

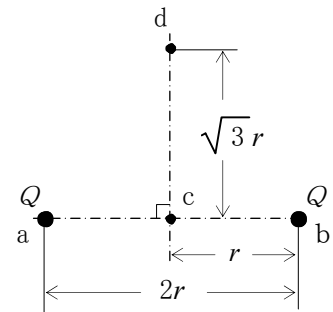
FK907

第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」試験問題

25 問 2 時間 30 分

A-1 図に示すように、真空中で $2r$ [m] 離れた点 a 及び b にそれぞれ点電荷 Q [C] ($Q > 0$) が置かれているとき、線分 ab の中点 c と、c から線分 ab に垂直方向に $\sqrt{3}r$ [m] 離れた点 d との電位差の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

- 1 $\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r}$ [V]
- 2 $\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$ [V]
- 3 $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ [V]
- 4 $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ [V]
- 5 $\frac{4Q}{\pi\epsilon_0 r}$ [V]



A-2 次の記述は、図に示す周期的に変化する方形波電圧 v のフーリエ級数による展開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) v は、 n を 1、2、3・・・とすると、時間 t [s] の関数として、次のフーリエ級数で表される。

$$v(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \quad [\text{V}] \quad \cdots \cdots \cdots \text{①}$$

ここで、 $\omega t = \theta$ (ω : 角周波数 [rad/s]、 θ : 角度 [rad]) とすると、式①は、次式で表される。

$$v(\theta) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \quad [\text{V}]$$

となる。また、 a_0 、 a_n 及び b_n は次式で表される。

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v(\theta) d\theta \quad [\text{V}], \quad a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(\theta) \cos n\theta d\theta \quad [\text{V}], \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} v(\theta) \sin n\theta d\theta \quad [\text{V}]$$

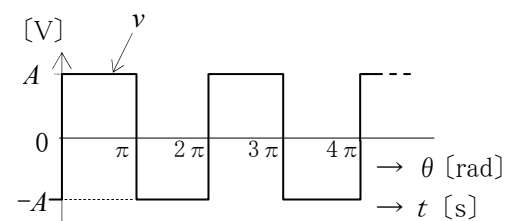
(2) $v(\theta)$ は $0 < \theta < \pi$ のとき $v(\theta) = A$ [V] であり、 $\pi < \theta < 2\pi$ のとき $v(\theta) = -A$ [V] であるから、 $a_0 = \square \text{ A}$ [V]、 $a_n = 0$ [V] となる。

(3) b_n は、次式で表される。

$$b_n = \square \text{ B} \quad \cdots \cdots \cdots \text{②}$$

(4) 式②より、 n が偶数のとき、 $b_n = 0$ [V] となり、 n が奇数のとき、 $b_n = \square \text{ C}$ [V] となる。

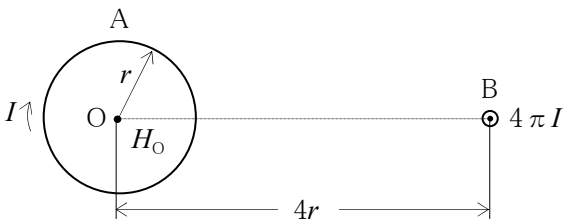
(5) したがって、方形波電圧 v は、 $n=1$ の基本波交流に奇数倍の高調波成分が加わった電圧となる。



A	B	C
1 $\frac{A}{\pi}$	$\frac{2A}{n\pi}(2 + \sin n\pi)$	$\frac{2A}{n\pi}$
2 $\frac{A}{\pi}$	$\frac{2A}{\pi}(1 - \cos n\pi)$	$\frac{4A}{n\pi}$
3 0	$\frac{2A}{\pi}(1 - \cos n\pi)$	$\frac{2A}{n\pi}$
4 0	$\frac{2A}{n\pi}(2 + \sin n\pi)$	$\frac{2A}{n\pi}$
5 0	$\frac{2A}{n\pi}(1 - \cos n\pi)$	$\frac{4A}{n\pi}$

A - 3 図に示すように、 I [A] の直流電流が流れている半径 r [m] の円形コイル A の中心 O から $4r$ [m] 離れて $4\pi I$ [A] の直流電流が流れている無限長の直線導線 B があるとき、O における磁界の強さ H_0 [A/m] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、A の面は紙面上にあり、B は紙面に直角に置かれているものとする。

- 1 $H_0 = \frac{r}{\sqrt{2} I}$
- 2 $H_0 = \frac{I}{\sqrt{2} r}$
- 3 $H_0 = \frac{I r}{\sqrt{2}}$
- 4 $H_0 = \frac{I}{2\sqrt{2} r}$
- 5 $H_0 = \frac{I r}{2\sqrt{2}}$



直線導線 B に流れる電流の方向は、紙面の裏から表の方向とする。

A - 4 図 1 に示す静電容量 C [F] の平行平板空気コンデンサの電極板間の間隔 r [m] を、図 2 に示すように d_0 [m] 広げ、そこに厚さ d [m] の誘電体を片方の電極板 P に接しても静電容量は C [F] で変わらなかった。このときの誘電体の誘電率 ϵ [F/m] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、空気の誘電率を ϵ_0 [F/m]、誘電体の面積は電極板の面積 S [m²] に等しいものとする。

- 1 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d}{d - d_0}$
- 2 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d}{d_0 - d}$
- 3 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d_0}{d - d_0}$
- 4 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 (d - d_0)}{d_0}$
- 5 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 (d_0 - d)}{d}$

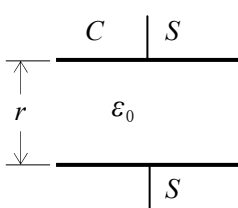


図 1

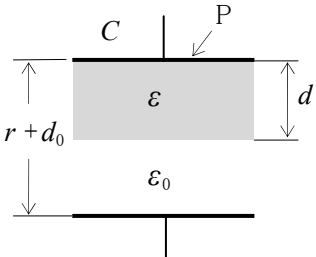
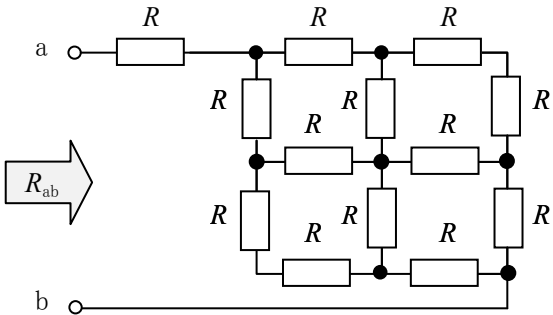


図 2

A - 5 図に示すように、 R の抵抗が接続されている回路において、端子 ab 間から見た合成抵抗 R_{ab} の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 $R = 30$ [Ω] とする。

- 1 $R_{ab} = 35$ [Ω]
- 2 $R_{ab} = 40$ [Ω]
- 3 $R_{ab} = 50$ [Ω]
- 4 $R_{ab} = 75$ [Ω]
- 5 $R_{ab} = 80$ [Ω]



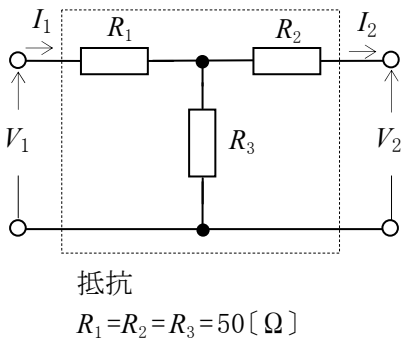
A - 6 図に示す T 形四端子回路網において、各定数 (A 、 B 、 C 、 D) の値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、各定数と電圧電流の関係式は、図に併記したとおりとする。

	A	B	C	D
1	1	100 [Ω]	$\frac{1}{50}$ [S]	1
2	1	150 [Ω]	$\frac{1}{100}$ [S]	1
3	2	100 [Ω]	$\frac{1}{50}$ [S]	2
4	2	150 [Ω]	$\frac{1}{50}$ [S]	2
5	4	200 [Ω]	$\frac{1}{100}$ [S]	4

$$V_1 = AV_2 + BI_2$$

$$I_1 = CV_2 + DI_2$$

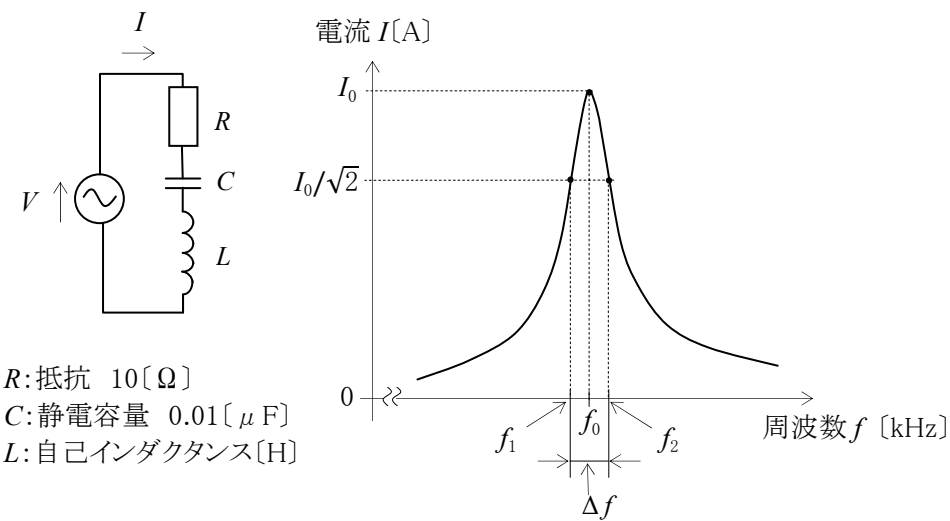
V_1 : 入力電圧 [V]
 V_2 : 出力電圧 [V]
 I_1 : 入力電流 [A]
 I_2 : 出力電流 [A]



A-7 次の記述は、図に示す直列共振回路とその周波数特性について述べたものである。□内に入れるべき値の組合せとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、交流電圧 V を $20[\text{V}]$ 、共振周波数 f_0 を $100/\pi [\text{kHz}]$ とする。

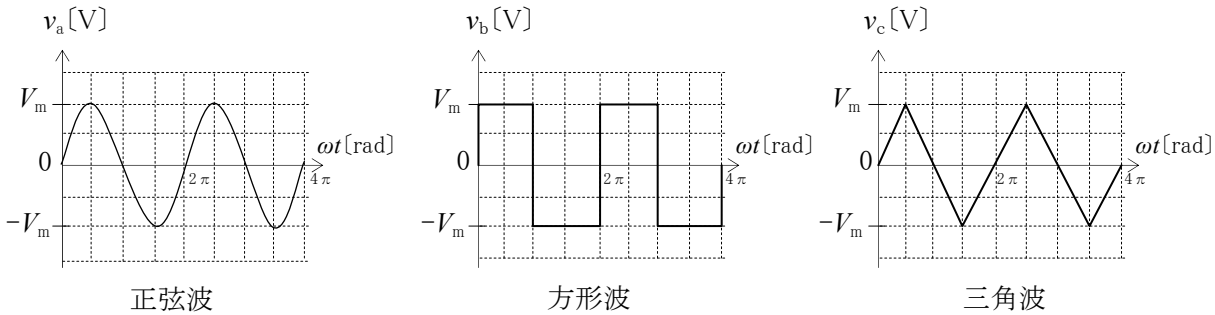
- (1) 回路のせん鋭度 Q は、 $Q = \square \text{ A}$ である。
 (2) 共振周波数 f_0 における回路の電流を $I_0[\text{A}]$ 、 $I_0/\sqrt{2}[\text{A}]$ になる周波数を f_1 及び $f_2[\text{kHz}]$ ($f_1 < f_2$) とすると、
 $\Delta f = f_2 - f_1 = \square \text{ B}$ $[\text{kHz}]$ である。
 (3) f_1 のときに抵抗 R で消費される電力は、 $\square \text{ C}$ $[\text{W}]$ である。

	A	B	C
1	20	$\frac{2}{\pi}$	10
2	50	$\frac{2}{\pi}$	20
3	50	$\frac{2}{\pi}$	40
4	70	$\frac{2}{\pi}$	20
5	70	$\frac{5}{\pi}$	40



A-8 図に示す最大値がそれぞれ $V_m[\text{V}]$ で等しい三つの波形の電圧 v_a 、 v_b 及び v_c を同じ抵抗値の抵抗 $R[\Omega]$ に加えたとき、 R で消費されるそれぞれの電力 P_a 、 P_b 及び $P_c [\text{W}]$ の大きさの関係を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、三角波、正弦波及び方形波の波高率をそれぞれ $\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{2}$ 及び 1 とし、各波形の角周波数を $\omega[\text{rad/s}]$ 、時間を $t[\text{s}]$ とする。

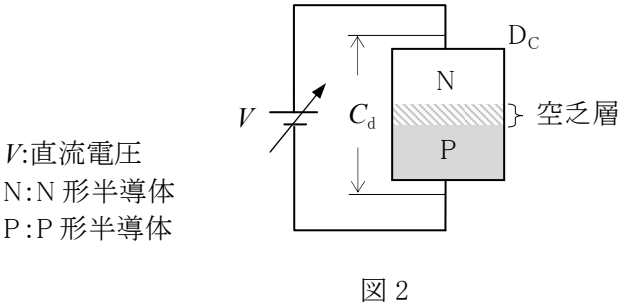
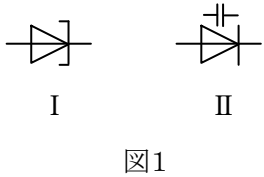
- 1 $P_b > P_a > P_c$
 2 $P_b > P_c > P_a$
 3 $P_c > P_b > P_a$
 4 $P_c > P_a > P_b$
 5 $P_a > P_c > P_b$



A-9 次の記述は、可変容量ダイオード D_c 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。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 可変容量ダイオードの図記号は、図1の □ A □ である。
 (2) 図 2 に示すように、 D_c に加える逆方向電圧の大きさ $V[\text{V}]$ を大きくしていくと、PN 接合の空乏層が □ B □ なる。
 (3) 空乏層が □ B □ になると、 D_c の電極間の静電容量 $C_d[\text{F}]$ は □ C □ なる。

	A	B	C
1	I	薄く	大きく
2	I	厚く	小さく
3	II	薄く	小さく
4	II	厚く	大きく
5	II	厚く	小さく



A - 10 次の記述は、図 1 に示す図記号の電界効果トランジスタ(FET)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) 図記号は、N チャンネル絶縁ゲート形 FET で、エンハンスメント形である。
- (2) 原理的な構造は、図 2 の □ A □ である。
- (3) 一般に、DS 間に加える電圧の極性は、□ B □ である。
- (4) (3)の場合、GS 間電圧を、G が正(+)、S を負(-)として大きさを増加させると、D に流れる電流は □ C □ する。

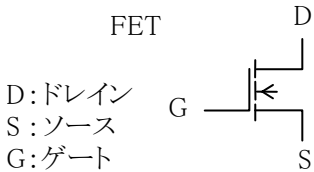


図 1

	A	B	C
1	I	D が正(+), S が負(-)	減少
2	I	D が正(+), S が負(-)	増加
3	I	D が負(-), S が正(+)	増加
4	II	D が正(+), S が負(-)	増加
5	II	D が負(-), S が正(+)	減少

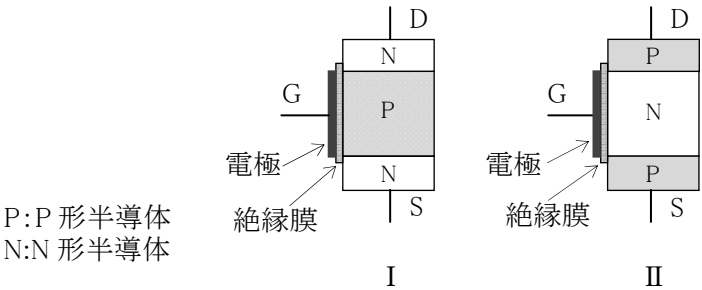


図 2

A - 11 図 1 に示すように、トランジスタ Tr_1 及び Tr_2 をダーリントン接続した回路を、図 2 に示すように一つのトランジスタ Tr_0 とみなしたとき、 Tr_0 のベース-エミッタ間から見た入力インピーダンス $Z_i[\Omega]$ を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 Tr_1 及び Tr_2 の h 定数の入力インピーダンスをそれぞれ h_{ie1} 及び $h_{ie2}[\Omega]$ 、電流増幅率をそれぞれ h_{fe1} 及び h_{fe2} とする。また、電圧帰還率及び出力アドミタンスの影響は無視するものとする。

- 1 $Z_i = h_{ie1} + (1 + h_{fe1}) h_{ie2}$
- 2 $Z_i = (1 + h_{fe2})^2 h_{ie1}$
- 3 $Z_i = (2 + h_{ie1}) h_{fe2}$
- 4 $Z_i = 2 h_{fe1} h_{fe2}$
- 5 $Z_i = h_{fe2}^2 h_{ie1}$

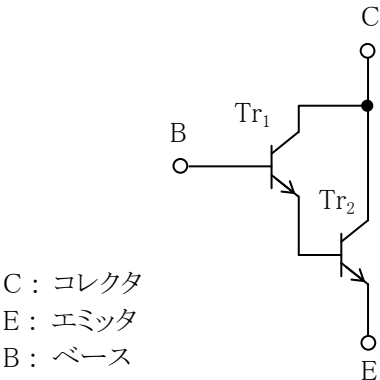


図 1

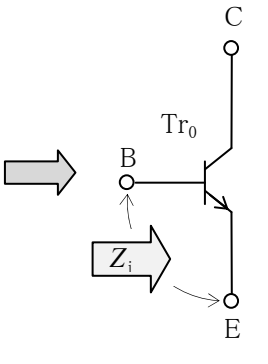


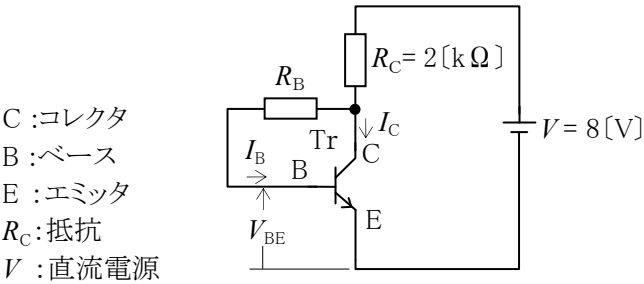
図 2

A - 12 次の記述は、マイクロ波帯やミリ波帯の回路に用いられる電子管及び半導体素子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 トンネルダイオードは、PN 接合に順方向電圧を加えたときの負性抵抗特性を利用し発振する。
- 2 マグネトロンは、電界の作用と磁界の作用を利用して発振する二極真空管である。
- 3 進行波管は、界磁コイル内に置かれた空洞共振器の作用を利用し、雑音の少ない狭帯域の増幅が可能である。
- 4 インパッドダイオードは、PN 接合のなだれ現象とキャリアの走行時間効果による負性抵抗特性を利用し発振する。
- 5 ガンダイオードは、GaAs(ガリウムヒ素)半導体などに強い直流電界を加えたときに生ずるガン効果により発振する。

A - 13 図に示すトランジスタ(Tr)の自己バイアス回路において、コレクタ電流 I_C を 2[mA]にするためのベース電流 I_B と抵抗 R_B の値の組合せとして、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、Trのエミッタ接地直流電流増幅率 h_{FE} を 200、回路のベース-エミッタ間電圧 V_{BE} を 0.6[V]する。

I_B	R_B
1 10 [μ A]	180 [k Ω]
2 10 [μ A]	240 [k Ω]
3 10 [μ A]	340 [k Ω]
4 20 [μ A]	240 [k Ω]
5 20 [μ A]	340 [k Ω]



A - 14 次の記述は、図1に示す電界効果トランジスタ(FET)を用いたドレイン接地増幅回路の出力インピーダンス(端子 cd から見たインピーダンス) Z_o 〔 Ω 〕を求める過程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、FET の等価回路を図2とし、また、 Z_o は抵抗 R_s 〔 Ω 〕を含むものとする。

(1) 回路を等価回路を用いて書くと、図3になる。出力インピーダンス Z_o 〔 Ω 〕は、図3の出力端子 cd を短絡したとき cd に流れる電流を I_{so} 〔A〕とし、出力端子cd を開放したときに現れる電圧を V_{oo} 〔V〕とすると、次式で表される。

$$Z_o=\frac{V_{oo}}{I_{so}} \text{〔}\Omega\text{〕} \dots\dots\dots \text{①}$$

(2) I_{so} は、次式で表される。

$$I_{so}=\text{□ A} \text{〔A〕} \dots\dots\dots \text{②}$$

(3) V_{oo} は、次式で表される。

$$V_{oo}=\text{□ B} \times V_i \text{〔V〕} \dots\dots\dots \text{③}$$

(4) したがって、 Z_o は式①、②、③より、次式で表される。

$$Z_o=\text{□ C} \text{〔}\Omega\text{〕}$$

D:ドレイン
G:ゲート
S:ソース
 V_i :入力電圧〔V〕
 V_o :出力電圧〔V〕
 V_{GS} :GS 間電圧〔V〕
 g_m :相互コンダクタンス〔S〕

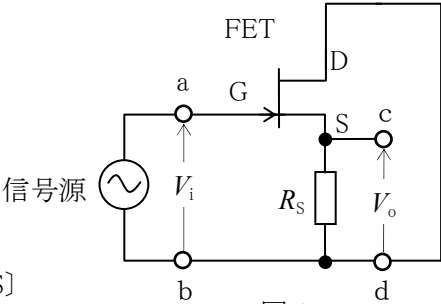


図 1

A	B	C
1 $(1+g_m)V_i$	$\frac{g_m}{1+g_mR_s}$	$\frac{1+g_mR_s}{1-g_m}$
2 $(1+g_m)V_i$	$\frac{g_mR_s}{1+g_mR_s}$	$\frac{R_s}{1+g_mR_s}$
3 $(1+g_m)V_i$	$\frac{g_mR_s}{1-g_mR_s}$	$\frac{1-g_mR_s}{R_s}$
4 g_mV_i	$\frac{g_mR_s}{1+g_mR_s}$	$\frac{R_s}{1+g_mR_s}$
5 g_mV_i	$\frac{g_mR_s}{1+g_mR_s}$	$\frac{1-g_mR_s}{R_s}$

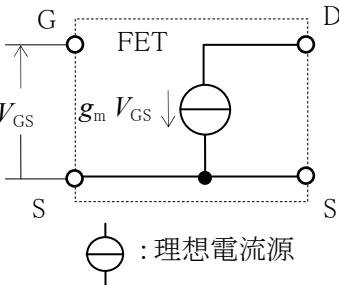


図 2

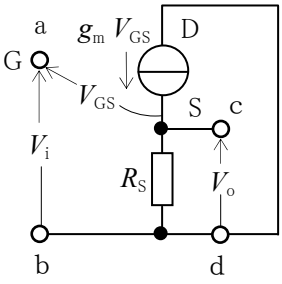
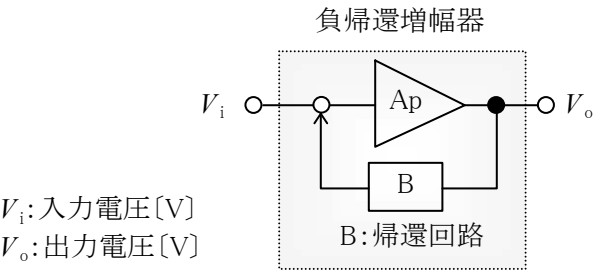


図 3

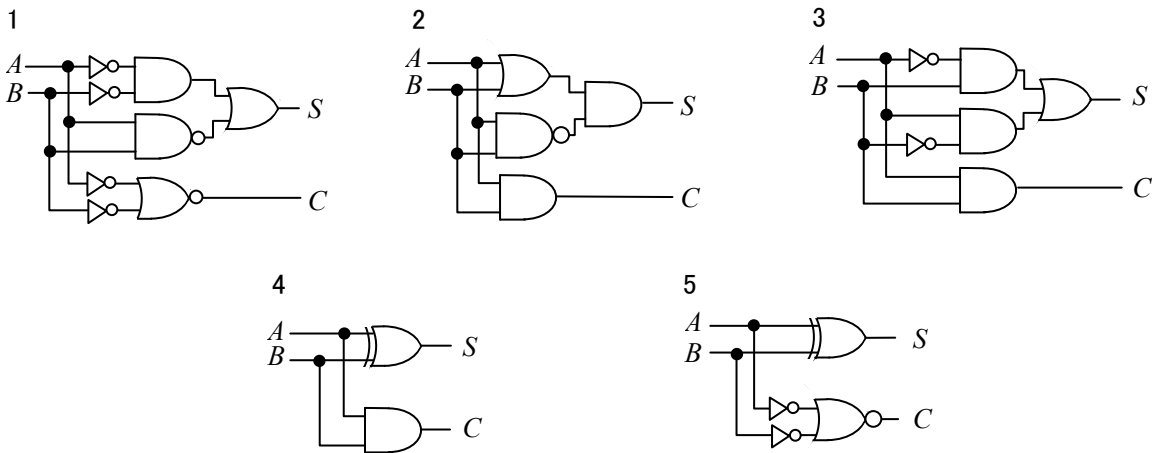
A - 15 図に示すように、低域での電圧利得が 60〔dB〕で高域遮断周波数が 1.5〔kHz〕の増幅器 A_p に負帰還をかけて電圧利得が 34〔dB〕の負帰還増幅器にしたとき、負帰還増幅器の高域遮断周波数の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、高域周波数 f 〔Hz〕における増幅器の電圧増幅度 A は、高域遮断周波数を f_H 〔Hz〕、低域での電圧増幅度を A_0 としたとき、 $A=A_0/(1+jf/f_H)$ で表されるものとする。また、常用対数は表の値とする。

- 10 〔kHz〕
- 15 〔kHz〕
- 30 〔kHz〕
- 35 〔kHz〕
- 40 〔kHz〕



x	$\log_{10}x$
2	0.30
3	0.48
4	0.60
5	0.70

A - 16 次の示す真理値表と異なる動作をする論理回路を下の番号から選べ。ただし、正論理とし、 A 及び B をそれぞれ入力、 S 及び C をそれぞれ出力とする。

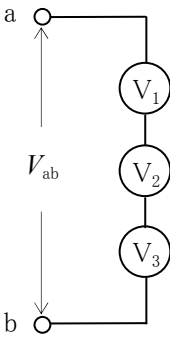


入力		出力	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

真理値表

A - 17 図に示すように、直流電圧計 V_1 、 V_2 及び V_3 を直列に接続したとき、それぞれの電圧計の指示値 V_1 、 V_2 及び V_3 の和の値から測定できる端子 ab 間の電圧 V_{ab} の最大値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、それぞれの電圧計の最大目盛値及び内部抵抗は、表の値とする。

- 1 430 [V]
- 2 315 [V]
- 3 235 [V]
- 4 215 [V]
- 5 205 [V]

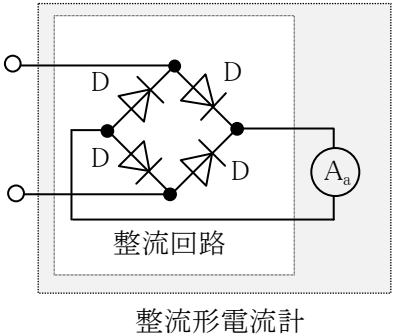


電圧計	最大目盛値	内部抵抗
V_1	30 [V]	30 [kΩ]
V_2	100 [V]	200 [kΩ]
V_3	300 [V]	200 [kΩ]

A - 18 次の記述は、図に示す整流形電流計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、ダイオード D は理想的な特性を持つものとする。なお、同じ記号の □ 内には、同じ字句が入るものとする。

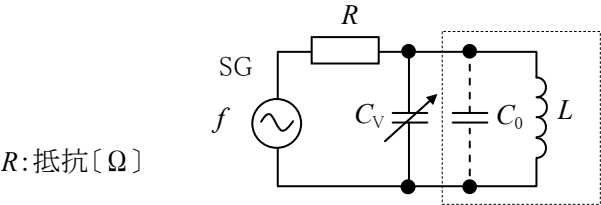
- (1) 整流形電流計は、永久磁石可動コイル形電流計 A_a とダイオード D を図に示すように組み合わせて、交流電流を測定できるようにした指示電気計器である。
- (2) 永久磁石可動コイル形電流計 A_a の指針の振れは整流された電流の □ A を指示するが、整流形電流計の目盛は一般に正弦波交流の □ B が直読できるように、□ A に正弦波の波形率の □ C を乗じた値となっている。

A	B	C
1 平均値	最大値	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$
2 平均値	実効値	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$
3 平均値	実効値	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$
4 最大値	平均値	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$
5 最大値	実効値	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$



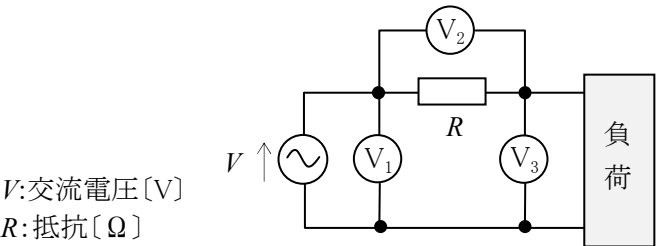
A - 19 図に示す回路において、発振器 SG の周波数 f を 200 [kHz] にしたとき可変静電容量 C_v が 457 [pF] で回路が共振し、 f を 400 [kHz] にしたとき C_v が 112 [pF] で回路が共振した。このとき自己インダクタンスが L [H] のコイルの分布容量 C_0 の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 13 [pF]
- 2 9 [pF]
- 3 7 [pF]
- 4 5 [pF]
- 5 3 [pF]



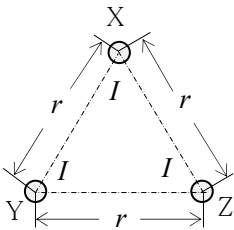
A - 20 図に示す回路において、交流電圧計 V_1 、 V_2 及び V_3 の指示値をそれぞれ V_1 、 V_2 及び V_3 [V] としたとき、負荷で消費する電力 P [W] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、各交流電圧計の内部抵抗の影響はないものとする。

- 1 $P = \frac{R}{2} (V_1^2 + V_2^2 - V_3^2)$
- 2 $P = \frac{1}{R} (V_1^2 + V_2^2 + V_3^2)$
- 3 $P = \frac{1}{R} (V_1^2 - V_2^2 - V_3^2)$
- 4 $P = \frac{1}{2R} (V_1^2 + V_2^2 + V_3^2)$
- 5 $P = \frac{1}{2R} (V_1^2 - V_2^2 - V_3^2)$



B - 1 次の記述は、図に示すように、一辺の長さ r [m] の正三角形の三つの頂点に紙面に垂直な無限長導線 X、Y 及び Z を置き、それぞれの導線に同じ大きさと同方向の直流電流 I [A] を流したときの、導線 X の長さ 1 [m] 当たり作用する電磁力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、導線は真空中にあり、真空の透磁率を $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] とする。

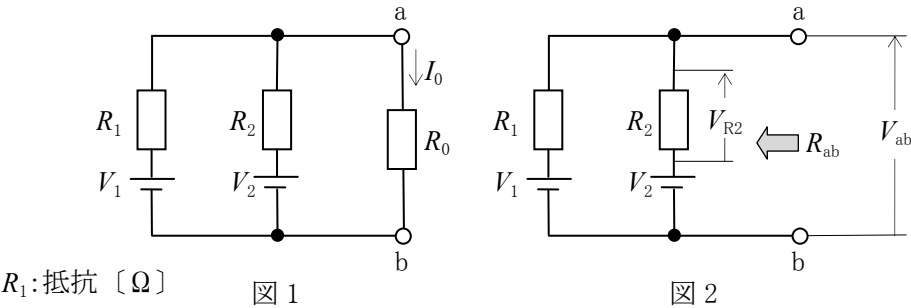
- (1) X と Y の間に働く力 F_{XY} の方向は、 力である。
- (2) F_{XY} の大きさは、 $F_{XY} =$ [N/m] である。
- (3) X と Z の間に働く力 F_{XZ} の大きさは、 F_{XY} と同じである。
- (4) F_{XY} と F_{XZ} の方向は、 [rad] 異なる。
- (5) したがって、導線 X が受ける力の大きさ F_0 は、 $F_0 =$ [N/m] である。
- (6) F_0 の方向は、正三角形の に向かう方向である。



- | | | | | |
|------|-----------------------------------|--|-------------------|-----------|
| 1 反発 | 2 $\frac{2I}{r^2} \times 10^{-7}$ | 3 $\frac{2\sqrt{3} I^2}{r} \times 10^{-7}$ | 4 $\frac{\pi}{3}$ | 5 外接円の中心 |
| 6 吸引 | 7 $\frac{2I^2}{r} \times 10^{-7}$ | 8 $\frac{3\sqrt{2} I^2}{r} \times 10^{-7}$ | 9 $\frac{\pi}{6}$ | 10 X から Z |

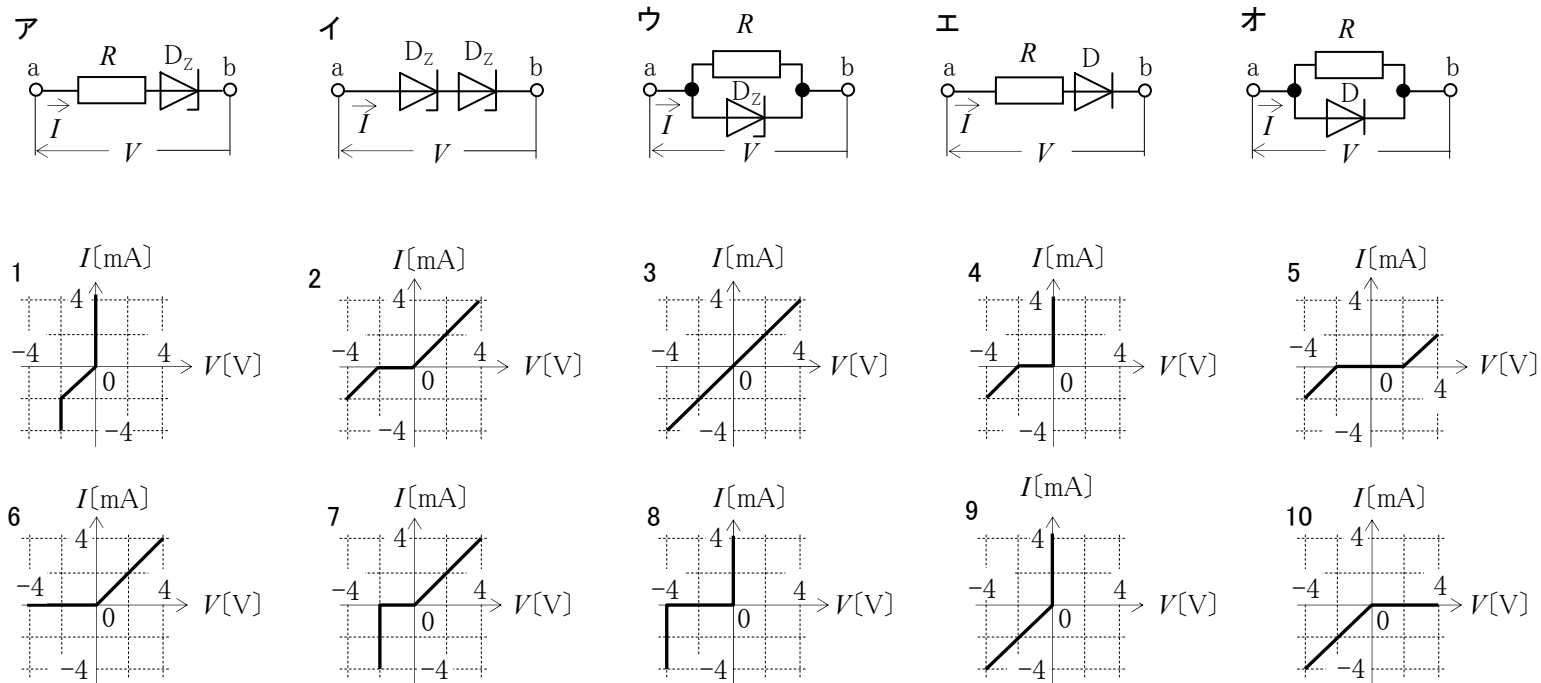
B - 2 次の記述は、図 1 に示す回路の抵抗 R_0 [Ω] に流れる電流 I_0 [A] を求める方法について述べたものである。 内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、直流電源 V_1 及び V_2 [V] の内部抵抗は零とする。

- (1) 図 2 に示すように、端子 ab 間を開放したときの ab 間の電圧を V_{ab} [V]、ab から左側を見た抵抗を R_{ab} [Ω] とすると電流 I_0 は、 の定理により、次式で表される。
 $I_0 =$ [A] ①
- (2) V_{ab} は、抵抗 R_2 [Ω] の電圧を V_{R2} [V] とすると、
 $V_{ab} = V_{R2} +$ [V] で表される。
 ここで V_{R2} は、 $V_{R2} = \frac{(V_1 - V_2)R_2}{R_1 + R_2}$ [V] である。
- (3) R_{ab} は、 $R_{ab} =$ [Ω] で表される。
- (4) したがって、式①は、次式で表される。
 $I_0 =$ [A]

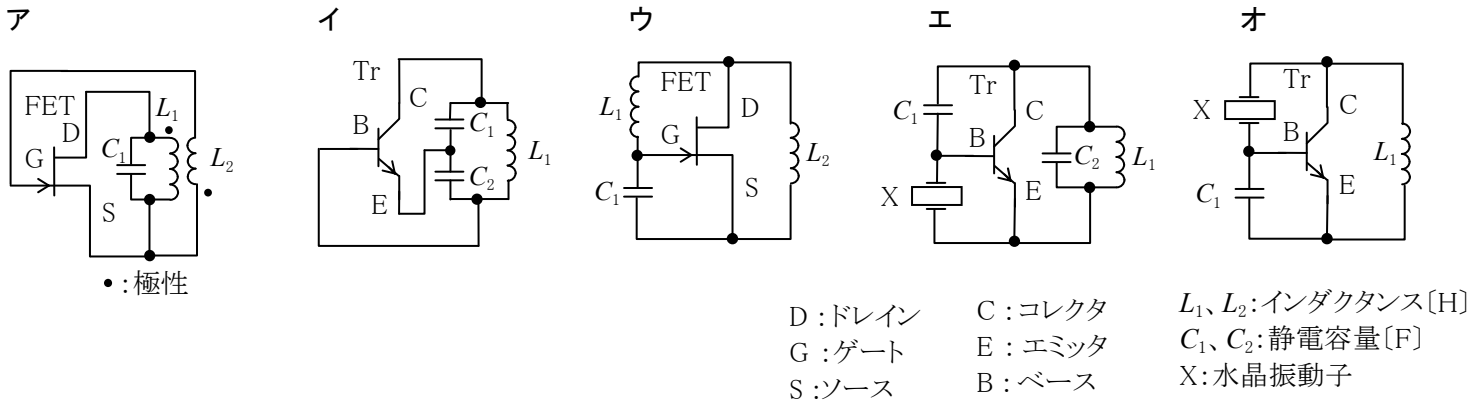


- | | | | | |
|--------|-----------------------|---------------|---|---------------------------------|
| 1 テブナン | 2 $R_1 + R_2$ | 3 $V_2 - V_1$ | 4 $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ | 5 $\frac{V_{ab}}{R_{ab} + R_0}$ |
| 6 相反 | 7 $R_1 R_0 + R_2 R_0$ | 8 V_2 | 9 $\frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{R_1 R_2 + R_1 R_0 + R_2 R_0}$ | 10 $\frac{V_{ab}}{R_{ab}}$ |

B－3 次に示す、理想的なダイオード D 、ツェナー電圧 $2[V]$ の定電圧ダイオード D_Z 及び $1[k\Omega]$ の抵抗 R を組み合わせた回路の電圧電流特性として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、端子 ab 間に加える電圧を V 、流れる電流を I とする。



B－4 次の図は、トランジスタ(Tr)及び電界効果トランジスタ(FET)を用いた発振回路の原理的構成例を示したものである。このうち発振が可能なものを1、不可能なものを2として解答せよ。



B－5 次の表は、電気磁気量に関する国際単位系(SI単位)を他のSI単位を用いて表したものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

電気磁気量	電圧・電位差	コンダクタンス	インダクタンス	静電容量	磁束密度	電力
単位	[V]	[S]	[H]	[F]	[T]	[W]
他のSI単位表示	[W/A]	ア	イ	ウ	エ	オ

- 1 [N/C]
2 [C/V]
3 [V・s]
4 [Wb/m²]
5 [Wb]
- 6 [A/V]
7 [N・m]
8 [W/A]
9 [Wb/A]
10 [J/s]