

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
●					●	○	○	○	○	●
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●
③	③	③	③	●	③	③	③	●	③	●
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
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 [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。

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 μ_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 Φ は,

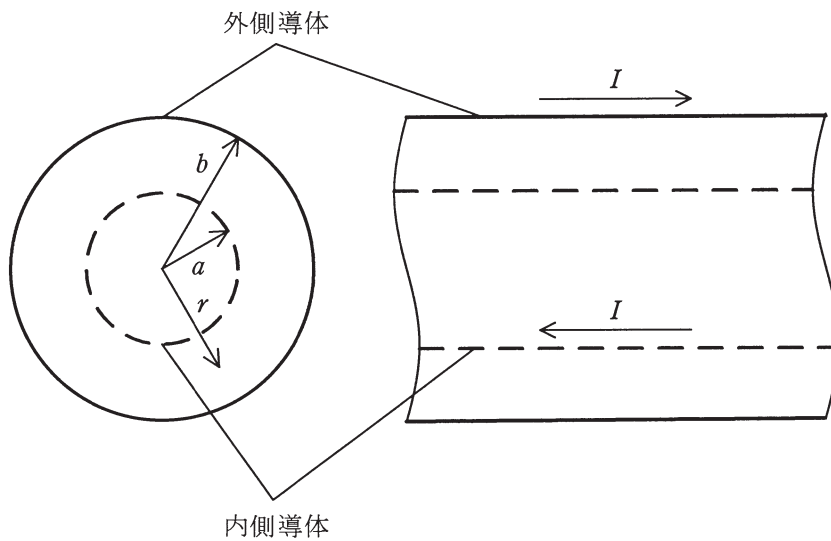
$$\Phi = \int_a^b B dr = \text{ (2)}$$

となり, Φ 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) $\frac{\mu_0 I^2}{16\pi} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right)$

(ワ) $\frac{\mu_0 I}{4\pi r^2}$

(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 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 W であった。

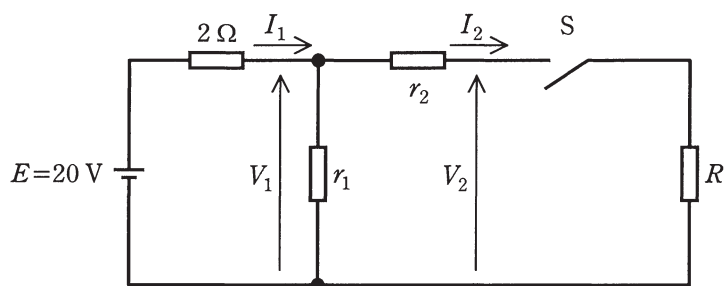
回路全体の消費電力あるいは分圧比を考慮すると、(a)の結果から、

$r_1 =$ (1) Ω 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) 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) Ω 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) Ω であり、分流比を使うと $I_2 =$ (5) 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、

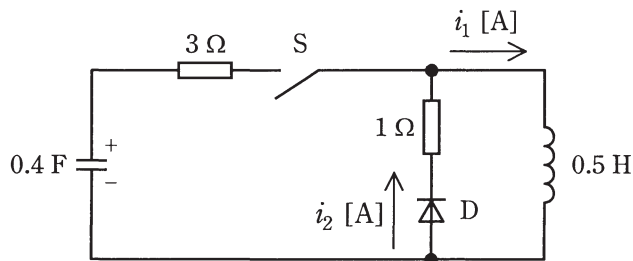
$$i_1(t) = \text{ (2) } e^{-t} + \text{ (3) } e^{-\text{ (4) } t}$$

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、 $\ln 5 \doteq 1.6$ としてよい。



[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 μ 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) $\frac{V}{S}$

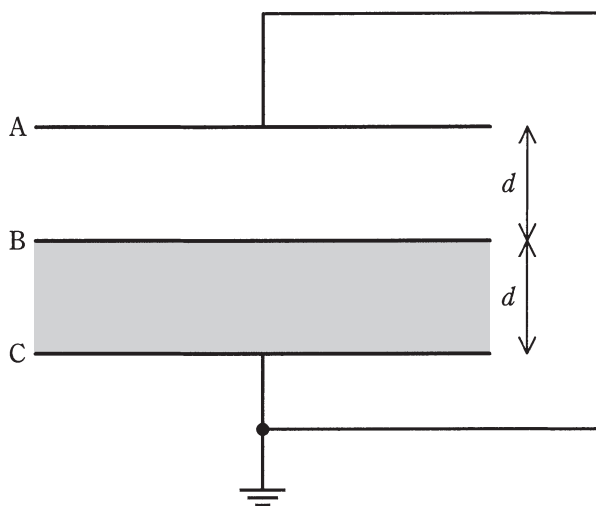
B問題 (配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

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 ϵ_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 ϵ_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 ω 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、

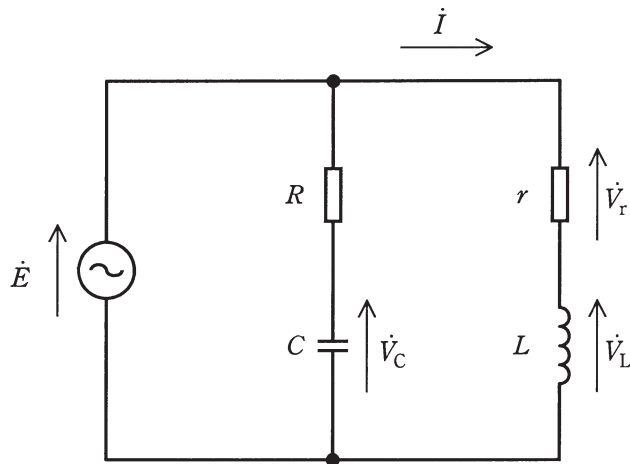
$$\dot{V}_L = \text{ } \quad (2)$$

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、 ω 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° 遅れている

(ハ) $Rr = \sqrt{LC}$

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

(リ) $\frac{r}{r+j\omega L}\dot{E}$

(ロ) $Rr = \frac{L}{C}$

(ヨ) 90° 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。

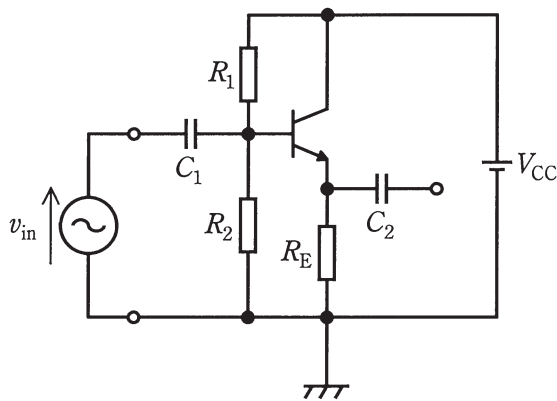


図1

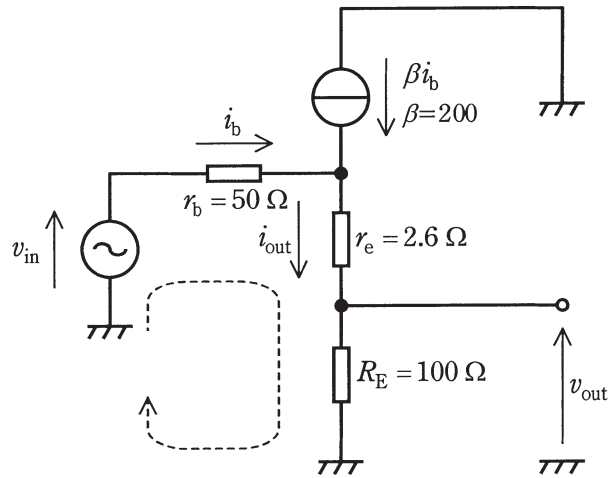


図2

[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) βi_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
- (ル) 反転増幅回路であり、大きな電圧利得を有する
- (レ) 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。

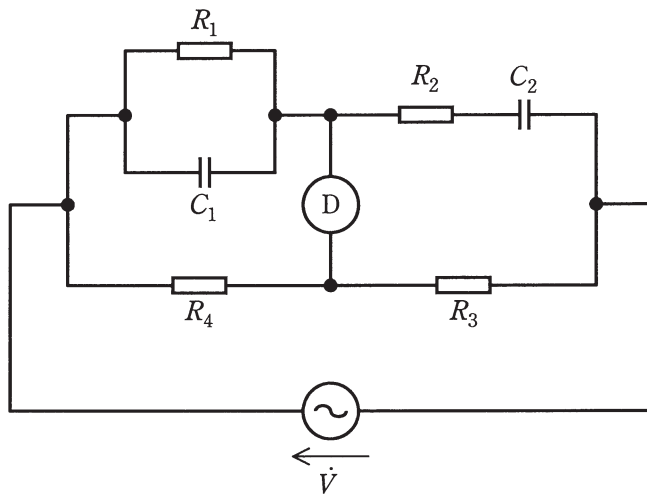
図に示す交流ブリッジ回路において、交流電源の電圧を \dot{V} 、その角周波数を ω ($\omega=2\pi f$, f は周波数), $R_1 \sim R_4$ を抵抗, C_1 及び C_2 を静電容量, \textcircled{D} を検出器とする。

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 (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) $\omega^2 C_1 C_2 R_2 R_4$ | (ケ) $\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2$ |