

平成 28 年度

第 2 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：0141K01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	K	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●	C
③	③	③	③	●	③	③	③	●	③	●	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥	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)

A		問				
問		1		問		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問7と問8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  $R$ [ $\Omega$ ]   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。

A問題(配点は1問題当たり小問各3点,計15点)

問1 次の文章は,同軸線路の自己インダクタンスに関する記述である。文中の  に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお,同軸線路を構成する導体間の隙間は空気で満たされており,その透磁率は $\mu_0$ である。

図のように,中心軸を同じくする半径 $a$ の無限に長い円筒状導体(内側導体)と半径 $b$ の無限に長い円筒状導体(外側導体)がある。なお, $a < b$ であり,それぞれの円筒状導体の厚みは無限に小さいとしてよい。このような回路の単位長さ当たりの自己インダクタンスを,鎖交する磁束を用いる方法と,蓄積される磁気エネルギーを用いる方法の二通りの方法で求める。

同軸線路には,図に示す方向に同じ大きさの電流 $I$ が流れている。この電流が作り出す磁束密度の大きさ $B$ は,内側導体の内部及び外側導体の外部では零,内側導体及び外側導体に挟まれた領域では $B = \text{ (1)}$  となるため,単位長さ当たりの鎖交磁束 $\Phi$ は,

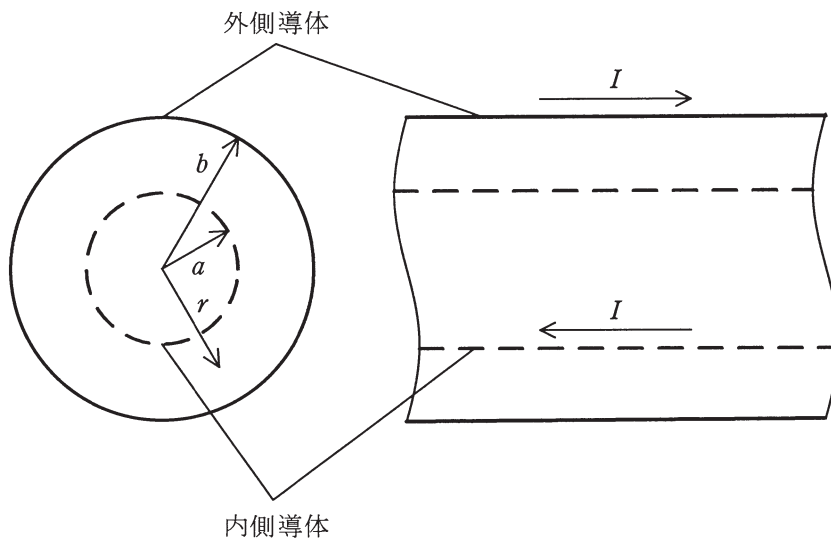
$$\Phi = \int_a^b B dr = \text{ (2)}$$

となり, $\Phi$ と単位長さ当たりの自己インダクタンス $L$ との関係式 $\Phi = \text{ (3)}$ を用いて, $L$ が求まる。

一方,単位長さ当たりに蓄積される磁気エネルギー $W$ は,

$$W = 2\pi \int_a^b \frac{B^2}{2\mu_0} r dr = \text{ (4)}$$

となり,蓄積エネルギーと自己インダクタンスの関係式 $W = \text{ (5)}$ を用いると同様に単位長さ当たりの自己インダクタンスが求まり,両者が一致することが分かる。



[問 1 の解答群]

(イ)  $\frac{I}{L}$

(ロ)  $\frac{\mu_0 I}{4\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$

(ハ)  $L \frac{dI}{dt}$

(ニ)  $\frac{\mu_0 I^2}{8\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$

(ホ)  $\frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \ln \frac{b}{a}$

(ヘ)  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

(ト)  $\frac{\mu_0 I}{4\pi r^3}$

(チ)  $\frac{\mu_0 I}{8\pi} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right)$

(リ)  $\frac{L^2 I}{2}$

(ヌ)  $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$

(ル)  $\frac{LI^2}{2}$

(ヲ)  $\frac{\mu_0 I^2}{16\pi} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right)$

(ヱ)  $\frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}$

(カ)  $\frac{I^2}{L}$

(コ)  $LI$

問2 次の文章は、直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、直流電圧源  $E=20\text{ V}$  に、 $2\ \Omega$  の抵抗、抵抗  $r_1$ 、 $r_2$ 、スイッチ  $S$  及び負荷抵抗  $R$  を接続した。

(a) スイッチ  $S$  が開いているとき、 $V_2 = 15\text{ V}$  かつ回路全体の消費電力は  $50\text{ W}$  であった。

(b) スイッチ  $S$  が閉じているとき、 $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2}$  かつ回路全体の消費電力は  $100\text{ W}$  であった。

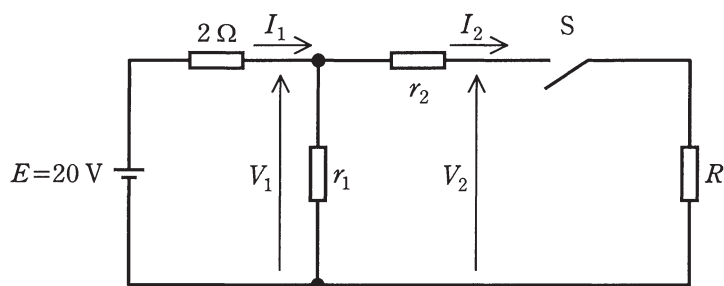
回路全体の消費電力あるいは分圧比を考慮すると、(a)の結果から、

$r_1 =$   (1)  $\Omega$  となる。

次に (b) の状態における電圧、電流を考える。回路全体の消費電力から、

$I_1 =$   (2)  $\text{ A}$  となる。 $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = R$  と  $V_1 = E - 2I_1$  に注意すると、

$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = R =$   (3)  $\Omega$  となる。(b) のとき、 $r_1$  と  $r_2 + R$  の合成抵抗は  $R$  と等しいので  $r_2 =$   (4)  $\Omega$  であり、分流比を使うと  $I_2 =$   (5)  $\text{ A}$  となる。



[問2の解答群]

(イ)  $\frac{1}{5}$

(ロ)  $\frac{2}{5}$

(ハ) 1

(ニ) 2

(ホ)  $\frac{7}{3}$

(ヘ)  $\frac{8}{3}$

(ト) 3

(チ)  $\frac{10}{3}$

(リ) 4

(ヌ) 5

(ル) 6

(ヲ) 7

(ワ) 8

(カ) 9

(コ) 10

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。

図のような  $RLC$  回路を考える。なお、 $D$  は順方向にのみ電流を流し、そのときの電圧降下が零であるような特性をもつ理想的なダイオードとする。初期状態ではスイッチ  $S$  は開いており、コイルには電流が流れておらず、コンデンサは  $1V$  に充電されている。時刻  $t=0$  でスイッチを閉じると、直後にはダイオード  $D$  には逆向きの電圧が印加されるため、電流  $i_2=0$  となる。 $i_2=0$  である場合の電流  $i_1(t)$  は、

初期条件

$$i_1(0) = 0$$

$$\left. \frac{di_1(t)}{dt} \right|_{t=0} = \text{  (1) }$$

を用いて、

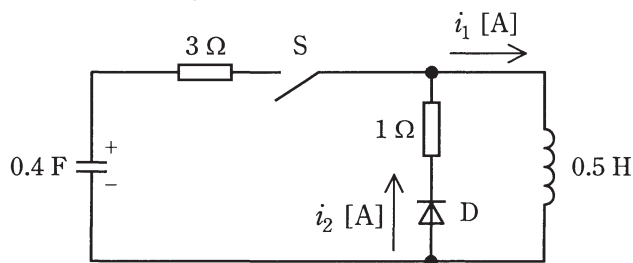
$$i_1(t) = \text{  (2) } e^{-t} + \text{  (3) } e^{-\text{  (4) } t}$$

と表される。

ダイオード  $D$  には、印加される電圧が反転する時刻以降電流が流れる。ダイオード  $D$  に印加される電圧が反転する時刻は、コイルの両端電圧  $L \frac{di_1(t)}{dt}$  が反転する時

刻に一致することを利用すると、スイッチ  $S$  を投入してからダイオード  $D$  に電流が流れ始めるまでの時間は  (5) s と求められる。

なお、 $\ln 5 \doteq 1.6$  としよ。





[問3の解答群]

(イ) -2

(ロ) -1

(ハ) -0.5

(ニ) 0.2

(ホ) 0.25

(ヘ) 0.4

(ト) 0.5

(チ) 0.8

(リ) 1

(ヌ) 1.5

(ル) 2

(ヲ) 2.5

(ワ) 4

(カ) 5

(コ) 10

問4 次の文章は、半導体内の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。なお、電子の電荷量(絶対値)を  $e$  とする。

断面積が  $S$ 、長さが  $l$  の円柱の  $n$  形半導体の両端に、大きさが  $V$  の直流電圧を加えた。電圧によって半導体中に一様な電界が生成されるとすると、その電界  $E$  は  $E =$   (1)  であり、電子は力  $F =$   (2)  で加速される。電子の有効質量を  $m^*$  とすると、電子の加速度は  (3)  となるが、散乱を考えると、電子の速度は最終的に電界に比例する平均速度  $v$  となる。 $v$  と電界の関係は、移動度  $\mu$  を用いて  $v = \mu E$  と表される。

半導体中の電子濃度を  $n$  とすると、この半導体を流れる電流は、 $v$  を用いて、 $I =$   (4)  と表せる。そこで、電圧  $V$  と電流  $I$  の関係は  $I =$   (5)  と表すことができる。

[問4の解答群]

(イ)  $\frac{eV}{m^*}$

(ニ)  $evnS$

(ホ)  $eVm^*$

(ヘ)  $\frac{eE}{m^*}$

(ト)  $VI$

(カ)  $\frac{\mu nV}{l}$

(キ)  $vnS$

(ク)  $\frac{e\mu nV}{l}$

(ケ)  $evn$

(コ)  $eV$

(サ)  $eVI$

(シ)  $\frac{e\mu nVS}{l}$

(ス)  $eE$

(セ)  $\frac{V}{l}$

(ソ)  $\frac{V}{S}$

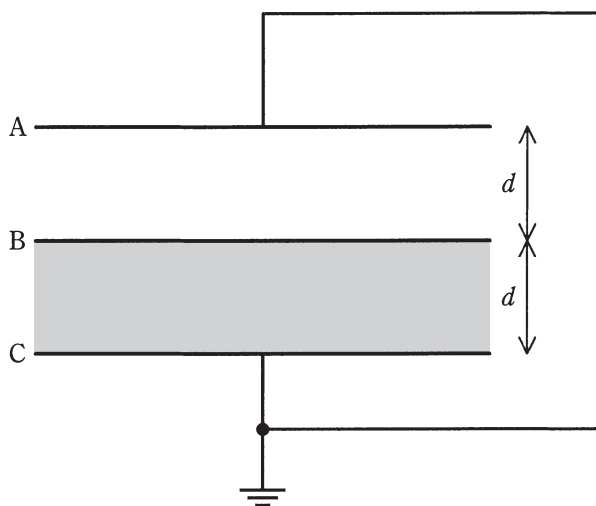
**B問題** (配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問5 次の文章は, 誘電体が挿入された平行平板コンデンサに関する記述である。文中の  に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図のように, 真空中に一边の長さが  $l$  の正方形で薄い平板電極3枚が間隔  $d$  で置かれた平行平板コンデンサがある。極板B-C間は, 比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体で隙間なく満たされている。なお, 真空中の誘電率は  $\epsilon_0$  とし, 端効果は無視できるとする。

まず, 全ての極板に何も接続しない状態では, 極板A-B間の静電容量は  (1) であり, 極板B-C間の静電容量は  (2) である。

次に, 図のように, 極板A及びCをとともに接地し, 極板Bには電荷  $Q$  を与える。このとき, 極板Aに誘導される電荷は  (3), 極板Cに誘導される電荷は  (4) である。また, 極板Bの電位は  (5) である。



[問5の解答群]

$$(イ) \frac{\varepsilon_0 l^3}{d^2}$$

$$(ニ) -\frac{\varepsilon_r - 2}{\varepsilon_r - 1} Q$$

$$(ホ) \frac{\varepsilon_0 l^2}{\varepsilon_r d}$$

$$(ヘ) \frac{\varepsilon_r l^2}{\varepsilon_0 d}$$

$$(ト) -\frac{1}{2} Q$$

$$(カ) \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r l^2}{d}$$

$$(キ) \frac{d}{\varepsilon_0 (\varepsilon_r + 1) l^2} Q$$

$$(ク) -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_r + 1} Q$$

$$(ケ) -\frac{1}{\varepsilon_r - 1} Q$$

$$(コ) -Q$$

$$(サ) -\frac{1}{\varepsilon_r + 1} Q$$

$$(シ) \frac{d}{\varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) l^2} Q$$

$$(ス) \frac{\varepsilon_r l^2}{d}$$

$$(セ) \frac{\varepsilon_0 l^2}{d}$$

$$(ソ) \frac{d}{\varepsilon_0 \varepsilon_r l^2} Q$$

問6 次の文章は、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。

図の回路において交流電圧源  $\dot{E}$  の角周波数は  $\omega$  とする。それぞれの素子の両端の電圧と、素子に流れる電流を求めたい。

抵抗  $r$  に流れる電流  $\dot{I}$  は、

$$\dot{I} = \text{  } \quad (1)$$

インダクタンス  $L$  のコイルの両端の電圧  $\dot{V}_L$  は、

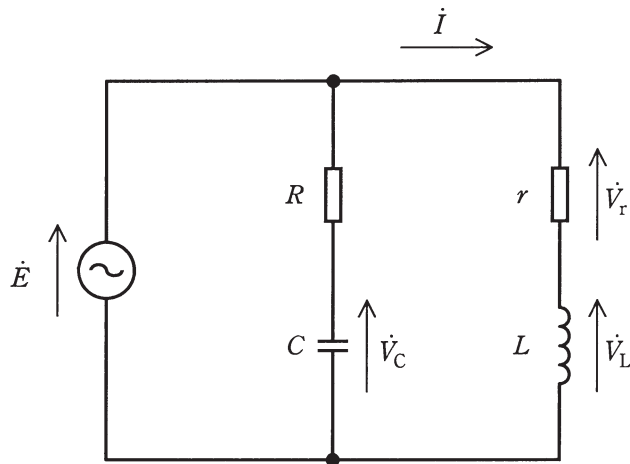
$$\dot{V}_L = \text{  } \quad (2)$$

静電容量  $C$  のコンデンサの両端の電圧  $\dot{V}_C$  は、

$$\dot{V}_C = \text{  } \quad (3)$$

となる。

各素子の値が  (4) の関係にあるとき、 $\omega$  の値に関係なく  $\dot{V}_C = \dot{V}_r$  となる。このとき、 $\dot{V}_C$  の位相は  $\dot{V}_L$  に対して、  (5) 。



[問6の解答群]

(イ)  $\frac{j\omega L}{r+j\omega L}\dot{E}$

(ロ)  $\frac{j\omega L}{r}\dot{E}$

(ハ)  $\frac{1}{r+j\omega L}\dot{E}$

(ニ)  $Rr = \frac{C}{L}$

(ホ) 同相である

(ヒ)  $\frac{1}{j\omega L}\dot{E}$

(ヘ)  $\frac{R}{1+j\omega CR}\dot{E}$

(ト)  $\frac{1}{1+j\omega CR}\dot{E}$

(リ)  $\frac{1}{r}\dot{E}$

(カ)  $90^\circ$ 遅れている

(ハ)  $Rr = \sqrt{LC}$

(ニ)  $\frac{j\omega CR}{1+j\omega CR}\dot{E}$

(リ)  $\frac{r}{r+j\omega L}\dot{E}$

(ヲ)  $Rr = \frac{L}{C}$

(ク)  $90^\circ$ 進んでいる

問7及び問8は選択問題であり、問7又は問8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7 次の文章は、増幅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の回路は  (1) 接地増幅回路又はエミッタフォロワと呼ばれる回路であり、その小信号等価回路(交流等価回路)は図2で与えられる。

図2において、電流  $i_b$  が図に示す向きに流れるとき、 $r_e$  及び  $R_E$  に流れる電流  $i_{out}$  は  (2) となる。よって、出力電圧  $v_{out}$  は、

$$v_{out} = \text{ (2)} \times R_E \dots\dots\dots \text{①}$$

と表される。一方、図2中の点線で表す経路にキルヒホッフの電圧則を適用することで、入力電圧  $v_{in}$  を、

$$v_{in} = \text{ (3)} \dots\dots\dots \text{②}$$

と表すことができる。図1の回路の電圧利得  $\frac{v_{out}}{v_{in}}$  は①式及び②式を用いて、

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \text{ (4)} \text{ と導かれる。この結果に図2中の数値を代入し、電圧利得 } \frac{v_{out}}{v_{in}} \text{ を}$$

求めることで、エミッタフォロワは  (5) ことが分かる。

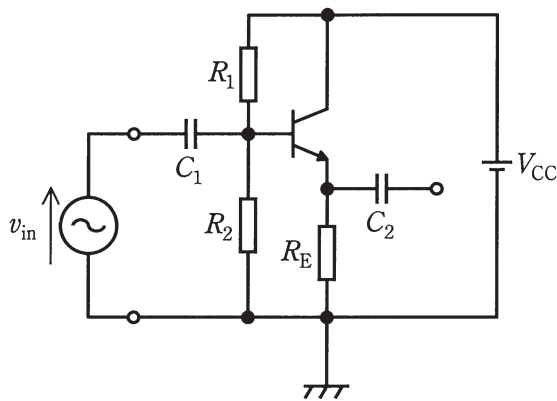


図1



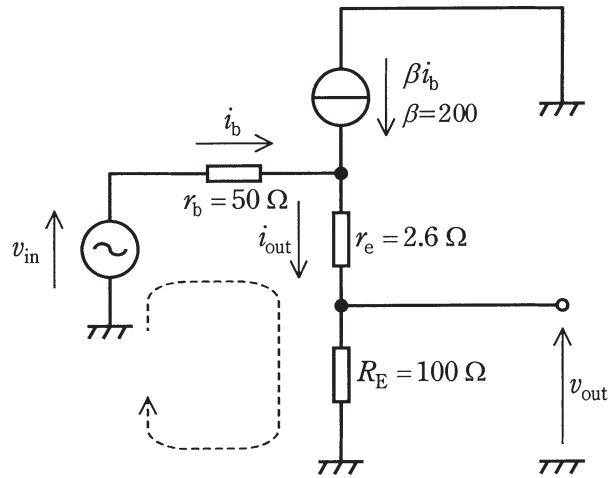


図2

[問7の解答群]

- |   |  |  |
|---|--|--|
| (イ) エミッタ  | (ロ) ベース  | (ハ) コレクタ                                   |
| (ニ) $r_b i_b + (1 + \beta) r_e i_b$                   | (ホ) $\frac{-\beta R_E}{r_b + (1 + \beta) r_e}$             | (ヘ) $r_b i_b + \beta(r_e + R_E) i_b$       |
| (ト) $\frac{-(1 + \beta) R_E}{r_b + \beta(r_e + R_E)}$ | (チ) $i_b$  | (リ) $(1 + \beta) i_b$                      |
| (ヌ) $\beta i_b$                                       | (ル) $\frac{(1 + \beta) R_E}{r_b + (1 + \beta)(r_e + R_E)}$ | (レ) $r_b i_b + (1 + \beta)(r_e + R_E) i_b$ |

(リ) 非反転増幅回路であり、ほぼ1倍の電圧利得を有する

(カ) 反転増幅回路であり、大きな電圧利得を有する

(イ) 反転増幅回路であり、ほぼ-1倍の電圧利得を有する

(選択問題)

問 8 次の文章は、周波数の測定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。

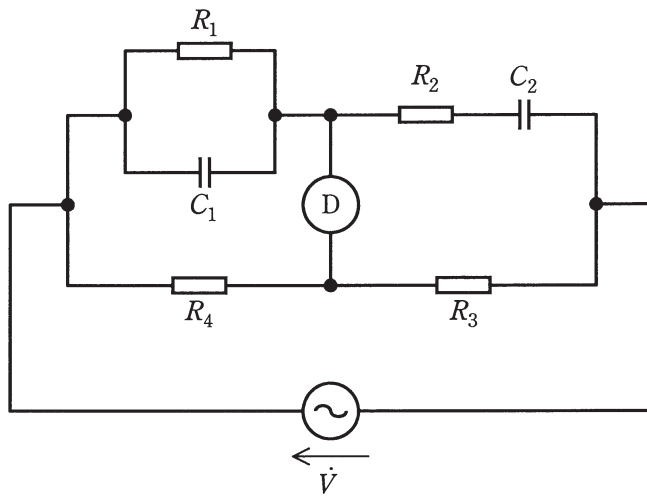
図に示す交流ブリッジ回路において、交流電源の電圧を  $\dot{V}$ 、その角周波数を  $\omega$  ( $\omega=2\pi f$ ,  $f$ は周波数),  $R_1 \sim R_4$ を抵抗,  $C_1$ 及び  $C_2$ を静電容量,  $\textcircled{D}$ を検出器とする。

いま、検出器の指示が零となりブリッジが平衡したとすると、以下の関係が成立する。

$$R_3 \left( \frac{R_1}{\text{(1)}} \right) = R_4 \left( \frac{1+j\omega C_2 R_2}{j\omega C_2} \right) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

①式の虚数部より  $C_1 = \text{(2)} C_2$ となる。また、実数部より  $\text{(3)} = 1$ となるから、交流電源の周波数  $f$ は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\text{(4)}}}$  で表される。

このような交流ブリッジは一般に  $\text{(5)}$  ブリッジと呼ばれ、ブリッジの平衡条件に周波数が関係するため、周波数の測定に利用することができる。



[問 8 の解答群]

- |   |                                |   |
|---|--------------------------------|---|
| (イ) $1 - j\omega C_1 R_1$               | (ロ) ケルビンダブル                    | (ハ) $1 + j\omega C_1 R_1$               |
| (ニ) $C_1 C_2 R_1 R_2$                   | (ホ) $C_1 C_2 R_1 R_4$          | (ヘ) $\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_4$          |
| (ト) ホイートストン                             | (チ) $\frac{R_1 R_3}{R_4}$      | (リ) $j\omega C_1$                       |
| (ヌ) ウィーン                                | (ル) $C_1 C_2 R_2 R_4$          | (レ) $\frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{R_1 R_4}$ |
| (ワ) $\frac{R_2 R_4 - R_1 R_3}{R_2 R_3}$ | (カ) $\omega^2 C_1 C_2 R_2 R_4$ | (エ) $\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2$          |

平成28年度 第二種電気主任技術者一次試験解答

<理論>

問1					問2					問3					問4				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
へ	又	ヨ	ホ	ル	ル	又	ニ	ハ	チ	ル	ト	ハ	カ	へ	ヲ	リ	又	ニ	へ

問5					問6					問7					問8				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ヲ	ロ	ハ	チ	ホ	ト	イ	チ	ヲ	カ	ハ	リ	ヲ	ル	ワ	ハ	ヲ	ヨ	ニ	又

(問5, 問6, 問7及び問8の配点は小問各2点, 計10点)

<電力>

問1					問2					問3					問4				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ロ	ル	ト	へ	ヨ	ヨ	ル	ロ	チ	ニ	ロ	へ	リ	ニ	ト	ヲ	ル	ホ	イ	ワ

問5					問6					問7				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ヲ	チ	ト	イ	カ	ワ	ト	ヨ	又	ル	ニ	カ	ロ	ル	チ

(問5, 問6及び問7の配点は小問各2点, 計10点)

<機械>

問1					問2					問3					問4				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ト	リ	へ	ロ	ニ	又	ホ	ヨ	へ	リ	又	ヲ	ル	チ	へ	ハ	又	ヨ	ワ	ニ

問5					問6					問7					問8				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
チ	ヨ	へ	ニ	カ	ル	ロ	ニ	ヨ	ヲ	ホ	ハ	ヨ	イ	チ	ニ	ハ	へ	チ	イ

(問5, 問6, 問7及び問8の配点は小問各2点, 計10点)

<法規>

問1					問2					問3					問4				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ワ	又	ホ	ヨ	ニ	ニ	ロ	へ	ル	ワ	ロ	ニ	ト	ホ	ヨ	ト	イ	チ	又	ニ

問5					問6					問7				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
チ	ロ	ヲ	ル	又	又	ハ	チ	イ	リ	ハ	又	ニ	ル	ヨ

(問5, 問6及び問7の配点は小問各2点, 計10点)