

平成18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。

問1 次の文章は、平行平板コンデンサ（キャパシタ）に関する記述である。文中の に当てはまる語句，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1のように，電極間に空気の部分と絶縁体が挿入されている部分をもつ平行平板コンデンサがある（図では断面を示している）。このコンデンサに挿入されている絶縁体は直方体で，その底面は面積 S の電極面と同じ寸法であり，その厚さは x である。また，真空の誘電率を ε_0 ，空気の比誘電率を1，この絶縁体の比誘電率を ε_x とする（ $\varepsilon_x > 1$ ）。

いま，図1のコンデンサの電極に電荷 Q を与える。電極や絶縁体の端における電界の乱れはないものとするとき，電極間において電束密度は (1) となり，絶縁体部分の電界の強さは (2) となる。

このコンデンサの静電容量 C を絶縁物の厚さ x の関数として表せば， (3) となる。この関数をグラフに描くとその概略は図3の (4) のようになる。

さて，図1のコンデンサで $\varepsilon_x = 12$ 及び $x = \frac{d}{4}$ のときの静電容量を C_1 とする。次に，電極の配置と面積が図1の電極と同じであり，比誘電率が ε_r ，厚さが $\frac{3d}{4}$ ，底面が電極面と同じ大きさの絶縁体を挿入してできる図2のコンデンサについて，その静電容量を C_1 と同じにするには， $\varepsilon_r =$ (5) の絶縁体を選べばよい。

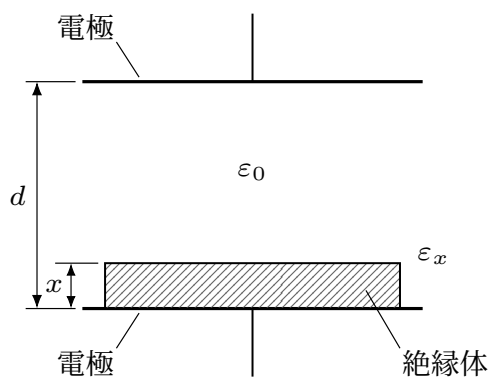


図1

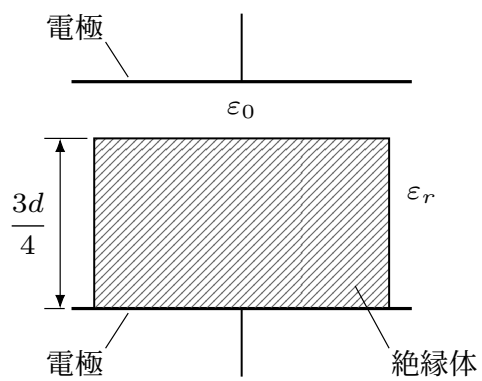


図2

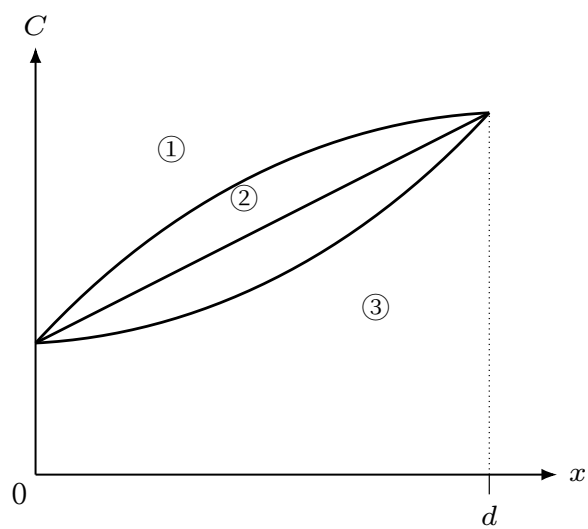


図3

[問 1 の解答群]

(イ) $\frac{\varepsilon_0 S}{(1 - \varepsilon_x)x + d\varepsilon_x}$

(ニ) $\frac{\varepsilon_x Q}{\varepsilon_0 S}$

(ト) 1.44

(ヌ) 曲線③

(ワ) 1.2

(ロ) $\frac{Q}{\varepsilon_0 S}$

(ホ) $\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}{(1 - \varepsilon_x)x + d\varepsilon_x}$

(チ) $\frac{S}{Q}$

(ル) $\frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}$

(カ) 直線②

(ハ) $\frac{\varepsilon_x S}{\varepsilon_0 Q}$

(ヘ) 曲線①

(リ) $\frac{(1 - \varepsilon_x)x + d}{\varepsilon_x S}$

(ヲ) 12

(ヨ) $\frac{Q}{S}$

問2 次の文章は、環状鉄心の巻線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のように、空けきをもつ環状鉄心に二つの巻線が巻かれている。鉄心部は平均磁路長が l で透磁率が μ 、空けき部は長さが d で透磁率が μ_0 であり、断面積は両方とも S である。端子a-b間には巻数 $2N$ の巻線（巻線1）、端子b-c間には巻数 N の巻線（巻線2）が巻かれている。巻線抵抗、漏れ磁束、空けき部の磁束の乱れ（端効果）は無視する。

自己インダクタンスは、巻線の磁束鎖交数（巻数と鎖交磁束の積）を巻線電流で除した量として求められる。したがって、端子a-c間の自己インダクタンスは (1) であり、巻線2の自己インダクタンスは (2) である。また、巻線1と巻線2の間の相互インダクタンス M は (3) である。

巻線1に外部の交流電源から図1に示すような方向に正弦波電流 $i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$ を流すと、端子b-c間に誘起される定常の電圧（端子cを基準とした端子bの電圧）は、相互インダクタンス M を含む式で表すと $v_{bc} =$ (4) である。ここで、 I_m は電流の最大値、 ω は角周波数、 t は時間、 α は初期位相角である。

次に、巻線1に電流 i として、ある波形の交流電流を図1のように流したところ、端子b-c間に、周期 T 、最大値 V 、最小値 $-V$ となる図2のような方形波電圧が現れた。この場合の電流 i の最大値と最小値の差は、相互インダクタンス M を含む式で表すと (5) となる。

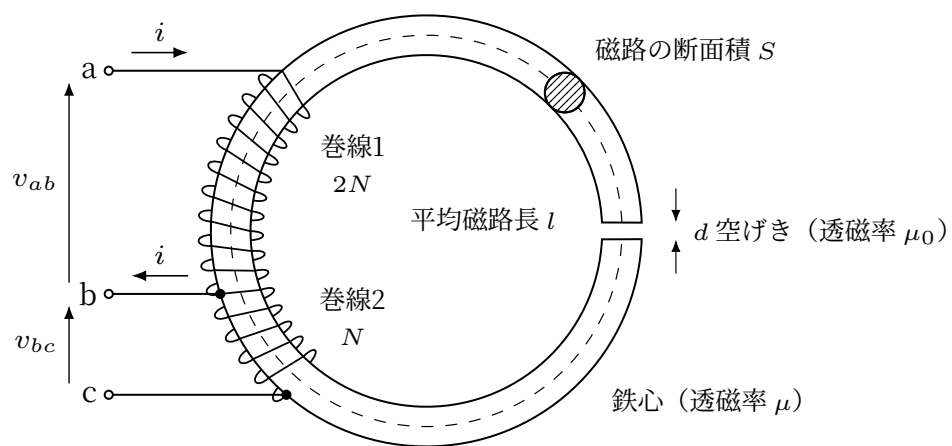


図1

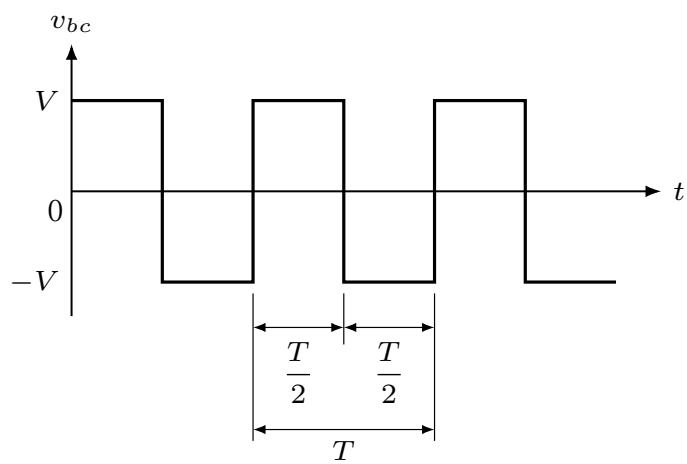


図2

[問2の解答群]

$$(イ) \quad \omega M I_m \sin(\omega t + \alpha)$$

$$(ハ) \quad \frac{4N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ホ) \quad \frac{9N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ト) \quad \frac{\sqrt{2}N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(リ) \quad -\omega M I_m \cos(\omega t + \alpha)$$

$$(ル) \quad \frac{VT^2}{2M}$$

$$(ワ) \quad \frac{4NS}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ヨ) \quad \frac{\mu_0 N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ロ) \quad \frac{VT}{2M}$$

$$(二) \quad \frac{0.5N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ヘ) \quad \frac{VT}{M}$$

$$(チ) \quad \frac{N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ヌ) \quad \frac{16N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(ヲ) \quad \frac{2N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{d}{\mu_0}}$$

$$(カ) \quad \omega M I_m \cos(\omega t + \alpha)$$

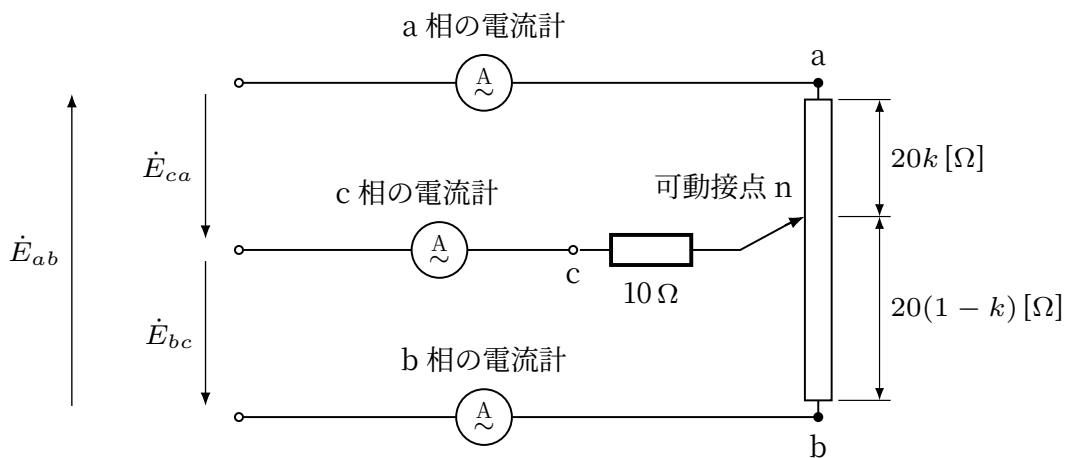
問3 次の文章は、三相交流回路に関する記述である。文中の に当てはまる数値を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

対称三相電圧 $\dot{E}_{ab} = 200\angle 0^\circ$ [V], $\dot{E}_{bc} = 200\angle -120^\circ$ [V], $\dot{E}_{ca} = 200\angle -240^\circ$ [V] が、図のような負荷の端子 a, b, c に印加されている。負荷端子の a - b 間には抵抗値が $20\ [\Omega]$ で可動接点 n をもつ抵抗が接続されており、その接点 n と負荷端子 c の間には抵抗値が $10\ [\Omega]$ の固定抵抗が接続されている。ただし、a - n 間の抵抗は長さに比例しているものとする。いま、分割の係数を k ($0 \leq k \leq 1$) とすると、a - n 間の抵抗値は $20k\ [\Omega]$, b - n 間の抵抗値は $20(1 - k)\ [\Omega]$ となる。

この回路において、可動接点を $k = \frac{1}{2}$ となる位置に設定すると各電流計は同じ値 (1) [A] を指す。このときの負荷の全電力は (2) [W] である。

次に、可動接点を動かして $k = 1$ とするとき、b 相の電流計の指示値は (3) [A] となり、負荷の全電力は (4) [W] となる。

さらに、c 相の電流計の指示値に注目すれば、 $k = 0$ の場合と $k = 1$ の場合で同じ値となるが、この値は $k = \frac{1}{2}$ としたときの (5) 倍である。



[問3の解答群]

(イ) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

(ニ) 900

(ト) $10\sqrt{7}$

(ヌ) $\sqrt{3}$

(ワ) $10\sqrt{5}$

(ロ) 20

(ホ) $10\sqrt{3}$

(チ) 1

(ル) $\frac{20}{\sqrt{3}}$

(カ) 6000

(ハ) $3000\sqrt{3}$

(ヘ) 4000

(リ) 9000

(ヲ) 12000

(ヨ) $20\sqrt{6}$

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、抵抗 R 、 R_0 、静電容量 C 及び電圧源 E を接続した回路がある。この回路における静電容量 C の両端の電圧 v の時間的変化を求めたい。

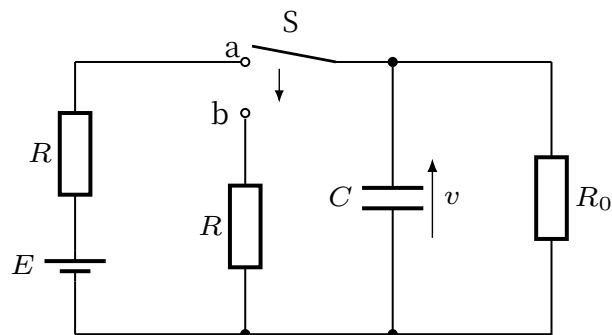
はじめにスイッチ S は a 側にあり、回路は定常状態にある。

次に、時刻 $t = 0$ において、スイッチ S を b 側に切り替えた。 $t > 0$ における電圧 v の時間的変化を求める微分方程式は次式となる。

$$\frac{dv}{dt} + \text{ (1) } \times v = \text{ (2) }$$

この式を初期条件を考慮して解くと、電圧 v は $v = \text{ (3) } \times e^{\alpha t}$ となる。ここで、 $\alpha = \text{ (4) }$ である。

$t > 0$ において、電圧 v の値が $\frac{R_0}{4(R + R_0)}E$ となるのは、時刻 $t = \text{ (5) }$ である。



[問4の解答群]

(イ) $\frac{E}{CR}$	(ロ) $\frac{1}{C(R+R_0)}\log_e 4$	(ハ) $-\frac{R_0}{R+R_0}E$
(ニ) $\frac{CRR_0}{R+R_0}\log_e 4$	(ホ) $\frac{1}{C}\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R_0}\right)$	(ヘ) $-C(R+R_0)$
(ト) $\frac{R_0}{R+R_0}E$	(チ) $C(R+R_0)\log_e 4$	(リ) E
(ヌ) $\frac{1}{C(R+R_0)}$	(ル) $-\frac{1}{C}\frac{R_0}{R+R_0}E$	(ヲ) 0
(ワ) $-\frac{1}{C(R+R_0)}$	(カ) $-\frac{R+R_0}{CRR_0}$	(コ) $C(R+R_0)$

問5 次の文章は、直流回路の電流計算の方法に関する記述である。文中の に当てはまる語句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、電流 I [A]を重ねの理（重ね合わせの理）を用いて求めたい。

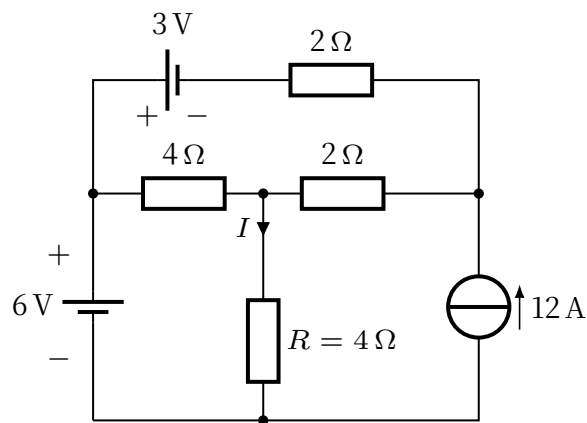
重ねの理を適用するに際して、電圧源の大きさを零にするとは、電圧源を取り除き回路側の端子を (1) することを意味する。電流源の大きさを零にするとは、電流源を取り除き、回路側の端子に対して電圧源の場合とは反対（双対）の処理をすることを意味する。

まず、6 [V]と3 [V]の電圧源の大きさを零にしたとき、抵抗 $R = 4 [\Omega]$ に流れる電流 I_1 を求めると、 $I_1 =$ (2) [A]となる。

次に、3 [V]の電圧源と12 [A]の電流源の大きさを零にした回路について、抵抗 R を流れる電流 I_2 を求めると、 $I_2 =$ (3) [A]となる。

最後に、6 [V]の電圧源と12 [A]の電流源の大きさを零にした回路について、抵抗 R を流れる電流 I_3 を求めると、 $I_3 =$ (4) [A]となる。

これより、重ねの理を用いて電流 I を求めると、 $I =$ (5) [A]となる。



[問5の解答群]

(イ) 短絡

(ロ) -0.1

(ハ) 1

(ニ) 2

(ホ) 0.1

(ヘ) 2.5

(ト) 3.25

(チ) 6

(リ) -0.25

(ヌ) 開放

(ル) 5

(ヲ) 3

(ワ) 2.75

(カ) 4

(ヨ) 3.75

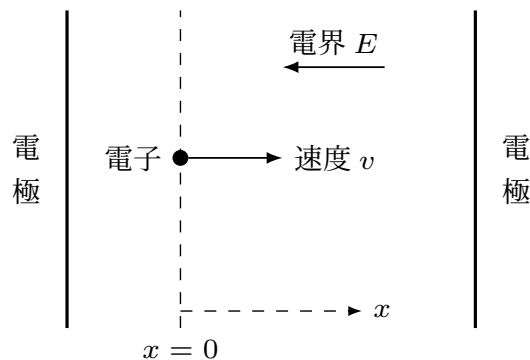
問6 次の文章は、真空中における一定電界中の電子の運動に関する記述である。文中の に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。なお、電子の質量を m_0 、電荷量を $-e$ とする。

図のように平行板電極中の一定電界 E は電極に垂直な成分のみをもつ。電子を電極間の一点 $x = 0$ に拘束しておき、時刻 $t = 0$ においてこれを自由にするものとする。このとき電子は負の電荷量 $-e$ を有するので、電界と逆方向に力 (1) を受ける。この力の向きを座標 x の正方向とする。

電子の加速度は $\frac{d^2x}{dt^2}$ であるから、電子に関する運動方程式を立てれば、 $\frac{d^2x}{dt^2} =$ (2) で表せる微分方程式が得られる。初期速度が零であることに注意し、これを積分すれば、電子の速度 $v = \frac{dx}{dt} =$ (3) が得られる。

さらに $t = 0$ で電子は図の $x = 0$ にあり、速度 v を積分すれば、電子の走行距離 $x =$ (4) が求まる。これら二つの式から v と x の関係が得られ、速度は $v =$ (5) となって x に対して直線的に変化しないことがわかる。

ただし、ここで電子の速度 v は電子の質量 m_0 が変化しない範囲とする。



[問6の解答群]

$$(イ) \sqrt{\frac{2eE}{m_0}}x$$

$$(二) \frac{eE}{m_0}t$$

$$(ト) eE$$

$$(ヌ) \frac{eE}{2m_0}t^2$$

$$(ワ) \frac{eE}{m_0}$$

$$(ロ) \frac{eE^2}{m_0^2}$$

$$(ホ) \frac{eE^2}{2m_0}t^2$$

$$(チ) \frac{eE^2}{m_0}t$$

$$(ル) eE^2$$

$$(カ) \frac{eE^2}{2m_0^2}t^2$$

$$(ハ) m_0eE$$

$$(ヘ) \frac{E\sqrt{2ex}}{m_0}$$

$$(リ) \frac{eE^2}{m_0}$$

$$(ヲ) \frac{eE^2}{m_0^2}t$$

$$(ヨ) E\sqrt{\frac{2e}{m_0}}x$$

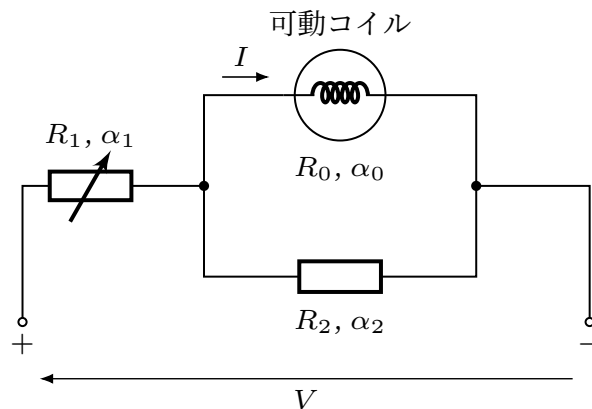
問7 次の文章は、可動コイル形計器の温度補償方法に関する記述である。文中の に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。

図は可動コイル形計器を用いて直流電圧 V を測定する回路であり、温度の上昇に対して可変抵抗 R_1 を適切に設定することにより、計器の誤差を補償するものである。図において、可動コイルの抵抗及び温度係数を R_0 及び α_0 、可変抵抗 R_1 の温度係数を α_1 、抵抗 R_2 の温度係数を α_2 とする。ただし、 α_1 は0とし、 α_0 、 α_2 は正の温度係数を持ち、 $\alpha_2 > \alpha_0$ とする。

基準となる温度において、電圧 V は $V = \text{ (1) } \times I + R_0 \times I$ と表され、 $V = \text{ (2) } \times I$ となる。

いま、基準温度より t だけ温度上昇した場合、可動コイルに流れる電流を I' とすると、電圧 V は $V = \text{ (3) } \times I'$ となる。

ここで、 (4) の条件を満足すれば、温度補償ができることになる。したがって、 t だけ温度上昇したとき、可変抵抗 R_1 を (5) $\times R_2$ とすればよい。



[問 7 の解答群]

$$(イ) \quad R_1 \left(1 + \frac{R_0}{R_2} \right)$$

$$(ロ) \quad \left(R_2 + \frac{R_0 R_2}{R_1} + R_0 \right)$$

$$(ハ) \quad \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\alpha_0(1 + \alpha_2 t)}$$

$$(ニ) \quad \left[R_1 + \frac{R_0 R_1(1 + \alpha_0 t)}{R_2(1 + \alpha_2 t)} + R_0(1 + \alpha_0 t) \right]$$

$$(ホ) \quad I = I'$$

$$(ヘ) \quad \left(R_1 + \frac{R_1 R_2}{R_0} + R_2 \right)$$

$$(ト) \quad I < I'$$

$$(チ) \quad \left(R_1 + \frac{R_0 R_1}{R_2} + R_0 \right)$$

$$(リ) \quad \frac{\alpha_2(1 + \alpha_0 t)}{\alpha_0 - \alpha_2}$$

$$(ヌ) \quad \left[R_1 + \frac{R_1 R_2(1 + \alpha_2 t)}{R_0(1 + \alpha_0 t)} + R_2(1 + \alpha_2 t) \right]$$

$$(ル) \quad R_2 \left(1 + \frac{R_0}{R_1} \right)$$

$$(ヲ) \quad \frac{\alpha_0(1 + \alpha_2 t)}{\alpha_2 - \alpha_0}$$

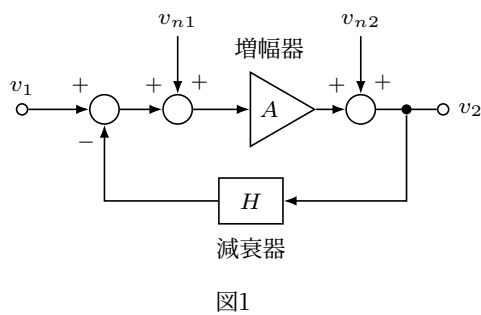
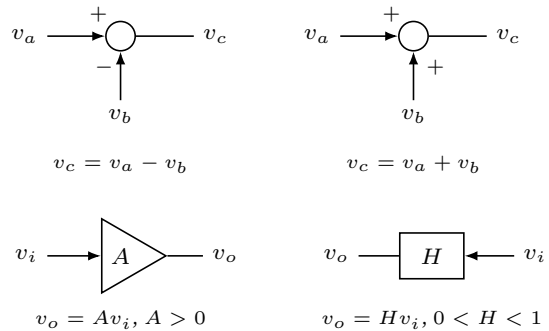
$$(ワ) \quad I > I'$$

$$(カ) \quad \left[R_2 + \frac{R_0 R_2(1 + \alpha_2 t)}{R_1(1 + \alpha_0 t)} + R_0(1 + \alpha_0 t) \right]$$

$$(ク) \quad R_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right)$$

問8 次の文章は、負帰還増幅回路の雑音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。ただし、 v_1 は入力信号電圧、 v_{n1} は増幅器の入力で発生する雑音電圧、 v_{n2} は増幅器の出力で発生する雑音電圧、 v_2 は出力電圧を表すものとする。また、図1の各ブロックは、それぞれ図2のような機能をもつものとする。

図1において、 $v_1 = 0$ 、 $v_{n2} = 0$ としたとき、 v_{n1} に対する電圧増幅度 G_{n1} を求めると、 $G_{n1} = \frac{v_2}{v_{n1}} = \text{(1)}$ である。また、 $v_1 = 0$ 、 $v_{n1} = 0$ としたとき、 v_{n2} に対する電圧増幅度 G_{n2} は、 $G_{n2} = \frac{v_2}{v_{n2}} = \text{(2)}$ である。ループ利得が1より十分に大きいと仮定できる場合、それぞれの電圧増幅度は、 $G_{n1} \doteq \text{(3)}$ 、 $G_{n2} \doteq \text{(4)}$ と近似できる。したがって、出力電圧 v_2 には、 (5) 現れる。



[問 8 の解答群]

(イ) $\frac{A}{1 - AH}$

(ロ) A

(ハ) $\frac{A}{1 + AH}$

(ニ) $\frac{1}{A}$

(ホ) v_{n1} は増幅され, v_{n2} は減衰して

(ヘ) $\frac{1}{H}$

(ト) $\frac{H}{1 + AH}$

(チ) AH

(リ) $\frac{1}{1 - AH}$

(ヌ) v_{n1} は減衰し, v_{n2} は増幅されて

(ル) $\frac{AH}{1 + AH}$

(ヲ) $\frac{1}{AH}$

(ワ) $-\frac{1}{H}$

(カ) $\frac{1}{1 + AH}$

(ヨ) v_{n1} , v_{n2} はともに減衰して