

令和 4 年度

第 1 種
機 械

(第 3 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受	験	番	号
印	字	あ	り

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の

(1)

 と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の

イ

 をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

問 1									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ
●									
イ									
イ									
イ									
イ									
<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ
ロ									
●									
ロ									
ロ									
ロ									
<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ
ハ									
ハ									
●									
ハ									
ハ									
<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ
ニ									
ニ									
ニ									
●									
ニ									
<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●
ホ									
ホ									
ホ									
ホ									
●									
<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ
ヘ									
ヘ									
ヘ									
ヘ									
ヘ									
<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト
ト									
ト									
ト									
ト									
ト									
<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ
チ									
チ									
チ									
チ									
チ									

問					
(1)	(2)	(3)			
<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ
イ					
イ					
イ					
<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ
ロ					
ロ					
ロ					
<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ
ハ					
ハ					
ハ					
<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ
ニ					
ニ					
ニ					
<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ
ホ					
ホ					
ホ					
<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ
ヘ					
ヘ					
ヘ					
<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト
ト					
ト					
ト					
<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ
チ					
チ					
チ					

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問6と問7は選択問題です。どちらか1問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W $f=50$ Hz 670 kV・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問1 次の文章は, 三相円筒形同期機とそのフェーザ図に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお, 簡単のために同期機の損失は無視するものとする。

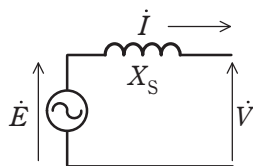
同期発電機と同期電動機は原理的には同じ構造を持ち, 一つの同期機で発電機運転と電動機運転を行うことができる。同期機の端子電圧を $\dot{V}$ [p.u.], 無負荷誘導起電力を $\dot{E}$ [p.u.] とすると, (1) であれば同期機は発電機として動作し, 逆になれば電動機として動作する。

ただし, 電機子反作用は, 電動機運転では進み電流のときに, 発電機運転では遅れ電流のときに, (2) となる。

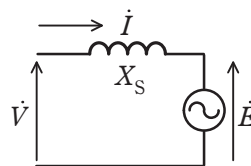
上記を踏まえて, 以下の同期機の運転状態に対応するフェーザ図を解答群から選べ。

- ・ 発電機, 遅れ力率運転の場合 (3)
- ・ 発電機, 進み力率運転の場合 (4)
- ・ 調相機, 遅れ力率運転の場合 (5)

なお, 同期機の等価回路は以下のとおりであり, $\dot{I}$ は電機子電流, X_s は同期リアクタンスとする。



発電機及び調相機



電動機

[問 1 の解答群]

(イ) E が V より大

(ロ) $\dot{E}$ が $\dot{V}$ より遅れ位相

(ハ) 増磁作用

(ニ) 回転子反作用

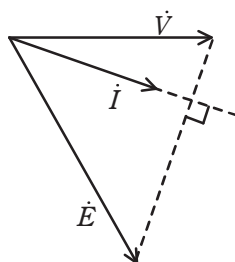
(ホ) $\dot{E}$ が $\dot{V}$ より進み位相

(ヘ) 減磁作用

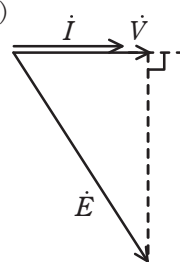
(ト)



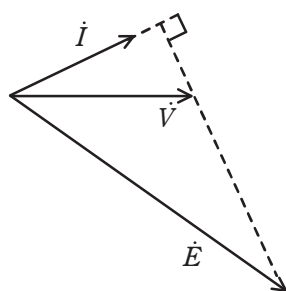
(チ)



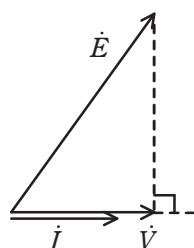
(リ)



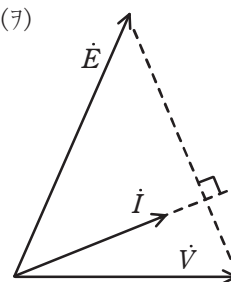
(ヌ)



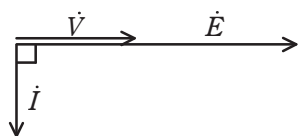
(ル)



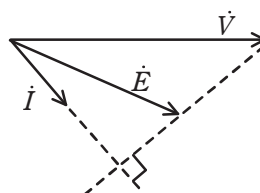
(ヲ)



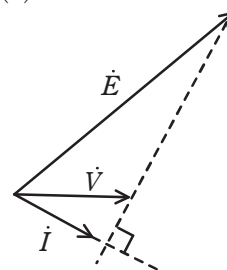
(ワ)



(カ)



(コ)



問2 次の文章は、誘導電動機の等価回路に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

三相変圧器や三相誘導電動機の一次換算等価回路を作成する場合、二次側の諸量を一次側に換算する必要がある。変圧器では、一次・二次巻線間の (1) が換算係数として使用されるが、誘導電動機では、(1) に加えて、巻線係数及び相数を考慮する必要がある。

m_1 相の対称交流を電源とする多相誘導電動機の一次及び二次巻線一相の巻数を w_1 及び w_2 、巻線係数を k_{w1} 及び k_{w2} 、相数を m_1 及び m_2 、一次及び二次1相の抵抗及び漏れリアクタンスをそれぞれ r_1 、 r_2 、 x_1 、 x_2 とする。なお、二次リアクタンス x_2 は、回転子静止時の値とする。回転子を静止させた状態で一次巻線に三相電源を印加すると励磁電流が流れ回転磁界が生じて、一次誘導起電力 $\dot{E}_1$ 、二次誘導起電力 $\dot{E}_2$ が誘導される。この誘導起電力の比は $\dot{E}_2 = \frac{\dot{E}_1}{u_e}$ 、 $u_e = \frac{k_{w1}w_1}{k_{w2}w_2}$ で示される。 $\dot{E}_2$ は二次回路に印加され、二次巻線の電流 $\dot{I}_2$ は (2) となる。この $\dot{I}_2$ による起磁力を打ち消すために一次側に $\dot{I}'_1 = u_i \dot{I}_2$ が流れる。 $u_i =$ (3) であらわされ、この $\dot{I}'_1$ が二次電流 $\dot{I}_2$ の一次側への換算値となる。 r_2 及び x_2 を一次側へ換算するには、換算係数 (4) をかければよい。

三相巻線形電動機では、 $m_1 = 3$ 、 $m_2 = 3$ である。三相かご形誘導電動機では、二次側回転子の全導体数を K 、極対数を p とすれば、電気角 2π 当たりの導体数は $\frac{K}{p}$ であり、相数 m_2 に等しい。よって二次一相分の導体数は 1、巻数は $w_2 =$ (5)、巻線係数は $k_{w2} = 1$ となる。

〔問 2 の解答群〕

(イ) $\frac{1}{2}$

(ロ) $\frac{m_1(k_{w1}w_1)^2}{m_2(k_{w2}w_2)^2}$

(ハ) $\frac{m_2(k_{w2}w_2)^2}{m_1(k_{w1}w_1)^2}$

(ニ) $\frac{(k_{w1}w_1)^2}{(k_{w2}w_2)^2}$

(ホ) $\frac{k_{w1}w_1}{k_{w2}w_2}$

(ヘ) $\frac{m_1k_{w1}w_1}{m_2k_{w2}w_2}$

(ト) $\frac{\dot{E}_2}{r_1 + jx_1}$

(チ) $\frac{\dot{E}_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}$

(リ) $\frac{m_2k_{w2}w_2}{m_1k_{w1}w_1}$

(ヌ) $\frac{\dot{E}_2}{r_2 + jx_2}$

(ル) インピーダンス比

(ヲ) 1

(リ) 短絡比

(カ) 2

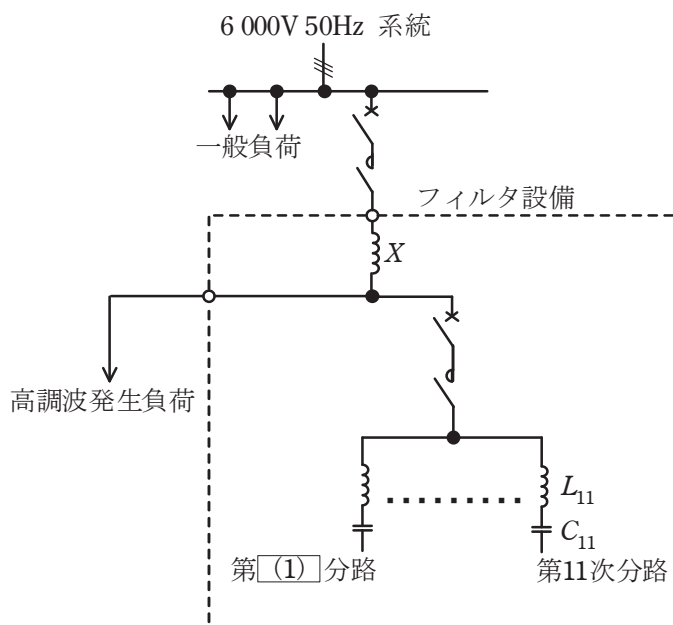
(ヨ) 巻数比

問3 次の文章は、高調波抑制フィルタに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

系統へ流出する高調波電流は上限値を超えないように抑制する必要がある。高調波の次数が低いほど、系統への影響が大きいといわれている。角周波数 ω の三相系統では、負荷が平衡している場合、対称性により特定の次数の高調波はごく小さく、一般に、最も大きい高調波は (1) 高調波となる。

図に示した設備において、 X で示すリアクトルは (2) と呼ばれ、主に構内短絡時の電流を制限することを目的としている。また、高調波を抑制するためのフィルタ設備の各分路は、高調波次数に対応してコンデンサとリアクトルで構成されている。

第11次高調波に対応するための第11次分路のフィルタをリアクトルとコンデンサの共振周波数により選定したとしたとき、インダクタンス L_{11} とコンデンサの静電容量 C_{11} は (3) の関係にある。今、6000V、50Hzの系統電圧で、第11次分路フィルタの容量が100kvarとしたとき、そのフィルタの基本波に対するリアクタンスは (4) Ω である。このとき、リアクトルのインダクタンス L_{11} は (5) mHである。



[問3の解答群]

- | | | |
|--|---|----------|
| (イ) $\frac{1}{\omega C_{11}} = 11\omega L_{11}$ | (ロ) 偶数次 | (ハ) 3.18 |
| (ニ) 分路リアクトル | (ホ) 6次 | (ヘ) 360 |
| (ト) 限流リアクトル | (チ) 9.55 | (リ) 120 |
| (ヌ) 共通リアクトル | (ル) $\frac{1}{\omega C_{11}} = \omega L_{11}$ | (ヲ) 104 |
| (リ) $\frac{1}{\omega C_{11}} = 121\omega L_{11}$ | (カ) 207.8 | (ヱ) 5次 |

問4 次の文章は、発光ダイオード(LED)に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

発光ダイオード(LED)は (1) による固体発光素子である。LED は、他のダイオードと同様、p 形半導体と n 形半導体を接合させた構造をしている。この接合部に順方向の電流を流すことによって、接合部において電子と正孔の再結合が起こり、発光する。光の波長は電子と正孔のもつエネルギーの差が (2) 。

LED は基本的に単色光源であるので、LED を使って照明用の白色光を得るにはいくつかの色の光を混ぜて人が白色と認識する光をつくる必要がある。その代表的な方法として、 (3) LED からの (3) 光の一部を、 (4) 光を発生する蛍光体に照射し、そこから得られる (4) 光に LED からの (3) 光が混ざることによって白色光を発生させる方法がある。このときの白色光のスペクトルの概略は (5) のようになる。

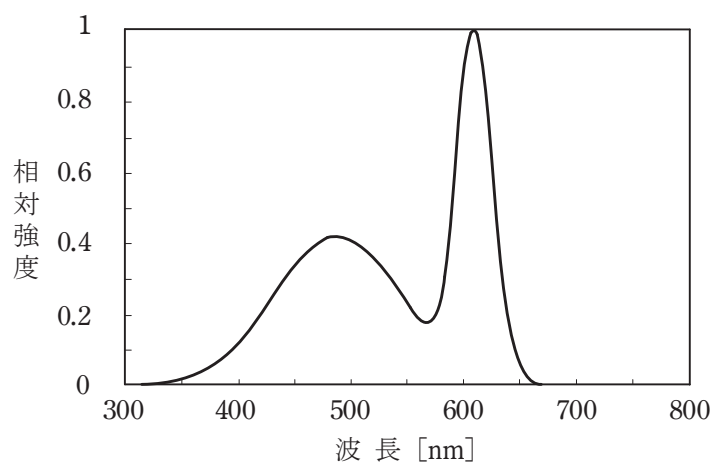
LED を用いた白色照明ランプは、省エネ性に優れ、かつ寿命の長いランプとして、従来の白熱電球や蛍光ランプに替えて、普及が進みつつある。

[問4の解答群]

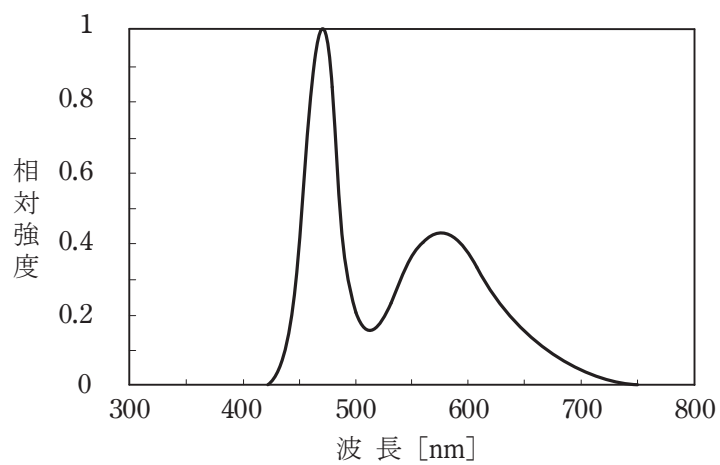
- | | | |
|-----------------|----------------|--------------|
| (イ) 緑色 | (ロ) 大きくても変わらない | (ハ) 黄色 |
| (ニ) エレクトロルミネセンス | (ホ) 大きいほど短くなる | (ヘ) 赤色 |
| (ト) 青色 | (チ) 熱放射 | (リ) ホトルミネセンス |
| (ヌ) 赤外 | (ル) 大きいほど長くなる | (フ) 紫外 |

※(リ)，(カ)，(ヰ)の選択肢は右ページに記載

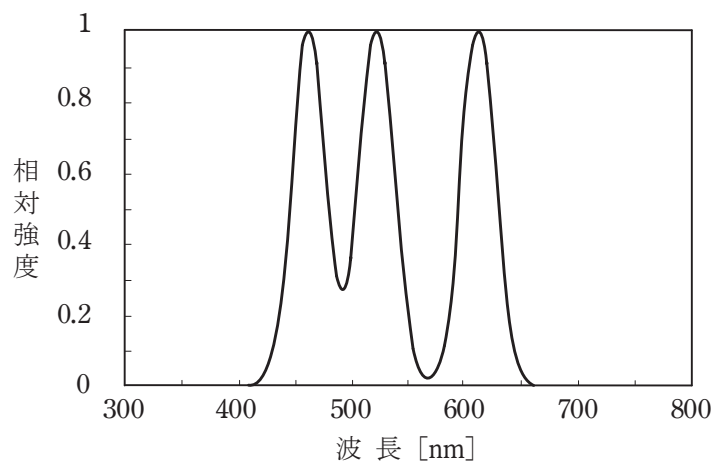
(7)



(カ)



(ク)



B問題(配点は1問題当たり計20点)

問5 次の文章は、PWM制御三相電圧形インバータとその応用に関する記述である。

文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

三角波比較正弦波 PWM 制御を用いた三相電圧形インバータは、インバータが出力する交流電圧の (1) より直流電圧を十分に高くすることにより、交流電流を制御することができる。したがって、この PWM 制御三相電圧形インバータ(以降、変換器と呼ぶ)は (2) に電力を制御できるので、種々の分野で使われている。

図は風力発電に用いられる変換器の構成図であり、風車のロータに直結した同期発電機 SG に、変換器 1 と変換器 2 からなる BTB 変換器を接続した構成である。変換器 1 が (3) 周波数の交流電力を直流に変換し、変換器 2 が直流電力を電力系統周波数の交流に変換する。風車入力エネルギーは羽根の面積を一定とすれば風速の (4) に比例することが知られていて、風速に対して発電できる最大電力とそのときの発電機の回転速度が求まる。したがって、変換器 1 は (5) を行うことが一般的である。また、変換器 2 は (6) を検出し、これが一定となるように有効電力を操作する。さらに、変換器 2 は、電力系統の交流電圧位相に対して、 (7) 成分の交流電流を流すことにより、上記の有効電力ばかりでなく電力系統の無効電力も制御することができるので、系統電圧の安定化に寄与できるという特徴がある。

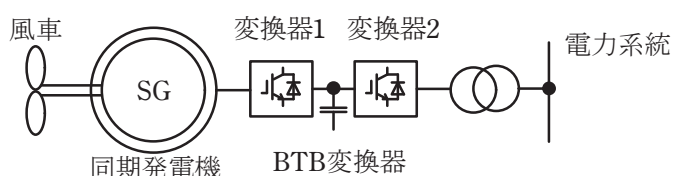


図 風力発電に用いられる変換器の構成図

[問5の解答群]

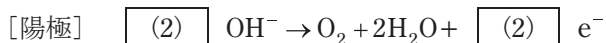
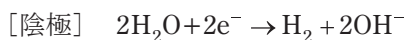
- | | | |
|------------------|--------------------------------|---------------------|
| (イ) 発電機電圧制御 | (ロ) 交流から直流へ一方向 | (ハ) 直流電流値 |
| (ニ) 発電電力制御 | (ホ) 直流から交流へ一方向 | (ヘ) 直流電圧値 |
| (ト) 相電圧波高値 | (チ) 回転数によらず一定の | (リ) $\frac{1}{2}$ 乗 |
| (ヌ) 線間電圧波高値 | (ル) 回転数により変動する | (フ) 3 乗 |
| (ヲ) 線間電圧実効値 | (カ) 直流と交流の間で双方向 | (ヱ) 同相の |
| (タ) π 位相のずれた | (レ) $\pm \frac{\pi}{2}$ 位相のずれた | (ヨ) 2 乗 |
| (ツ) 定格回転数に相当する | | |

問6及び問7は選択問題であり、問6又は問7のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問6 次の文章は、水電解に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

電気分解では、電解質に2本の電極を入れ、直流電流を流して反応を起こす。2本の電極のうちの陰極では、最も反応しやすい物質が電子を (1) 反応が起こる。電気分解の中でも、太陽光発電や風力発電を用いた水素製造にも適用されているアルカリ水電解は水酸化カリウム(KOH)水溶液を電解質とするものである。



陰極又は陽極で変化する物質の量は、流した電気量に比例することをファラデーの電気分解の法則、電子1molのもつ電気量の大きさをファラデー定数： F といい、
 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
である。

ここでは、二つの電解セルを直列に接続した電解槽について考える。電流効率100%のときに1000Aで1時間通電して得られる水素の量はファラデーの電気分解の法則を用いると (3) molであることがわかる。このとき、同時に発生する酸素の体積は水素の体積の (4) 倍である。この電解槽の一つの電解セルの電圧が1.80Vで電流効率が97%のとき、上と同じ量の水素を製造するために必要な電気量は (5) kA・h、電力量は (6) kW・hである。

〔問 6 の解答群〕

- | | | | |
|------------|-------------------|----------|----------|
| (イ) 4 | (ロ) $\frac{1}{4}$ | (ハ) 3 | (ニ) 3.71 |
| (ホ) 受け取る還元 | (ヘ) 1 | (ト) 74.6 | (チ) 2 |
| (リ) 放出する還元 | (ス) $\frac{1}{2}$ | (ル) 18.7 | (フ) 3.49 |
| (ワ) 受け取る酸化 | (カ) 37.3 | (ヨ) 3.60 | (ク) 1.03 |
| (レ) 0.97 | (コ) 1.85 | | |

問 6 及び問 7 は選択問題であり、問 6 又は問 7 のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

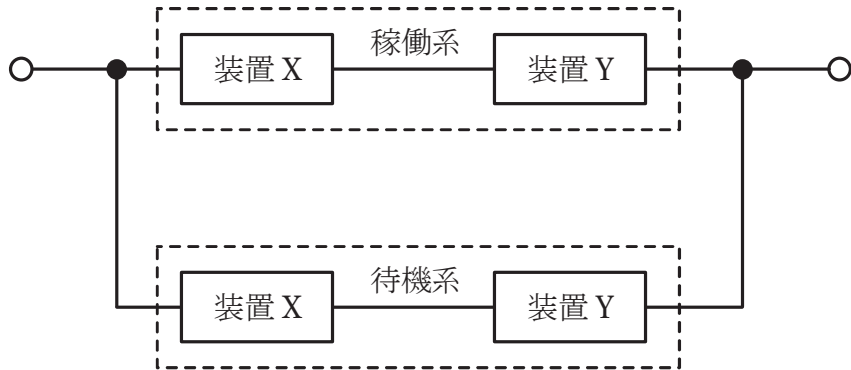
問 7 次の文章は、コンピュータシステムの保守、運用に関する記述である。文中の
□ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

コンピュータシステムは期待された性能を安定に発揮することを求められており、その基準となる信頼性、□ (1) □，保守容易性を RAS と称している。近年では、データを破壊から守る保全性や部外者のアクセスを制限する機密性も加えた RASIS と呼ばれる場合もある。

信頼性は、平均故障間隔 (MTBF) で表され、保守容易性は、平均修理時間 (MTTR) で表される。これらの指標を用いて、□ (1) □ を表す稼働率は、□ (2) □ 式で求められる。

今、ある装置 X を 5 年間連続して稼働させたところ、故障は 2 回で修理の合計時間は 1200 h であった。1 年間を 8760 h とすると、この装置 X の稼働率は □ (3) □ % である。

次に装置 Y を装置 X に直列に接続して用いることを考える。このままでは装置単独で用いるよりも信頼性が低下する。よって、□ (4) □ に基づく設計を適用し、予備機を待機させ、障害発生時にはこの待機系に切り替えて運用できる図示のシステム Z を構築することにした。このシステムを □ (5) □ システムという。この装置の信頼度を稼働状態と待機状態との区別なく、装置 X は 0.7、装置 Y は 0.8 とするとき、待機系への切り替え時に生じる故障や停止を無視すると、システム Z の信頼度は □ (6) □ に改善される。



図：システム Z

〔問 7 の解答群〕

(イ) 0.806

(ロ) 高速性

(ハ) デュアル

(ニ) 0.750

(ホ) 97.3

(ヘ) $\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$

(ト) 可用性

(チ) $1 - \frac{\text{MTTR}}{\text{MTBF}}$

(リ) 応答性

(ヌ) デュプレックス

(ル) 94.7

(ヲ) シンプレックス

(リ) 94.4

(カ) $\frac{\text{MTBF}}{\text{MTTR}}$

(ヨ) フールプルーフ

(タ) 1.12

(レ) フォールトトレランス