

平成 30 年度

第 3 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. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141C01234Aの場合）

受 験 番 号										
数 字				記号	数 字				記号	
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	A
○	●	○	●		○	●	○	○	○	B
○	○	○	○	●	○	○	●	○	○	C
○	○	○	○		○	○	○	●	○	K
○	○	●	○		○	○	○	○	●	L
○	○		○		○	○	○	○	○	M
○	○		○		○	○	○	○	○	N
○	○				○	○	○	○	○	
○	○				○	○	○	○	○	
○	○				○	○	○	○	○	

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. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題番号	選択肢番号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問17と問18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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: $I[\text{A}]$ 抵抗 $R[\Omega]$ 面積は $S[\text{m}^2]$)

(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5点)

問1 界磁磁束を一定に保った直流電動機において、 0.5Ω の抵抗値をもつ電機子巻線と直列に始動抵抗(可変抵抗)が接続されている。この電動機を内部抵抗が無視できる電圧 200V の直流電源に接続した。静止状態で電源に接続した直後の電機子電流は 100A であった。

この電動機の始動後、徐々に回転速度が上昇し、電機子電流が 50A まで減少した。トルクも半分に減少したので、電機子電流を 100A に増やすため、直列可変抵抗の抵抗値を $R_1[\Omega]$ から $R_2[\Omega]$ に変化させた。 R_1 及び R_2 の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ブラシによる電圧降下、始動抵抗を調整する間の速度変化、電機子反作用及びインダクタンスの影響は無視できるものとする。

	R_1	R_2
(1)	2.0	1.0
(2)	4.0	2.0
(3)	1.5	1.0
(4)	1.5	0.5
(5)	3.5	1.5

問2 いろいろな直流機に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電機子と界磁巻線が並列に接続された分巻発電機は、回転を始めた電機子巻線と磁極の残留磁束によって、まず低い電圧で発電が開始される。その結果、界磁巻線に電流が流れ始め、磁極の磁束が強まれば、発電する電圧が上昇し、必要な励磁が確立する。
- (2) 電機子と界磁巻線が直列に接続された直巻発電機は、出力電流が大きく界磁磁極が磁気飽和する場合よりも、出力電流が小さく界磁磁極が磁気飽和しない場合のほうが、出力電圧が安定する。
- (3) 電源電圧一定の条件下で運転される分巻電動機は、負荷が変動した場合でも、ほぼ一定の回転速度を保つので、定速度電動機とよばれる。
- (4) 直巻電動機は、始動時の大きな電機子電流が大きな界磁電流となる。直流電動機のトルクは界磁磁束と電機子電流から発生するので、大きな始動トルクが必要な用途に利用されてきた。
- (5) ブラシと整流子の機械的接触による整流の働きを半導体スイッチで電子的に行うブラシレス DC モータでは、同期機と同様に電機子の作る回転磁界に同期して永久磁石の界磁が回転する。制御によって、外部から見た電圧－電流特性を他励直流電動機とほぼ同様にすることができる。

問3 定格出力 11.0kW, 定格電圧 220V の三相かご形誘導電動機が定トルク負荷に接続されており, 定格電圧かつ定格負荷において滑り 3.0% で運転されていたが, 電源電圧が低下し滑りが 6.0% で一定となった。滑りが一定となったときの負荷トルクは定格電圧のときと同じであった。このとき, 二次電流の値は定格電圧のときの何倍となるか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし, 電源周波数は定格値で一定とする。

- (1) 0.50 (2) 0.97 (3) 1.03 (4) 1.41 (5) 2.00

問4 三相誘導電動機の始動においては、十分な始動トルクを確保し、始動電流は抑制し、かつ定常運転時の特性を損なわないように適切な方法を選定することが必要である。次の文章はその選定のために一般に考慮される特徴の幾つかを述べたものである。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 全電圧始動法は、直入れ始動法とも呼ばれ、かご形誘導電動機において電動機の出力が電源系統の容量に対して十分小さい場合に用いられる。始動電流は定格電流の数倍程度の値となる。
- (2) 二重かご形誘導電動機は、回転子に二重のかご形導体を設けたものであり、始動時には電流が外側導体に偏り始動特性が改善されるので、普通かご形誘導電動機と比較して大きな容量まで全電圧始動法を用いることができる。
- (3) Y- Δ 始動法は、一次巻線を始動時のみ Y 結線とすることにより始動電流を抑制する方法であり、定格出力が 5～15 kW 程度のかご形誘導電動機に用いられる。始動トルクは Δ 結線における始動時の $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍となる。
- (4) 始動補償器法は、三相単巻変圧器を用い、使用する変圧器のタップを切り換えることによって低電圧で始動し運転時には全電圧を加える方法であり、定格出力が 15 kW 程度より大きなかご形誘導電動機に用いられる。
- (5) 巻線形誘導電動機の始動においては、始動抵抗器を用いて始動時に二次抵抗を大きくすることにより始動電流を抑制しながら始動トルクを増大させる方法がある。これは誘導電動機のトルクの比例推移を利用したものである。

問5 次の文章は、同期発電機の種類と構造に関する記述である。

同期発電機では一般的に、小容量のものを除き電機子巻線は に設けて、導体の絶縁が容易であり、かつ、大きな電流が取り出せるようにしている。界磁巻線は に設けて、直流の励磁電流が供給されている。

比較的 の水車を原動機とした水車発電機は、50 Hz 又は 60 Hz の商用周波数を発生させるために磁極数が多く、回転子の直径が軸方向に比べて大きく作られている。

蒸気タービン等を原動機としたタービン発電機は、 で運転されるため、回転子の直径を小さく、軸方向に長くした横軸形として作られている。磁極は回転軸と一体の鍛鋼又は特殊鋼で作られ、スロットに巻線が施される。回転子の形状から 同期機とも呼ばれる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	固定子	回転子	高速度	高速度	突極形
(2)	回転子	固定子	高速度	低速度	円筒形
(3)	回転子	固定子	低速度	低速度	突極形
(4)	回転子	固定子	低速度	高速度	円筒形
(5)	固定子	回転子	低速度	高速度	円筒形

問6 定格容量 P [kV·A]，定格電圧 V [V]の星形結線の三相同期発電機がある。電機子電流が定格電流の40%，負荷力率が遅れ86.6% ($\cos 30^\circ = 0.866$)，定格電圧でこの発電機を運転している。このときのベクトル図を描いて，負荷角 δ の値[°]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，この発電機の電機子巻線の1相当りの同期リアクタンスは単位法で0.915 p.u.，1相当りの抵抗は無視できるものとし，同期リアクタンスは磁気飽和等に影響されず一定であるとする。

- (1) 0 (2) 15 (3) 30 (4) 45 (5) 60

問7 次の文章は、ステッピングモータに関する記述である。

ステッピングモータはパルスモータとも呼ばれ、駆動回路に与えられた に比例する だけ回転するものである。したがって、このモータはパルスを周期的に与えたとき、そのパルスの に比例する回転速度で回転し、入力パルスを停止すれば回転子も停止する。

ステッピングモータはパルスが送られるたびに定められた角度 θ [°]を1ステップとして回転する。この1パルス当たりの回転角度を という。

ステッピングモータには、永久磁石形、可変リラクタンス形、ハイブリッド形などがあり、永久磁石形ステッピングモータでは、無通電状態でも回転子位置を が働く特徴がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	周波数	回転角度	幅	ステップ角	追従する力
(2)	周波数	回転速度	幅	移動角	追従する力
(3)	パルス数	回転速度	周波数	移動角	保持する力
(4)	パルス数	回転角度	幅	ステップ角	追従する力
(5)	パルス数	回転角度	周波数	ステップ角	保持する力

問8 次の文章は、変圧器、直流電動機、誘導電動機及び同期電動機の共通点や相違点に関する記述である。

- a と、負荷抵抗を接続した の等価回路は、電源からの電流が励磁電流と負荷電流に分かれるなど、原理及び構成に共通点が多い。相違点は、 における二次側の負荷抵抗値が、滑りsによって変化するところである。
- b 磁束を与える界磁電流と、トルクに比例する電機子電流を独立して制御できる は、広範囲な回転速度で精密なトルクの制御ができる。
構造が簡単で丈夫なため広く使われている も、インバータを用いた制御によって、 と同様な運転特性をもたせることができる。
- c と は、界磁電流で励磁を制御するなど、原理及び構成に共通点が多い。相違点は、 の出力に負荷角が関与するところである。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	変圧器	誘導電動機	直流電動機	同期電動機
(2)	直流電動機	同期電動機	変圧器	誘導電動機
(3)	誘導電動機	変圧器	直流電動機	同期電動機
(4)	変圧器	直流電動機	誘導電動機	同期電動機
(5)	誘導電動機	変圧器	同期電動機	直流電動機

問9 定格一次電圧 6 000 V，定格二次電圧 6 600 V の単相単巻変圧器がある。消費電力 200 kW，力率 0.8(遅れ)の単相負荷に定格電圧で電力を供給する。単巻変圧器として必要な自己容量の値[kV・A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，巻線のインピーダンス，鉄心の励磁電流及び鉄心の磁気飽和は無視できる。

- (1) 22.7 (2) 25.0 (3) 160 (4) 200 (5) 250

問 10 貯水池に集められた雨水を，毎分 300 m^3 の排水量で，全揚程 10 m を揚水して河川に排水する。このとき， 100 kW の電動機を用いた同一仕様のポンプを用いるとすると，必要なポンプの台数は何台か。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，ポンプの効率は 80% ，設計製作上の余裕係数は 1.1 とし，複数台のポンプは排水を均等に分担するものとする。

- (1) 1 (2) 2 (3) 6 (4) 7 (5) 9

問 11 次の文章は、直流を交流に変換する電力変換器に関する記述である。

図は、直流電圧源から単相の交流負荷に電力を供給する (ア) の動作の概念を示したものであり、(ア) は四つのスイッチ $S_1 \sim S_4$ から構成される。スイッチ $S_1 \sim S_4$ を実現する半導体バルブデバイスは、それぞれ (イ) 機能をもつデバイス(例えば IGBT)と、それと逆並列に接続した (ウ) とからなる。

この電力変換器は、出力の交流電圧と交流周波数とを変化させて運転することができる。交流電圧を変化させる方法は主に二つあり、一つは、直流電圧源の電圧 E を変化させて、交流電圧波形の (エ) を変化させる方法である。もう一つは、直流電圧源の電圧 E は一定にして、基本波 1 周期の間に多数のスイッチングを行い、その多数のパルス幅を変化させて全体で基本波 1 周期の電圧波形を作り出す (オ) と呼ばれる方法である。

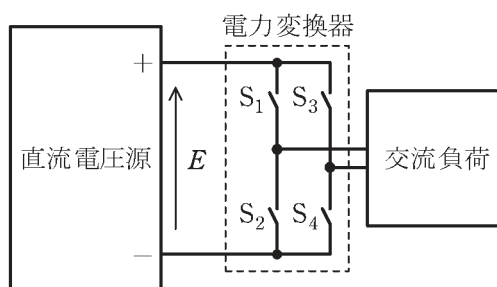


図 直流を交流に変換する電力変換器

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	インバータ	オンオフ制御	サイリスタ	周期	PWM 制御
(2)	整流器	オンオフ制御	ダイオード	周期	位相制御
(3)	整流器	オン制御	サイリスタ	波高値	PWM 制御
(4)	インバータ	オン制御	ダイオード	周期	位相制御
(5)	インバータ	オンオフ制御	ダイオード	波高値	PWM 制御

問 12 次の文章は、リチウムイオン二次電池に関する記述である。

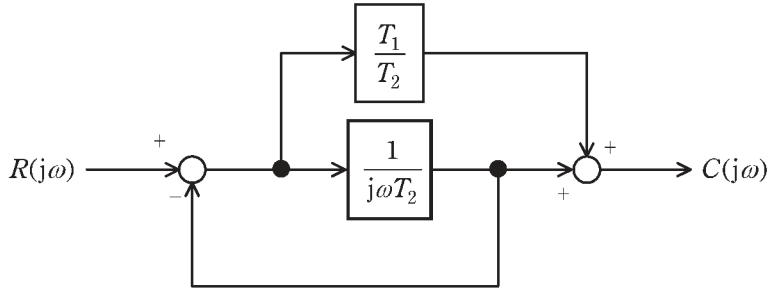
リチウムイオン二次電池は携帯用電子機器や電動工具などの電源として使われているほか、電気自動車の電源としても使われている。

リチウムイオン二次電池の正極には が用いられ、負極には が用いられている。また、電解液には が用いられている。放電時には電解液中をリチウムイオンが へ移動する。リチウムイオン二次電池のセル当たりの電圧は V 程度である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	負極から 正極	3～4
(2)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	無機 電解液	負極から 正極	1～2
(3)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	正極から 負極	1～2
(4)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	有機 電解液	負極から 正極	3～4
(5)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	無機 電解液	正極から 負極	1～2

問 13 図のようなブロック線図で示す制御系がある。出力信号 $C(j\omega)$ の入力信号 $R(j\omega)$ に対する比、すなわち $\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$ を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) $\frac{T_1 + j\omega}{T_2 + j\omega}$

(2) $\frac{T_2 + j\omega}{T_1 + j\omega}$

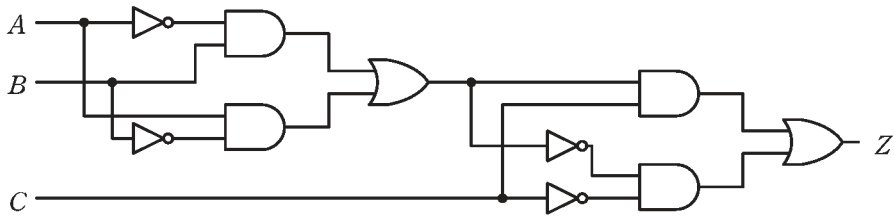
(3) $\frac{j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$

(4) $\frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$

(5) $\frac{1 + j\omega \frac{T_1}{T_2}}{1 + j\omega T_2}$

問 14 図のように，入力信号 A ， B 及び C ，出力信号 Z の論理回路がある。この論理回路には排他的論理和 (EX-OR) を構成する部分と排他的否定論理和 (EX-NOR) を構成する部分が含まれている。

この論理回路の真理値表として，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。



(1)

入力信号			出力信号
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

(2)

入力信号			出力信号
A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(3)

入力信号			出力信号
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Z</i>
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

(4)

入力信号			出力信号
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Z</i>
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(5)

入力信号			出力信号
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Z</i>
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 無負荷で一次電圧6600V, 二次電圧200Vの単相変圧器がある。一次巻線抵抗 $r_1 = 0.6\ \Omega$, 一次巻線漏れリアクタンス $x_1 = 3\ \Omega$, 二次巻線抵抗 $r_2 = 0.5\ \text{m}\Omega$, 二次巻線漏れリアクタンス $x_2 = 3\ \text{m}\Omega$ である。計算に当たっては, 二次側の諸量を一次側に換算した簡易等価回路を用い, 励磁回路は無視するものとして, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この変圧器の一次側に換算したインピーダンスの大きさ [Ω] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 1.15 (2) 3.60 (3) 6.27 (4) 6.37 (5) 7.40

(b) この変圧器の二次側を 200 V に保ち, 容量 200 kV \cdot A, 力率 0.8(遅れ)の負荷を接続した。このときの一次電圧の値 [V] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 6 600 (2) 6 700 (3) 6 740 (4) 6 800 (5) 6 840

問 16 図 1 に示す降圧チョップの回路は、電圧 E の直流電源、スイッチングする半導体バルブデバイス S 、ダイオード D 、リアクトル L 、及び抵抗 R の負荷から構成されている。また、図 2 には、図 1 の回路に示すダイオード D の電圧 v_D と負荷の電流 i_R の波形を示す。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 降圧チョップの回路動作に関し、図 3～図 5 に、実線で示した回路に流れる電流のループと方向を示した三つの電流経路を考える。図 2 の時刻 t_1 及び時刻 t_2 において、それぞれどの電流経路となるか。正しい組合せを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

	時刻 t_1	時刻 t_2
(1)	電流経路 (A)	電流経路 (B)
(2)	電流経路 (A)	電流経路 (C)
(3)	電流経路 (B)	電流経路 (A)
(4)	電流経路 (B)	電流経路 (C)
(5)	電流経路 (C)	電流経路 (B)

(b) 電圧 E が 100 V、降圧チョップの通流率が 50 %、負荷抵抗 R が 2Ω とする。デバイス S は周期 T の高周波でスイッチングし、リアクトル L の平滑作用により、図 2 に示す電流 i_R のリップル成分は十分小さいとする。電流 i_R の平均値 I_R [A] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 17.7 (2) 25.0 (3) 35.4 (4) 50.1 (5) 70.7

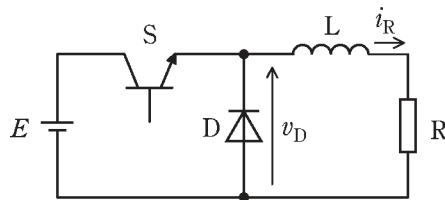


図 1 降圧チョップ

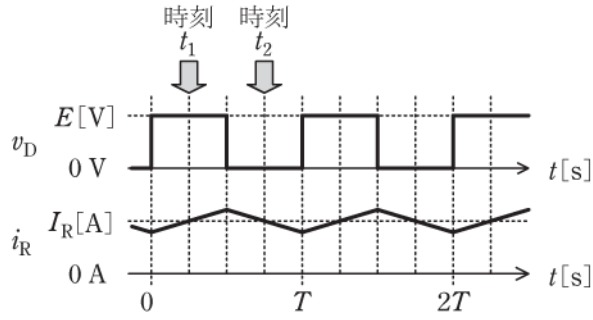


図 2 動作波形

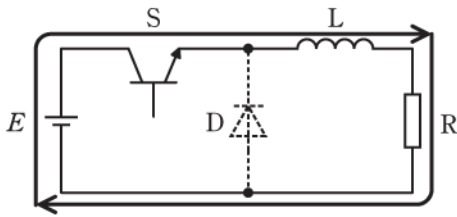


図 3 電流経路 (A)

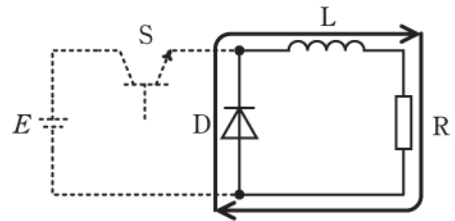


図 4 電流経路 (B)

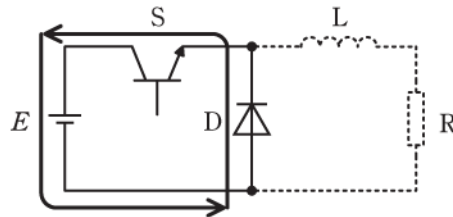


図 5 電流経路 (C)

問 17 及び問 18 は選択問題であり、問 17 又は問 18 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)

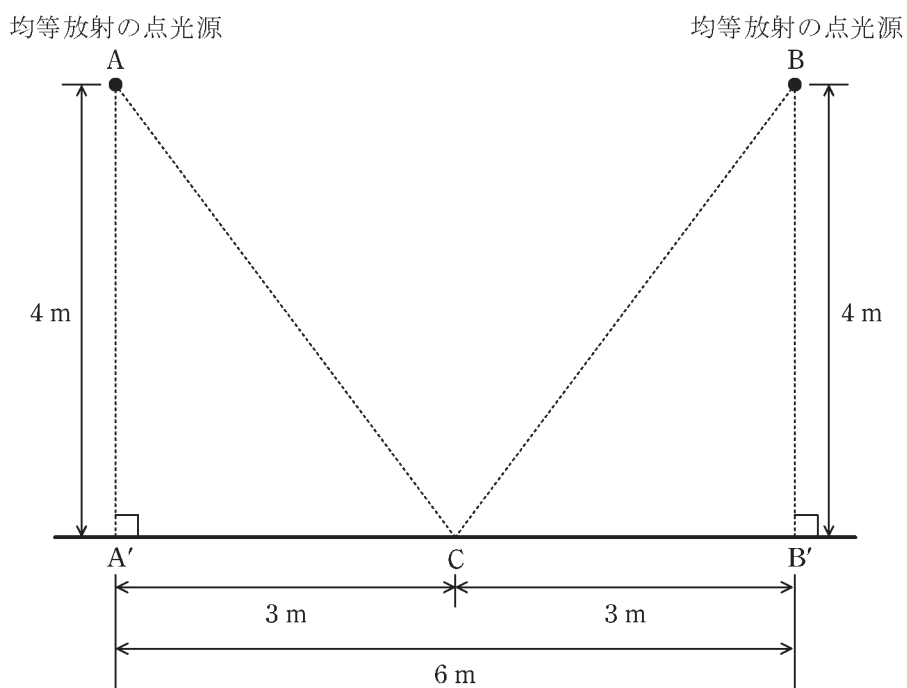
問 17 どの方向にも光度が等しい均等放射の点光源がある。この点光源の全光束は 15000lm である。この点光源二つ(A 及び B)を屋外で図のように配置した。地面から点光源までの高さはいずれも 4m であり、A と B との距離は 6m である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、考える空間には、A 及び B 以外に光源はなく、地面や周囲などからの反射光の影響もないものとする。

(a) 図において、点光源 A のみを点灯した。A の直下の地面 A' 点における水平面照度の値 [lx]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 56 (2) 75 (3) 100 (4) 149 (5) 299

(b) 図において、点光源 A を点灯させたまま、点光源 B も点灯した。このとき、地面 C 点における水平面照度の値 [lx]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 46 (2) 57 (3) 76 (4) 96 (5) 153



(選択問題)

問 18 一般的な水力発電所の概略構成を図 1 に、発電機始動から遮断器投入までの順序だけを考慮したシーケンスを図 2 に示す。図 2 において、SW は始動スイッチ、GOV はガバナ動作、AVR は自動電圧調整器動作、CBC は遮断器投入指令である。

GOV がオンの状態では、ガイドベーンの操作によって水車の回転速度が所定の時間内に所定の値に自動的に調整される。AVR がオンの状態では、励磁装置の動作によって発電機の実出力電圧が所定の時間内に所定の値に自動的に調整される。水車の回転速度及び発電機の実出力電圧が所定の値になると、自動的に外部との同期がとれるものとする。

この始動シーケンスについて、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。なお、シーケンス記号は JIS C 0617-7 (電気用図記号—第 7 部：開閉装置、制御装置及び保護装置) に従っている。

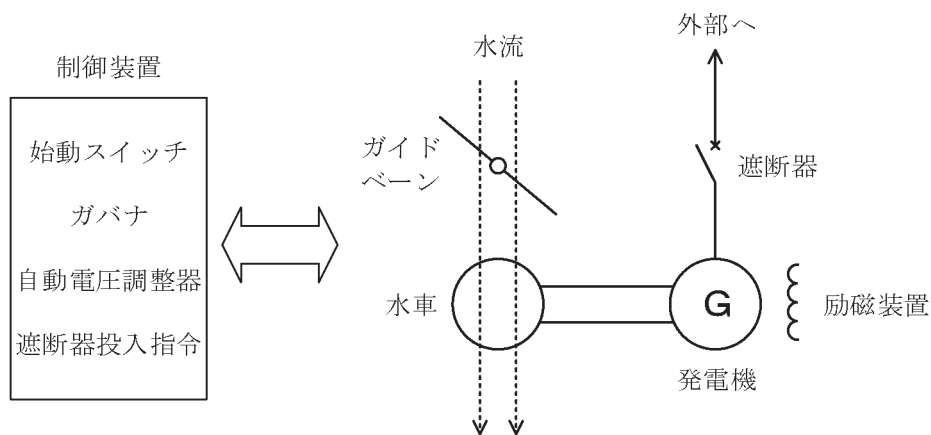


図 1 水力発電所の構成

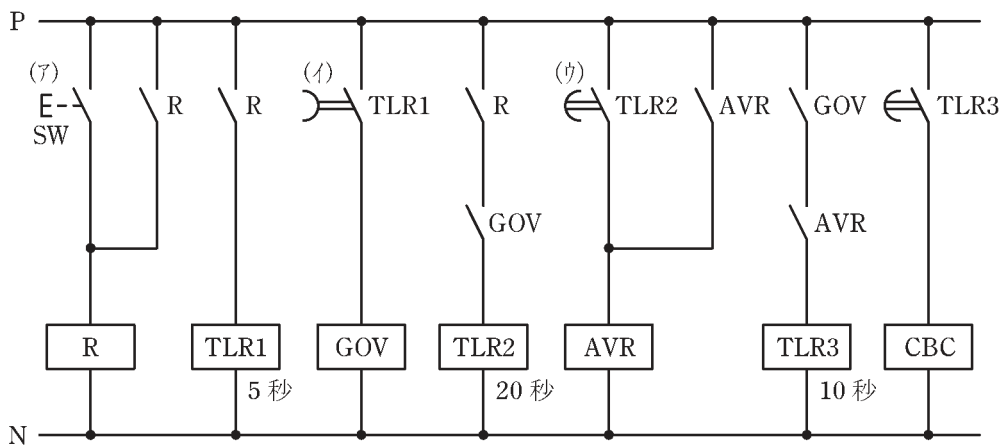


図2 始動シーケンス

(a) 図2の(ア)～(ウ)に示したシンボルの器具名称の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	押しボタンスイッチ	自動復帰接点	手動復帰接点
(2)	ひねり操作スイッチ	瞬時動作限時復帰接点	限時動作瞬時復帰接点
(3)	押しボタンスイッチ	瞬時動作限時復帰接点	限時動作瞬時復帰接点
(4)	ひねり操作スイッチ	自動復帰接点	手動復帰接点
(5)	押しボタンスイッチ	限時動作瞬時復帰接点	瞬時動作限時復帰接点

(b) 始動スイッチをオンさせてから遮断器の投入指令までの時間の値[秒]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、リレーの動作遅れはないものとする。

- (1) 5 (2) 10 (3) 20 (4) 30 (5) 35