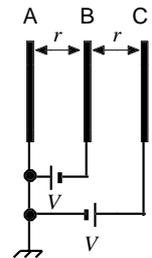


第一級総合無線通信士 「無線工学の基礎」試験問題
 第一級海上無線通信士

25問 2時間30分

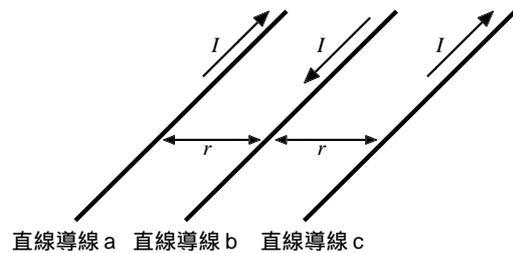
A - 1 図に示すように、3枚の金属板A、B、Cが間隔[m]で平行に置かれているとき、A B間及び B C間の電界強度の大きさの組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、Aを接地し、Bには電位 $-V$ 〔V〕、Cには電位 $+V$ 〔V〕を与えるものとする。また、A、B、Cの厚さは t_1 に比べて十分薄く、その面積は r^2 に比べて十分に大きいものとする。

- | A B間 | B C間 |
|------------------|----------------|
| 1 $V/(2r)$ 〔V/m〕 | $V/(2r)$ 〔V/m〕 |
| 2 $V/(2r)$ 〔V/m〕 | V/r 〔V/m〕 |
| 3 $V/(2r)$ 〔V/m〕 | $2V/r$ 〔V/m〕 |
| 4 V/r 〔V/m〕 | V/r 〔V/m〕 |
| 5 V/r 〔V/m〕 | $2V/r$ 〔V/m〕 |



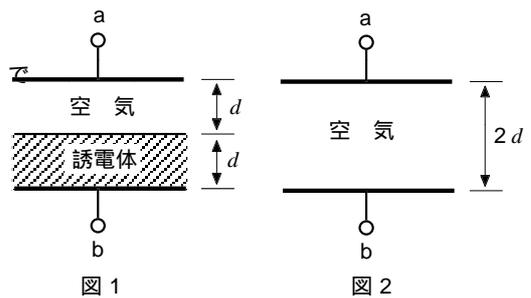
A - 2 図に示すように、真空中の同一平面上に平行、かつ、距離を r 〔m〕離して置かれた無限長の直線導線a、b及びcに直線電流 I 〔A〕を流したとき、bがa及びcから受ける1〔m〕当たりの合成力の大きさの値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、真空の透磁率を μ_0 〔H/m〕とし、 I の方向はaとcは同じでbは逆方向とする。また、導線の太さは無視するものとする。

- 1 0〔N/m〕
- 2 $\mu_0 I^2 / (4r)$ 〔N/m〕
- 3 $\mu_0 I^2 / (2r)$ 〔N/m〕
- 4 $\mu_0 I^2 / (r)$ 〔N/m〕
- 5 $2\mu_0 I^2 / (r)$ 〔N/m〕



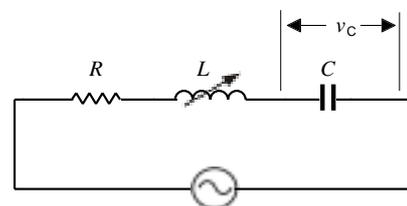
A - 3 図1に示す平行平板コンデンサの静電容量が 8 〔 μF 〕のとき、図2に示すように誘電体を取り除いたときの静電容量の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、空気及び誘電体の比誘電率をそれぞれ1及び4とする。また、図1では、間隔が 2 〔m〕の極板の間に厚さが d 〔m〕の誘電体が満たされているものとする。

- 1 1〔 μF 〕
- 2 2〔 μF 〕
- 3 3〔 μF 〕
- 4 4〔 μF 〕
- 5 5〔 μF 〕



A - 4 図に示すRLC直列回路において自己インダクタンス L 〔H〕を変化させたとき、静電容量 C 〔F〕の両端の電圧 v_C 〔V〕の最大値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、抵抗 R を 10 〔 Ω 〕、 C のリアクタンスを 10 〔 Ω 〕及び L の抵抗を零とする。

- 1 4〔V〕
- 2 6〔V〕
- 3 8〔V〕
- 4 10〔V〕
- 5 12〔V〕

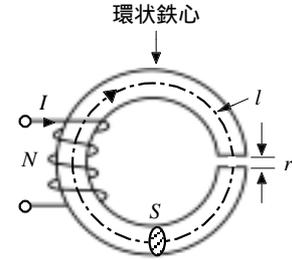


10〔V〕

A - 5 次の記述は、図に示す磁気回路について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、磁気回路は、断面積 S [m²]、平均磁路長 l [m] の環状鉄心に長さ r [m] のエアギャップ(空隙)があり、 N 回巻きのコイルに I [A] の直流電流を流すものとする。また、 $l \gg r$ 、漏れ磁束はないものとし、真空の透磁率を μ_0 [H/m]、空気及び鉄の比透磁率をそれぞれ 1 及び μ とする。

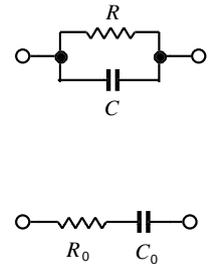
- (1) 鉄心部分の磁気抵抗 R_1 は、次式で表される。
 $R_1 = \square \text{A}$ [A/Wb]
- (2) 空隙部分の磁気抵抗 R_2 は、次式で表される。
 $R_2 = \square \text{B}$ [A/Wb]
- (3) R_1 と R_2 の合成磁気抵抗 R_0 は、 $\square \text{C}$ [A/Wb] となる。
- (4) したがって、鉄心を通る磁束 Φ は、次式で表される。
 $\Phi = \square \text{D}$ [Wb]

	A	B	C	D
1	$S/(\mu_r \mu_0 l)$	$S/(\mu_0 r)$	$R_1 + R_2$	NI / R_0
2	$S/(\mu_r \mu_0 l)$	$S/(\mu_0 r)$	$R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$	$NI R_0$
3	$l/(\mu_r \mu_0 S)$	$r/(\mu_0 S)$	$R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$	NI / R_0
4	$l/(\mu_r \mu_0 S)$	$r/(\mu_0 S)$	$R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$	$NI R_0$
5	$l/(\mu_r \mu_0 S)$	$r/(\mu_0 S)$	$R_1 + R_2$	NI / R_0



A - 6 図に示すように、抵抗 R [Ω] 及び静電容量 C [F] のコンデンサからなる並列回路を、インピーダンスの等しい抵抗 R_0 [Ω] 及び静電容量 C_0 [F] のコンデンサからなる直列回路に変換したとき、 R_0 及び C_0 を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、角周波数を ω [rad/s] とする。

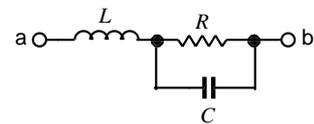
- 1 $R_0 = R/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ $C_0 = C/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$
- 2 $R_0 = R/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ $C_0 = C(1 + \omega^2 C^2 R^2)$
- 3 $R_0 = R/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ $C_0 = (1 + \omega^2 C^2 R^2)/(\omega^2 C R^2)$
- 4 $R_0 = R(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ $C_0 = C/(1 + \omega^2 C^2 R^2)$
- 5 $R_0 = R(1 + \omega^2 C^2 R^2)$ $C_0 = C(1 + \omega^2 C^2 R^2)$



A - 7 次の記述は、図に示す回路の端子 a b 間が無誘導抵抗となるための条件について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。また、角周波数を ω [rad/s] とし、 $(\omega CR)^2 \gg 1$ とする。

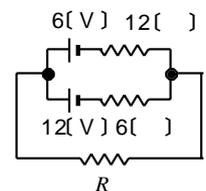
- (1) 端子 a b 間のインピーダンスは、次式で表される。
 $Z = j\omega L + R/(\square \text{A})$ [Ω]
- (2) 上式を整理すると、次式が得られる。
 $Z = R/(\square \text{B}) + j\omega \{L - CR^2/(\square \text{B})\}$ [Ω]
- (3) $(\omega CR)^2 \gg 1$ を考慮すると、 Z が無誘導となる条件は、 $\square \text{C}$ である。

	A	B	C
1	$1 + j\omega CR$	$(1 + \omega^2 C^2 R^2)$	$R^2 = C/L$
2	$1 + j\omega CR$	$(1 + \omega^2 C^2 R^2)$	$R^2 = L/C$
3	$1 + j\omega CR$	$(1 - \omega^2 C^2 R^2)$	$R^2 = C/L$
4	$1 - j\omega CR$	$(1 - \omega^2 C^2 R^2)$	$R^2 = L/C$
5	$1 - j\omega CR$	$(1 + \omega^2 C^2 R^2)$	$R^2 = C/L$



A - 8 図に示す回路において、抵抗 R に流れる電流の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 R の値を 6 [Ω] とする。

- 1 1 [A] 2 1.5 [A] 3 2 [A] 4 2.5 [A] 5 3 [A]



A - 9 次の記述は、PN 接合における電子なだれ降伏について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。

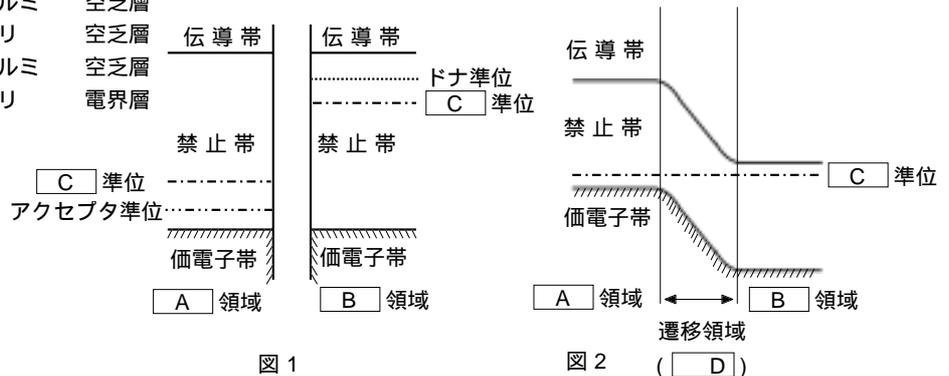
- (1) PN 接合に加える□A 電圧を高くしていくと、□B 内における電界の強さが大きくなり、少数キャリアは加速される。
- (2) 加速された少数キャリアは、結晶の□C に衝突し、電子と正孔の対を生ずる。新たに生じたこれらの電子と正孔の対は、加速されて結晶の□C に衝突し、さらに電子と正孔の対を生ずるため、急速に電流が増加することになる。このような過程で生ずる降伏現象を電子なだれ降伏という。

	A	B	C
1	逆方向	導電層	多数キャリア
2	逆方向	空乏層	母体原子
3	逆方向	空乏層	多数キャリア
4	順方向	空乏層	母体原子
5	順方向	導電層	多数キャリア

A - 10 次の記述は、PN 接合のエネルギー帯構造について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。

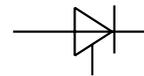
- (1) 図1に示すように、PN 接合する前は、□A領域では価電子帯のすぐ上にアクセプタ準位がある。また、□B 領域では伝導帯のすぐ下にドナ準位がある。
- (2) PN 接合をした後の熱的平衡状態においては、P形とN形半導体の□C準位が一致するので、図2に示すようなエネルギー帯構造になる。
- (3) 接合面にできる遷移領域は、空間電荷領域であり、□Dともいう。

	A	B	C	D
1	P 形	N 形	パウリ	電界層
2	P 形	N 形	フェルミ	空乏層
3	N 形	P 形	パウリ	空乏層
4	N 形	P 形	フェルミ	空乏層
5	N 形	P 形	パウリ	電界層



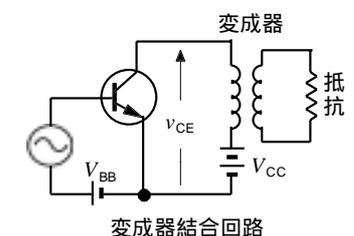
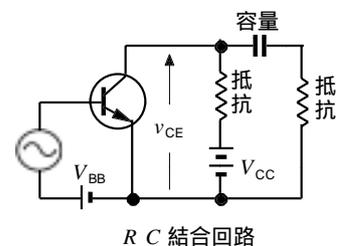
A - 11 次の記述は、サイリスタについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 一般に、P形とN形半導体が4層以上の構造である。
- 2 スwitching素子である。
- 3 図は3端子サイリスタ(一般)の図記号である。
- 4 3端子サイリスタの他に、2端子サイリスタ及び4端子サイリスタがある。
- 5 温度検出器として用いられる。



A - 12 次の記述は、図に示すエミッタ接地増幅回路における抵抗容量(RC)結合回路と変成器結合回路について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、入力信号を単一正弦波とする。

- 1 RC結合回路における結合コンデンサの容量不足は、低周波における利得低下の原因になる。
- 2 A級増幅回路として用いるときの理想的な最大コレクタ効率は、RC結合回路より変成器結合回路の方がよい。
- 3 高周波増幅回路で変成器結合回路を用いるとき、通常、同調増幅回路とする。
- 4 RC結合回路は、変成器結合回路に比べて、インピーダンス整合が容易である。
- 5 変成器結合回路では、瞬時コレクタ電圧 v_{CE} の大きさが電源電圧 V_{CC} より大きくなることもある。



A - 13 次の記述は、ソース接地電界効果トランジスタ (FET) 増幅器について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。

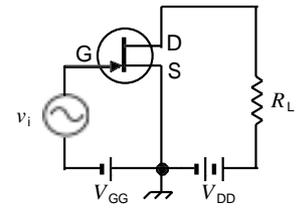


図 1 G: ゲート
S: ソース
D: ドレイン
V_{GG}、V_{DD}: 直流電源

図 1 に示す回路の交流等価回路を図 2 に示す。ただし、入力電圧を v_i 、出力電圧を v_o [V]、相互コンダクタンスを g_m [S]、ドレイン抵抗を r_D [] 及び負荷抵抗を R_L [] とする。

- (1) 等価回路の電流源の電流の大きさは、□ A [A] である。
 (2) r_D と R_L の並列抵抗が合成負荷抵抗であるから、出力電圧を v_o とすると、次式が得られる。

$$v_o = - \square B \text{ [V]}$$

- (3) r_D 、 R_L のとき、電圧増幅度 A は、次式で表される。

$$A = \square C$$

	A	B	C
1	$g_m v_i$	$g_m v_i r_D R_L / (r_D + R_L)$	$g_m R_L / r_D$
2	$g_m v_i$	$g_m v_i (r_D + R_L)$	$g_m r_D$
3	$g_m v_i$	$g_m v_i r_D R_L / (r_D + R_L)$	$g_m R_L$
4	v_i / g_m	$v_i r_D R_L / \{g_m (r_D + R_L)\}$	R_L / g_m
5	v_i / g_m	$v_i r_D R_L / \{g_m (r_D + R_L)\}$	r_D / g_m

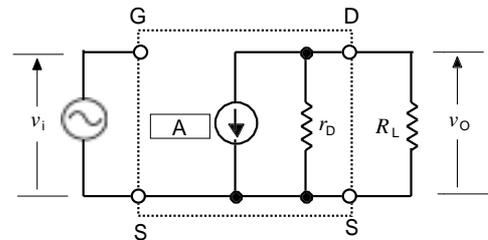


図 2

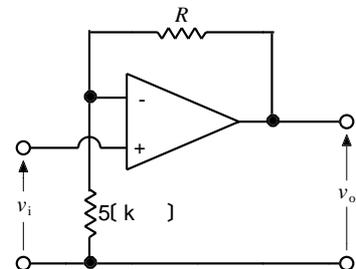
A - 14 次の記述は、接合トランジスタと比べたときの電界効果トランジスタ (FET) の特徴について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 入力インピーダンスが極めて □ A。
 (2) 増幅などの動作は、□ B キャリアの流れにのみ依存する。
 (3) ドレイン電流が流れないとき、出力オフセット電圧が □ C。

	A	B	C
1	高い	多数	ない
2	高い	少数	ある
3	高い	多数	ある
4	低い	少数	ある
5	低い	多数	ない

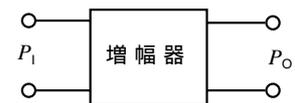
A - 15 図に示す演算増幅器 (オペアンプ) において、電圧増幅度 v_o / v_i が 10 のときの抵抗 R の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 30 [k]
 2 35 [k]
 3 40 [k]
 4 45 [k]
 5 50 [k]



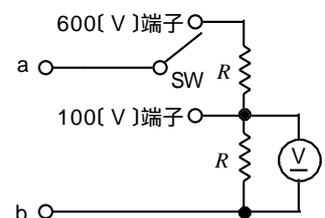
A - 16 図に示す増幅器の出力 P_O が 2 [W] のときの入力 P_I の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、増幅器の電力利得の値を 27 [dB]、 $\log_{10} 2 = 0.3$ とする。

- 1 1 [mW]
 2 2 [mW]
 3 3 [mW]
 4 4 [mW]
 5 5 [mW]



A - 17 図に示す測定回路において、スイッチ SW の切り替えにより、最大測定電圧を 100 [V] から 600 [V] とするために必要な抵抗 R の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、直流電圧計 (V) の内部抵抗を 4 [k]、最大目盛りの値を 100 [V] とする。

- 1 2 [k] 2 4 [k] 3 8 [k]
 4 16 [k] 5 32 [k]



A - 18 次の記述は、交流電源 \dot{v} [V] の周波数 f [Hz] の測定について述べたものである。□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、変成器の • (ドット) は 1 次側と 2 次側の電圧が同じ極性であることを示し、相互インダクタンスを M [H] ($M > 0$)、 $\omega = 2\pi f$ [rad/s] とする。

図に示す回路において、キルヒホッフの法則から次式が成り立つ。ただし、1、2 次側のコイルの自己インダクタンス、静電容量、1、2 次側の回路に流れる電流をそれぞれ、 L_1 、 L_2 [H]、 C [F]、 \dot{i}_1 、 \dot{i}_2 [A] とする。また、交流電流計 (A) のインピーダンスは零とする。

$$j\omega L_1 \dot{i}_1 + (\dot{i}_1 - \dot{i}_2) / (j\omega C) - j\omega M \dot{i}_2 = \dot{v} \dots\dots\dots$$

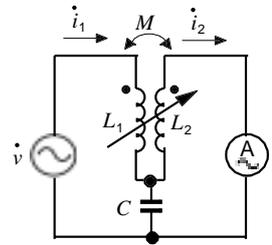
$$j\omega L_2 \dot{i}_2 - (\dot{i}_1 - \dot{i}_2) / (j\omega C) - j\omega M \dot{i}_1 = 0 \dots\dots\dots$$

M を調整して、(A) に流れる電流 \dot{i}_2 を零にしたとき、式、 から次式が成り立つ。
 $M = \frac{C}{\omega^2} \left[\frac{L_1}{L_2} \right]$

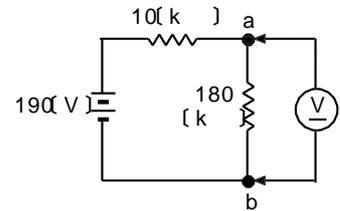
したがって、 f は、次式で得られる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{L_1 L_2}} \text{ [Hz]}$$

A	B	C	D
1 $M\dot{i}_1$	$M\dot{i}_2$	$\frac{L_1 L_2}{C}$	$1 / (2\pi \sqrt{\frac{L_2 C}{L_1}})$
2 $M\dot{i}_1$	$M\dot{i}_2$	$1 / (C)$	$1 / (2\pi \sqrt{MC})$
3 $M\dot{i}_2$	$M\dot{i}_1$	$\frac{L_1 L_2}{C}$	$1 / \sqrt{MC}$
4 $M\dot{i}_2$	$M\dot{i}_1$	$1 / (C)$	$1 / (2\pi \sqrt{MC})$
5 $M\dot{i}_2$	$M\dot{i}_1$	$\frac{L_1 L_2}{C}$	$1 / (2\pi \sqrt{L_2 C})$



A - 19 図に示す回路の端子 a b 間の電圧を直流電圧計 (V) で測定したとき、測定値と真値に 9 [V] の誤差が生じた。このときの (V) の内部抵抗の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電圧計の指示誤差は零とし、電源の内部抵抗は無視するものとする。



- 1 120 [k] 2 140 [k] 3 160 [k] 4 180 [k] 5 200 [k]

A - 20 次の記述は、静電形計器の特徴について述べたものである。

□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 低周波の □ A □ 電圧測定に適している。
 (2) 消費電力が □ B □。
 (3) 目盛りは原理的に □ C □ である。

A	B	C
1 高	多い	平等目盛り
2 高	少ない	2 乗目盛り
3 低	少ない	平等目盛り
4 低	少ない	2 乗目盛り
5 低	多い	平等目盛り

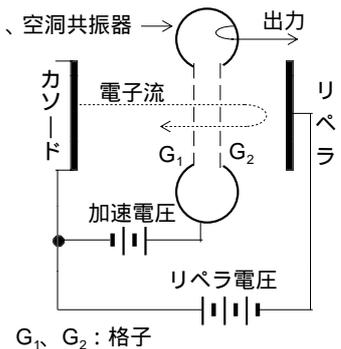
B - 1 次の記述は、光電変換素子について述べたものである。□ 内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、□ 内の同じ記号は、同じ字句を示す。

- (1) 半導体に光を当てると起電力が生ずることを □ ア □ 効果といい、この現象を利用したダイオードが □ イ □ ダイオードである。
 (2) □ イ □ ダイオードに □ ウ □ 方向の電圧を加えて PN 接合面に光を当てると、光のエネルギーが吸収されて □ ウ □ 方向の電流が増加する。この電流を □ エ □ といい、その強さは、光の強さにほぼ □ オ □ する。

- 1 電気光学 2 ホト 3 順 4 光電流 5 比例
 6 光起電力 7 発光 8 逆 9 暗電流 10 反比例

B - 2 次の記述は、マイクロ波電子管について述べたものである。このうち正しいものを 1、空洞共振器として誤っているものを 2 とし解答せよ。

- ア マグネトロンは、陰極と陽極の間に加えられた電界と陰極軸方向に加えられた磁界が電子に及ぼす作用を用いている。
 イ マグネトロンは、発振周波数が容易に変えられる。
 ウ 進行波管には、電磁波の速度を電子流の速度近くまで遅らせるための遅回路がある。
 エ クライストロンは、マグネトロンに比べ発振効率がよく、高出力が可能である。
 オ 図は反射形クラストロンの原理的構成例である。



B-3 次の記述は、正弦波の複素数表示について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、瞬時電圧 $v(t)$ の最大値を V_m [V]、角周波数を [rad/s]、位相角を [rad] とする。

(1) 正弦波を複素数表示すると、次式で表される。

$$V_m e^{j(\omega t + \theta)} = V_m \cos(\omega t + \theta) + \text{ア} [V]$$

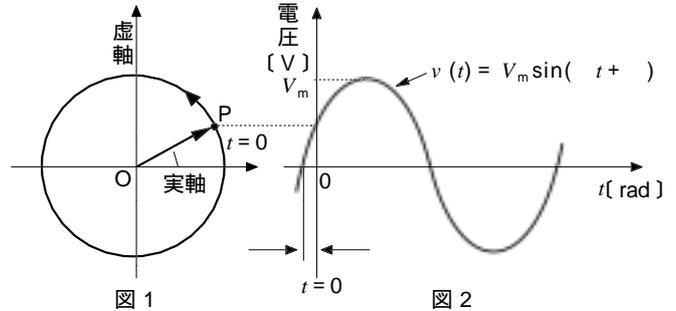
(2) $V_m e^{j(\omega t + \theta)}$ は、図 1 に示す回転ベクトル OP で表すことができる。OP は、時間 t において実軸と位相角を持ち、大きさが イ で反時計方向に回転する。

(3) この回転ベクトルの ウ への投影が、図 2 に示す瞬時電圧 $v(t)$ を表している。

(4) $V_m e^{j(\omega t + \theta)}$ を微分すると、次式が得られる。

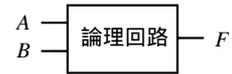
$$\frac{d}{dt} \{ V_m e^{j(\omega t + \theta)} \} = \text{エ} \times V_m e^{j(\omega t + \theta)}$$

(5) $e^{j(\pi/2)} = j$ であるから、 $V_m e^{j(\omega t + \theta)}$ と $j V_m e^{j(\omega t + \theta)}$ の回転ベクトルの位相差は オ [rad] である。



- 1 実軸 2 V_m 3 $1/(j)$ 4 j
 5 $2V_m$ 6 虚軸 7 $\pi/2$ 8
 9 $j V_m \sin(\omega t + \theta)$ 10 $j V_m \sin(\omega t + \theta)$

B-4 図に示す論理回路の論理式とその真理値表の組合せとして、正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。ただし、正論理とし、A 及び B を入力、F を出力とする。



ア

$$F = A \cdot B$$

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

イ

$$F = \overline{A+B}$$

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ウ

$$F = A + B$$

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

エ

$$F = \overline{A \cdot B}$$

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

オ

$$F = \overline{A \cdot B} + A \cdot \overline{B}$$

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

B-5 次の記述は、図 1 に示す回路の負荷で消費される電力について述べたものである。

□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。また、交流電圧計 V_1 、 V_2 、 V_3 の指示値 V_1 、 V_2 、 V_3 [V] に対応する電圧ベクトル表示をそれぞれ \dot{v}_1 、 \dot{v}_2 、 \dot{v}_3 とし、 R [] は無誘導抵抗、各交流電圧計の内部抵抗は無限大とする。

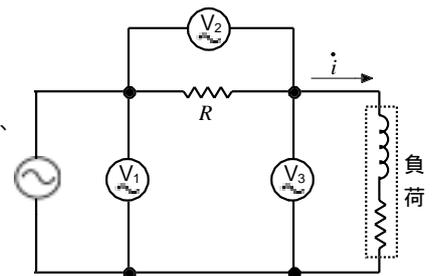


図 1

(1) 負荷を流れる電流 i の大きさは、次式で表される。

$$|i| = \text{ア} [A] \dots\dots\dots$$

(2) 負荷で消費される電力 P は、負荷に加わる電圧と流れる電流の位相差を [rad] とすると、次式で表される。

$$P = V_3 |i| \times \text{イ} [W] \dots\dots\dots$$

(3) 負荷を流れる電流は \dot{v}_2 と同相であり、図 2 に示すベクトル図から次式が成り立つ。

$$|\dot{v}_1|^2 = (|\dot{v}_3| \sin \theta)^2 + (|\dot{v}_2| + \text{ウ})^2 \dots\dots\dots$$

(4) 式 に V_1 、 V_2 、 V_3 を代入して整理すると、次式が得られる。

$$V_1^2 = V_2^2 + V_3^2 + \text{エ} \dots\dots\dots$$

(5) 式、式より、 P は次式で表される。

$$P = \text{オ} / (2R) [W]$$

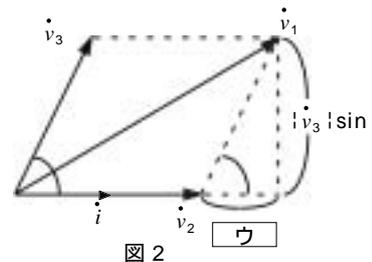


図 2

- 1 V_2/R 2 \sin 3 $|\dot{v}_1| \cos$ 4 $2V_2V_3 \cos$ 5 $V_1^2 + V_2^2 + V_3^2$
 6 V_1/R 7 \cos 8 $|\dot{v}_3| \cos$ 9 $2V_2V_3 \sin$ 10 $V_1^2 - V_2^2 - V_3^2$