

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)

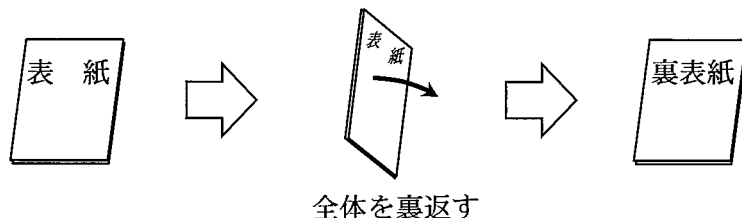
4 時限目

問題4	電気及び電子理論	1～4ページ
問題5	自動制御及び情報処理	5～7ページ
問題6	電気計測	9～11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、数値又は式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、自己インダクタンス L_1 [H]、 L_2 [H] と相互インダクタンス M [H] の変圧器があり、その一次側に電圧 \dot{E} [V]、角周波数 ω [rad/s] の交流電源を、その二次側に抵抗 R [Ω] の負荷を接続した回路がある。ここで、変圧器の一次側から見た等価回路によって、交流電源から負荷に供給される有効電力 P [W] を求める方法を考える。ただし、図に示されていないインピーダンスはすべて無視できるものとし、変圧器の結合係数が $k=1$ の場合を考える。

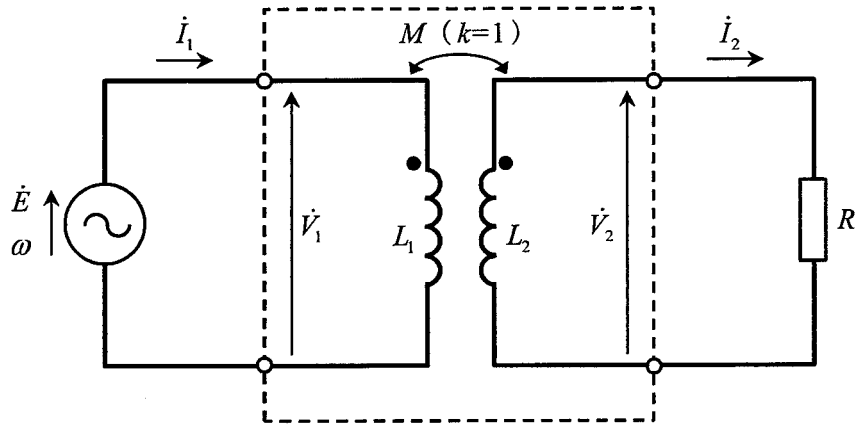


図1

1) 変圧器の一次側及び二次側に関する電圧方程式を考える。変圧器の一次側の電圧を \dot{V}_1 [V]、電流を \dot{I}_1 [A]、二次側の電圧を \dot{V}_2 [V]、電流を \dot{I}_2 [A] とし、図1に示す矢印の方向を正とする。

このとき、電圧 \dot{V}_1 は次の式①及び③、 \dot{V}_2 は次の式②及び④のように表される。

$$\dot{V}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2 \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\dot{V}_2 = \text{①} \times \dot{I}_1 - j\omega L_2 \dot{I}_2 \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

$$\dot{V}_1 = \dot{E} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\dot{V}_2 = R \dot{I}_2 \quad \dots\dots\dots \text{④}$$

式①と式③から、電流 \dot{I}_1 は次式のように表される。

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{j\omega L_1} + \text{②} \times \dot{I}_2 \quad \dots\dots\dots \text{⑤}$$

〈 及び の解答群 〉

- ア $j\omega L_1$ イ $-j\omega L_1$ ウ $j\omega M$ エ $j\omega(L_1+M)$
 オ $\frac{M}{L_1}$ カ $\frac{M}{L_2}$ キ $\frac{L_1+M}{L_1}$

2) 変圧器の一次側から見た電圧、電流の関係を求める。

相互インダクタンスの定義から $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ の関係にあつて、その結合係数は $k=1$ である。さらに、自己インダクタンスは巻数の二乗に比例するので、一次の巻数を N_1 、二次の巻数を N_2 とすると、巻数比 $a = \frac{N_1}{N_2}$ を使って、自己インダクタンス L_1 は次式のように表される。

$$L_1 = aM \quad \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

また、変圧器の一次、二次側の巻線抵抗、及び漏れインダクタンスが無視できるとするので、巻数比 a は一次電圧と二次電圧の比と等しくなり、式③と式④から電圧 \dot{E} と電流 \dot{I}_2 の関係は次式のように表される。

$$\dot{I}_2 = \text{} \times \dot{E} \quad \dots\dots\dots \textcircled{7}$$

式⑥及び式⑦を式⑤に代入すると、電流 \dot{I}_1 は次式のように表される。

$$\dot{I}_1 = (\text{)} \times \dot{E} \quad \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

〈 及び の解答群 〉

- ア aR イ $\frac{a}{R}$ ウ $\frac{1}{aR}$ エ $\frac{1}{a^2 R^2}$
 オ $\frac{1}{j\omega L_1} + \frac{1}{R}$ カ $\frac{1}{j\omega L_1} + \frac{1}{aR}$ キ $\frac{1}{j\omega L_1} + \frac{1}{a^2 R}$

3) 一次側回路から電力を計算する。

式⑧は、交流電源の電圧 \dot{E} と電流 \dot{I}_1 の関係を示しているので、これを等価回路で表すと交流電源に L_1 と に接続された回路となる。したがって、交流電源から負荷に供給される有効電力 P は、次式のように表される。

$$P = \text{} \quad \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

〈 及び の解答群 〉

- ア $\frac{E^2}{R}$ イ $\frac{E^2}{aR}$ ウ $\frac{E^2}{a^2 R}$ エ R が並列
 オ aR が並列 カ $a^2 R$ が並列 キ $a^2 R$ が直列

問題4は次の頁に続く

- (2) 図2に示すような対称三相交流電源を持つ交流回路がある。各相の電圧を \dot{E}_a 、 \dot{E}_b 、 \dot{E}_c とし、相順は $a \rightarrow b \rightarrow c$ とする。負荷は抵抗 $R = 5 [\Omega]$ が Δ 接続された平衡三相負荷であり、各線間電圧を \dot{V}_{ab} 、 \dot{V}_{bc} 、 \dot{V}_{ca} 、線電流を \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c 、 Δ 結線の各負荷に流れる電流を \dot{I}_{ab} 、 \dot{I}_{bc} 、 \dot{I}_{ca} とする。この回路において、三相交流電源から供給される有効電力を求める過程を考える。

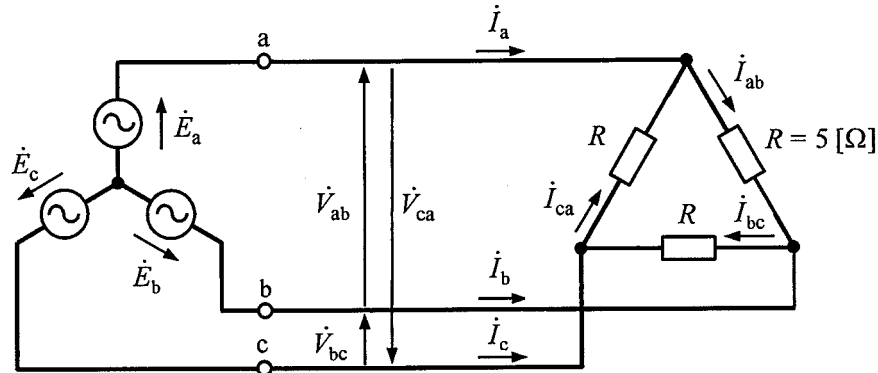


図2

- 1) 三相交流電圧について考える。

\dot{E}_a 、 \dot{E}_b 及び \dot{E}_c は対称三相電圧であるので、 \dot{E}_a 及び \dot{E}_b が与えられると、 \dot{E}_c は定まる。

$$\dot{E}_a = 100 + j0 \text{ [V]}$$

$$\dot{E}_b = -50 - j50\sqrt{3} \text{ [V]}$$

$$\dot{E}_c = \boxed{7} \text{ [V]}$$

線間電圧 \dot{V}_{ab} は次の値となる。

$$\dot{V}_{ab} = \boxed{8} \text{ [V]}$$

< $\boxed{7}$ 及び $\boxed{8}$ の解答群 >

ア $-50 + j50\sqrt{3}$

イ $50 - j50\sqrt{3}$

ウ $50 + j50\sqrt{3}$

エ $-150 - j50\sqrt{3}$

オ $150 - j50\sqrt{3}$

カ $150 + j50\sqrt{3}$

2) 負荷に流れる電流を求める。

電流 \dot{I}_{ab} は次の値となる。

$$\dot{I}_{ab} = \boxed{9} \text{ [A]}$$

電流 \dot{I}_{ca} も同様に求まるので、線電流 \dot{I}_a は次の値となる。

$$\dot{I}_a = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} = \boxed{10} \text{ [A]}$$

< $\boxed{9}$ 及び $\boxed{10}$ の解答群 >

- ア $0 + j20\sqrt{3}$ イ $10 - j10\sqrt{3}$ ウ $30 - j10\sqrt{3}$
エ $30 + j0$ オ $30 + j10\sqrt{3}$ カ $60 + j0$

3) 三相交流電源から供給される有効電力を求める。

電源の相電圧 \dot{E}_a と線電流 \dot{I}_a のフェーズから、力率 $\cos\phi$ は $\boxed{11}$ である。

したがって、負荷に供給される有効電力 P は三相全体で次の値となる。

$$P = \boxed{12} \text{ [W]}$$

< $\boxed{11}$ 及び $\boxed{12}$ の解答群 >

- ア $\frac{1}{2}$ イ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ウ 1 エ 6000 オ $6000\sqrt{3}$ カ 18000

(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、数値、式又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。
また、 及び 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50点)

(1) 図1のブロック線図に示したシステムを考える。ここで、 $G(s)$ はシステムの伝達関数、 $U(s)$ は入力信号、 $Y(s)$ は出力信号である。

ここで伝達関数 $G(s)$ が次の式①で与えられるとする。

$$G(s) = \frac{2}{s^3 + 2s^2 + 2s + 3} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

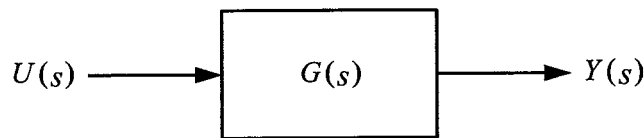


図1 ブロック線図

1) システム $G(s)$ の周波数特性を考える。

$G(s)$ において、 $s = j\omega$ (j は虚数単位、 ω は角周波数) としてボード線図を描くと、十分低い周波数でのゲインは [dB] となる。また、十分高い周波数でのボード線図のゲイン曲線の傾きは、 [dB/dec] となる。

なお、 $\log 2 = 0.301$ 、 $\log 3 = 0.477$ とする。

2) システム $G(s)$ の時間応答を考える。

入力信号として、大きさ3のステップ信号 $u(t) = 3$ ($t \geq 0$) を加えるとする。十分に時間が経過したときの出力信号 $y(t)$ は となる。

< ~ の解答群 >

- | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|------|---|----|
| ア | -80 | イ | -60 | ウ | -40 | エ | -20 | オ | -3.5 | カ | 0 |
| キ | 1 | ク | 2 | ケ | 2.5 | コ | 3 | サ | 4 | シ | 10 |

3) 2)と同様に時間応答を考える。ここで、入力信号として、正弦波信号 $u(t) = \sin(t)$ を加えて十分に時間が経過したときの出力信号 $y(t)$ を求めたい。

i) $s = j\omega$ として周波数伝達関数を計算する。ここで、入力信号 $u(t)$ の角周波数は $\omega = 1$ [rad/s] であるから、周波数伝達関数 $G(j\omega)$ は、 となる。

< の解答群 >

ア $-1-j$ イ $-1+j$ ウ $1-j$ エ $1+j$

ii) このとき、出力信号 $y(t)$ の振幅は であり、角周波数は [rad/s]、位相は [rad] と求められる。

< ~ の解答群 >

ア $\frac{1}{2}$ イ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ウ 1 エ $\sqrt{2}$ オ 2 カ 3
キ $-\pi$ ク $-\frac{3\pi}{4}$ ケ $-\frac{\pi}{2}$ コ $-\frac{\pi}{4}$

問題5は次の頁に続く

(2) RASIS はコンピュータシステム等の信頼性評価を表し、五つの評価項目により構成されている。
 そのうち指標としてシステムや装置の稼働率が用いられるのは 性の評価である。

システムの稼働率は で表され、稼働時間が長く故障時間が短いほど 性が高いシステムといわれる。

図2と図3は、稼働率が0.9と0.8のシステムを直列に接続した場合と、並列に接続した場合のシステム構成図である。図2のシステム全体としての稼働率は $\times 10^{-1}$ となり、図3のシステム全体としての稼働率は $\times 10^{-1}$ となる。

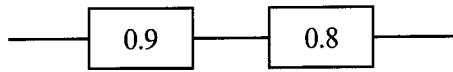


図2 直列に接続した場合

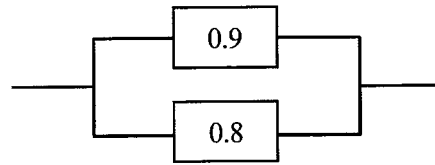


図3 並列に接続した場合

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|----------------|------|------------|----------------------|
| ア 可用 | イ 完全 | ウ 保守 | エ 一定時間中のシステムの稼働時間の比率 |
| オ 稼働時間と故障時間の比率 | | カ 稼働時間の平均値 | |

(3) コンピュータに実行させる処理手順を記述することをプログラミングと呼ぶ。プログラミングには記述する人間にわかりやすく、コンピュータ処理の実行のための言語体系であるプログラミング言語が用いられ、その言語で記述されたものを と呼ぶ。

実行時に、記述内容を言語処理によって逐次解釈しながら実行するものをインタプリタ型言語と呼び、それに対して、機械が理解可能な機械語にあらかじめ翻訳しておき実行するものを と呼ぶ。後者は、インタプリタ型言語と比べて実行速度が 。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|------------|------------|----------|
| ア ソースコード | イ バイトコード | ウ ライブラリ |
| エ コンパイラ型言語 | オ スプリクト型言語 | カ 自然言語 |
| キ 遅くなる | ク 速くなる | ケ 不規則になる |

(空 白)

(電気計測)

問題6 次の各文章の ~ に入れるべき最も適切な字句、式又は記述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2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) データセンターでは直流電力の利用が盛んである。また、電気自動車の普及などの後押しもあり、直流電力の測定ニーズは増えている。

直流電力の測定は、電圧計と電流計により負荷に印加されている電圧 V [V] と負荷に流れる電流 I [A] をそれぞれ測定し、 $P = VI$ [W] で算出できる。ただし、電圧計、電流計の内部抵抗により誤差が発生する。

いま、図1及び図2における負荷の消費電力 P の計測について考える。ここで、 r_V [Ω] は電圧計の内部抵抗、 r_A [Ω] は電流計の内部抵抗である。

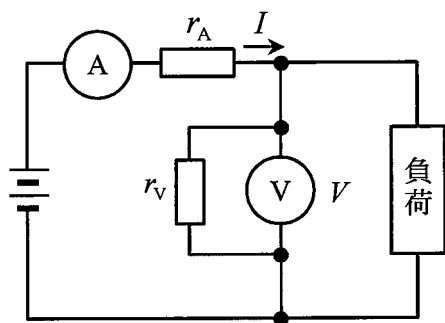


図1

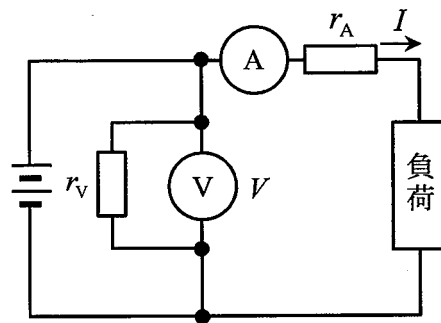


図2

1) 電圧計、電流計の内部抵抗による誤差を考慮すると、負荷の真の消費電力 P は、図1では [W]、図2では [W] となる。

この結果から、より正確な測定のためには電圧計の内部抵抗はできるだけ高いものを、電流計の内部抵抗はできるだけ低いものを選ぶ必要がある。

< 及び の解答群 >

ア $VI - r_A I^2$

イ $VI - r_V I^2$

ウ $VI - (r_A + r_V) I^2$

エ $VI - \frac{V^2}{r_A}$

オ $VI - \frac{V^2}{r_V}$

カ $VI - \frac{V^2}{r_A + r_V}$

2) 内部抵抗 $100\text{ k}\Omega$ の電圧計と内部抵抗 $10\text{ m}\Omega$ の電流計を用いて、図 1 及び図 2 のそれぞれの接続で電圧と電流を測定したところ、 $V = 10\text{ V}$ 、 $I = 0.4\text{ A}$ であった。負荷の真の消費電力に対する誤差は 。

〈 の解答群 〉

- ア 図 1 の接続の方が大きくなる
- イ 図 2 の接続の方が大きくなる
- ウ 図 1 あるいは図 2 のどちらの接続の場合も等しくなる

3) 電源として電池を用いる場合は、その内部特性を確認しておく必要がある。二次電池であるリチウムイオン電池などは、内部抵抗が 電池として電気自動車や工作機械など、高出力を必要とする機器の電源に用いられている。現在、様々な場面でこのような二次電池が利用されているが、同時に、劣化あるいは故障した二次電池による多くの事故も報告されている。二次電池の的確な特性評価は、電池の劣化診断や故障解析において重要であるとともに、電池の開発や性能評価にもなくてはならない手段である。

電池の特性評価には直流法と交流法があり、交流法で得られるのは電池の内部 である。

〈 及び の解答群 〉

- ア インピーダンス
- イ インダクタンスのみ
- ウ キャパシタンスのみ
- エ 大きい
- オ 小さい
- カ 変化しない

(2) 湿度の測定について考える。

1) 湿度測定は家庭のみならず、食品工場や半導体工場での生産管理に欠かせない技術である。

湿度の表現方法には相対湿度と絶対湿度の二つがある。相対湿度は水蒸気量とそのときの湿度における との比率を百分率で示したものであり、一般的に湿度の指標としては相対湿度が利用されることが多い。一方、絶対湿度には容積絶対湿度と重量絶対湿度があるが、国際的には容積絶対湿度のことを指し、単位体積あたりに含まれる水蒸気量を示したものである。

< の解答群 >

ア 結露した水分量 イ 平均水蒸気量 ウ 飽和水蒸気量

2) 生産管理用として広く用いられている 湿度計は、主に多孔質セラミクスなどの吸湿・脱湿による電気抵抗変化あるいは 変化を用いて湿度を検出するものである。多くの 湿度センサは相対湿度の算出のため を内蔵している。

これらの湿度センサは原理的に校正が必要であるとともに、その構造から汚損などによる経時変化が避けられないため、定期的なりフレッシュが必要である。

< ~ の解答群 >

ア 圧力計 イ 温度計 ウ 振動計 エ 温度 オ 静電容量
カ 体積 キ 乾湿球 ク 伸縮式 ケ 電子式

3) 精密湿度測定には を用いることも多い。例えば が鏡面冷却式の場合は、鏡面（観測面）を冷却していき、結露を生じたときの温度を測定することにより湿度を求めるものである。高精度に測定するため自動平衡式などの方法がある。

< の解答群 >

ア レーザ吸収分光法を用いた水分計 イ 水晶振動子を用いた水分計 ウ 露点計

(空 白)

(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、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。

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。

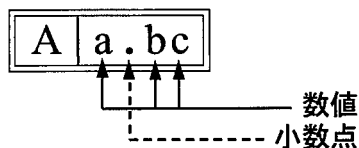
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(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)

6.827.....
↓ 四捨五入
6.83

(解答)

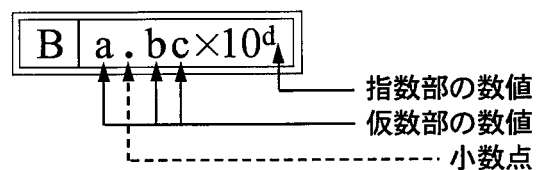
「683」を塗りつぶす



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

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2
↓ 四捨五入
 9.18×10^2

(解答)

「9182」を塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	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