平成19年度

第２種

理　論

（第１時限目）

本冊子は，筆者が独自に入手した過去の試験問題を，一般財団法人電気技術者試験センターが公開している過去問題の体裁にならって組み直したものです。
同センターが作成・配布したものではありません。

第 2 種

理　　論

問1　次の文章は，相互インダクタンスに関する記述である。文中の［　　］に当てはまる式又は数値を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図のように，空げきをもつ環状鉄心に，巻数N_1の巻線1及び巻数N_2の巻線2が巻かれている。鉄心部は，磁路長l，透磁率μの鉄心から成っている。また，空げき部の長さはdで，その透磁率はμ_0である。磁路の断面積はいずれの部分もSである。磁路において磁束は一様に分布し，飽和，ヒステリシス，渦電流，漏れ磁束，空げき部の端効果はないものとする。巻線1は，電圧がEの直流電源にスイッチSWを経て図のように接続されている。抵抗Rは巻線1の抵抗である。

鉄心部及び空げき部から成る磁路は巻線1及び巻線2に共通に鎖交する磁束（相互磁束）を通す磁路であるが，その磁気抵抗は［(1)］である。巻線2の自己インダクタンス及び両巻線間の相互インダクタンスは，巻線1のインダクタンスのそれぞれ［(2)］倍となる。

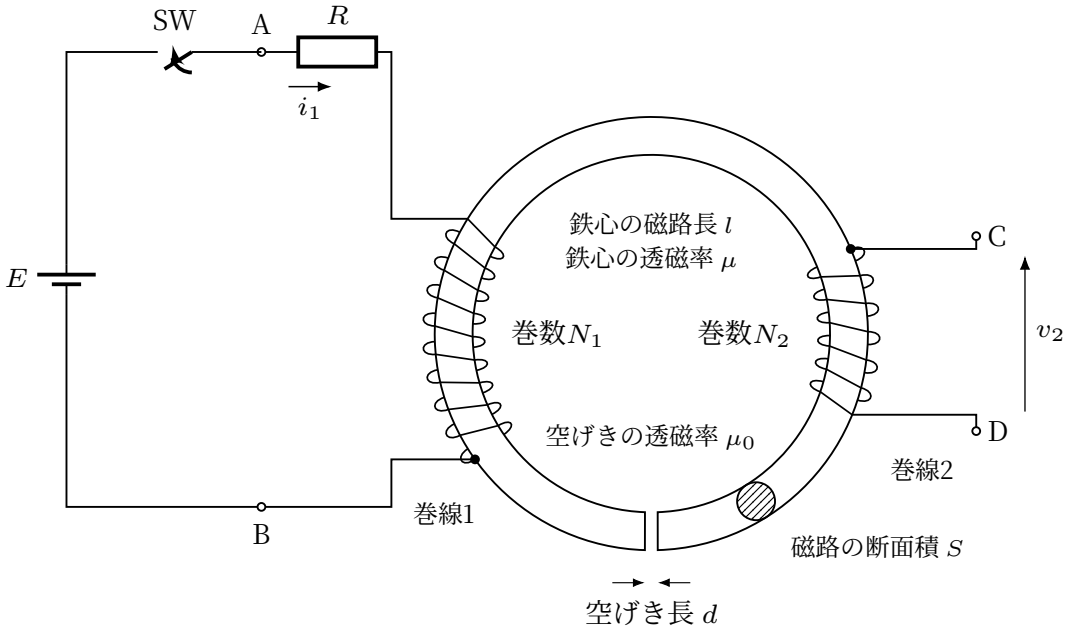
いま，時刻$t = 0$でスイッチSWを投入したとする。両巻線間の相互インダクタンスを巻線2に生じる電圧から求めてみよう。まず，巻線1に流れる電流i_1により巻線2に発生する電圧v_2（端子Dを基準とした端子Cの電位）は，両巻線間の相互インダクタンスをMとするとき，$v_2 =$［(3)］となる。この電圧v_2を時間について$t = 0$から無限大まで積分すると，

$$\int_0^{\infty} v_2 \,\mathrm{d}t = \int_0^{\boxed{(4)}} M \,\mathrm{d}i_1$$

となる。ここで，右辺の積分の上限は電流i_1の最終値であり，［(4)］である。この式より，相互インダクタンスMは，

$$M = \boxed{(5)} \times \int_0^{\infty} v_2 \,\mathrm{d}t$$

と求められる。


SW
A
R
i_1
E
鉄心の磁路長 l
鉄心の透磁率 μ
巻数N_1
巻数N_2
空げきの透磁率 μ_0
C
D
v_2
巻線2
巻線1
B
磁路の断面積 S
空げき長 d

［問１の解答群］

(イ) $M\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$　　(ロ) $\dfrac{S}{\mu l}+\dfrac{S}{\mu_0 d}$　　(ハ) N_2 及び N_2^2

(ニ) $\dfrac{M}{R}$　　(ホ) $\left(\dfrac{N_2}{N_1}\right)^2$ 及び $\dfrac{N_2}{N_1}$　　(ヘ) 1

(ト) $\dfrac{M}{R}\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$　　(チ) $\dfrac{l}{\mu S}+\dfrac{d}{\mu_0 S}$　　(リ) $\dfrac{E}{R}$

(ヌ) RE　　(ル) $\dfrac{\mu S}{l}+\dfrac{\mu_0 S}{d}$　　(ヲ) 0

(ワ) $\left(\dfrac{N_1}{N_2}\right)^2$ 及び $\dfrac{N_1}{N_2}$　　(カ) $\dfrac{R}{E}$　　(ヨ) $\dfrac{ME}{R}\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$

問２　次の文章は，直流回路の電圧計算の方法に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる数値を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図1に示す回路において，電圧V [V]をノートンの定理を用いて求めたい。

まず，3 [Ω]の抵抗を取り去った図2の回路について考える。この回路において4 [Ω]の抵抗と4 [V]の電圧源の直列接続は，R_x = ［(1)］[Ω]の抵抗とI_x = ［(2)］[A]の電流源の並列接続に等価的に変換されるから，図2の回路は図3の回路と等価になる。図3の回路において，端子1-1′を短絡したときに流れる電流Iを求めると［(3)］[A]となる。

次に，図3の回路内のすべての電流源を零とし，端子1-1′からみたコンダクタンスを求めると［(4)］[S]となる。

以上をもとにノートンの定理を使い，端子1-1′に3 [Ω]の抵抗を接続したときに端子1′を基準とした端子1の電圧Vは［(5)］[V]となる。

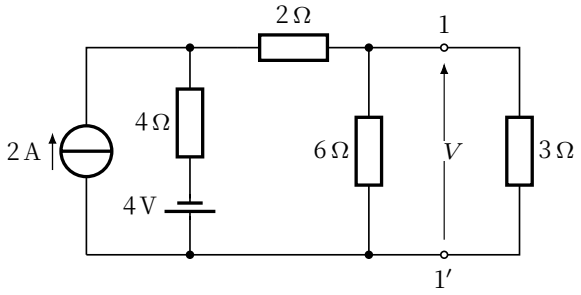


図1

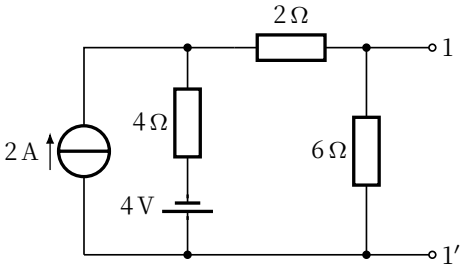


図2

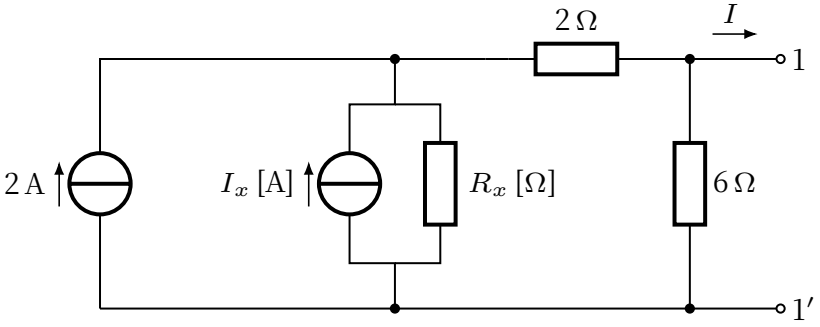


図3

［問２の解答群］

(イ) 6	(ロ) 1.5	(ハ) 3.5
(ニ) $\frac{1}{2}$	(ホ) 2	(ヘ) $\frac{1}{4}$
(ト) 5	(チ) 7	(リ) 9
(ヌ) 3	(ル) $\frac{1}{3}$	(ヲ) 4.5
(ワ) 4	(カ) 2.5	(ヨ) 1

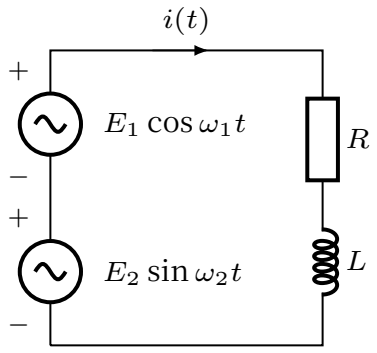
問３　次の文章は，交流回路の電流計算の方法に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる式又は数値を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図に示す回路において，定常電流$i(t)$を重ねの理（重ね合わせの理）を用いて求めたい。ただし，$R = 1\,[\Omega]$，$L = 40\,[\mathrm{mH}]$，$E_1 = 10\,[\mathrm{V}]$，$E_2 = 5\,[\mathrm{V}]$，$\omega_1 = 100\,[\mathrm{rad/s}]$，$\omega_2 = 150\,[\mathrm{rad/s}]$とする。

まず，角周波数ω_2の電圧源の大きさを零にしたとき，抵抗Rに流れる定常電流$i_1(t)$を求めると，$A_1\cos(100t + \varphi_1)$となる。

次に，角周波数ω_2の電圧源を元に戻し，角周波数ω_1の電圧源の大きさを零としたとき，抵抗Rに流れる定常電流$i_2(t)$を求めると，$A_2\sin(150t + \varphi_2)$となる。

これより，重ねの理を用いれば$i(t) =$［　(1)　］となる。ここにおいてA_1は［　(2)　］[A]，φ_1は［　(3)　］[rad]となる。さらに，A_2は［　(4)　］[A]，φ_2は［　(5)　］[rad]となる。ただし，A_1及びA_2は正の数とする。



［問３の解答群］

(イ) 1.72

(ロ) $A_1 \cos(100t + \varphi_1) + A_2 \sin(150t + \varphi_2)$

(ハ) 1.41

(ニ) 1.33

(ホ) 1.16

(ヘ) $A_1 \sin(100t + \varphi_1) + A_2 \cos(150t + \varphi_2)$

(ト) 0.82

(チ) 0.58

(リ) -1.33

(ヌ) -1.41

(ル) 3.44

(ヲ) -0.165

(ワ) -0.245

(カ) 2.43

(ヨ) $A_1 \cos(100t + \varphi_1) - A_2 \sin(150t + \varphi_2)$

問４　次の文章は，回路の過渡現象に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる式，数値又は図を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図のように，抵抗R_1，R_2，静電容量C及び電圧源Eを接続した回路がある。この回路における抵抗R_2の電圧v及び静電容量Cの電圧v_Cの時間的変化を求めたい。

時間$t < 0$ではスイッチSは開放状態にあり，静電容量Cの電圧v_CはV_0である。ただし，$0 < V_0 < E$である。

時刻$t = 0$において，スイッチSを閉じた。

回路に流れる電流をiとすると，抵抗R_2の電圧vは，

$$v = R_2 i \qquad \cdots\cdots ①$$

である。

時間$t > 0$におけるiの時間的変化を求める回路方程式は次式となる。

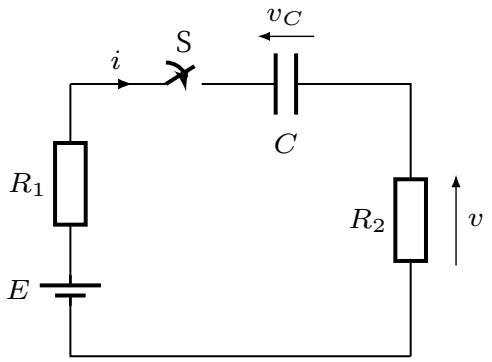
$$R_1 i + \boxed{\text{(1)}} + R_2 i = E \qquad \cdots\cdots ②$$

①，②式と初期条件より，vは次式で表される。

$$v = \boxed{\text{(2)}} \times e^{\boxed{\text{(3)}}} \qquad \cdots\cdots ③$$

したがって，時間が十分に経過するとvは［　(4)　］に近づく。

このことを考慮すると，静電容量Cの電圧v_Cの時間的変化を表す概略図は［　(5)　］である。



［問４の解答群］

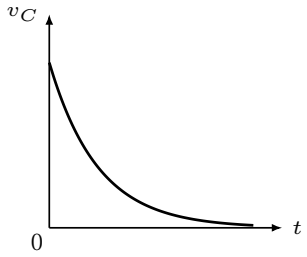
(イ) $(E - V_0)\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$　(ロ) E　(ハ) $\dfrac{t}{C(R_1 + R_2)}$

(ニ) $\dfrac{E}{R_1 + R_2}$　(ホ) $C\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$　(ヘ) $-C(R_1 + R_2)t$

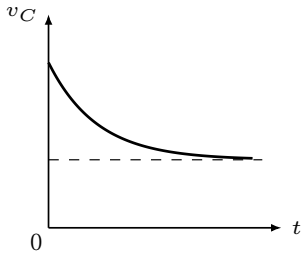
(ト) $-\dfrac{t}{C(R_1 + R_2)}$　(チ) 0　(リ) $\dfrac{1}{C}\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$

(ヌ) $\dfrac{1}{C}\displaystyle\int i\,\mathrm{d}t$　(ル) $E\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$　(ヲ) $E - V_0$

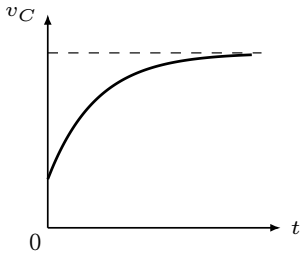
(ワ)



(カ)

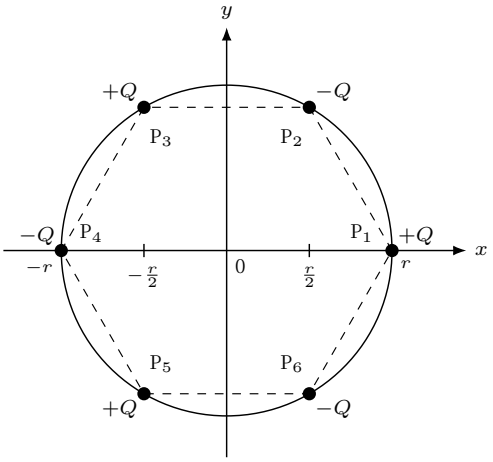


(ヨ)



問５　次の文章は，静電界に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる数値（最も近い数値）を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図のように，真空中に6個の電荷が1辺rの正六角形の頂点P_1，P_2，P_3，P_4，P_5，P_6に置かれている。各電荷の絶対値は等しくQであるが，P_1，P_3，P_5にある電荷は正で，P_2，P_4，P_6にある電荷は負である。この六角形の重心を原点に取れば，各頂点は，中心を原点とする半径rの円周上にある。なお，真空の誘電率をε_0とする。



このとき，P_1に置かれた電荷に働く力は，他の電荷との間に発生する個々の力を合成すれば求められる。ここでは，次の手順で求めよう。

まず，P_1に対しP_4の電荷だけに注目すると，働く力の大きさは，$F_4 = \dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \times$［　(1)　］である。次に，$P_1$に対し$P_2$と$P_6$に置かれた2個の電荷だけによる力の大きさは，$F_{26} = \dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \times$［　(2)　］である。さらに，$P_1$に対し$P_3$と$P_5$に置かれた2個の電荷だけによる力の大きさは，$F_{35} = \dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \times$［　(3)　］である。最終的に，それぞれの力の大きさF_4，F_{26}，F_{35}を，向きを考慮して合成すれば，求める力の大きさは，$F = \dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \times$［　(4)　］となる。また，原点における合成電界に注目すれば，その大きさは［　(5)　］となる。

［問５の解答群］

(イ) 1.41	(ロ) 0.25	(ハ) 1.73
(ニ) 0.14	(ホ) 0.33	(ヘ) 0
(ト) 3	(チ) 0.58	(リ) 0.82
(ヌ) 1	(ル) 0.4	(ヲ) 2
(ワ) 0.2	(カ) 0.707	(ヨ) 0.67

問６　次の文章は，接地抵抗の測定に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる式又は図を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図1は接地抵抗の測定原理を示したものである。図1において，接地電極P_1から距離d離れた所に補助電極P_2を，距離xの所に補助電極P_3を設け接地する。P_1とP_2間に交流電流を流し，P_3を移動させて交流電圧計の読み，すなわち地表面のP_1からの電位vを図に表すと，［(1)］のようになる。

一方，図2において，R_1は求めようとする接地抵抗の値，R_2及びR_3は補助電極の抵抗値，Kは抵抗値R_Kの固定抵抗器とする。また，Qは半固定抵抗器，Wは抵抗値R_Wの滑り線抵抗器である。

いま，検出器Ⓓの一端を滑り線抵抗器WのA点に接触させ，スイッチSを1側に閉じる。半固定抵抗器Qを調整して，その抵抗値がR_Qのとき回路が平衡したとすれば，次式が得られる。

［(2)］　……①

次に，半固定抵抗器Qの抵抗値R_Qはそのままの状態で，スイッチSを2側に閉じる。検出器の一端を滑り線抵抗器WのB点に移動させて回路の平衡が得られたとすると，次式が得られる。ただし，滑り線抵抗器WのA点からB点までの抵抗値をR_Bとする。

［(3)］　……②

①及び②式からR_2を消去してR_1を求めると，$R_1 =$［(4)］となる。したがって，滑り線抵抗器Wを予め細かく目盛っておけば，その読みと［(5)］の値からR_1を求めることができる。

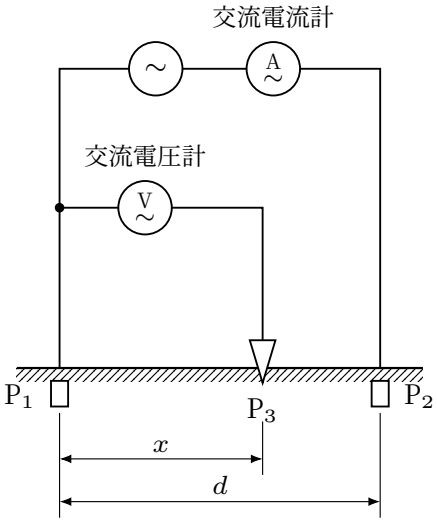


図1

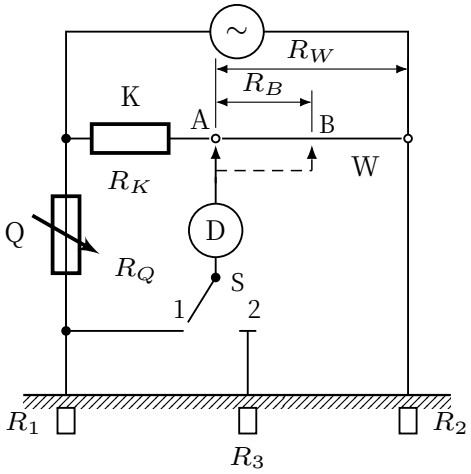
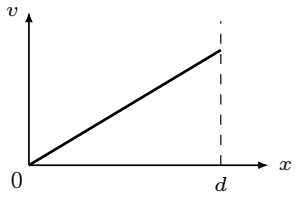
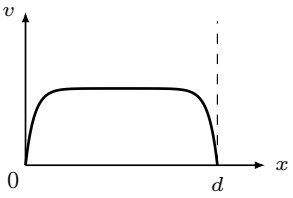
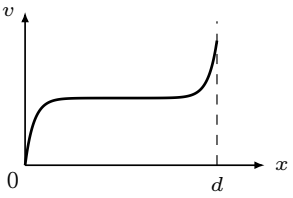


図2

［問６の解答群］

(イ) 

(ロ) 

(ハ) 

(ニ) $(R_2+R_3)(R_K+R_B)=(R_Q+R_1)(R_W-R_B)$

(ホ) $R_K(R_1+R_2)=R_QR_W$

(ヘ) $\dfrac{(R_K+R_B)R_Q}{R_W}$

(ト) $\dfrac{R_Q}{R_K}$

(チ) $R_KR_1=R_Q(R_W+R_2)$

(リ) $\dfrac{R_K+R_B}{R_W}$

(ヌ) $(R_Q+R_1)(R_W-R_B)=R_2(R_K+R_B)$

(ル) $\dfrac{R_KR_Q}{R_B}$

(ヲ) $\dfrac{R_K}{R_B}$

(ワ) $R_KR_2=R_WR_1$

(カ) $(R_Q+R_1+R_3)(R_W-R_B)=R_2(R_K+R_B)$

(ヨ) $\dfrac{R_BR_Q}{R_K}$

問７　次の文章は，半導体中のキャリヤの運動と電気伝導に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる語句又は式を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

半導体中のキャリヤに電界を作用させるとキャリヤは電界による力を受けてランダム運動しながらも，その方向に移動する。このようにドリフトしながら移動するキャリヤのドリフト速度は，電界がそれほど大きくない場合，電界に比例し，その比例定数μを［　(1)　］という。いま，正孔密度をp，正孔の電荷量をq，正孔の［　(1)　］を改めてμ_pとおき，電界をEとすれば，ドリフト正孔電流密度J_pは［　(2)　］となる。同様に電子密度をn，電子の［　(1)　］をμ_n，電子の電荷量を$-q$とすれば，ドリフト電子電流密度J_nは［　(3)　］となる。電子は電界作用に対して正孔と逆方向に移動するが，負の電荷であるため，電流としての向きは正孔と同じである。電子と正孔によるドリフト電流密度を合計した電流密度Jは［　(4)　］となる。これより導電率γは［　(5)　］となる。

［問７の解答群］

(イ) ドリフト係数	(ロ) $q(\mu_n n + \mu_p p)E$	(ハ) $qp\mu_p\sqrt{E}$
(ニ) $qp\mu_p E$	(ホ) $q\sqrt{\mu_n n + \mu_p p}$	(ヘ) $qn\mu_n E^2$
(ト) $q(\mu_n n + \mu_p p)\sqrt{E}$	(チ) 移動度	(リ) $qp\mu_p E^2$
(ヌ) $q(\mu_n n + \mu_p p)$	(ル) $qn\mu_n\sqrt{E}$	(ヲ) $qn\mu_n E$
(ワ) 拡散率	(カ) $q(\mu_n n + \mu_p p)E^2$	(ヨ) $q\left(\frac{\mu_n n + \mu_p p}{2}\right)$

問８　次の文章は，トランジスタ回路に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる数値を解答群の中から選び，その記号をマークシートに記入しなさい。

図1のトランジスタ回路において，v_{in}は正弦波入力信号電圧，v_{o1}，v_{o2}は正弦波出力信号電圧である。いま，ベース直流電流I_Bが抵抗R_Aを流れる直流電流I_Aに比較して十分小さいと仮定すると，ベースの直流電圧はV_B = ［(1)］[V]となる。さらに，トランジスタのベース－エミッタ間の直流電圧を$V_{BE} = 0.7\,[\mathrm{V}]$と仮定すると，エミッタ直流電流は$I_E$ = ［(2)］[mA]と求められる。

ここで，トランジスタの交流等価回路が図2で表され，また，すべてのコンデンサを正弦波交流信号の周波数において短絡と見なすと，v_{o1}を出力電圧としたときの電圧増幅度は，$\dfrac{v_{o1}}{v_{in}} \fallingdotseq$［(3)］倍である。さらに，出力電圧を$v_{o2}$とするときの電圧増幅度は，$\dfrac{v_{o2}}{v_{in}} \fallingdotseq$［(4)］倍である。したがって，$v_{o1}$と$v_{o2}$の位相差は［(5)］である。

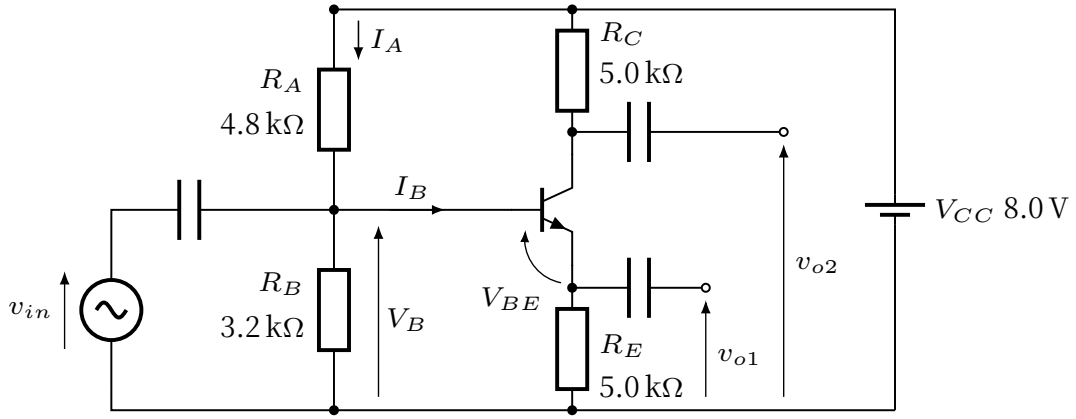


図1

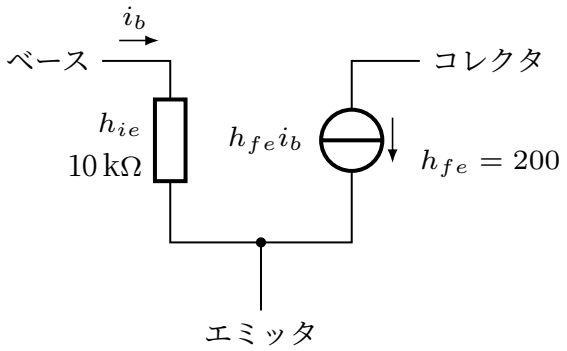


図2

［問８の解答群］

(イ) 1.0	(ロ) 8.0	(ハ) 0.8
(ニ) 100	(ホ) 0°	(ヘ) 3.2
(ト) 2.0	(チ) 0.5	(リ) -100
(ヌ) 4.8	(ル) 180°	(ヲ) 0.1
(ワ) 90°	(カ) 1.5	(ヨ) -1.0