

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気の基礎

試験時間 16:20～17:40 (80分)

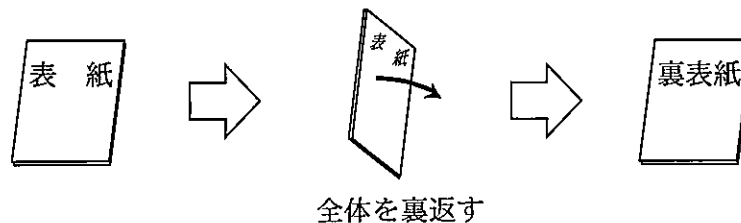
4 時限目

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	7～10 ページ
問題 6	電気計測	11～14 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、電圧 \dot{V} 、角周波数 ω の交流電源に、静電容量 C のコンデンサと可変抵抗が接続され、電流 \dot{i} が流れている。このとき、可変抵抗の抵抗値 R を調整して、消費される電力を最大にする手順を考える。ここで、電圧 \dot{V} の大きさを V 、電流 \dot{i} の大きさを I とする。

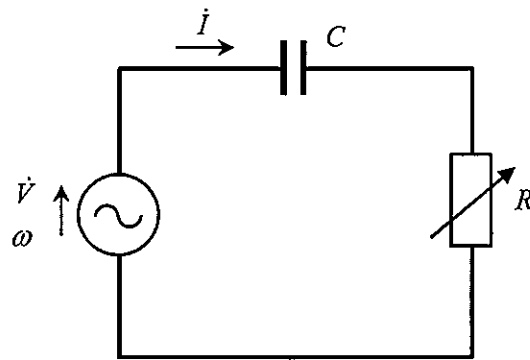


図1

1) まず、図1においてコンデンサと可変抵抗の合成インピーダンス \dot{Z} の大きさ Z は次式のように表される。

$$Z = \boxed{1} \dots\dots\dots \text{①}$$

したがって、可変抵抗で消費される電力 P は、電流 I を求めて、次式のように表される。

$$P = I^2 R = \frac{(\omega C)^2 V^2}{\boxed{2}} \dots\dots\dots \text{②}$$

< 及び の解答群 >

ア $\sqrt{R^2 + (\omega C)^2}$

イ $\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$

ウ $\sqrt{\frac{1}{R^2} + (\omega C)^2}$

エ $1 + (\omega C R)^2$

オ $\frac{1}{R} + (\omega C)^2 R$

カ $\frac{1}{R^2} + (\omega C)^2$

2) 次に式②の最大値 P_{\max} を考える。

i) 式②において、変数を R とし、式の分子 $(\omega C)^2 V^2$ を A 、分母を $B(R)$ と置くと、 $\frac{A}{B(R)}$ が最大になるためには分母の $B(R)$ が最小になればよい。この例では、 $B(R)$ の変化を考慮すると、 $B(R)$ が最小となるのは R が $\frac{d}{dR} B(R) = 0$ を満たすときである。ここで、 $\frac{d}{dR} B(R)$ は次式のように表される。

$$\frac{d}{dR} B(R) = \boxed{3} \dots\dots\dots \text{③}$$

ii) 式③が零になる変数 R (正の実数) を選ぶことにより、消費電力が最大となるときの抵抗値 R が求まる。これを式②に代入することにより、 P_{\max} は次式のように求められる。

$$P_{\max} = \boxed{4} \dots\dots\dots \text{④}$$

< $\boxed{3}$ 及び $\boxed{4}$ の解答群 >

- | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| ア $-\frac{2}{R^3}$ | イ $2(\omega C)^2 R$ | ウ $-\frac{1}{R^2} + (\omega C)^2$ |
| エ $\frac{\omega C}{2} V^2$ | オ $\frac{(\omega C)^2}{2} V^2$ | カ $\frac{1}{2(\omega C)} V^2$ |

問題4は次の頁に続く

(2) 図2に示すように、対称三相交流電源に接続された負荷がある。ここで、電源の相電圧を \dot{E}_a 、 \dot{E}_b 、 \dot{E}_c 、線間電圧を \dot{E}_{ab} 、 \dot{E}_{bc} 、 \dot{E}_{ca} 、線電流を \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c とする。一方、負荷1はインピーダンス \dot{Z}_0 を Y 結線した平衡三相負荷であり、a 相線電流 \dot{I}_{a1} の位相は \dot{E}_a に対して ϕ [rad] だけ遅れている。また、負荷2は a 相と b 相の間に接続された抵抗 R であり、この電流を \dot{I}_{a2} とする。

この回路において、有効電力及び無効電力を求める二つの方法を考える。ただし、負荷以外のインピーダンスは無視するものとする。また、無効電力は遅れを正とする。

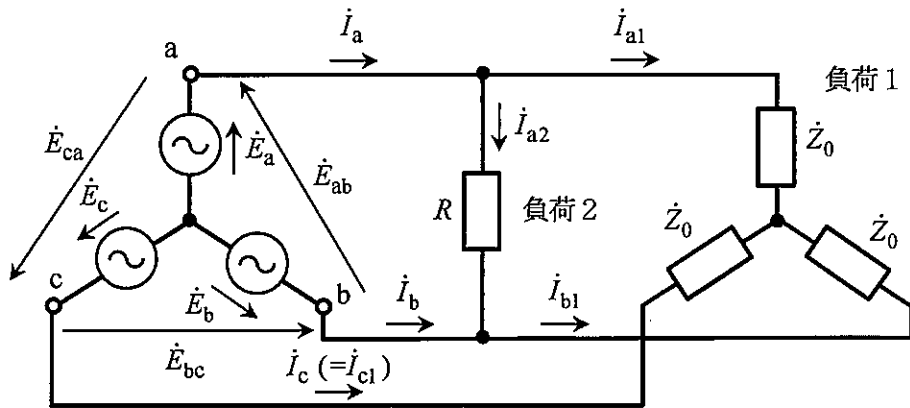


図2

1) 第一の方法：負荷1と負荷2が相互に影響しないことから、別々の負荷として考えて、その結果を合算する。

i) 負荷1のみを考える。

三相交流の電源は対称で負荷は平衡であるので、線電流 \dot{I}_{a1} は次式のように表される。

$$\dot{I}_{a1} = \boxed{5} \dots\dots\dots ⑤$$

また、電圧 \dot{E}_a の大きさを E_a 、 \dot{E}_b の大きさを E_b 、 \dot{E}_c の大きさを E_c 、 \dot{E}_{ab} の大きさを E_{ab} 、電流 \dot{I}_{a1} の大きさを I_{a1} 、 \dot{I}_{b1} の大きさを I_{b1} 、 \dot{I}_{c1} の大きさを I_{c1} とすると、 $E_a = E_b = E_c$ 、 $I_{a1} = I_{b1} = I_{c1}$ であるので、負荷1の三相の有効電力 P_{L1} 、無効電力 Q_{L1} は次式のように表される。

$$P_{L1} = \boxed{6} \dots\dots\dots ⑥$$

$$Q_{L1} = \boxed{7} \dots\dots\dots ⑦$$

< $\boxed{5}$ ~ $\boxed{7}$ の解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|-----------------------------------|---|--|---|--------------------------------|---|-------------------------|
| ア | $\frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}_0}$ | イ | $\frac{\dot{E}_{ab}}{2\dot{Z}_0}$ | ウ | $\frac{\dot{E}_{ab}}{\sqrt{3}\dot{Z}_0}$ | エ | $3E_a I_{a1} \cos \phi$ | オ | $3E_a I_{a1} \sin \phi$ |
| カ | $3E_{ab} I_{a1} \cos \phi$ | キ | $3E_{ab} I_{a1} \sin \phi$ | ク | $\sqrt{3}E_a I_{a1} \cos \phi$ | ケ | $\sqrt{3}E_a I_{a1} \sin \phi$ | | |

ii) 負荷2のみを考える。

a相とb相の間に抵抗 R が接続されるので、電流 \dot{I}_{a2} は次式のように表される。

$$\dot{I}_{a2} = \boxed{8} \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

iii) i) 及び ii) をふまえ、三相全体を考える。

三相交流電源から見ると、抵抗 R で消費される有効電力が増加することになるので、三相の有効電力 P_3 、無効電力 Q_3 は次式のように表される。

$$P_3 = \boxed{9} \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

$$Q_3 = Q_{L1} \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

このとき、交流電源の a 相線電流 \dot{I}_a は、 $\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2}$ となっている。

< $\boxed{8}$ 及び $\boxed{9}$ の解答群 >

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| ア $\frac{\dot{E}_a}{R}$ | イ $\frac{\dot{E}_{ab}}{R}$ | ウ $\frac{\dot{E}_a + \dot{E}_b}{R}$ |
| エ $P_{L1} + \frac{E_a^2}{R}$ | オ $P_{L1} + \frac{3E_a^2}{R}$ | カ $P_{L1} + \frac{4E_a^2}{R}$ |

2) 第二の方法：負荷1と負荷2を合成した不平衡三相負荷として三相回路を考える。

i) 負荷1と負荷2を合成する。

負荷1と負荷2を合成した Δ 結線不平衡三相負荷回路は図3のように示される。ここで、線電流を \dot{I}'_a 、 \dot{I}'_b 及び \dot{I}'_c とする。この回路において、b相とc相の間の負荷及びc相とa相の間のインピーダンス \dot{Z}_1 、a相とb相の間のインピーダンス \dot{Z}_2 は、それぞれ次式のように表される。

$$\dot{Z}_1 = \boxed{10} \dots\dots\dots \textcircled{11}$$

$$\dot{Z}_2 = \boxed{11} \dots\dots\dots \textcircled{12}$$

< $\boxed{10}$ 及び $\boxed{11}$ の解答群 >

- | | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ア $3\dot{Z}_0$ | イ $\frac{1}{3}\dot{Z}_0$ | ウ $\frac{1}{\sqrt{3}}\dot{Z}_0$ | エ $\dot{Z}_1 + R$ | オ $\frac{\dot{Z}_0 R}{\dot{Z}_0 + R}$ | カ $\frac{\dot{Z}_1 R}{\dot{Z}_1 + R}$ |
|----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|

問題4は次の頁に続く

ii) 不平衡三相負荷に流れ込む線電流を求めることで、有効電力及び無効電力が分かる。

図3に示すように、a相とb相の間のインピーダンス Z_2 に流れる電流を \dot{I}_{ab} 、c相とa相の間のインピーダンス Z_1 に流れる電流を \dot{I}_{ca} とすると、a相線電流 \dot{I}'_a は次式のように表される。

$$\dot{I}'_a = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} = \boxed{12} \dots\dots\dots ⑬$$

対称三相の線間電圧と相電圧の関係式として、次式のようになる。

$$\dot{E}_{ab} - \dot{E}_{ca} = \boxed{13} \dots\dots\dots ⑭$$

式⑪、式⑫及び式⑬の結果を使って式⑬を計算し、式⑤と式⑧の結果を代入すると、 \dot{I}'_a は次式のように表され、 $\dot{I}'_a = \dot{I}_a$ であることが示される。

$$\dot{I}'_a = \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} \dots\dots\dots ⑮$$

同様の手順で $\dot{I}'_b = \dot{I}_b$ 、 $\dot{I}'_c = \dot{I}_c$ となるので、有効電力及び無効電力については、第一の方法と同じ結果となることが分かる。

< $\boxed{12}$ 及び $\boxed{13}$ の解答群 >

ア \dot{E}_a

イ $2\dot{E}_a$

ウ $3\dot{E}_a$

エ $\frac{\dot{E}_{ab}}{Z_2} + \frac{\dot{E}_{ca}}{Z_1}$

オ $\frac{\dot{E}_{ab}}{Z_2} - \frac{\dot{E}_{ca}}{Z_1}$

カ $-\frac{\dot{E}_{ab}}{Z_2} + \frac{\dot{E}_{ca}}{Z_1}$

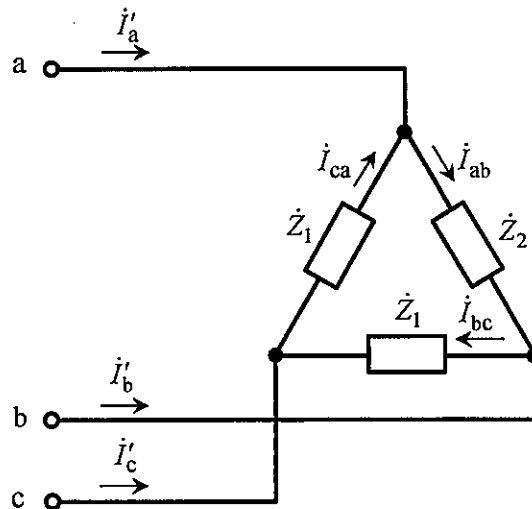


図3

(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。(配点計 50 点)

(1) 図1に示すようなフィードバック制御系を考える。ここで r は目標値、 u は操作量、 y は制御量であり、 K は実数のスカラーとする。制御対象の伝達関数はブロック内に記載されている。

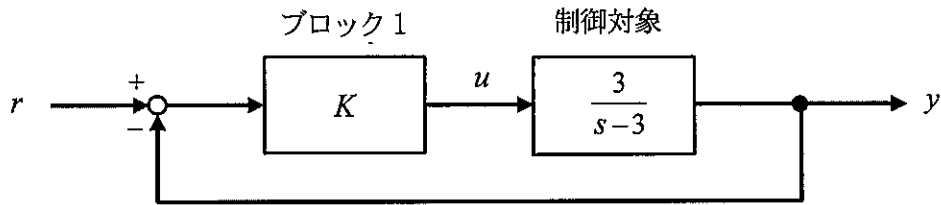


図1

1) ブロック1の説明として、適切なものは である。

< の解答群 >

ア 検出器 イ 信号発生器 ウ 制御器 エ 伝送器

2) 制御対象の伝達関数より、制御対象の安定性を判別すると である。

< の解答群 >

ア 安定 イ 安定限界 ウ 不安定

3) 目標値 r から制御量 y への閉ループ伝達関数を計算すると、 を得る。

< の解答群 >

ア $\frac{3K}{s+3K}$ イ $\frac{3K}{s+3K-3}$ ウ $\frac{3K-3}{s+3K-3}$ エ $\frac{s-3}{s+3K-3}$

4) フィードバック制御系を安定にするためには、 K の値を と選ぶ必要がある。

< の解答群 >

ア $K < 0$ イ $K > 0$ ウ $K > 1$ エ $K > 3$

5) フィードバック制御系が安定となるような K の値を選び、目標値を $r(t) = 1$ ($t > 0$) と設定すると、制御量 $y(t)$ の定常値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ は となる。

< の解答群 >

ア 0 イ 1 ウ $\frac{1}{1-K}$ エ $\frac{K}{K-1}$

(2) ゲイン線図を描いて周波数解析を行う。ゲイン線図は、角周波数を ω 、周波数伝達関数を $G(j\omega)$ として、横軸に $\log_{10}\omega$ 、縦軸にゲインのデシベル値 $20 \log_{10}|G(j\omega)|$ をとって表すグラフである。

一例として、二次遅れ系 $P(s) = \frac{10}{(s+1)(s+10)}$ について考えてみる。このときのゲイン線図

では、直流ゲインの値は [dB] であり、高周波帯域では傾きが [dB/dec] のグラフになる。ここで、dec は対数スケールで 10 倍比を表す単位である。

< 及び の解答群 >

ア -40 イ -20 ウ 0 エ 20 オ 40

(3) コンピュータの IP アドレスについて考える。

1) IP アドレスとは アドレスであり、データを送受信する際に相手を識別する手段として使用される。

〈 の解答群 〉

- ア コンピュータが通信に使用するプログラムを識別するための
- イ ネットワークに繋がる機器や装置に割り当てられる論理的な
- ウ 機器のネットワークインタフェースが持つハードウェア固有の

2) IP アドレスは、通常用いられる IPv4 の形式では の整数である。

〈 の解答群 〉

- ア 0 から 65 535 までの 16 ビット
- イ 192.168.0.1 のように表現される 32 ビット
- ウ 04-A3-43-5F-43-23 のように表現される 48 ビット

3) IP アドレスの指定方法には、システム設計時に固定アドレスとして設定する方法と、 プロトコルを用いてネットワーク接続時に指定された範囲内で動的に割り当てる方法がある。

〈 の解答群 〉

- ア DHCP
- イ FTP
- ウ HTTP

(4) コンピュータによる情報は次のように表現される。

1) 数値は2進数で表現され、例えば10進数の10は8ビット2進数では、 $(00001010)_2$ のように表すことができ、10進数の-3を8ビット2進数の2の補数で表現すると となる。

< の解答群 >

ア $(00000011)_2$

イ $(10000011)_2$

ウ $(11111101)_2$

2) 文字情報については2進数の0と1で符号化した文字コードを用いて表現する。

1文字を7ビットで表現しアルファベットや数字、記号や制御コードを示すものが である。JISでは日本語を表現するために、初期にはこれを1文字1バイトに拡張して などを追加し、その後1文字2バイトにするなどの拡張が行われている。

また、世界各国のすべての文字を統一的に扱い、現在広く使われているコードが である。

< ~ の解答群 >

ア ASCII

イ EBCDIC

ウ EUC

エ Unicode

オ カタカナ

カ 漢字

キ カタカナ及び漢字

(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、 は複数箇所あるが、同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 交流回路、部品の評価ではインピーダンス計測が重要であり、様々な計測手段、装置が利用可能である。

1) インピーダンスを精密に計測する手段として、図1に示す交流4辺ブリッジがある。このブリッジは、電圧 E 、角周波数 ω の交流電源、検流計 G、及び4辺を構成するインピーダンス Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 から構成されている。

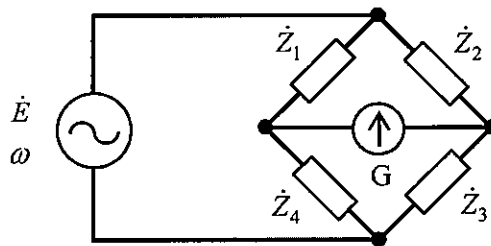


図1

i) 一般のインピーダンスは $Z = R + jX$ という複素数で表される。ここで、 j は虚数単位である。この複素数の実数部はレジスタンス、虚数部は と呼ばれる。 X の値については、誘導性るときを正、容量性るときを負とする。

< の解答群 >

ア アドミタンス

イ コンダクタンス

ウ リアクタンス

ii) 検流計の指示が零となるようにブリッジを平衡させた状態では、 $\dot{Z}_1\dot{Z}_3 = \dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の関係式が成り立つ。インピーダンスは複素数であるので、この関係式の実部及び虚部についての正しい記述は、次の①～④のうち である。

- ① $\dot{Z}_1\dot{Z}_3$ の実部は $\dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の実部と等しく、かつ $\dot{Z}_1\dot{Z}_3$ の虚部は $\dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の虚部と等しくなる必要がある。
- ② $\dot{Z}_1\dot{Z}_3$ の絶対値が $\dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の絶対値と等しければ、それらの実部及び虚部は一致しなくてもよい。
- ③ $\dot{Z}_1\dot{Z}_3$ と $\dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の実部が共に零になる必要がある。
- ④ $\dot{Z}_1\dot{Z}_3$ と $\dot{Z}_2\dot{Z}_4$ の虚部が共に零になる必要がある。

iii) \dot{Z}_1 がキャパシタンス C_1 と抵抗 R_1 の並列回路、 \dot{Z}_2 が抵抗 R_2 、 \dot{Z}_4 が抵抗 R_4 であるとき、平衡状態では \dot{Z}_3 は と表される。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|--|--|---|
| ア $\frac{R_2R_4}{R_1} + j\omega C_1R_2R_4$ | イ $\frac{R_1R_4}{R_2} + j\omega C_1R_2R_4$ | ウ $j\omega C_1 \frac{R_2R_4}{R_1} + R_2R_4$ |
| エ ① | オ ② | カ ③ キ ④ |

問題6は次の頁に続く

2) 交流 4 辺ブリッジによるインピーダンス測定において、ブリッジ各部の浮遊静電容量が平衡条件に影響を及ぼすことがある。この影響を避けるには、図2のようなブリッジを用いるとよい。図2において、 \dot{E} は交流電源の電圧、 \dot{E}_1 、 \dot{E}_2 は二次巻線の電圧、 n_1 、 n_2 は二次巻線の巻数、 Z_1 、 Z_2 はインピーダンス、 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 は二次電流、G は検流計である。

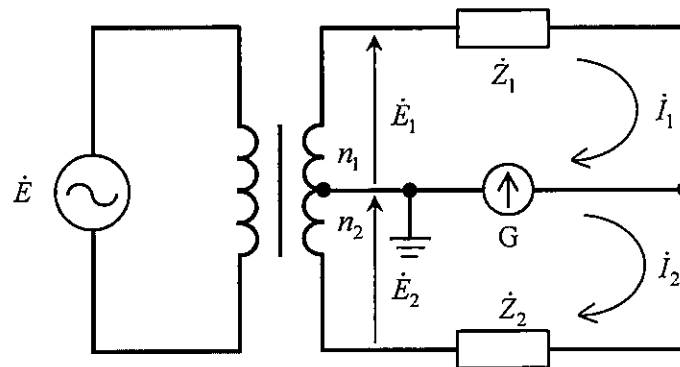


図2

i) 図2のようなブリッジを ブリッジと呼ぶ。

< の解答群 >

ア ケルビンダブル

イ 変成器

ウ 電流比較

ii) このブリッジの平衡条件は $\dot{I}_1 = \dot{I}_2$ であり、そのときに の関係が成り立つ。 \dot{E}_1 と \dot{E}_2 は同位相であるので、 Z_1 と Z_2 の比は となり、 Z_1 と Z_2 のいずれかが既知であれば、他方のインピーダンスが分かる。

< 及び の解答群 >

ア $\dot{E}_1 \dot{E}_2 = n_1 n_2 = \dot{Z}_1 \dot{Z}_2$

イ $\frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1}$

ウ $\frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}$

エ 正の実数

オ 負の実数

カ 虚数

(2) 温度計測に広く用いられているセンサである熱電対について考える。

- 1) 材質の異なる2本の金属線の両端をそれぞれ接続し、その2つの接点を異なる温度に保つと、
□7□ 効果によりこの閉回路に電流が生じる。この電流を生じさせる電圧を熱起電力といい、
この熱起電力の大きさは両接点の □8□ によって決まる。よって、一方の接点を基準温度に
保ち、回路に生じる熱起電力を測定することにより、もう一方の接点(測温点)の温度を知る
ことができる。これが熱電対の原理である。

〈 □7□ 及び □8□ の解答群 〉

- | | | |
|----------|---------------|---------|
| ア ジュール | イ ゼーベック | ウ トムソン |
| エ 間の温度分布 | オ 温度差とその周りの湿度 | カ 温度差のみ |

- 2) 一般に熱電対による温度測定装置は、熱電対、□9□、温度変換器から構成される。

□9□ は、熱電対とほぼ同じ熱起電力特性を持つ金属線であり、熱電対を延長するより
経済的であるため広く用いられている。

温度変換器は、測定した熱起電力と基準接点の温度から測定点の温度を得るためのものであり、
その演算には、通常 JIS C 1602 で定められた □10□ を用いる。

〈 □9□ 及び □10□ の解答群 〉

- | | | |
|--------------|---------|--------|
| ア 高インピーダンス線路 | イ 低抵抗銅線 | ウ 補償導線 |
| エ 規準熱起電力 | オ 性能指数 | カ 熱電能 |

(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。

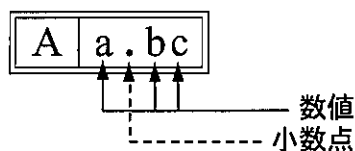
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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)

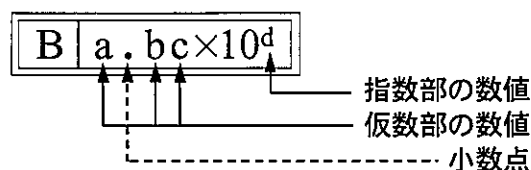
「680」を
塗りつぶす



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