えられる。

ラプラス逆変換により、時刻 $t \geq 0$ における電流 $i(t)$ は、

$$i(t) = \mathcal{L}^{-1}[I(s)] = \text{ (3) } \dots\dots\dots \text{③}$$

となる。

一方、 $t = \infty$ における電流 $i(\infty)$ は、①式及び②式で求めた $I(s)$ にラプラス変換の最終値定理を適用すれば、

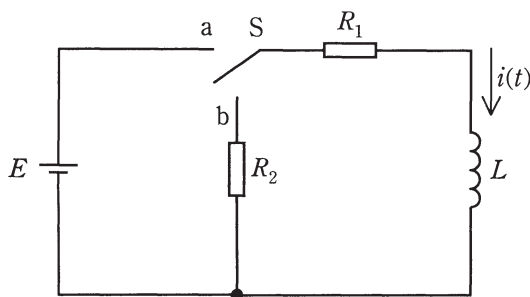
$$i(\infty) = \text{ (4) } \dots\dots\dots \text{④}$$

と表される。

また、スイッチ S を b 側に切り換えた後に、 $t = \infty$ までに抵抗 R_1 で消費されるエネルギー W は、

$$W = \text{ (5) } \dots\dots\dots \text{⑤}$$

となる。



[問 3 の解答群]

$$(イ) \quad \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$(ニ) \quad \frac{E}{R_1}$$

$$(ト) \quad \frac{L}{sL + R_2}$$

$$(ス) \quad \frac{E}{R_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{L} t}$$

$$(ワ) \quad \frac{LE^2}{2R_1(R_1 + R_2)}$$

$$(カ) \quad \frac{L}{sL + R_1 + R_2}$$

$$(キ) \quad \frac{E}{R_2}$$

$$(ク) \quad \frac{L}{sL + R_1}$$

$$(ケ) \quad \frac{E^2}{2(R_1 + R_2)}$$

$$(コ) \quad \frac{E}{R_1} e^{-\frac{R_1 + R_2}{L} t}$$

$$(ハ) \quad \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{sLE}{sR_1L + R_1(R_1 + R_2)}$$

$$(ヘ) \quad \frac{E}{R_1 + R_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{L} t}$$

$$(ニ) \quad \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sLE}{sR_1L + R_1(R_1 + R_2)}$$

$$(ホ) \quad \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{LE}{s^2R_1L + sR_1(R_1 + R_2)}$$

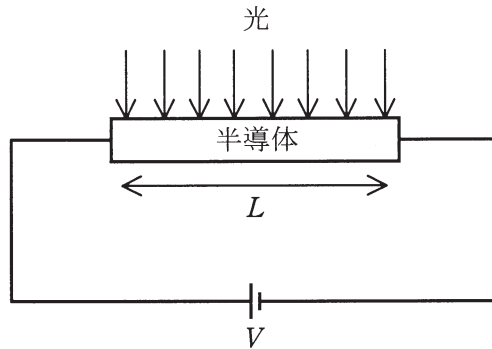
$$(ヲ) \quad \frac{LE^2}{2R_2(R_1 + R_2)}$$

問4 次の文章は、半導体に光を照射した際に生じる電気伝導に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

長さ L の真性半導体試料に、上方から光を均一に照射したところ、場所によらず均一に、単位時間、単位体積当たり g 個の電子-正孔対が生成した。ここで試料の厚さは十分薄く、光吸収に伴う厚さ方向の電子-正孔対密度の変化は無視できるものとする。

いま、熱平衡状態における試料の電子密度を n_0 、正孔密度を p_0 とし、光照射により生成した電子密度の増加分を Δn 、正孔密度の増加分を Δp とするとき、 Δn と Δp の大きさの関係を式で表すと、 (1) である。光照射により生成した電子のうち、単位時間、単位体積当たり $\frac{\Delta n}{\tau}$ 個が正孔と再結合して消滅する場合を考える。この τ は再結合までの時間の目安であり、 (2) と呼ばれる。定常状態では電子-正孔対の生成と消滅の割合は釣り合うことから、 $\Delta n =$ (3) となる。

ここで図のように半導体試料の両端に電極を取り付け、電圧 V を印加する。このとき、試料中には長さ方向に一様な電界 $E =$ (4) が発生し、電子と正孔は電界 E からの力を受けて定常状態に達すると、 E に比例したそれぞれ一定の平均速度で運動する。この比例係数を電子、正孔についてそれぞれ μ_e 、 μ_h とし、正孔の電荷量を q とすると、この運動による電流密度を計算することができる。光照射時の電流密度から、光を照射していないときの電流密度を差し引いて、光生成キャリアのみによる電流密度の大きさを求めると、 (5) となる。これは、太陽電池や光検出器の基本原理として広く応用されている。



[問 4 の解答群]

(イ) $\frac{q\tau gV(\mu_h - \mu_e)}{L}$

(ロ) キャリア寿命

(ハ) $\frac{g}{\tau}$

(ニ) $\Delta n \Delta p = n_0 p_0$

(ホ) $\frac{V}{2L}$

(ヘ) $\frac{V}{L}$

(ト) 緩和時間

(フ) $\Delta n \Delta p = (n_0 + p_0) \sqrt{n_0 p_0}$

(リ) $\frac{1}{\tau g}$

(ヌ) $\frac{2V}{L}$

(ル) $\frac{q\tau gV(\mu_h + \mu_e)}{L}$

(レ) 回復時間

(リ) $\Delta n = \Delta p$

(カ) τg

(ロ) $\frac{q\tau gV(\mu_h - \mu_e)}{2L}$

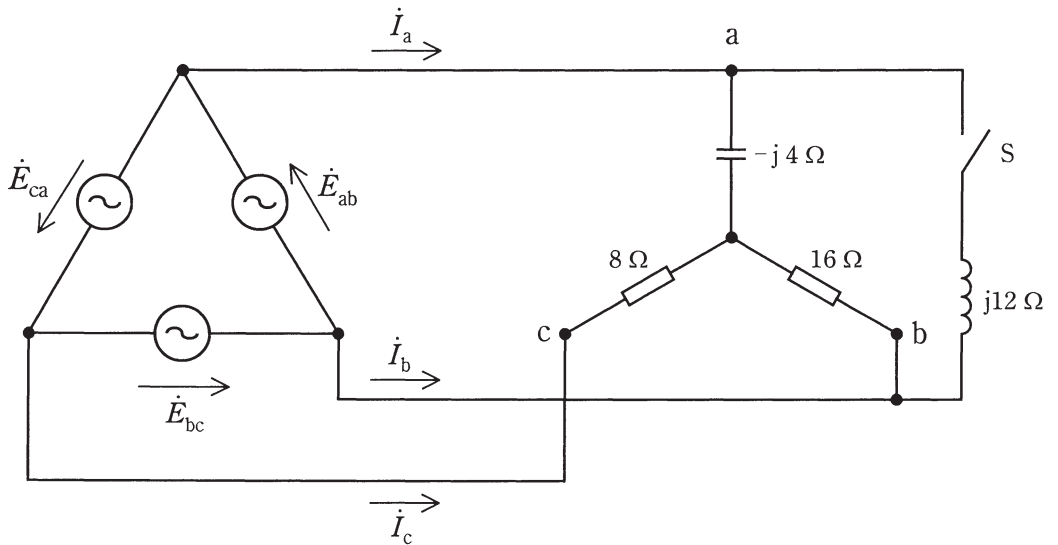
B問題(配点は1問題当たり20点)

問5 次の文章は、三相交流回路に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図のように、対称三相交流電源が Y 形不平衡負荷と $12\ \Omega$ の誘導性リアクタンスからなる回路に接続されている。図の各線間電圧は $\dot{E}_{ab} = 100\angle 0^\circ$ [V] を基準に、 $\dot{E}_{bc} = a^2\dot{E}_{ab}$ 、 $\dot{E}_{ca} = a\dot{E}_{ab}$ とする。ただし、 a は複素数で $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ である。

いま、スイッチ S が開いている状態で線電流を求めると、 $\dot{I}_a =$ (1) A、 $\dot{I}_b =$ (2) A、 $\dot{I}_c =$ (3) A となる。また、負荷で消費される電力は (4) W となる。

次に、スイッチ S を閉じ、 $12\ \Omega$ の誘導性リアクタンスが端子 a-b 間に並列に接続されたとすると、線電流 \dot{I}_a は $\dot{I}_a =$ (5) A となる。



[問5の解答群]

- | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| (イ) 2800 | (ロ) $5.20-j1.41$ | (ハ) $-11.68-j4.23$ |
| (ニ) $-6.71+j4.23$ | (ホ) $13.20-j9.26$ | (ヘ) $13.20-j0.93$ |
| (ト) $5.20+j6.92$ | (チ) $11.68+j1.41$ | (リ) $-6.48-j3.30$ |
| (ヌ) 1350 | (ル) $-5.20-j6.92$ | (レ) $-1.52-j3.30$ |
| (ワ) $-6.71+j3.62$ | (カ) $1.52+j2.70$ | (エ) 950 |

問6及び問7は選択問題であり、問6又は問7のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問6 次の文章は、直流電源と2端子対抵抗回路に関する記述である。文中の
 に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図のように、3種類の直流電圧源 αE 、 $(1-\alpha)E$ 、 E に同一の2端子対回路 N
を2段接続し、それぞれ異なる抵抗で終端した。図1、図2の回路では、

$$\frac{V'_0}{I'_0} = \frac{V'_1}{I'_1} = \frac{V'_2}{I'_2} = 5 \Omega, \quad \frac{V''_0}{I''_0} = \frac{V''_1}{I''_1} = \frac{V''_2}{I''_2} = -4 \Omega \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

が成立する。更に、分圧比、分流比の計算から、定数 λ を用いて、①式の電圧、
電流は、以下の等比数列で表すことができる。

$$V'_k = \lambda^{-k} \alpha E, \quad I'_k = \lambda^{-k} \frac{\alpha E}{5}, \quad k=0,1,2 \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$V''_k = \lambda^k (1-\alpha) E, \quad I''_k = -\lambda^k \frac{(1-\alpha) E}{4}, \quad k=0,1,2 \quad \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

ここで、 $\lambda =$ (1) であり、 λ とその逆数 λ^{-1} は、図の2端子対回路 N
の (2) の固有値である。

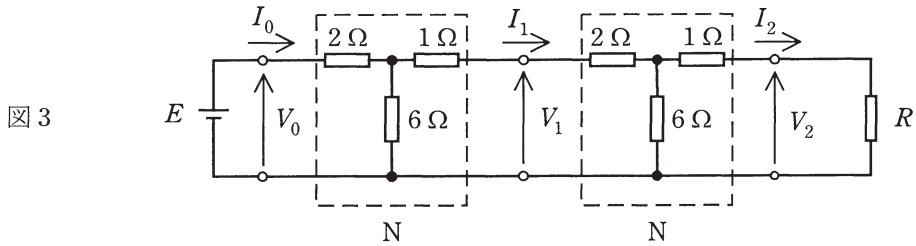
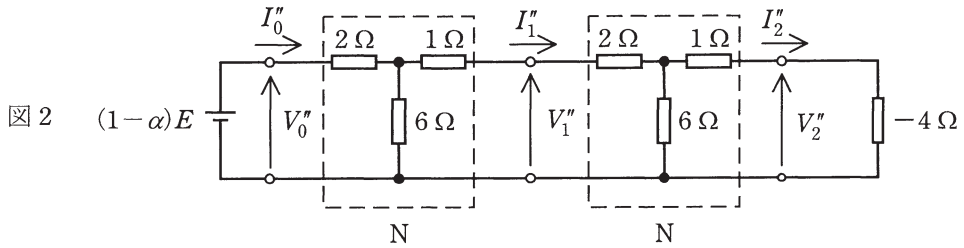
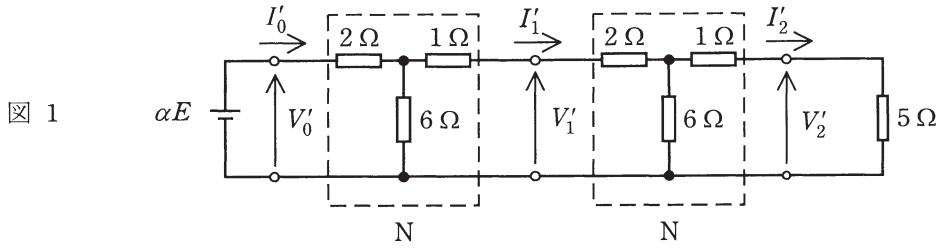
次に図3の回路を解析する。任意の抵抗 R に対し、図3の電圧 V_k は図1の電
圧 V'_k と図2の電圧 V''_k の和で、図3の電流 I_k は図1の電流 I'_k と図2の電流 I''_k の
和で、それぞれ表すことができる。

$$V_k = V'_k + V''_k, \quad I_k = I'_k + I''_k, \quad k=0,1,2 \quad \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

ただし、 α は、図3の終端で④式の V_2 と I_2 が (3) の法則を満たす定数
であり、 $\frac{V_2}{I_2} = \frac{V'_2 + V''_2}{I'_2 + I''_2} = R$ の式から一意に決定できる。例えば、 $R = 0 \Omega$ (短絡)

のときは、④式で $V_2 = V'_2 + V''_2 = 0$ となる。この式に $\lambda =$ (1) と、 $k=2$ の
ときの②式及び③式を代入すると、 $\alpha =$ (4) を得る。これにより電流 I_0
は、 $I_0 = I'_0 + I''_0 =$ (5) [A] となる。

なお、以上の解析法は、回路の段数が3段以上の場合にも適用できる。



[問 6 の解答群]

- | | | | |
|-----------------------|----------------------|---------|-----------------------|
| (イ) $\frac{15}{13}$ | (ロ) オーム | (ハ) 3 | (ニ) Z行列 |
| (ホ) $\frac{23}{100}E$ | (ヘ) ジュール | (ト) 4 | (チ) アンペア |
| (リ) $\frac{16}{15}$ | (ヌ) $-\frac{13}{16}$ | (ル) F行列 | (七) $\frac{19}{100}E$ |
| (リ) $\frac{21}{100}E$ | (カ) S行列 | (コ) 2 | |

(選択問題)

問7 次の文章は、トランジスタを用いた回路に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1の回路において全てのコンデンサは信号周波数で短絡とみなせ、トランジスタの交流等価回路は図2で表されるものとする。

まず、図1の回路の入力電流 i_{in} を零とし、各節点の電位を求める。 R_1 を流れる電流よりベース電流が十分小さいとみなせる場合、ベースの電位 V_B は (1) となる。また、このときのコレクタ電流を I_{C0} とするとコレクタ電位 V_C は (2) となる。通常、トランジスタは活性領域(順能動領域)で用いられるため、各素子値は V_C と V_B とエミッタ電位 V_E が (3) となるように選ばれる。

次に、図2を用いて図1の小信号等価回路を描くと図3が得られる。図3において入力電流 i_{in} は i_1 と i_e に分流するが、図3中の破線から右側の回路の入力インピーダンスが (4) となることを考慮すると i_e を求めることができる。出力電圧 v_{out} は、 R_C と R_L の並列抵抗に αi_e が流れることにより生じるため、出力電圧 v_{out} は (5) と求められる。

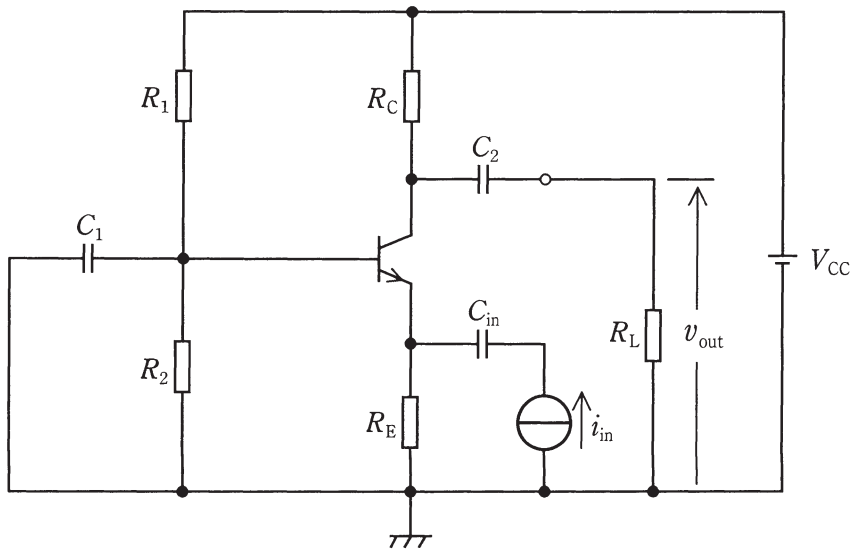


図1

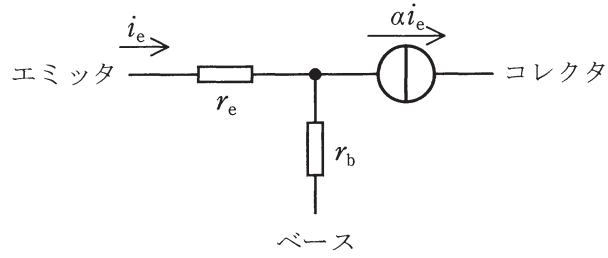


図 2

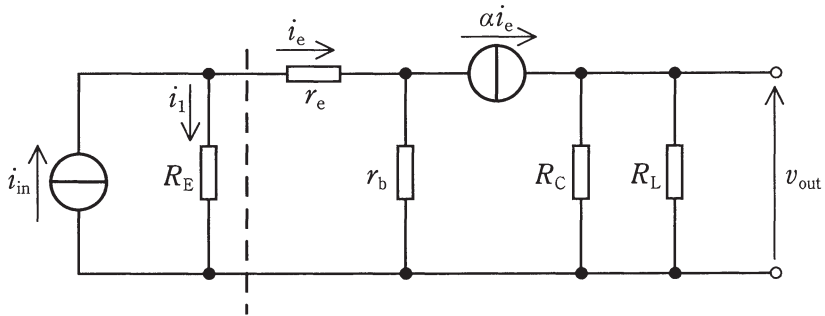


図 3

[問 7 の解答群]

- | | | | | | |
|-----|--------------------------------|-----|------------------------------------|-----|--|
| (イ) | $R_C I_{C0}$ | (ロ) | $r_e + (1-\alpha)r_b$ | (ハ) | $\frac{\alpha R_E}{r_e + R_E + (1-\alpha)r_b} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} i_{in}$ |
| (ニ) | $\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$ | (ホ) | $R_E I_{C0}$ | (ヘ) | $V_C > V_B$ か $V_B > V_E$ |
| (ヒ) | $V_B > V_C$ か $V_B > V_E$ | (フ) | r_e | (ロ) | $\frac{\alpha R_E}{r_e + r_b + R_E} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} i_{in}$ |
| (ヘ) | $V_C > V_B$ か $V_E > V_B$ | (ル) | $r_e + r_b$ | (ヲ) | $\frac{-\alpha R_E}{r_e + R_E + (1-\alpha)r_b} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} i_{in}$ |
| (セ) | $\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC}$ | (リ) | $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} i_{in}$ | (ヅ) | $V_{CC} - R_C I_{C0}$ |