

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気の基本

試験時間 16:20～17:40 (80分)

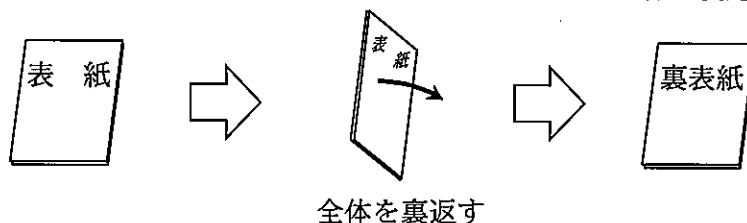
4時限目

| | | |
|-----|------------|----------|
| 問題4 | 電気及び電子理論 | 1～5ページ |
| 問題5 | 自動制御及び情報処理 | 7～9ページ |
| 問題6 | 電気計測 | 10～12ページ |

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(電気及び電子理論)

問題4 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 図1に示すように、角周波数 ω [rad/s] の交流電源に、二つのインピーダンス \dot{Z}_1 [Ω]、 \dot{Z}_2 [Ω] と二つの抵抗 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω] が接続されている。

このとき、電源から見た合成インピーダンス \dot{Z} [Ω] の性質を考える。

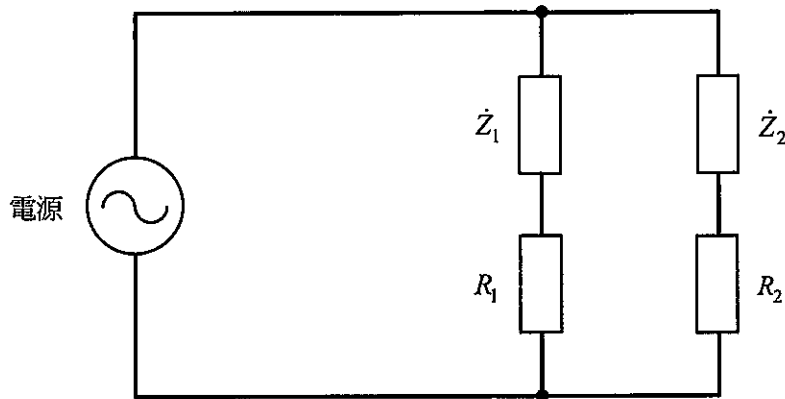


図1

1) まず、図1において電源から見た合成インピーダンス \dot{Z} は次式のように表される。

$$\dot{Z} = \text{①} \text{ [Ω]} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

2) ここで、 $R_1 = R_2 = R$ 、 $\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 = R^2$ という回路定数であるとする、式①は次式のようになる。

$$\dot{Z} = \text{②} \text{ [Ω]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

このような回路を定抵抗回路と呼び、電源からは純抵抗負荷に見える。

< 及び の解答群 >

ア R

イ R^2

ウ $\frac{1}{R}$

エ $\frac{(\dot{Z}_1 + R_1)(\dot{Z}_2 + R_2)}{(\dot{Z}_1 + R_1) + (\dot{Z}_2 + R_2)}$

オ $\frac{(\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)(R_1 + R_2)}{(\dot{Z}_1 + R_1) + (\dot{Z}_2 + R_2)}$

カ $\frac{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2} + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$

3) 2)において、インピーダンス Z_1 が与えられた次の二つの場合について、図1の回路が定抵抗回路となるためのインピーダンス Z_2 について考えてみる。

i) インピーダンス Z_1 が、インダクタンス L [H] の誘導性負荷である場合、インピーダンス Z_2 はキャパシタンス 3 [F] の容量性負荷となる。

ii) インピーダンス Z_1 が、抵抗 R_0 [Ω]、インダクタンス L_0 [H] を用いて、 $Z_1 = R_0 + j\omega L_0$ [Ω] で表される誘導性負荷である場合、インピーダンス Z_2 は次式のようになる。

$$Z_2 = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">4 [Ω] \quad \dots\dots\dots \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">3$$

< 3 及び 4 の解答群 >

- | | | | |
|--|-------------------|--|--------------------------------|
| ア $\frac{R^2}{L}$ | イ $\frac{L}{R^2}$ | ウ $\frac{R^2}{\omega L}$ | エ $R^2 R_0 - j R^2 \omega L_0$ |
| オ $\frac{R^2 R_0}{R_0^2 + \omega^2 L_0^2} + j \frac{R^2 \omega L_0}{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}$ | | カ $\frac{R^2 R_0}{R_0^2 + \omega^2 L_0^2} - j \frac{R^2 \omega L_0}{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}$ | |

問題4は次の頁に続く

(2) 図2に示すような三相3線式の回路がある。対称三相交流電源の a 相電圧を \dot{E}_a 、b 相電圧を \dot{E}_b 、c 相電圧を \dot{E}_c とし、相順は a → b → c 相とする。ここで、図のように、各相間の負荷にかかる電圧をそれぞれ \dot{V}_{ab} 、 \dot{V}_{bc} 、 \dot{V}_{ca} 、各相の線電流をそれぞれ \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c とする。一方、負荷である機器の内部結線は分からないが、負荷は平衡三相負荷であり、a 相線電流 \dot{I}_a の位相は \dot{E}_a に対して φ [rad] だけ遅れている。

この三相負荷の有効電力は、図に示す位置に設置された二つの单相電力計 W_1 及び W_2 によって測定することができるので、この回路において有効電力を求める過程を考える。ただし、各フェーズについては、 \dot{I}_a の大きさを I_a と表し、他の電流や電圧についても同様とする。また、負荷以外のインピーダンスは無視するものとする。

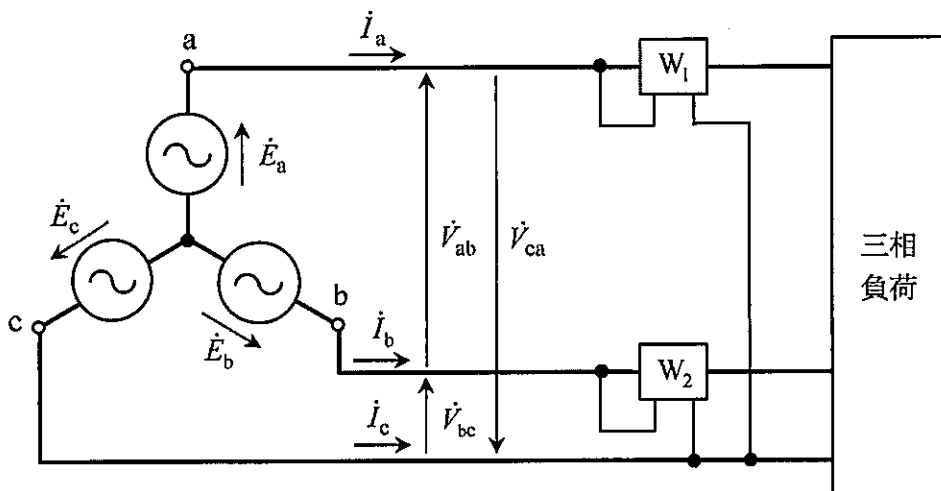


図2

1) 三相回路の複素電力を求める。

仮に負荷がΔ結線であるものとし、a相とb相の間の負荷にa相からb相に流れる電流を \dot{i}_{ab} 、b相とc相の間の負荷にb相からc相に流れる電流を \dot{i}_{bc} 、c相とa相の間の負荷にc相からa相に流れる電流を \dot{i}_{ca} とする。また、 \dot{i}_{ab} の共役複素数を $\overline{\dot{i}_{ab}}$ で表し、他の電流についても同様に表すものとする、三相交流電源の複素電力 \dot{S} は次式のように表される。

$$\dot{S} = \dot{V}_{ab} \overline{\dot{i}_{ab}} + \dot{V}_{bc} \overline{\dot{i}_{bc}} + \dot{V}_{ca} \overline{\dot{i}_{ca}} \quad \text{..... ④}$$

三相回路における三つの線間電圧には、次式の関係がある。

$$\dot{V}_{ab} + \dot{V}_{bc} + \dot{V}_{ca} = 0 \quad \text{..... ⑤}$$

式⑤の関係をを用いて式④から \dot{V}_{ab} を消去すると、複素電力 \dot{S} は次式のように表される。

$$\dot{S} = \dot{V}_{ca} (\overline{\dot{i}_{ca}} - \overline{\dot{i}_{ab}}) + \boxed{5} \quad \text{..... ⑥}$$

式⑥の右辺第一項のΔ結線における相電流の差 $(\overline{\dot{i}_{ca}} - \overline{\dot{i}_{ab}})$ と線電流には次式の関係がある。

$$\overline{\dot{i}_{ca}} - \overline{\dot{i}_{ab}} = \boxed{6} \quad \text{..... ⑦}$$

式⑥の右辺第二項の電流も式⑦のように線電流に置換することによって、式⑥の複素電力 \dot{S} は次式のように表される。ただし、 $\dot{V}_{ac} = -\dot{V}_{ca}$ である。

$$\dot{S} = \boxed{7} \quad \text{..... ⑧}$$

式⑧は、負荷がY結線でもあっても同じ結果を得ることができるので、負荷の結線によらず三相回路の電力を表す式となる。ここで、複素電力 \dot{S} は、有効電力を P 、無効電力を Q とし、遅れ無効電力を正とすると、 $\dot{S} = P + jQ$ と表される。なお、電力計で表示される電力は有効電力 P である。

< $\boxed{5}$ ~ $\boxed{7}$ の解答群 >

- | | | | |
|---|---|--|---|
| ア $\overline{\dot{i}_a}$ | イ $-\overline{\dot{i}_a}$ | ウ $\overline{\dot{i}_b}$ | エ $-\overline{\dot{i}_b}$ |
| オ $\dot{V}_{ab} (\overline{\dot{i}_{bc}} - \overline{\dot{i}_{ab}})$ | カ $\dot{V}_{bc} (\overline{\dot{i}_{ab}} - \overline{\dot{i}_{bc}})$ | キ $\dot{V}_{bc} (\overline{\dot{i}_{bc}} - \overline{\dot{i}_{ab}})$ | ク $\dot{V}_{ac} \overline{\dot{i}_a} + \dot{V}_{bc} \overline{\dot{i}_b}$ |
| ケ $\dot{V}_{ac} \overline{\dot{i}_b} - \dot{V}_{bc} \overline{\dot{i}_a}$ | コ $\dot{V}_{ca} \overline{\dot{i}_a} + \dot{V}_{bc} \overline{\dot{i}_b}$ | | |

問題4は次の頁に続く

2) 次に、図2の二つの電力計 W_1 及び W_2 の表示の和が三相電力であることを求める。

図3に、 \dot{E}_a を基準ベクトルとして、負荷の力率角が φ である三相回路の電圧、電流に関するフェーザ図を示す。図3に示す φ_a 、 φ_b 及び各フェーザの大きさ（実効値）を使うと、式⑧における有効電力 P は次式のように表される。

$$P = \boxed{8} \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

ここで、図3から、 $\varphi_a = \varphi - \frac{\pi}{6}$ [rad]、 $\varphi_b = \boxed{9}$ [rad] の関係であることが分かる。

式⑨の右辺の第一項は電力計 W_1 の表示 P_1 を示し、第二項は電力計 W_2 の表示 P_2 を示す。さらに、平衡三相回路であることから、三つの等しい線間電圧の実効値を V_Δ に、三つの等しい線電流の実効値を I_Y に置き換えて V_Δ 及び I_Y を使うと、式⑨は次式のように表される。ただし、 $\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$ である。

$$P = P_1 + P_2 = \boxed{10} \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

< $\boxed{8}$ ~ $\boxed{10}$ の解答群 >

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|--|
| ア $\varphi + \frac{\pi}{3}$ | イ $\varphi + \frac{\pi}{6}$ | ウ $\varphi - \frac{\pi}{6}$ | エ $\frac{\sqrt{3}}{2} V_\Delta I_Y \cos \varphi$ |
| オ $\sqrt{3} V_\Delta I_Y \cos \varphi$ | カ $3 V_\Delta I_Y \cos \varphi$ | キ $V_{ac} I_a \cos \varphi_a + V_{bc} I_b \cos \varphi_b$ | |
| ク $V_{ac} I_a \sin \varphi_a + V_{bc} I_b \sin \varphi_b$ | | ケ $V_{ac} I_b \cos \varphi_b + V_{bc} I_a \cos \varphi_a$ | |

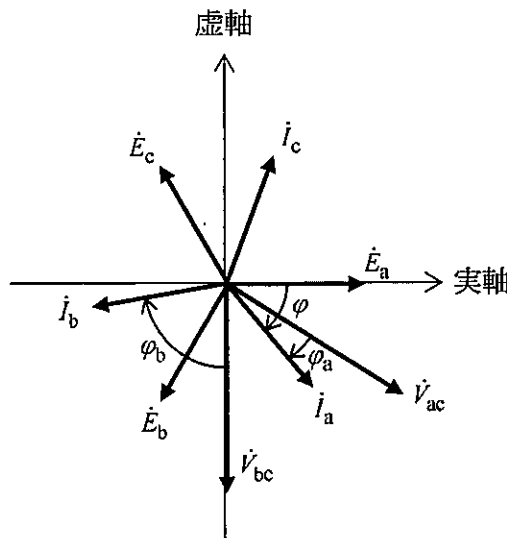


図3

(空 白)

(自動制御及び情報処理)

問題5 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、 に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ、ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

(1) 図1に示すような一次遅れ系 $\frac{1}{s+1}$ に対するフィードバック制御系の設計問題を考える。

ここで r は目標値、 d は外乱、 y は制御量である。 k_1 、 k_2 は制御器の制御ゲインである。

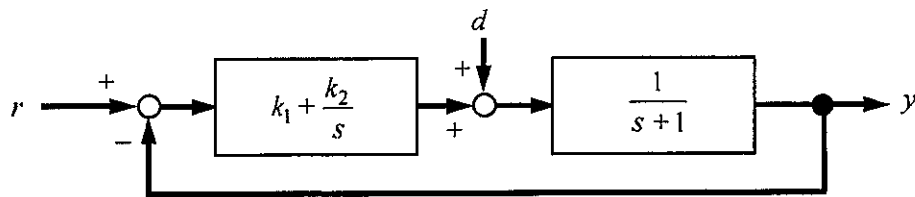


図1

1) まず、外乱 d を0として、目標値 r から制御量 y までの伝達関数を計算すると、 を得る。同様に目標値 r を0として、外乱 d から制御量 y までの伝達関数を計算すると を得る。

< 及び の解答群 >

| | | |
|--|--|--|
| ア $\frac{s}{s^2 + (k_1 + 1)s + k_2}$ | イ $\frac{s}{s^2 + (k_2 + 1)s + k_1}$ | ウ $\frac{k_1}{s^2 + (k_1 + 1)s + k_2}$ |
| エ $\frac{k_1 s + k_2}{s^2 + (k_1 + 1)s + k_2}$ | オ $\frac{k_2 s + k_1}{s^2 + (k_2 + 1)s + k_1}$ | |

2) いま $k_2 > 0$ とすると、フィードバック系が安定であるための必要十分条件は、 k_1 に関して であることである。

< の解答群 >

| | | | |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| ア $k_1 > -1$ | イ $k_1 > 0$ | ウ $k_1 > 1$ | エ $k_1 > k_2$ |
|--------------|-------------|-------------|---------------|

3) フィードバック系が安定であるときに、外乱 d が加えられた状況を考える。ただし、ここで目標値を $r(t) = 0$ と設定した。

i) もし外乱が $d(t) = 1 (t \geq 0)$ であるとする、制御量 $y(t)$ の定常値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ は となる。

ii) もし外乱が $d(t) = t (t \geq 0)$ であるとする、制御量 $y(t)$ の定常値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ は となる。

< 及び の解答群 >

ア 0 イ 1 ウ k_1 エ $\frac{1}{k_1}$ オ $\frac{1}{k_2}$

(2) 次の二次遅れ系の過渡応答特性について考える。

$$G(s) = \frac{k_A}{s^2 + k_B s + k_A}$$

ここで、 k_A 、 k_B は正の定数である。

1) まず、 $k_A = 1$ 、 $k_B = 0.5$ として、その後 k_B のみを徐々に大きくした。このとき、固有角周波数は一定で、減衰定数が変化し、 $G(s)$ のステップ応答は 。

< の解答群 >

ア 徐々に振動的になる イ 徐々に振動的でなくなる ウ 変化がない

2) 次に、① $k_A = 1$ 、 $k_B = 1$ とした場合と、② $k_A = 4$ 、 $k_B = 2$ に変更した場合を比較すると、②の立上り時間は、 時間となる。

< の解答群 >

ア ①の $\frac{1}{4}$ の イ ①の $\frac{1}{2}$ の ウ ①の2倍の エ ①と同じ

(3) 写真や音声、ビデオ映像などのアナログデータをコンピュータで使用する際には、コンピュータで扱える2値データにデジタル変換し、用途ごとに必要なデータフォーマットで保存する。

1) 色に対する人間の目の特性を利用してデータ量を $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{100}$ 程度に圧縮する規格であって、圧縮度合いを高めると画質が悪化するカラー静止画像圧縮規格は である。

2) パソコンの高機能化に伴ってビデオ、音声のデータフォーマットとして利用されている規格は であり、符号化ビットレートにより複数に分かれて制定されている。

3) 音声をサンプリング周波数でデジタル化し、2進数の時系列データとして圧縮しないで保存する、CDなどで使用されるデータフォーマットは である。

< ~ の解答群 >

ア AIFF イ BitMap ウ GIF エ JPEG
オ MPEG カ WAVE

(4) データ通信システムの通信方式はデータ伝送方向により単向式、 方式、全二重方式に分けられる。受信側が実装する、データ伝送中に発生したデータ誤りを検出し訂正する機能の中で、垂直パリティチェック方式とは、例えば ごとに検査用のパリティビットを付加して誤りを検出する方式である。

< 及び の解答群 >

ア ファイル イ バイト ウ ビット エ 同期
オ 半二重 カ 変調

(5) データ通信の伝送時間は、通信データ量と伝送速度（1秒間に送信可能なデータ量）、エラーチェックの利用などによる回線利用率で決定される。

伝送速度が 500 kbps で回線利用率が 50 % の回線を使用して 1 MB のデータを転送するときの転送時間は [秒] である。このとき、1 k は 10^3 、1 M は 10^6 とする。

(電気計測)

問題6 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、, 及び は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 次の各記述は、測定の誤差及び測定計器の特性に関する説明である。

1) 測定値には系統誤差と偶然誤差が含まれる。そのうち偶然誤差における測定値 x のばらつきの程度は、 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-x_m)^2}{2\sigma^2}\right\}$ の形の 分布で表現されることが多い。

ここで、 σ は測定のばらつきの標準偏差、 x_m は測定値の平均値である。

分布においては、平均値を中心として $\pm\sigma$ の範囲には 68.3% の測定値が含まれ、 $\pm 2\sigma$ の範囲には [%] の測定値が含まれる。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ア 34.1 | イ 95.4 | ウ 99.7 |
| エ ポアソン | オ 矩形 | カ 正規 |

2) JIS では、ある測定量において、測定器の示す値から示すべき真の値を引いた値を 、指示量の変化の測定量の変化に対する割合を感度、出力に識別可能な変化を生じさせることができる入力の最小値を といい、計器の特性及び性能はこれらで表される。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ア 器差 | イ 公差 | ウ 視差 |
| エ 識別能 | オ 分解能 | カ 不感帯 |

(2) 日本の電源供給は周波数 50 Hz 又は 60 Hz の正弦波が原則であるが、電源波形がひずむと電気機器の誤作動の原因となるため、ひずみの適切な測定は電源の品質管理の一つとして重要である。

ひずみの主原因は、基本波の整数倍の周波数を持つ正弦波である高調波の電源への混入であり、多くの国で高調波は規制の対象となっている。

1) 図にひずみ波の測定例を示す。(a) と (b) のひずみ波のうち、主として三次高調波を含んでいるのは の波形である。時間経過に伴い、半周期ごとに同じ波形が正負対称で交互に繰り返される場合、主として 高調波を含んでいる。

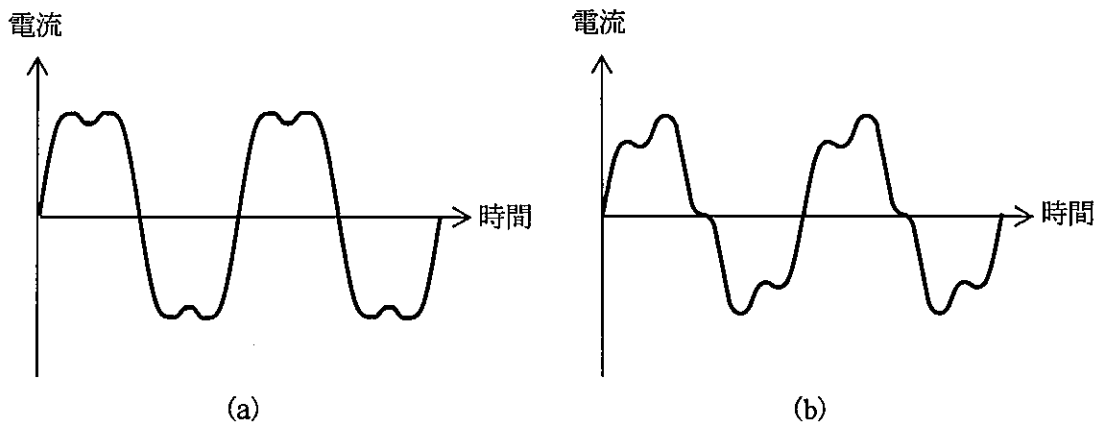


図 ひずみ波の波形

< 及び の解答群 >

ア (a)

イ (b)

ウ (a)、(b) 両方

エ 奇数次

オ 偶数次

カ 中間

2) 高調波の測定方法の一つとして、電圧の周期的な変化を波形として画面上に表示するオシロスコープなどを用いて観察することが挙げられる。古くはアナログ式であったが、現在ではデジタルオシロスコープが主流であり、データの蓄積や [7] 変換を用いて周波数分析までできる機能を備えているものが多い。ただし、標本化を行う計測では、標本化周波数が低いときに標本点を結んだ波形が測定対象の信号波形と全く異なるものになってしまう [8] に注意する必要がある。

< [7] 及び [8] の解答群 >

ア エイリアシング

イ デッドタイム

ウ トリガ

エ ラプラス

オ ローレンツ

カ 高速フーリエ

(3) 道路、橋梁等の耐用年数の長い各種社会インフラやビル等の劣化、ひずみの診断、対象物の検出には各種の機械量センサが用いられ、機械量を電気量に変換して計測するセンサの種類としては、非接触式である [9] 形センサ、接触式であるひずみゲージ式センサ、圧電形センサなどがある。

[9] 形センサは、被測定物とプローブとの間の [9] の変化で被測定物の変位量などを検出するものである。

ひずみゲージ式センサは、被測定物に接着された金属の [10] が、被測定物の伸び縮みなどにより変化する現象を利用したものである。その [10] の変化を精度よく測定するために、ブリッジ回路を構成して、電圧に変換して測定することが多い。

圧電式センサは、被測定物に接着された圧電体に、被測定物のひずみにより誘起される電荷をチャージアンプで電圧に変換してひずみ量を測定するものである。

< [9] 及び [10] の解答群 >

ア 起電力

イ 周波数

ウ 静電容量

エ 電気抵抗

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2.

| |
|---|
| 1 |
|---|

、

| |
|---|
| 2 |
|---|

 などは、解答群の字句等（字句、数値、式、図など）から当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3.

| | |
|---|------|
| A | a.bc |
|---|------|

、

| | |
|---|----------------------|
| B | a.bc×10 ^d |
|---|----------------------|

 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」（ただし、a は 0 以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも 0 を塗りつぶすこと。
また、計算を伴う解答の場合は次の (1) ~ (3) によること。

(1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

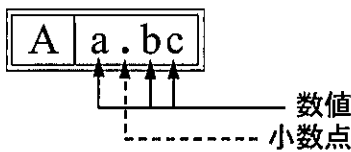
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、(1) の「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」の計算条件を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100... と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415...$ であるが、 $\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400... として計算すること。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.795...

↓ 四捨五入

6.80

(解答)

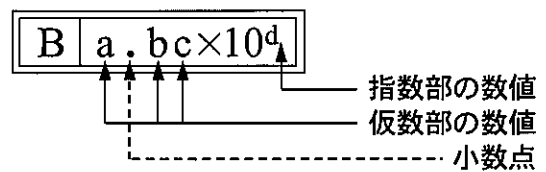
「680」を塗りつぶす



| | A | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| | 0 | ● | |
| ① | ① | ① | ① |
| ② | ② | ② | ② |
| ③ | ③ | ③ | ③ |
| ④ | ④ | ④ | ④ |
| ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ |
| ⑥ | ● | ⑥ | ⑥ |
| ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ |
| ⑧ | ● | ⑧ | ⑧ |
| ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ |

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183... × 10²

↓ 四捨五入

9.18 × 10²

(解答)

「9182」を塗りつぶす



| | B | | | |
|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | d |
| | 0 | 0 | 0 | |
| ① | ● | ① | ① | |
| ② | ② | ② | ● | |
| ③ | ③ | ③ | ③ | |
| ④ | ④ | ④ | ④ | |
| ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | |
| ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | |
| ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | |
| ⑧ | ● | ⑧ | ⑧ | |
| ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | |