

平成20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に関する記述である。文中の  に当てはまる式又は数値（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1のように、真空中に平行平板コンデンサがある（図は横から見た図である）。このコンデンサの各極板は一辺の長さが $a$ の正方形の導体平板である。その極板間の距離は $d$ で、その中に極板と同形で厚さ $t$ 、比誘電率 $\epsilon_r$ の誘電体が極板に平行に入っている。また、真空の誘電率を $\epsilon_0$ とし、電束は一様に分布しており端効果はないものとする。

このコンデンサの静電容量（キャパシタンス）は、  (1) である。

この平行平板コンデンサの極板間に電圧 $V$ を印加したとき、極板間における電束密度は  (2) であり、誘電体部分の電界は  (3) である。また、このコンデンサに蓄えられる総エネルギーは  (4) である。

次に、片方の極板のみを図2のように極板の対角線の交点を中心として30度回転させた場合、静電容量は回転させない場合の  (5) 倍となる。ただし、極板の幾何学的な重なり部分にのみ静電容量があるものとする。また、図2において、回転によりできる周囲の直角三角形はすべて合同である。

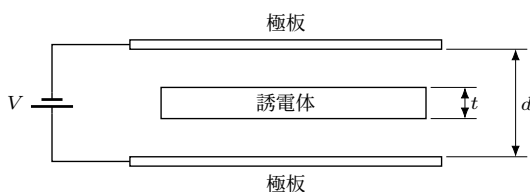


図1

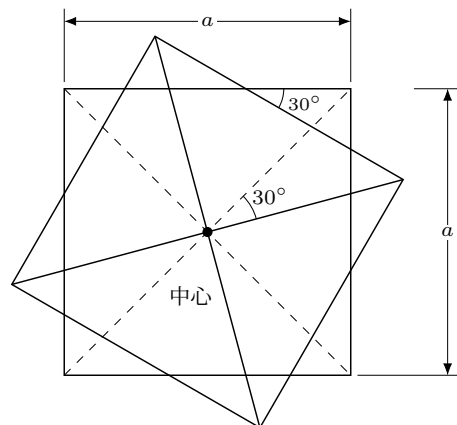


図2

[問 1 の解答群]

$$(イ) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a^2}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ニ) \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a^2 V}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ト) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a^2 V^2}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ヌ) \frac{1}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ワ) 0.79$$

$$(ロ) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r V}{(d-t)\varepsilon_0 + t}$$

$$(ホ) \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r a^2 V^2}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(チ) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r V}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ル) 1.20$$

$$(カ) \frac{V}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(ハ) 0.85$$

$$(ヘ) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(リ) \frac{\varepsilon_r a^2}{(d-t)\varepsilon_0 + t}$$

$$(ヲ) \frac{\varepsilon_0 a^2}{(d-t)\varepsilon_r + t}$$

$$(コ) \frac{V}{(d-t)\varepsilon_0 + t}$$

問2 次の文章は、鉄心入り巻線の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、数値（最も近い数値）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、鉄心部と空けき部からなる磁路に、巻数 $N$ の巻線が巻かれている。鉄心部は、左右合計の平均磁路長 $l$ 、比透磁率 $\mu_r$ の鉄心から成っている。二つある空けき部は同寸法であり、それらの合計の空けき長を $d$ とし、空けきの透磁率は真空の透磁率 $\mu_0$ に等しいものとする。磁路の断面積は、鉄心部と空けき部ともに $S$ である。磁路において磁束は一様に分布し、漏れ磁束、磁気飽和、ヒステリシス、渦電流はないものとする。

図の巻線において、磁路の磁気抵抗は  (1) であり、インダクタンスは  (2) である。また、巻線の巻数に対するインダクタンスの関係を表す概略図は  (3) となる。

次に、この巻線と磁路の定数を

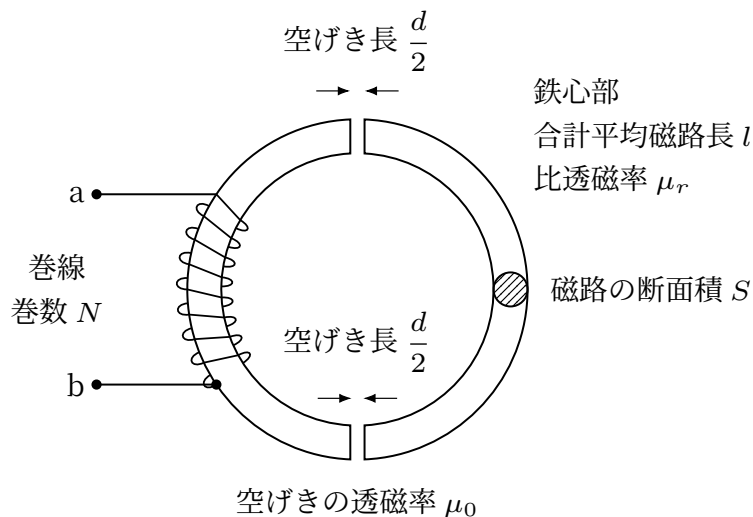
$$N = 100, \quad l = 250 [\text{mm}], \quad d = 0.8 [\text{mm}], \quad S = 600 [\text{mm}^2],$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}], \quad \mu_r = 2000$$

とし、このときの巻線のインダクタンスを $L_0$ とする。

いま、鉄心部の寸法及び透磁率を変更しないで巻線のインダクタンスを $L_0$ の4倍とするためには、次の二つの方法が考えられる。

- ① 巻数のみを変える場合、 $N$ の  (4) 倍となる巻数に変更する。
- ② 空けき長のみを変える場合、 $d$ の  (5) 倍となる空けき長に調整する。



[問2の解答群]

(イ)  $\frac{\mu S}{l} + \frac{\mu_r \mu_0 S}{d}$

(ロ) 0.33

(ハ) 16

(ニ) 4

(ホ) 2

(ヘ) 0.13

(ト)  $\frac{l}{\mu_r S} + \frac{d}{\mu_0 S}$

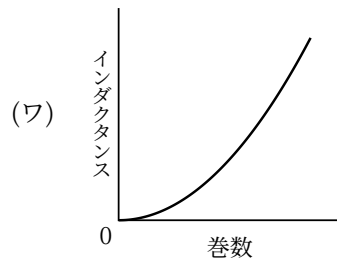
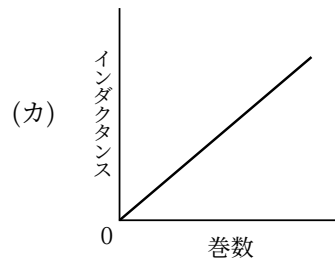
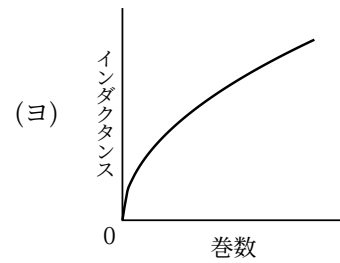
(チ)  $\frac{\mu_r \mu_0 S N^2}{l + \mu_r d}$

(リ)  $\frac{l}{\mu_r \mu_0 S} + \frac{d}{\mu_0 S}$

(ヌ) 0.5

(ル)  $\frac{\mu_r \mu_0 S N}{l + \mu_r d}$

(ヲ)  $\frac{\mu_r \mu_0 S \sqrt{N}}{l + \mu_r d}$



問3 次の文章は、抵抗回路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1の回路は  $V_1 = R_1 I$  なる電圧・電流特性をもつ線形抵抗  $R_1$  と  $V_2 = \alpha I + \beta I|I|$  なる電圧・電流特性をもつ図2のような非線形抵抗  $R_2$  の直列接続に直流電圧源  $E$  を接続した回路である。ただし、 $E = 6 [\text{V}]$ 、 $R_1 = 0.8 [\Omega]$ 、 $\alpha = 2.2 [\Omega]$ 、 $\beta = \frac{2}{3} [\text{V}/\text{A}^2]$  とする。

キルヒホッフの電圧則により図1の  $V_1$  と  $V_2$  の和は  $E$  に等しいという条件から回路方程式が得られる。ここにおいて、 $I > 0$  とすれば、この方程式は   (1) となる。 $R_1$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  及び  $E$  に与えられた数値を代入して  $I$  を求めると  $I =$    (2)  $[\text{A}]$  となる。したがって、線形抵抗  $R_1$  の両端の電圧は  $V_1 =$    (3)  $[\text{V}]$ 、非線形抵抗  $R_2$  の両端の電圧は  $V_2 =$    (4)  $[\text{V}]$  となる。

また、二つの抵抗で消費される電力の合計値は   (5)  $[\text{W}]$  となる。

また、 $I \leq 0$  とすれば物理的に意味のある実数値としての電流  $I$  は得られないことがわかる。

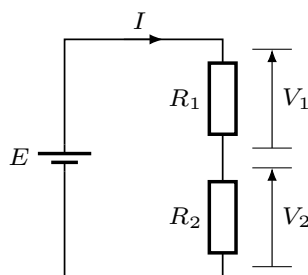


図1

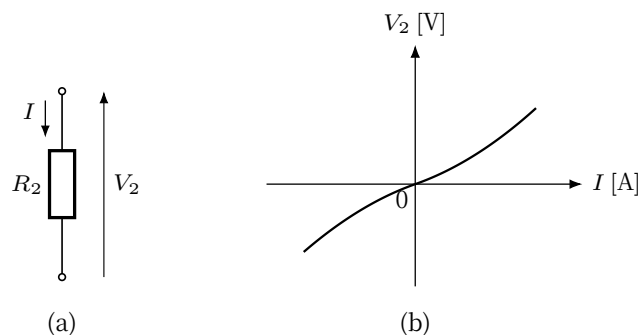


図2

[問3の解答群]

(イ)  $(R_1 + \alpha)I = E$

(ロ) 6

(ハ) 4.8

(ニ)  $(R_1 + \alpha)I + \beta I^2 = E$

(ホ) 36

(ヘ) 9

(ト) 1.6

(チ)  $-10.8$

(リ) 7.07

(ヌ) 17.3

(ル)  $(R_1 + \alpha)I - \beta I^2 = E$

(ヲ) 1.2

(ワ) 1.5

(カ) 2

(ヨ) 5

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 $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , 静電容量 $C$ 及び電圧源 $E$ , 電流源 $J$ を接続した回路がある。

スイッチを次のように開閉したとき、抵抗 $R_1$ ,  $R_2$ に流れる電流 $i_1$ ,  $i_2$ と静電容量 $C$ の両端の電圧 $v$ の時間的变化を求めたい。

時間 $t < 0$ ではスイッチ $S_1$ は開いた状態、スイッチ $S_2$ は閉じた状態にあり、回路は定常状態であるとする。このとき $v$ は (1) である。

時刻 $t = 0$ において、スイッチ $S_1$ を閉じると同時にスイッチ $S_2$ を開いた。この状態での時間 $t > 0$ における電流 $i_1$ ,  $i_2$ の時間的变化を求めることを考える。電圧, 電流の時間的变化を求める回路方程式は次式となる。

$$J = i_1 + i_2 \quad \dots\dots ①$$

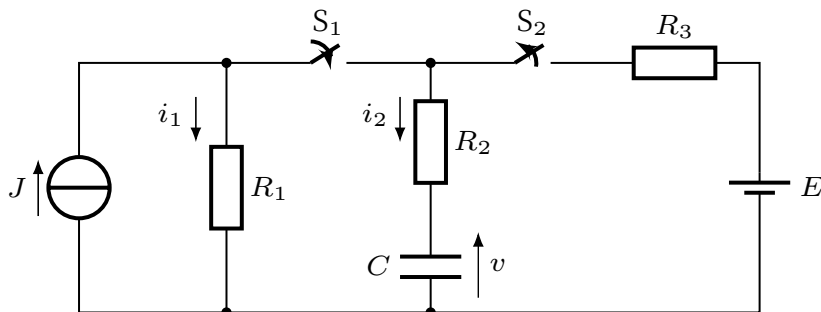
$$R_1 i_1 = R_2 i_2 + v \quad \dots\dots ②$$

$$i_2 = C \frac{dv}{dt} \quad \dots\dots ③$$

これらの式より電圧 $v$ に関する微分方程式が得られる。この式を初期条件を考慮して解くと、 $v$ は次式で表される。

$$v = \text{(1)} \times e^{\text{(2)} \times t} + \text{(3)} \times (1 - e^{\text{(2)} \times t}) \quad \dots\dots ④$$

①～④式より $i_1$ ,  $i_2$ を求めることができ、特に定常状態において $i_1$ は (4)  $\times J$ ,  $i_2$ は (5)  $\times J$ となる。



[問4の解答群]

$$(イ) \frac{R_3}{R_2 + R_3} E$$

$$(ニ) -\frac{1}{C(R_1 + R_2)}$$

$$(ト) -\frac{R_1 + R_2}{C}$$

$$(ヌ) \frac{R_2}{R_1}$$

$$(ワ) -\frac{C}{R_1 + R_2}$$

$$(ロ) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$(ホ) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) J$$

$$(チ) 0$$

$$(ル) R_1 J$$

$$(カ) \frac{R_2}{R_2 + R_3} E$$

$$(ハ) E$$

$$(ヘ) \frac{R_1}{R_2}$$

$$(リ) (R_1 + R_2) J$$

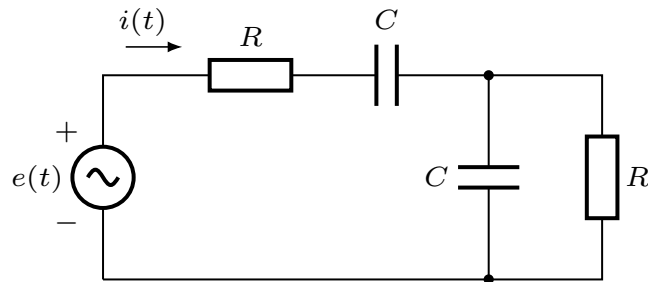
$$(ヲ) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$(ヨ) 1$$

問5 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。

図の回路において電流  $i(t)$  を求めたい。ただし、交流電圧源  $e(t) = E_m \cos \omega t$ ,  $E_m = 100 [\text{V}]$ ,  $\omega = 10^5 [\text{rad/s}]$  とし、コンデンサ  $C = 1 [\mu\text{F}]$ , 抵抗  $R = 10 [\Omega]$  とする。

まず、電源側からみた回路の複素インピーダンスは  $\dot{Z} = \text{  (1) }$  となる。  
 $\dot{Z} = |\dot{Z}|e^{j\varphi}$  とおき、 $\omega$ ,  $C$ ,  $R$  に上記の数値を代入すると  $|\dot{Z}| = \text{  (2) } [\Omega]$  及び  $\varphi = \text{  (3) } [\text{rad}]$  となる。したがって、電流を  $i(t) = I_m \cos(10^5 t + \theta)$  とおくと  $I_m = \text{  (4) } [\text{A}]$  及び  $\theta = \text{  (5) } [\text{rad}]$  となる。



[問5の解答群]

(イ)  $R + j\omega C + \frac{1}{R + j\omega C}$

(ハ)  $-\frac{\pi}{3}$

(ホ) 3.33

(ト)  $-\frac{\pi}{2}$

(リ)  $-\frac{\pi}{4}$

(ル)  $\frac{\pi}{2}$

(ワ) 30

(ヨ)  $\frac{\pi}{3}$

(ロ) 7.1

(二) 21.2

(ヘ)  $\frac{\pi}{4}$

(チ) 5.77

(ヌ) 4.71

(ヲ)  $\frac{1 + j\omega CR}{j\omega C} + \frac{R}{1 + j\omega CR}$

(カ)  $\frac{R + j\omega C}{j\omega CR} + \frac{R}{1 + j\omega CR}$

問6 次の文章は、直流電力の測定誤差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及び図2は、直流電圧源 $E$ 、内部抵抗 $R_p$ の直流電圧計 $\textcircled{V}$ 及び内部抵抗 $R_c$ の直流電流計 $\textcircled{A}$ を使用し、抵抗 $R$ で消費される直流電力を測定する回路である。

これらの図において、計器の内部抵抗を無視できない場合は、計器の読みから計算される直流電力の測定値には誤差が含まれる。これらの測定誤差を誤差率で表したい。ここで、直流電圧計及び直流電流計の読みは $V_m$ 及び $I_m$ であり、誤差率 $\varepsilon$ は $\frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{真値}}$ で求められる。ただし、真値は $R$ でのみ消費される直流電力であり、図1において $R$ と $V_m$ で、図2において $R$ と $I_m$ で求められるものとする。

図1においては、直流電力の測定値 $P_m$ は直流電圧計の内部抵抗を用いると $P_m = V_m I_m =$   (1) で表され、誤差率 $\varepsilon_a$ は  (2) となる。また、図2においては、直流電力の測定値 $P_m$ は直流電流計の内部抵抗を用いると $P_m = V_m I_m =$   (3) で表され、誤差率 $\varepsilon_b$ は  (4) となる。ここで、 $R_p$ が $10\text{ [k}\Omega\text{]}$ 、 $R_c$ が $2\text{ [}\Omega\text{]}$ 、 $R$ が $100\text{ [}\Omega\text{]}$ の場合において、 $\varepsilon_a$ と $\varepsilon_b$ の関係は、  (5) となる。

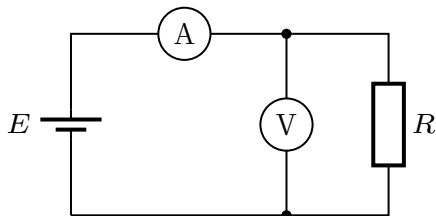


図1

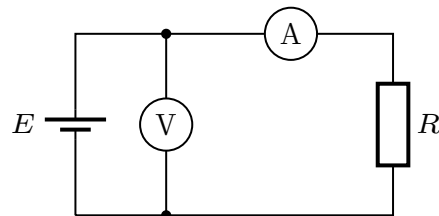


図2

[問6の解答群]

- |                                                 |                             |                                     |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| (イ) $I_m^2 R$                                   | (ロ) $\frac{V_m^2}{R_p}$     | (ハ) $\frac{V_m^2}{R}$               |
| (ニ) $V_m^2 \left( \frac{R + R_p}{RR_p} \right)$ | (ホ) $\frac{1}{R_c}$         | (ヘ) $\varepsilon_a > \varepsilon_b$ |
| (ト) $\frac{R}{R_c}$                             | (チ) $I_m^2 (R + R_c + R_p)$ | (リ) $\frac{R_c}{R}$                 |
| (ヌ) $\varepsilon_a = \varepsilon_b$             | (ル) $\frac{1}{R_p}$         | (ヲ) $\frac{R_p}{R}$                 |
| (ワ) $\varepsilon_a < \varepsilon_b$             | (カ) $\frac{R}{R_p}$         | (コ) $I_m^2 (R + R_c)$               |

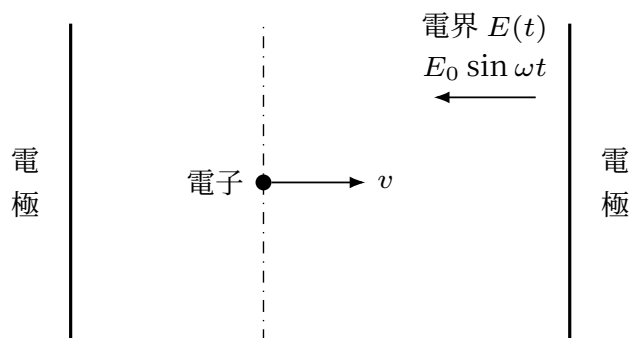
問7 次の文章は、真空中における交番電界中の電子の運動に関する記述である。文中の  に当てはまる式を解答群の中から選び、その記号をマークシートに記入しなさい。なお、電子の質量を $m_0$ 、電荷を $-e$  ( $e > 0$ ) とし、電子の速度はその質量の変化が無視できる範囲とする。

図のように十分離れた平行板電極中の電界 $E(t)$ の向きを電極に直角な方向とし、その振幅の大きさを $E_0$ 、角周波数を $\omega$ として、 $E(t) = E_0 \sin \omega t$ とする。

電子を電極間の一点に拘束しておき、 $t = t_0$ においてこれを自由にするものとする。このとき電子は、電界と反対方向に  (1)   $\times \sin \omega t$ の力を受ける。電子の速度を $v$ （ただし、 $v$ の正方向を図示の方向とする）とすると、運動の第2法則により、この  (1)   $\times \sin \omega t$ の力は  (2)  と平衡する。したがって、電子の運動方程式から次の微分方程式が得られる。

$$\frac{dv}{dt} = \text{  (3)  }$$

$t = t_0$ で $v = 0$ であることを考慮して、この式を積分すると、電子の速度 $v$ は $v = \text{  (4)  }$ で表される。これらによれば、電子の運動は  (5)  ごとの時間で元の状態に戻ることがわかる。



[問7の解答群]

$$(イ) \frac{m_0 E_0}{e} \sin \omega t$$

$$(ハ) \frac{e E_0}{m_0 \omega} (\cos \omega t_0 - \cos \omega t)$$

$$(ホ) \frac{e E_0}{m_0} \sin \omega t$$

$$(ト) \frac{2\pi}{\omega}$$

$$(リ) \frac{m_0 E_0}{e \omega} (\cos \omega t_0 - \cos \omega t)$$

$$(ル) e m_0 \frac{dv}{dt}$$

$$(ワ) \frac{\pi}{\omega}$$

$$(ヨ) \frac{m_0^2 E_0}{e \omega} (\cos \omega t_0 - \cos \omega t)$$

$$(ロ) e m_0 E_0$$

$$(二) \frac{e^2}{m_0} \frac{dv}{dt}$$

$$(ヘ) \frac{3\pi}{\omega}$$

$$(チ) \frac{m_0^2 E_0}{e} \sin \omega t$$

$$(ヌ) m_0^2 E_0$$

$$(ヲ) m_0 \frac{dv}{dt}$$

$$(カ) e E_0$$

問8 次の文章は、負帰還増幅回路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1は負帰還増幅回路を模式的に表した図である。また、図1の各ブロックは、それぞれ図2のような機能を持つものとする。ただし、図2において、 $A$ は電圧増幅度を、 $H$ は減衰率を表している。

まず、増幅器の入力電圧 $v_4$ を用いて負帰還増幅回路の出力電圧 $v_2$ を表すと

$$v_2 = \boxed{(1)} \times v_4$$

であり、また、 $v_2$ を用いて減衰器の出力電圧 $v_3$ を表すと $v_3 = Hv_2$ である。

さらに、

$$v_4 = \boxed{(2)}$$

であるから、 $v_2$ は負帰還増幅回路の入力電圧 $v_1$ を用いて

$$v_2 = \boxed{(3)} \times v_1$$

と表される。このときループ利得 $AH$ が1よりも十分大きいと仮定すると、

$$v_2 \doteq \boxed{(4)} \times v_1$$

と近似することができる。また、 $v_2$ が有限の値のとき、増幅器の電圧増幅度 $A$ を大きくしていくと、 $v_4$ は    $(5)$  に近づいていく。

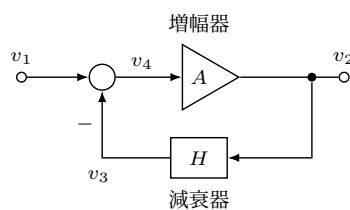


図1

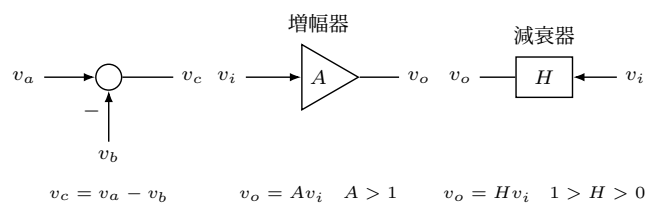


図2

[問 8 の解答群]

(イ)  $\frac{A}{1+AH}$

(ニ)  $Av_1$

(ト)  $\frac{1}{AH}$

(ヌ)  $v_1 - v_3$

(ワ) 0

(ロ)  $\frac{1}{A}$

(ホ)  $H$

(チ)  $\frac{H}{1+AH}$

(ル)  $A$

(カ) 1

(ハ)  $\frac{1}{H}$

(ヘ)  $Hv_3$

(リ)  $-1$

(ヲ)  $AH$

(ヨ)  $\frac{A}{1-AH}$