

令和元年度

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：0141A01234Aの場合）

受 験 番 号										
数	字	記号	数	字	記号	数	字	記号	数	字
0	1	4	1	A		0	1	2	3	4
●				●		●	0	0	0	0
①	●	①	●		①	●	①	①	①	①
②	②	②	②		②	②	●	②	②	②
③	③	③	③		③	③	③	●	③	③
④	④	●	④		④	④	④	④	●	④
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨				⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

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 $f=50$ Hz 670 k V・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5点)

問1 直流電源に接続された永久磁石界磁の直流電動機に一定トルクの負荷がつながっている。電機子抵抗が $1.00\ \Omega$ である。回転速度が $1\ 000\ \text{min}^{-1}$ のとき、電源電圧は $120\ \text{V}$ 、電流は $20\ \text{A}$ であった。

この電源電圧を $100\ \text{V}$ に変化させたときの回転速度の値 [min^{-1}] 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、電機子反作用及びブラシ、整流子における電圧降下は無視できるものとする。

- (1) 200 (2) 400 (3) 600 (4) 800 (5) 1 000

問2 直流機の電機子反作用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) 直流発電機や直流電動機では、電機子巻線に電流を流すと、電機子電流によって電機子周辺に磁束が生じ、電機子電圧を誘導する磁束すなわち励磁磁束が、電機子電流の影響で変化する。これを電機子反作用という。
- (2) 界磁電流による磁束のベクトルに対し、電機子電流による電機子反作用磁束のベクトルは、同じ向きとなるため、電動機として運転した場合に増磁作用、発電機として運転した場合に減磁作用となる。
- (3) 直流機の界磁磁極片に補償巻線を設け、そこに電機子電流を流すことにより、電機子反作用を緩和できる。
- (4) 直流機の界磁磁極のN極とS極の間に補極を設け、そこに設けたコイルに電機子電流を流すことにより、電機子反作用を緩和できる。
- (5) ブラシの位置を適切に移動させることで、電機子反作用を緩和できる。

問3 4極の三相誘導電動機が 60 Hz の電源に接続され、出力 5.75 kW、回転速度 1656 min^{-1} で運転されている。このとき、一次銅損、二次銅損及び鉄損の三つの損失の値が等しかった。このときの誘導電動機の効率の値[%]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、その他の損失は無視できるものとする。

- (1) 76.0 (2) 77.8 (3) 79.3 (4) 80.6 (5) 88.5

問4 次の文章は、誘導機 の速度制御に関する記述である。

誘導機 の回転速度 n [min^{-1}] は、滑り s 、電源周波数 f [Hz]、極数 p を用いて $n = 120 \cdot \boxed{\text{ア}}$ と表される。したがって、誘導機 の速度は電源周波数によって制御することができ、特にかご形誘導電動機において $\boxed{\text{イ}}$ 電源装置を用いた制御が広く利用されている。

かご形誘導機ではこの他に、運転中に固定子巻線の接続を変更して $\boxed{\text{ウ}}$ を切り換える制御法や、 $\boxed{\text{エ}}$ の大きさを変更する制御法がある。前者は、効率はよいが、速度の変化が段階的となる。後者は、速度の安定な制御範囲を広くするために $\boxed{\text{オ}}$ の値を大きくとり、銅損が大きくなる。

巻線形誘導機では、 $\boxed{\text{オ}}$ の値を調整することにより、トルクの比例推移を利用して速度を変える制御法がある。

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)	$\frac{sf}{p}$	CVCF	極数	一次電圧	一次抵抗
(2)	$\frac{(1-s)f}{p}$	CVCF	相数	二次電圧	二次抵抗
(3)	$\frac{sf}{p}$	VVVF	相数	二次電圧	一次抵抗
(4)	$\frac{(1-s)f}{p}$	VVVF	相数	一次電圧	一次抵抗
(5)	$\frac{(1-s)f}{p}$	VVVF	極数	一次電圧	二次抵抗

問5 次の文章は、星形結線の円筒形三相同期電動機の入力、出力、トルクに関する記述である。

この三相同期電動機の1相分の誘導起電力 E [V]、電圧 V [V]、電流 I [A]、 V と I の位相差を θ [rad]としたときの1相分の入力 P_i [W]は次式で表される。

$$P_i = VI \cos \theta$$

また、 E と V の位相差を δ [rad]とすると、1相分の出力 P_o [W]は次式で表される。 E と V の位相差 δ は (ア) といわれる。

$$P_o = EI \cos(\delta - \theta) = \frac{VE}{x} \quad \text{(イ)}$$

ここで x [Ω]は同期リアクタンスであり、電機子巻線抵抗は無視できるものとする。

この三相同期電動機の全出力を P [W]、同期速度を n_s [min^{-1}]とすると、トルク T [$\text{N}\cdot\text{m}$]と P の関係は次式で表される。

$$P = 3P_o = 2\pi \frac{n_s}{60} T$$

これから、 T は次式のようになる。

$$T = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot 3P_o = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot \frac{3VE}{x} \quad \text{(イ)}$$

以上のことから、 $0 \leq \delta \leq \frac{\pi}{2}$ の範囲において δ が (ウ) なるに従って T は (エ) なり、理論上 $\frac{\pi}{2}$ [rad]のとき (オ) となる。

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)	負荷角	$\cos\delta$	大きく	大きく	最大値
(2)	力率角	$\cos\delta$	大きく	小さく	最小値
(3)	力率角	$\sin\delta$	小さく	小さく	最小値
(4)	負荷角	$\sin\delta$	大きく	大きく	最大値
(5)	負荷角	$\cos\delta$	小さく	小さく	最大値

問6 次の文章は、一般的なブラシレス DC モータに関する記述である。

ブラシレス DC モータは、(ア) が回転子側に、(イ) が固定子側に取り付けられた構造となっており、(イ) が回転しないため、(ウ) が必要な一般の直流電動機と異なる。しかし、何らかの方法で回転子の (エ) を検出して、(イ) への電流を切り換える必要がある。この電流の切り換えを、(オ) で構成された駆動回路を用いて実現している。ブラシレス DC モータは、(オ) の発達とともに発展してきたモータであり、上記の駆動回路が重要な役割を果たすモータである。

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)	電機子巻線	永久磁石	ブラシと整流子	回転速度	半導体 スイッチ
(2)	電機子巻線	永久磁石	ブラシと スリップリング	回転速度	機械スイッチ
(3)	永久磁石	電機子巻線	ブラシと整流子	回転速度	半導体 スイッチ
(4)	永久磁石	電機子巻線	ブラシと スリップリング	回転位置	機械スイッチ
(5)	永久磁石	電機子巻線	ブラシと整流子	回転位置	半導体 スイッチ

問7 次の文章は、電気機器の損失に関する記述である。

- a コイルの電流とコイルの抵抗によるジュール熱が (ア) であり、この損失を低減するため、コイルを構成する電線の断面積を大きくする。

交流電流が並列コイルに分かれて流れると、並列コイル間の電流不平衡からこの損失が増加する。この損失を低減するため、並列回路を構成する各コイルの鎖交磁束と抵抗値、すなわち、各コイルのインピーダンスを等しくする。

- b 鉄心に交流磁束が通ると損失が発生する。その成分は (イ) と (ウ) の二つに分類される。前者は、交流磁束によって誘導された電流が鉄心を流れてジュール熱として発生する。そこで、電気抵抗が高い強磁性材料や、表面を絶縁膜で覆った薄い鉄板を積層した積層鉄心を磁気回路に用いて、電流の経路を断つことで損失を低減する。後者は、鉄心の磁束が磁界の履歴に依存するために発生する。この (ウ) を低減するために電磁鋼板が磁気回路に広く用いられている。

- c 上記の電磁気要因の損失のほか、電動機や発電機では、回転子の運動による軸受け摩擦損や冷却ファンの空気抵抗による損失などの (エ) がある。

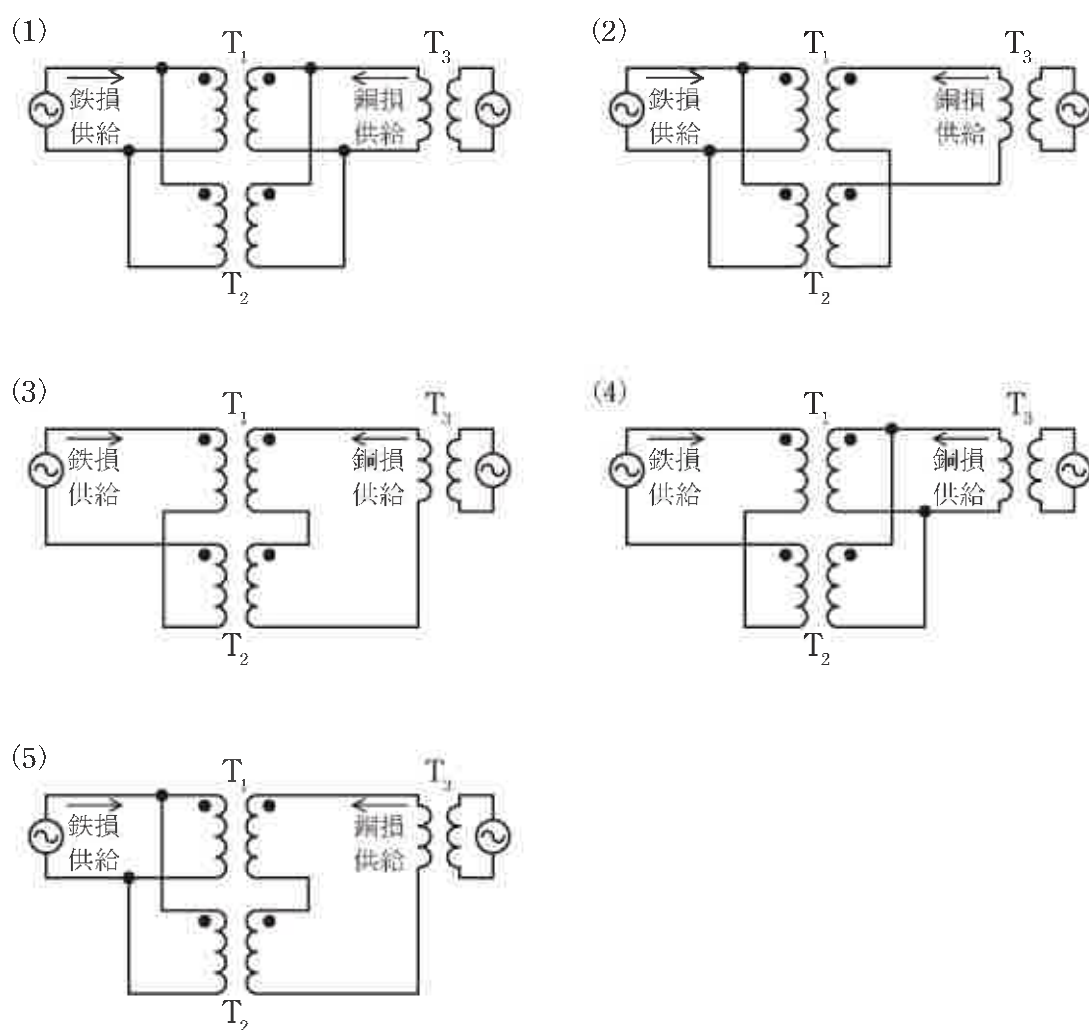
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	銅損	渦電流損	ヒステリシス損	機械損
(2)	鉄損	抵抗損	ヒステリシス損	銅損
(3)	銅損	渦電流損	インダクタンス損	機械損
(4)	鉄損	機械損	ヒステリシス損	銅損
(5)	銅損	抵抗損	インダクタンス損	機械損

問8 2 台の単相変圧器があり、それぞれ、巻数比(一次巻数/二次巻数)が 30.1, 30.0, 二次側に換算した巻線抵抗及び漏れリアクタンスからなるインピーダンスが $(0.013 + j0.022) \Omega$, $(0.010 + j0.020) \Omega$ である。この 2 台の変圧器を並列接続し二次側を無負荷として、一次側に 6 600 V を加えた。この 2 台の変圧器の二次巻線間を循環して流れる電流の値[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、励磁回路のアドミタンスの影響は無視するものとする。

- (1) 4.1 (2) 11.2 (3) 15.3 (4) 30.6 (5) 61.3

問9 変圧器の試験方法の一つに温度上昇試験がある。小形変圧器の場合には実負荷法を用いるが、電力用等の大形変圧器では返還負荷法を用いる。返還負荷法では、外部電源から鉄損と銅損に相当する電力のみを供給すればよいので試験電源が比較的小規模なものです。単相変圧器におけるこの試験の結線方法及び図中に示す鉄損、銅損の供給方法として、次の(1)～(5)のうちから正しいものを一つ選べ。ただし、 T_1 、 T_2 は試験対象となる同じ仕様の変圧器、 T_3 は補助変圧器である。



問 10 次の文章は、単相サイリスタ整流回路に関する記述である。

図 1 には純抵抗負荷に接続された単相サイリスタ整流回路を示し、 $T_1 \sim T_4$ のサイリスタはオン電圧降下を無視できるものとする。また、図 1 中の矢印の方向を正とした交流電源の電圧 $v = V \sin \omega t$ [V] 及び直流側電圧 v_d の波形をそれぞれ破線及び実線で図 2 に示す。

図 2 に示した交流電圧の位相において、 $\pi < \omega t < 2\pi$ の位相で同時にオン信号を与えるサイリスタは (ア) である。

交流電圧 1 サイクルの中で、例えばサイリスタ T_4 から T_2 へ導通するサイリスタが換わる動作を考える。 T_4 がオンしている状態から位相 π で電流が零になると、 T_4 はオフ状態となる。その後、制御遅れ角 α を経て T_2 にオン信号を与えると、電流が T_2 に流れる。このとき既に電流が零になった T_4 には、交流電圧 v が (イ) として印加される。すなわち、(ウ) であるサイリスタは、極性が変わる交流電圧を利用してターンオフすることができる。

次に交流電圧と直流側電圧の関係について考える。サイリスタ T_2 と T_3 がオンしている期間は交流電源の (エ) と直流回路の N 母線が同じ電位になるので、このときの直流側電圧 v_d は (オ) と等しくなる。

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。

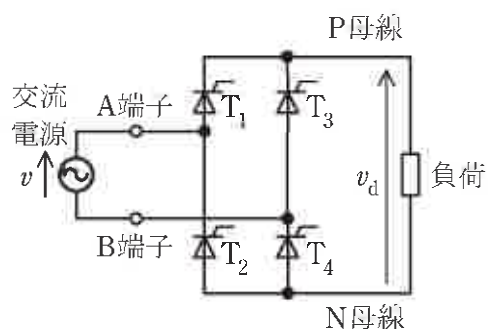


図 1

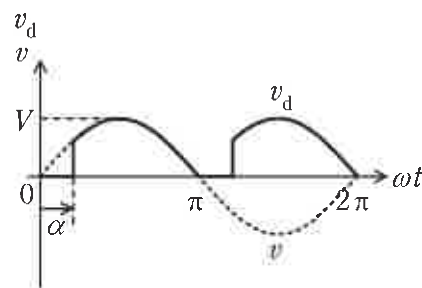


図 2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	T_2 と T_3	順電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(2)	T_1 と T_4	逆電圧	オン制御 デバイス	B 端子	交流電圧 v
(3)	T_2 と T_3	逆電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(4)	T_1 と T_4	順電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(5)	T_2 と T_3	逆電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧 v

問 11 かの質量が 250 kg、定格積載質量が 1 500 kg のロープ式エレベータにおいて、釣合いおもりの質量は、かの質量に定格積載質量の 50 %を加えた値とした。このエレベータの電動機出力を 22 kW とした場合、一定速度でかが上昇しているときの速度の値[m/min]はいくらになるか、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、エレベータの機械効率は 70 %、積載量は定格積載質量とし、ロープの質量は無視するものとする。

- (1) 54 (2) 94 (3) 126 (4) 180 (5) 377

問 12 次の文章は、太陽光発電システムに関する記述である。

太陽光発電システムは、太陽電池アレイ、パワーコンディショナ、これらを接続する接続箱、交流側に設置する交流開閉器などで構成される。

太陽電池アレイは、複数の太陽電池 (ア) を通常は直列に接続して構成される太陽電池 (イ) をさらに直並列に接続したものである。パワーコンディショナは、直流を交流に変換する (ウ) と、連系保護機能を実現する系統連系用保護装置などで構成されている。

太陽電池アレイの出力は、日射強度や太陽電池の温度によって変動する。これらの変動に対し、太陽電池アレイから常に (エ) の電力を取り出す制御は、MPPT(Maximum Power Point Tracking)制御と呼ばれている。

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)	モジュール	セル	整流器	最小
(2)	ユニット	セル	インバータ	最大
(3)	ユニット	モジュール	インバータ	最小
(4)	セル	ユニット	整流器	最小
(5)	セル	モジュール	インバータ	最大

問 13 図 1 に示す R-L 回路において、端子 a-a' 間に 5 V の階段状のステップ電圧 $v_1(t)$ [V] を加えたとき、抵抗 R_2 [Ω] に発生する電圧を $v_2(t)$ [V] とすると、 $v_2(t)$ は図 2 のようになった。この回路の R_1 [Ω]、 R_2 [Ω] 及び L [H] の値と、入力を $v_1(t)$ 、出力を $v_2(t)$ としたときの周波数伝達関数 $G(j\omega)$ の式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

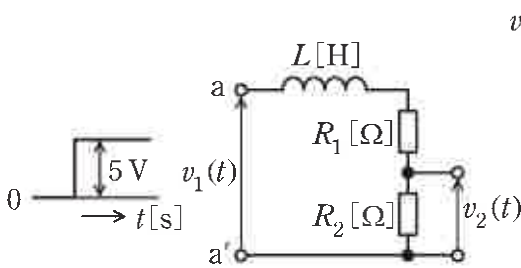


図 1

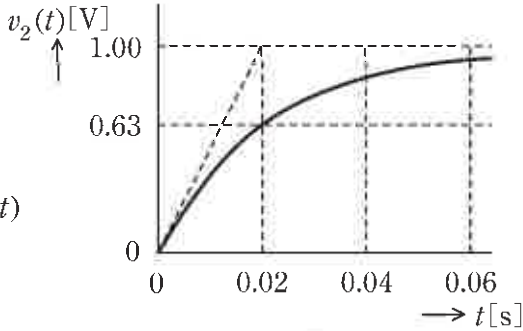


図 2

	R_1	R_2	L	$G(j\omega)$
(1)	80	20	0.2	$\frac{0.5}{1+j0.2\omega}$
(2)	40	10	1.0	$\frac{0.5}{1+j0.02\omega}$
(3)	8	2	0.1	$\frac{0.2}{1+j0.2\omega}$
(4)	4	1	0.1	$\frac{0.2}{1+j0.02\omega}$
(5)	0.8	0.2	1.0	$\frac{0.2}{1+j0.2\omega}$

問 14 2 進数 A と B がある。それらの和が $A+B=(101010)_2$, 差が $A-B=(1100)_2$ であるとき, B の値として, 正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) $(1110)_2$ (2) $(1111)_2$ (3) $(10011)_2$ (4) $(10101)_2$ (5) $(11110)_2$

B問題(配点は1問題当たり(a)5点，(b)5点，計10点)

問 15 並行運転している A 及び B の 2 台の三相同期発電機がある。それぞれの発電機の負荷分担が同じ 7 300 kW であり，端子電圧が 6 600 V のとき，三相同期発電機 A の負荷電流 I_A が 1 000 A，三相同期発電機 B の負荷電流 I_B が 800 A であった。損失は無視できるものとして，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 三相同期発電機 A の力率の値[%]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 48

(2) 64

(3) 67

(4) 77

(5) 80

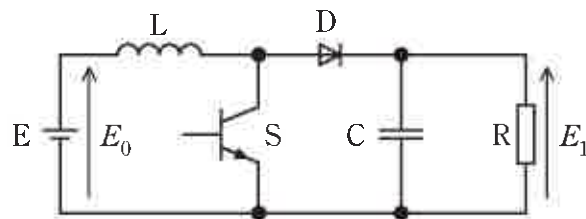
(b) 2 台の発電機の合計の負荷が調整の前後で変わらずに一定に保たれているものとして、この状態から三相同期発電機 A 及び B の励磁及び駆動機の出力を調整し、三相同期発電機 A の負荷電流は調整前と同じ 1000 A とし、力率は 100 %とした。このときの三相同期発電機 B の力率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 22 (2) 50 (3) 71 (4) 87 (5) 100

問 16 図は直流昇圧チョッパ回路であり、スイッチングの周期を T [s] とし、その中で動作を考える。ただし、直流電源 E の電圧を E_0 [V] とし、コンデンサ C の容量は十分に大きく出力電圧 E_1 [V] は一定とみなせるものとする。

半導体スイッチ S がオンの期間 T_{on} [s] では、 E —リアクトル L — S — E の経路と C —負荷 R — C の経路の二つで電流が流れ、このときに L に蓄えられるエネルギーが増加する。 S がオフの期間 T_{off} [s] では、 E — L —ダイオード D —(C と R の並列回路)— E の経路で電流が流れ、 L に蓄えられたエネルギーが出力側に放出される。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。



昇圧チョッパ回路

- (a) この動作において、 L の磁束を増加させる電圧時間積は (ア) であり、磁束を減少させる電圧時間積は (イ) である。定常状態では、増加する磁束と減少する磁束が等しいとおけるので、入力電圧と出力電圧の関係を求めることができる。

上記の記述中の空白箇所 (ア) 及び (イ) 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)
(1)	$E_0 \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{\text{off}}$
(2)	$E_0 \cdot T_{\text{on}}$	$E_1 \cdot T_{\text{off}}$
(3)	$E_0 \cdot T$	$E_1 \cdot T_{\text{off}}$
(4)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{\text{off}}$
(5)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1 - E_0) \cdot T$

(b) 入力電圧 $E_0 = 100 \text{ V}$ ，通流率 $\alpha = 0.2$ のときに，出力電圧 E_1 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) 80

(2) 125

(3) 200

(4) 400

(5) 500

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 電気給湯器を用いて、貯湯タンクに入っている温度 20°C 、体積 0.37 m^3 の水を 85°C に加熱したい。水の比熱容量は $4.18 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、水の密度は $1.00 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 貯湯タンク内の水の加熱に必要な熱エネルギー Q の値 [MJ] として、最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 51 (2) 101 (3) 152 (4) 202 (5) 253

(b) 電気給湯器として COP (成績係数) が 4.0 のヒートポンプユニットを用いた。この加熱に要した時間は 6 時間であった。ヒートポンプユニットの消費電力 P の値 [kW] 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、ヒートポンプ式電気給湯器の貯湯タンク、ヒートポンプユニット、配管などの加熱に必要な熱エネルギーは無視し、それらからの熱損失もないものとする。また、ヒートポンプユニットの消費電力及び COP は、いずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 0.96 (2) 1.06 (3) 1.16 (4) 1.26 (5) 1.36

(選択問題)

問 18 論理関数について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 論理式 $X \cdot Y \cdot Z + X \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z} + \bar{X} \cdot Y \cdot Z + X \cdot \bar{Y} \cdot Z$ を積和形式で簡単化したものとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $X \cdot Y + X \cdot Z$ (2) $X \cdot \bar{Y} + Y \cdot Z$ (3) $\bar{X} \cdot Y + X \cdot Z$
(4) $X \cdot Y + \bar{Y} \cdot Z$ (5) $X \cdot Y + \bar{X} \cdot Z$

(b) 論理式 $(X + Y + Z) \cdot (X + Y + \bar{Z}) \cdot (X + \bar{Y} + Z)$ を和積形式で簡単化したものとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $(X + Y) \cdot (X + Z)$ (2) $(X + \bar{Y}) \cdot (X + Z)$ (3) $(X + Y) \cdot (Y + \bar{Z})$
(4) $(X + \bar{Y}) \cdot (Y + Z)$ (5) $(X + Z) \cdot (Y + \bar{Z})$

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					
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	A
●					●	0	0	0	0	●
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●
②	②	②	②	●	②	②	●	②	②	●
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧	⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	

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 $f=50$ Hz 670 k V・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 [m²])

(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、 $0.5\ \Omega$ 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 200 V 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 100 A 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 50 A 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 100 A 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 11.0 kW, 定格電圧 220 V 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 (ア) 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 (イ) に設けて、直流の励磁電流が供給されている。

比較的 (ウ) 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、 (エ) 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 (オ) 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 相当たりの同期リアクタンスは単位法で 0.915 p.u.，1 相当た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 (ア) に比例する (イ) 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 (ウ) 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 (エ) 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 (オ) 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。

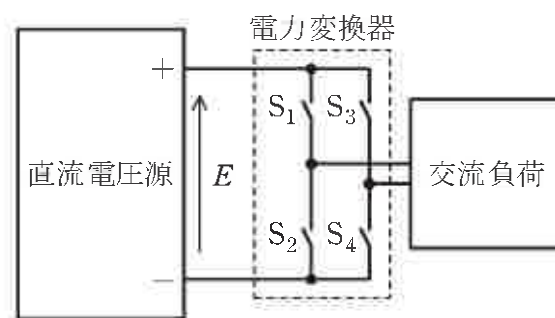


図 直流を交流に変換する電力変換器

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。

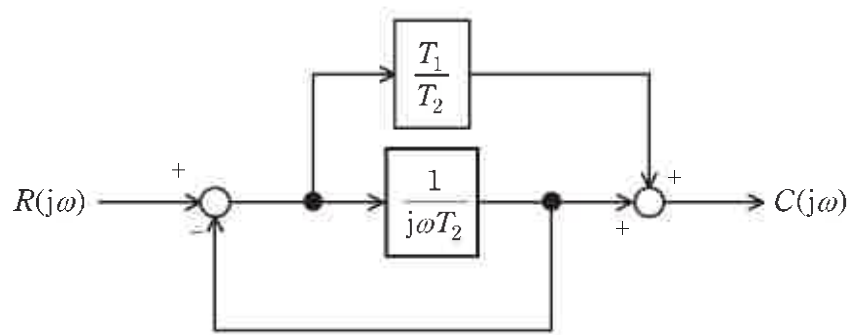
リチウムイオン二次電池は携帯用電子機器や電動工具などの電源として使われているほか、電気自動車の電源としても使われている。

リチウムイオン二次電池の正極には (ア) が用いられ、負極には (イ) が用いられている。また、電解液には (ウ) 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 (エ) 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 (オ) 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

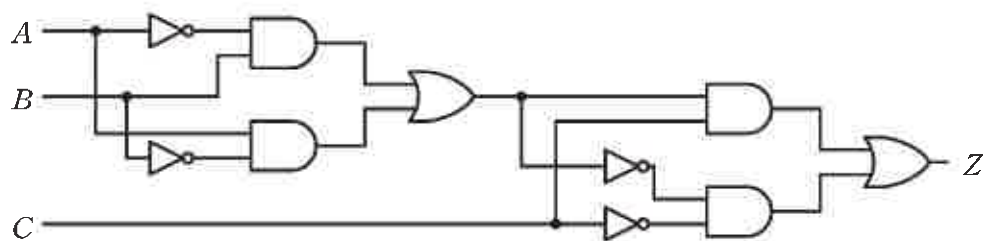
問 13 図のようなブロック線図で示す制御系がある。出力信号 $C(j\omega)$ の入力信号 $R(j\omega)$ に対する比，すなわち $\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$ を示す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (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 6 600 V, 二次電圧 200 V 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)の問に答えよ。

(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・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パの回路は、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) 降圧チョップパの回路動作に関し、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、降圧チョップパの通流率が 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

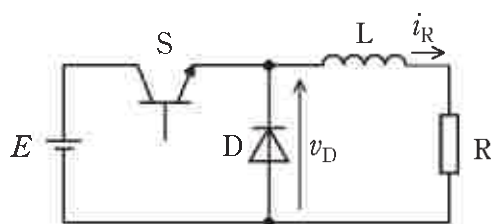


図 1 降圧チョップパ

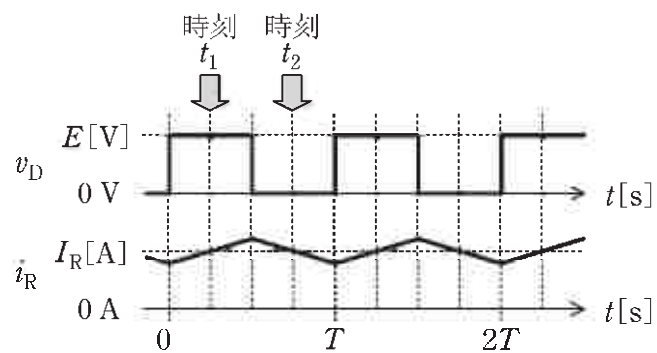


図 2 動作波形

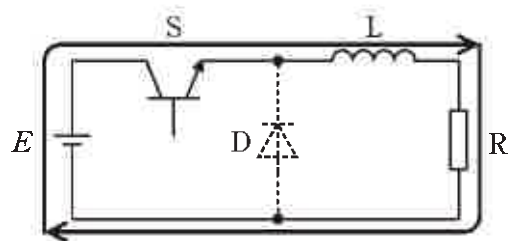


図 3 電流経路(A)

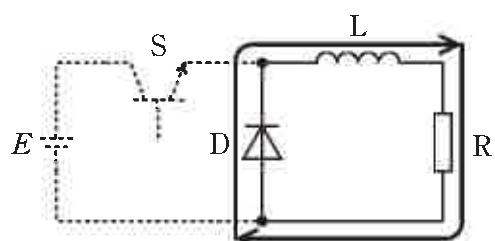


図 4 電流経路(B)

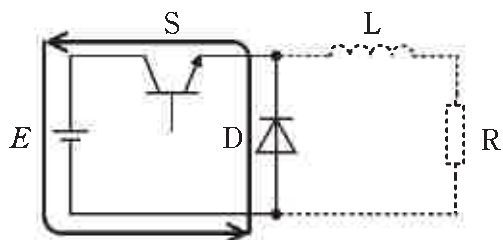


図 5 電流経路(C)

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 15000 lm 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 4 m であり、A と B との距離は 6 m 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。

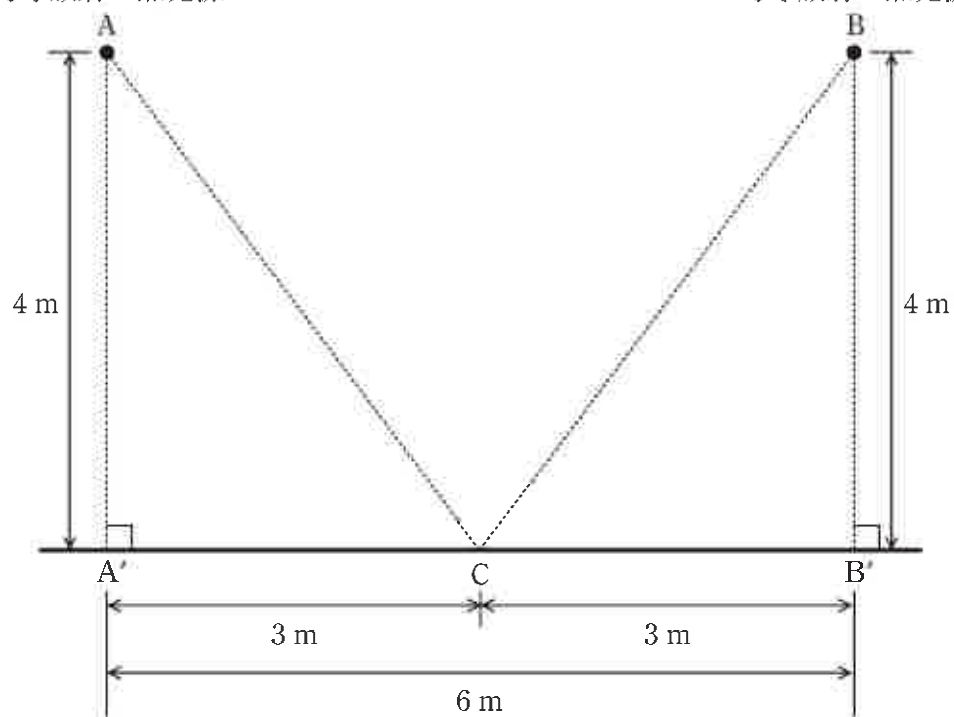
- (1) 56 (2) 75 (3) 100 (4) 149 (5) 299

(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

均等放射の点光源

均等放射の点光源



(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、ガイドペ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)の問に答えよ。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。

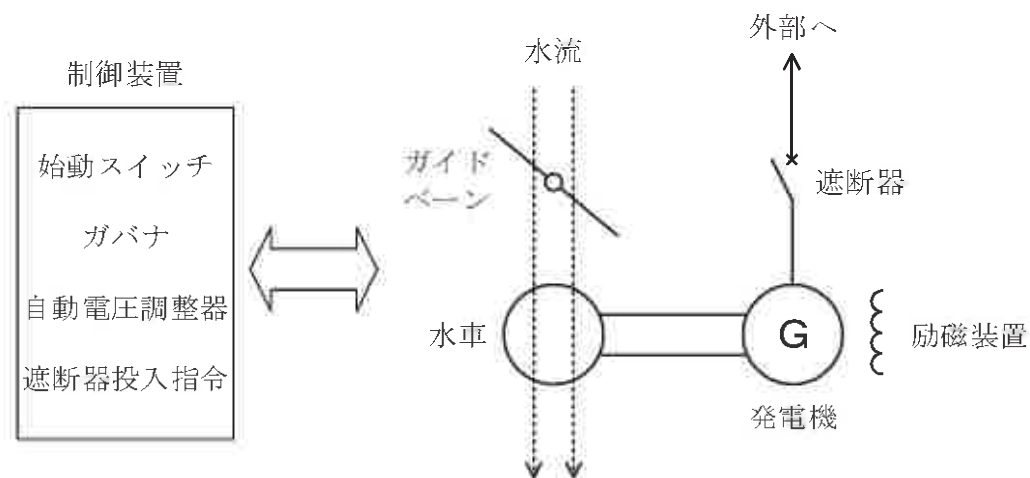


図 1 水力発電所の構成

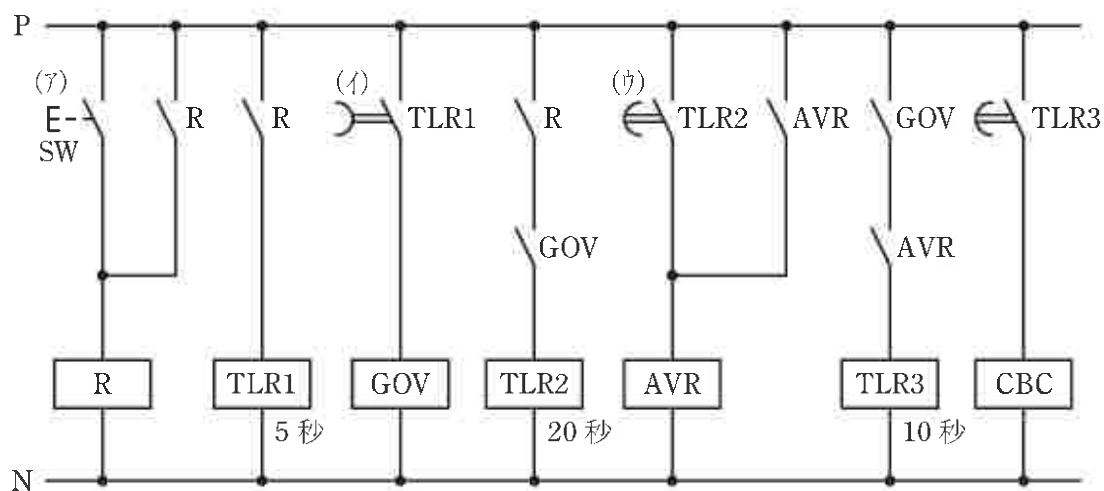


図2 始動シーケンス

(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

平成 29 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：0141B01234Aの場合）

受 験 番 号										
数 字					数 字					記号
0	1	4	1	B	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	●
①	●	①	●	●	①	●	①	①	①	●
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧	⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	

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 $f=50$ 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 [m²])

(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。

第 3 種

機

械

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 界磁に永久磁石を用いた小形直流電動機があり、電源電圧は定格の12 V、回転を始める前の静止状態における始動電流は4 A、定格回転数における定格電流は1 Aである。定格運転時の効率の値[%]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線による銅損しか存在しないものとする。

- (1) 60 (2) 65 (3) 70 (4) 75 (5) 80

問2 界磁に永久磁石を用いた磁束一定の直流機で走行する車があり、上り坂で電動機運転を、下り坂では常に回生制動(直流機が発電機としてブレーキをかける運転)を行い、一定の速度(直流機が一定の回転速度)を保って走行している。

この車の駆動システムでは、直流機の電機子銅損以外の損失は小さく無視できる。電源の正極側電流、直流機内の誘導起電力など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) 上り坂における正極側の電流は、電源から直流機へ向かって流れている。
- (2) 上り坂から下り坂に変わるとき、誘導起電力の方向が反転する。
- (3) 上り坂から下り坂に変わるとき、直流機が発生するトルクの方法が反転する。
- (4) 上り坂から下り坂に変わるとき、電源電圧を下げる制御が行われる。
- (5) 下り坂における正極側の電流は、直流機から電源へ向かって流れている。

問3 次の文章は、誘導機に関する記述である。

誘導機の二次入力は一(ア)とも呼ばれ、トルクに比例する。二次入力における機械出力と二次銅損の比は、誘導機の滑りを s として一(イ)の関係にある。この関係を用いると、二次銅損は常に正であることから、 s が -1 から 0 の間の値をとるとき機械出力は一(ウ)となり、誘導機は一(エ)として運転される。

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)	同期ワット	$(1-s):s$	負	発電機
(2)	同期ワット	$(1+s):s$	負	発電機
(3)	トルクワット	$(1+s):s$	正	電動機
(4)	同期ワット	$(1-s):s$	負	電動機
(5)	トルクワット	$(1-s):s$	正	電動機

問 4 次の文章は、三相同期発電機の並行運転に関する記述である。

既に同期発電機 A が母線に接続されて運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するために必要な条件又は操作として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の相回転方向が一致していること。同期発電機 B の設置後又は改修後の最初の運転時に相回転方向の一致を確認すれば、その後は母線への並列のたびに相回転方向を確認する必要はない。
- (2) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相を合わせるために、同期発電機 B の駆動機の回転速度を調整する。
- (3) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の大きさを等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを調整する。
- (4) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の波形をほぼ等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを変えずに励磁電圧の大きさを調整する。
- (5) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相の一致を検出するために、同期検定器を使用するのが一般的であり、位相が一致したところで母線に並列する遮断器を閉路する。

問 5 定格出力 10 MV・A，定格電圧 6.6 kV，百分率同期インピーダンス 80 % の三相同期発電機がある。三相短絡電流 700 A を流すのに必要な界磁電流が 50 A である場合，この発電機の定格電圧に等しい無負荷端子電圧を発生させるのに必要な界磁電流の値[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，百分率同期インピーダンスの抵抗分は無視できるものとする。

- (1) 50.0 (2) 62.5 (3) 78.1 (4) 86.6 (5) 135.3

問6 次の文章は、一般的な電気機器(変圧器，直流機，誘導機，同期機)の共通点に関する記述である。

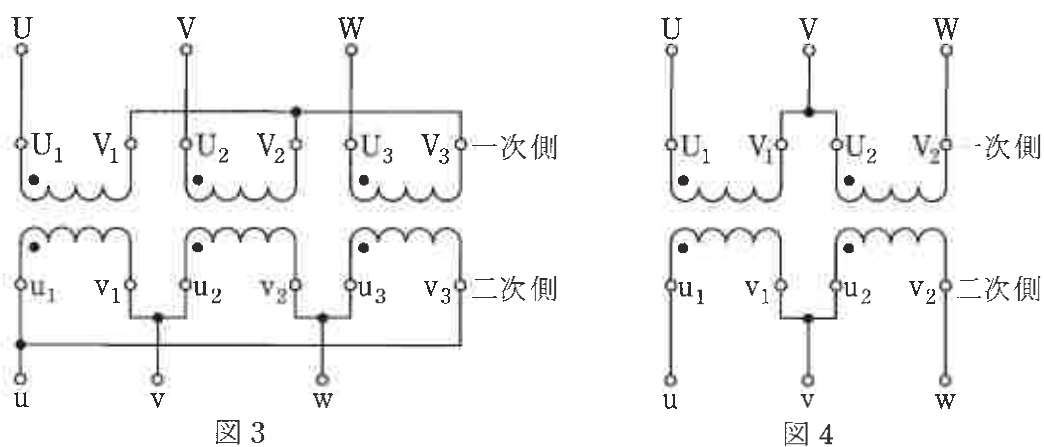
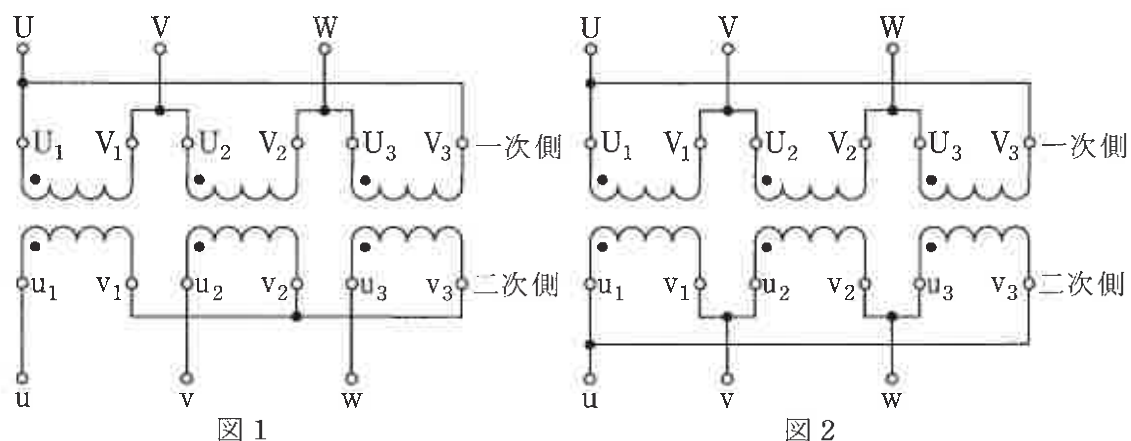
- a と は，磁束の大きさ一定，電源電圧(交流機では周波数も)一定のとき回転速度の変化でトルクが変化する。
- b 一次巻線に負荷電流と励磁電流を重畳して流す と は，特性計算に用いる等価回路がよく似ている。
- c 負荷電流が電機子巻線を流れる と は，界磁磁束と電機子反作用磁束のベクトル和の磁束に比例する誘導起電力が発生する。

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)	誘導機	直流機	変圧器	同期機
(2)	同期機	直流機	変圧器	誘導機
(3)	直流機	誘導機	変圧器	同期機
(4)	同期機	直流機	誘導機	変圧器
(5)	直流機	誘導機	同期機	変圧器

問 7 図 1～3 は、同じ定格の単相変圧器 3 台を用いた三相の変圧器であり、図 4 は、同じ定格の単相変圧器 2 台を用いた V 結線三相変圧器である。各図の一次側電圧に対する二次側電圧の位相変位(角変位)の値[rad]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、各図において一次電圧の相順は U, V, W とする。



(選択肢は右側に記載)

	図 1	図 2	図 3	図 4
(1)	進み $\frac{\pi}{6}$	0	遅れ $\frac{\pi}{6}$	0
(2)	遅れ $\frac{\pi}{6}$	0	進み $\frac{\pi}{6}$	進み $\frac{\pi}{6}$
(3)	遅れ $\frac{\pi}{6}$	0	進み $\frac{\pi}{6}$	0
(4)	進み $\frac{\pi}{6}$	遅れ $\frac{\pi}{6}$	遅れ $\frac{\pi}{6}$	遅れ $\frac{\pi}{6}$
(5)	遅れ $\frac{\pi}{6}$	進み $\frac{\pi}{6}$	進み $\frac{\pi}{6}$	進み $\frac{\pi}{6}$

問 8 定格容量 $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器において、力率 1 の負荷で全負荷運転したときに、銅損が 1000 W 、鉄損が 250 W となった。力率 1 を維持したまま負荷を調整し、最大効率となる条件で運転した。銅損と鉄損以外の損失は無視できるものとし、この最大効率となる条件での効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 95.2 (2) 96.0 (3) 97.6 (4) 98.0 (5) 99.0

問9 次の文章は、電力用コンデンサに関する記述である。

電力用コンデンサには、進相コンデンサ、調相コンデンサ及び直列コンデンサがあり、さらにフィルタ用コンデンサやサージ吸収用コンデンサなどを含めることがある。電力用コンデンサは、一般的に複数枚の薄葉誘電体を金属はく電極とともに巻き込み、リード線を引き出した単位コンデンサの集合で構成し、容器などに収納したものである。また、電極として蒸着金属が用いられることがある。誘電体には、広い面積にわたり厚さが均一であること、適当な機械的強度を有すること、誘電率が (ア) その温度変化が少ないこと、誘電正接が (イ) 絶縁抵抗及び絶縁耐力が (ウ) こと、耐熱性に優れ長期安定性に優れていることなどが求められる。

電力用コンデンサの (エ) 点検としては、油漏れ、発錆、がいしの汚損、容器の変形、端子部の過熱及び機器の異常過熱などの有無について確認を行う。また、数年ごとあるいは異常発生時に行う (オ) 点検として、 (エ) 点検項目のほかにコンデンサの静電容量・損失の測定、端子－外箱間の絶縁抵抗測定、耐電圧試験などを実施する。

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)	高く	小さく	高い	日常	特別
(2)	高く	大きく	高い	日常	特別
(3)	低く	大きく	高い	特別	日常
(4)	高く	小さく	低い	特別	日常
(5)	低く	大きく	低い	特別	日常

問 10 電力変換装置では、各種のパワー半導体デバイスが使用されている。パワー半導体デバイスの定常的な動作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) ダイオードの導通，非導通は，そのダイオードに印加される電圧の極性で決まり，導通時は回路電圧と負荷などで決まる順電流が流れる。
- (2) サイリスタは，オンのゲート電流が与えられて順方向の電流が流れている状態であれば，その後にゲート電流を取り去っても，順方向の電流に続く逆方向の電流を流すことができる。
- (3) オフしているパワーMOSFET は，ボディーダイオードを内蔵しているのでオンのゲート電圧が与えられなくても逆電圧が印加されれば逆方向の電流が流れる。
- (4) オフしている IGBT は，順電圧が印加されていてオンのゲート電圧を与えると順電流を流すことができ，その状態からゲート電圧を取り去ると非導通となる。
- (5) IGBT と逆並列ダイオードを組み合わせたパワー半導体デバイスは，IGBT にとって順方向の電流を流すことができる期間を IGBT のオンのゲート電圧を与えることで決めることができる。IGBT にとって逆方向の電圧が印加されると，IGBT のゲート状態にかかわらず IGBT にとって逆方向の電流が逆並列ダイオードに流れる。

問 11 図 1 は、平滑コンデンサをもつ単相ダイオードブリッジ整流器の基本回路である。なお、この回路のままでは電流波形に高調波が多く含まれるので、実用化に当たっては注意が必要である。

図 1 の基本回路において、一定の角周波数 ω の交流電源電圧を v_s 、電源電流を i_1 、図中のダイオードの電流を i_2, i_3, i_4, i_5 とする。平滑コンデンサの静電容量は、負荷抵抗の値とで決まる時定数が電源の 1 周期に対して十分に大きくなるように選ばれている。図 2 は交流電源電圧 v_s に対する各部の電流波形の候補を示している。図 1 の電流 i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 の波形として正しい組合せを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

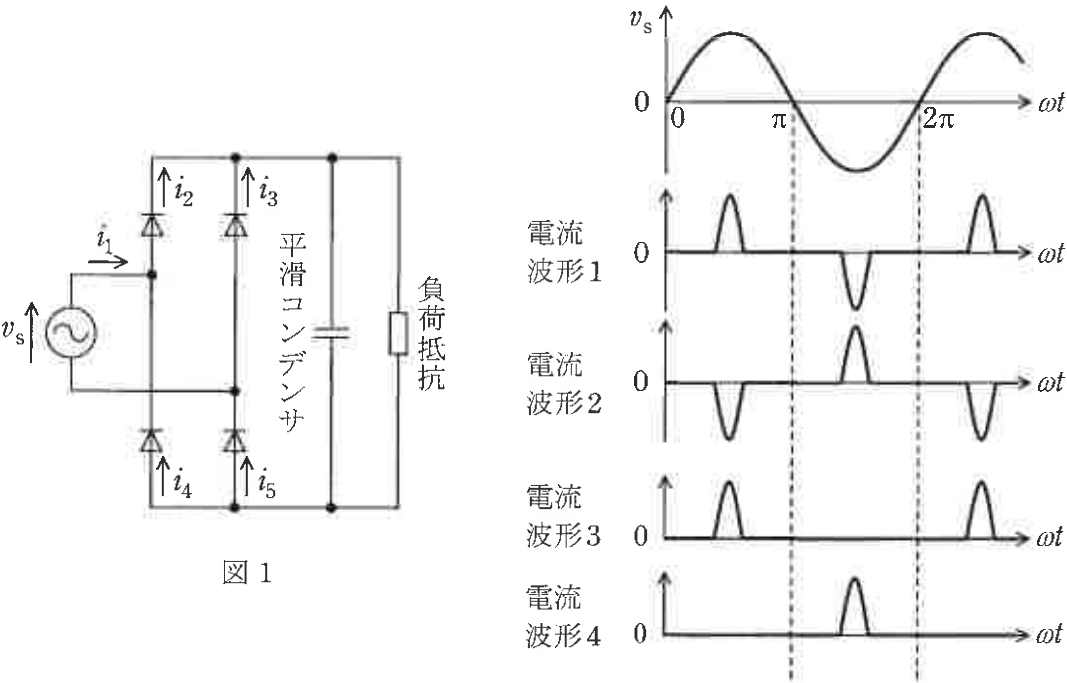


図 2

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
(1)	電流波形 1	電流波形 4	電流波形 3	電流波形 3	電流波形 4
(2)	電流波形 2	電流波形 3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形 3
(3)	電流波形 1	電流波形 4	電流波形 3	電流波形 4	電流波形 3
(4)	電流波形 2	電流波形 4	電流波形 3	電流波形 3	電流波形 4
(5)	電流波形 1	電流波形 3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形 3

問 12 次の文章は、送風機など電動機の負荷の定常特性に関する記述である。

電動機の負荷となる機器では、損失などを無視し、電動機の回転数と機器において制御対象となる速度が比例するとすると、速度に対するトルクの代表的な特性が以下に示すように二つある。

一つは、エレベータなどの鉛直方向の移動体で速度に対して (ア) トルク、もう一つは、空気や水などの流体の搬送で速度に対して (イ) トルクとなる特性である。

後者の流量制御の代表的な例は送風機であり、通常はダンパなどを設けて圧損を変化させて流量を制御するのに対し、ダンパなどを設けずに電動機で速度制御することでも流量制御が可能である。このとき、風量は速度に対して (ウ) して変化し、電動機に必要な電力は速度に対して (エ) して変化する特性が得られる。したがって、必要流量に絞って運転する機会の多いシステムでは、電動機で速度制御することで大きな省エネルギー効果が得られる。

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)	比例する	2 乗に比例する	比例	3 乗に比例
(2)	比例する	一定の	比例	2 乗に比例
(3)	比例する	一定の	2 乗に比例	2 乗に比例
(4)	一定の	2 乗に比例する	比例	3 乗に比例
(5)	一定の	2 乗に比例する	2 乗に比例	2 乗に比例

問 13 誘導加熱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) 産業用では金属の溶解や金属部品の熱処理などに用いられ、民生用では調理加熱に用いられている。
- (2) 金属製の被加熱物を交番磁界内に置くことで発生するジュール熱によって被加熱物自体が発熱する。
- (3) 被加熱物の透磁率が高いものほど加熱されやすい。
- (4) 被加熱物に印加する交番磁界の周波数が高いほど、被加熱物の内部が加熱されやすい。
- (5) 被加熱物として、銅、アルミよりも、鉄、ステンレスの方が加熱されやすい。

問 14 二つのビットパターン 1011 と 0101 のビットごとの論理演算を行う。排他的論理和 (ExOR) は , 否定論理和 (NOR) は であり, と との論理和 (OR) は である。0101 と との排他的論理和 (ExOR) の結果を 2 進数と考え, その数値を 16 進数で表すと 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)	1010	0010	1010	9
(2)	1110	0000	1111	B
(3)	1110	0000	1110	9
(4)	1010	0100	1111	9
(5)	1110	0000	1110	B

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 定格出力 15 kW, 定格電圧 400 V, 定格周波数 60 Hz, 極数 4 の三相誘導電動機がある。この誘導電動機が定格電圧, 定格周波数で運転されているとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 軸出力が 15 kW, 効率と力率がそれぞれ 90 %で運転されているときの一次電流の値[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) 22 (2) 24 (3) 27 (4) 33 (5) 46

(b) この誘導電動機が巻線形であり, 全負荷時の回転速度が 1746 min^{-1} であるものとする。二次回路の各相に抵抗を追加して挿入したところ, 全負荷時の回転速度が 1455 min^{-1} となった。ただし, 負荷トルクは回転速度によらず一定とする。挿入した抵抗の値は元の二次回路の抵抗の値の何倍であるか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.2 (2) 2.2 (3) 5.4 (4) 6.4 (5) 7.4

問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角 α [rad] で運転しているときの動作を考える。

正弦波の交流電源電圧は v_s ，負荷は純抵抗負荷又は誘導性負荷であり，負荷電圧を v_L ，負荷電流を i_L とする。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) 図 2 の波形 1～3 のうち，純抵抗負荷の場合と誘導性負荷の場合とで発生する波形の組合せとして，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

	純抵抗負荷	誘導性負荷
(1)	波形 1	波形 2
(2)	波形 1	波形 3
(3)	波形 2	波形 1
(4)	波形 2	波形 3
(5)	波形 3	波形 2

(b) 交流電源電圧 v_s の実効値を V_s として，純抵抗負荷の場合の負荷電圧 v_L の実効値 V_L は， $V_L = V_s \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$ で表される。制御遅れ角を $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ [rad] から $\alpha_2 = \frac{\pi}{4}$ [rad] に変えたときに，負荷の抵抗で消費される交流電力は何倍となるか，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.550 (2) 0.742 (3) 1.35 (4) 1.82 (5) 2.00

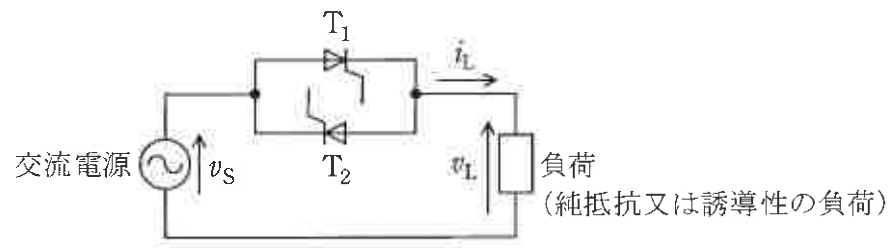
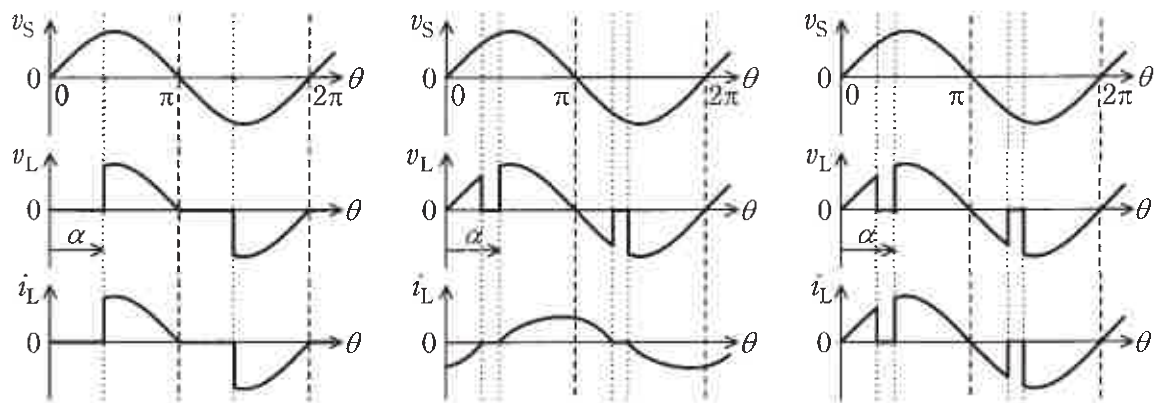


図 1



波形 1

波形 2

波形 3

図 2

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 均等拡散面とみなせる半径 0.3 m の円板光源がある。円板光源の厚さは無視できるものとし、円板光源の片面のみが発光する。円板光源中心における法線方向の光度 I_0 は 2 000 cd であり、鉛直角 θ 方向の光度 I_θ は $I_\theta = I_0 \cos \theta$ で与えられる。また、円板光源の全光束 F [lm] は $F = \pi I_0$ で与えられるものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 図 1 に示すように、この円板光源を部屋の天井面に取り付け、床面を照らす方向で部屋の照明を行った。床面 B 点における水平面照度の値 [lx] と B 点から円板光源の中心を見たときの輝度の値 [cd/m^2] として、最も近い値の組合せを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。ただし、この部屋にはこの円板光源以外に光源はなく、天井、床、壁など、周囲からの反射光の影響はないものとする。

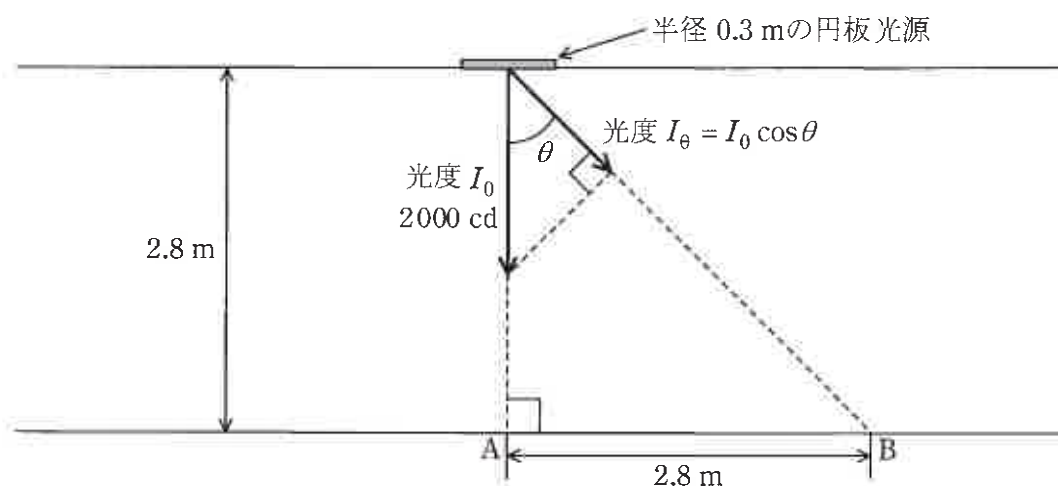


図 1

	水平面照度 [lx]	輝度 [cd/m ²]
(1)	64	5 000
(2)	64	7 080
(3)	90	1 060
(4)	90	1 770
(5)	255	7 080

(b) 次に、図 2 に示すように、建物内を真っすぐ長く延びる廊下を考える。この廊下の天井面には上記円板光源が等間隔で連続的に取り付けられ、照明に供されている。廊下の長さは円板光源の取り付け間隔に比して十分大きいものとする。廊下の床面に対する照明率を 0.3、円板光源の保守率を 0.7 としたとき、廊下床面の平均照度の値 [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) 102 (2) 204 (3) 262 (4) 415 (5) 2 261

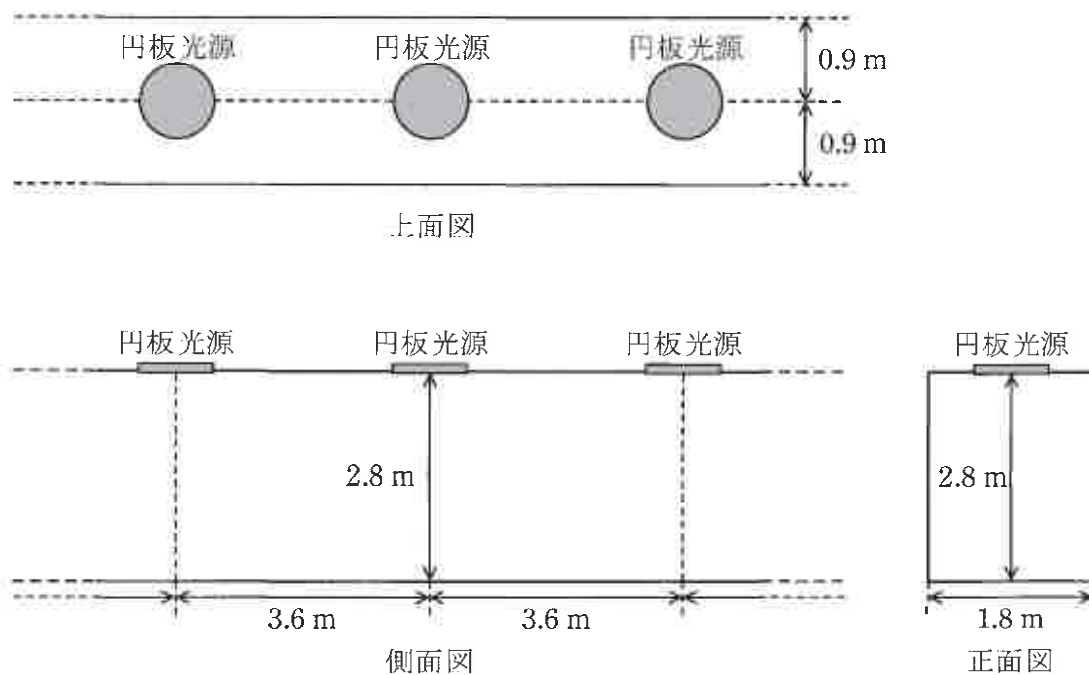


図 2

(選択問題)

問 18 図のフローチャートで表されるアルゴリズムについて、次の(a)及び(b)の問に答えよ。変数は全て整数型とする。

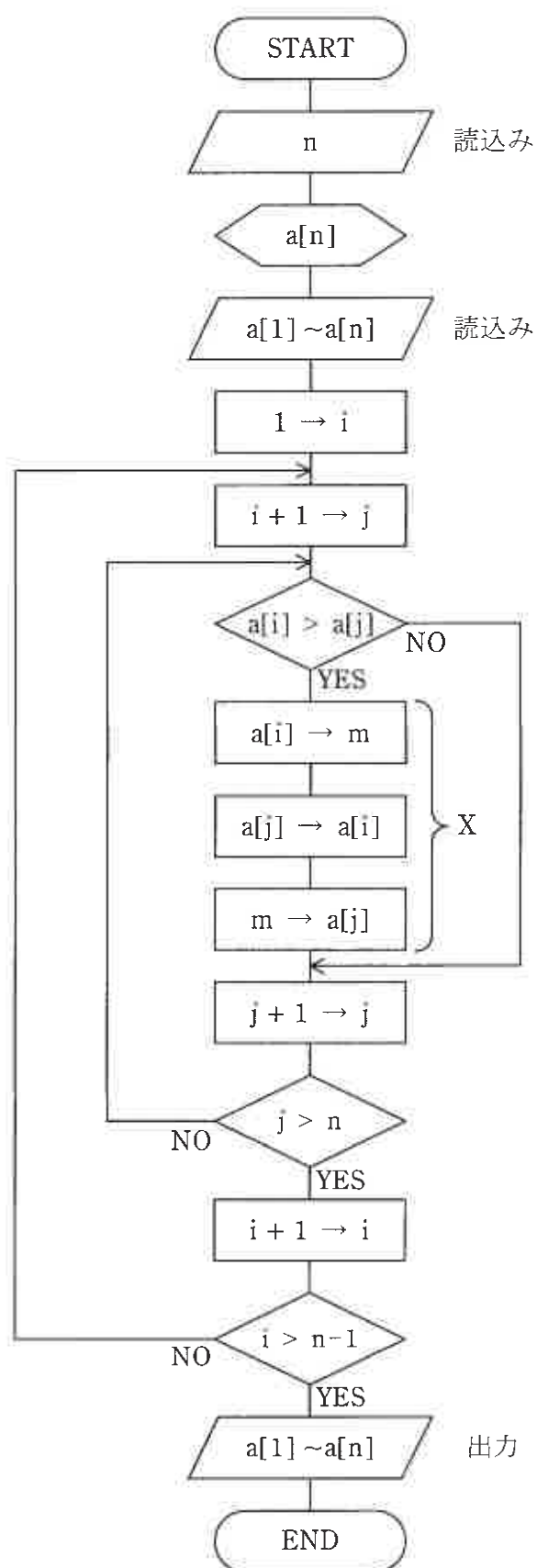
このアルゴリズム実行時の読み込み処理において、 $n=5$ とし、 $a[1]=2$, $a[2]=3$, $a[3]=8$, $a[4]=6$, $a[5]=5$ とする。

(a) 図のフローチャートで表されるアルゴリズムの機能を考えて、出力される $a[5]$ の値を求めよ。その値として正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 2 (2) 3 (3) 5 (4) 6 (5) 8

(b) フローチャート中の X で示される部分の処理は何回行われるか、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3 (2) 4 (3) 5 (4) 8 (5) 10



平成 28 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：0141A01234Aの場合）

受 験 番 号					
数 字		記号	数 字		記号
0	1	4	1	A	
●				●	
①	●	①	●		①
②	②	②	②		②
③	③	③	③		③
④	④	●	④		④
⑤	⑤		⑤		⑤
⑥	⑥		⑥		⑥
⑦			⑦		⑦
⑧			⑧		⑧
⑨			⑨		⑨

A	B	C	K	L	M	N
●	①	②	③	④	⑤	⑥
①	●	①	②	③	④	⑤
②	②	●	②	③	④	⑤
③	③	③	●	③	④	⑤
④	④	④	④	●	④	⑤
⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	⑤
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

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 $f=50$ 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。

第 3 種

機 械

A問題（配点は1問題当たり5点）

問 1 電機子巻線抵抗が $0.2\ \Omega$ である直流分巻電動機がある。この電動機では界磁抵抗器が界磁巻線に直列に接続されており界磁電流を調整することができる。また、この電動機には定トルク負荷が接続されており、その負荷が要求するトルクは定常状態においては回転速度によらない一定値となる。

この電動機を、負荷を接続した状態で端子電圧を $100\ \text{V}$ として運転したところ、回転速度は $1500\ \text{min}^{-1}$ であり、電機子電流は $50\ \text{A}$ であった。この状態から、端子電圧を $115\ \text{V}$ に変化させ、界磁電流を端子電圧が $100\ \text{V}$ のときと同じ値に調整したところ、回転速度が変化し最終的にある値で一定となった。この電動機の最終的な回転速度の値 $[\text{min}^{-1}]$ 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、電機子電流の最終的な値は端子電圧が $100\ \text{V}$ のときと同じである。また、電機子反作用及びブラシによる電圧降下は無視できるものとする。

- (1) 1290 (2) 1700 (3) 1730 (4) 1750 (5) 1950

問2 次の文章は、直流機に関する記述である。

直流機では固定子と回転子の中で直流電力と機械動力の変換が行われる。この変換を担う機構の一種にブラシと整流子とがあり、これらを用いた直流機では通常、界磁巻線に直流の界磁電流を流し、(ア) を回転子とする。

このブラシと整流子を用いる直流機では、電機子反作用への対策として補償巻線や補極が設けられる。ブラシと整流子を用いる場合には、補極や補償巻線を設けないと、電機子反作用によって、固定子から見た (イ) 中性軸の位置が変化するために、これに合わせてブラシを移動しない限りブラシと整流子片との間に (ウ) が生じて整流子片を損傷するおそれがある。なお、小形機では、補償巻線と補極のうち (エ) が一般的に用いられる。

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)	界 磁	電氣的	火 花	補償巻線
(2)	界 磁	幾何学的	応 力	補 極
(3)	電機子	電氣的	火 花	補 極
(4)	電機子	電氣的	火 花	補償巻線
(5)	電機子	幾何学的	応 力	補償巻線

問3 次の文章は、三相誘導電動機の誘導起電力に関する記述である。

三相誘導電動機で固定子巻線に電流が流れると (ア) が生じ、これが回転子巻線を切るので回転子巻線に起電力が誘導され、この起電力によって回転子巻線に電流が流れることでトルクが生じる。この回転子巻線の電流によって生じる起磁力を (イ) ように固定子巻線に電流が流れる。

回転子が停止しているときは、固定子巻線に流れる電流によって生じる (ア) は、固定子巻線を切るのと同じ速さで回転子巻線を切る。このことは原理的に変圧器と同じであり、固定子巻線は変圧器の (ウ) 巻線に相当し、回転子巻線は (エ) 巻線に相当する。回転子巻線の各相には変圧器と同様に (エ) 誘導起電力を生じる。

回転子が $n[\text{min}^{-1}]$ の速度で回転しているときは、(ア) の速度を $n_s[\text{min}^{-1}]$ とすると、滑り s は $s = \frac{n_s - n}{n_s}$ で表される。このときの (エ) 誘導起電力の大きさは、回転子が停止しているときの (オ) 倍となる。

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。

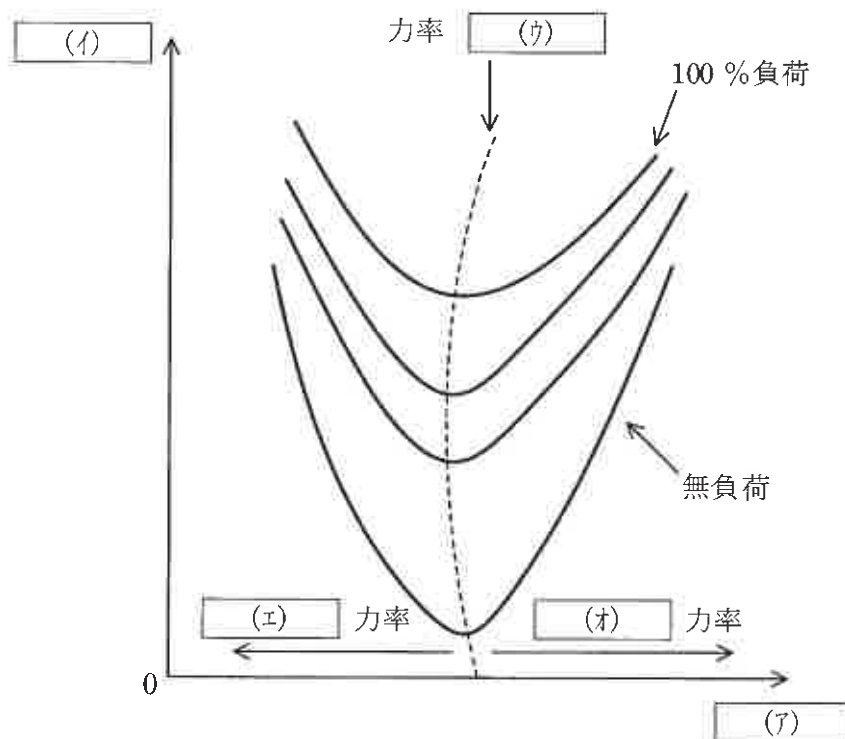
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	交番磁界	打ち消す	二 次	一 次	$1-s$
(2)	回転磁界	打ち消す	一 次	二 次	$\frac{1}{s}$
(3)	回転磁界	増加させる	一 次	二 次	s
(4)	交番磁界	増加させる	二 次	一 次	$\frac{1}{s}$
(5)	回転磁界	打ち消す	一 次	二 次	s

問 4 定格周波数 50 Hz, 6 極のかご形三相誘導電動機があり, トルク 200 N・m, 機械出力 20 kW で定格運転している。このときの二次入力 (同期ワット) の値 [kW] として, 最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 19 (2) 20 (3) 21 (4) 25 (5) 27

問5 次の文章は、同期電動機の特性に関する記述である。記述中の空白箇所の記号は、図中の記号と対応している。

図は同期電動機の位相特性曲線を示している。形がVの字のようになっているのでV曲線とも呼ばれている。横軸は 、縦軸は で、負荷が増加するにつれ曲線は上側へ移動する。図中の破線は、各負荷における力率 の動作点を結んだ線であり、この破線の左側の領域は 力率、右側の領域は 力率の領域である。



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。

(選択肢は右側に記載)

	(7)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	電機子電流	界磁電流	1	遅れ	進み
(2)	界磁電流	電機子電流	1	遅れ	進み
(3)	界磁電流	電機子電流	1	進み	遅れ
(4)	電機子電流	界磁電流	0	進み	遅れ
(5)	界磁電流	電機子電流	0	遅れ	進み

問6 次の文章は、電源電圧一定(交流機の場合は多相交流巻線に印加する電源電圧の周波数も一定。)の条件下における各種電動機において、空回しの無負荷から、負荷の増大とともにトルクを発生する現象に関する記述である。

無負荷条件の直流分巻電動機では、回転速度に比例する (ア) と (イ) とがほぼ等しく、電機子電流がほぼ零となる。この状態から負荷が掛かって回転速度が低下すると、電機子電流が増大してトルクが発生する。

無負荷条件の誘導電動機では、周波数及び極数で決まる (ウ) と回転速度とがほぼ等しく、(エ) がほぼ零となる。この状態から負荷が掛かって回転速度が低下すると、(エ) が増大してトルクが発生する。

無負荷条件の同期電動機では、界磁単独の磁束と電機子反作用を考慮した電機子磁束との位相差がほぼ零となる。この状態から負荷が掛かっても回転速度の低下はないが、上記両磁束の位相差、すなわち (オ) が増大してトルクが発生する。

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)	逆起電力	電源電圧	同期速度	滑り	負荷角
(2)	誘導起電力	逆起電力	回転磁界	二次抵抗	負荷角
(3)	逆起電力	電源電圧	定格速度	二次抵抗	力率角
(4)	誘導起電力	逆起電力	同期速度	滑り	負荷角
(5)	逆起電力	電源電圧	回転磁界	滑り	力率角

問7 各種変圧器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) 単巻変圧器は、一次巻線と二次巻線とが一部分共通になっている。そのため、一次巻線と二次巻線との間が絶縁されていない。変圧器自身の自己容量は、負荷に供給する負荷容量に比べて小さい。
- (2) 三巻線変圧器は、一つの変圧器に三組の巻線を設ける。これを3台用いて三相Y-Y結線を行う場合、一組目の巻線をY結線の一次、二組目の巻線をY結線の二次、三組目の巻線を Δ 結線の第3調波回路とする。
- (3) 磁気漏れ変圧器は、磁路の一部にギャップがある鉄心に、一次巻線及び二次巻線を巻く。負荷のインピーダンスが変化しても、変圧器内の漏れ磁束が変化することで、負荷電圧を一定に保つ作用がある。
- (4) 計器用変成器には、変流器(CT)と計器用変圧器(VT)がある。これらを用いると、大電流又は高電圧の測定において、例えば最大目盛りが5 A, 150 Vという通常の電流計又は電圧計を用いることができる。
- (5) 変流器(CT)では、電流計が二次側の閉回路を構成し、そこに流れる電流が一次側に流れる被測定電流の起磁力を打ち消している。通電中に誤って二次側を開放すると、被測定電流が全て励磁電流となるので、鉄心の磁束密度が著しく大きくなり、焼損するおそれがある。

問 8 変圧器の規約効率を計算する場合、巻線の抵抗値を 75℃の基準温度の値に補正する。

ある変圧器の巻線の温度と抵抗値を測ったら、20℃のとき $1.0\ \Omega$ であった。この変圧器の 75℃における巻線抵抗値 $[\Omega]$ 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、巻線は銅導体であるものとし、 $T[^\circ\text{C}]$ と $t[^\circ\text{C}]$ の抵抗値の比は、

$$(235+T) : (235+t)$$

である。

- (1) 0.27 (2) 0.82 (3) 1.22 (4) 3.75 (5) 55.0

問9 図は、2種類の直流チョップを示している。いずれの回路もスイッチS、ダイオードD、リアクトルL、コンデンサC(図1のみに使用されている。)を用いて、直流電源電圧 $E=200\text{ V}$ を変換し、負荷抵抗Rの電圧 v_{d1} , v_{d2} を制御するためのものである。これらの回路で、直流電源電圧は $E=200\text{ V}$ 一定とする。また、負荷抵抗Rの抵抗値とリアクトルLのインダクタンス又はコンデンサCの静電容量の値とで決まる時定数が、スイッチSの動作周期に対して十分に大きいものとする。各回路のスイッチSの通流率を0.7とした場合、負荷抵抗Rの電圧 v_{d1} , v_{d2} の平均値 V_{d1} , V_{d2} の値[V]の組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

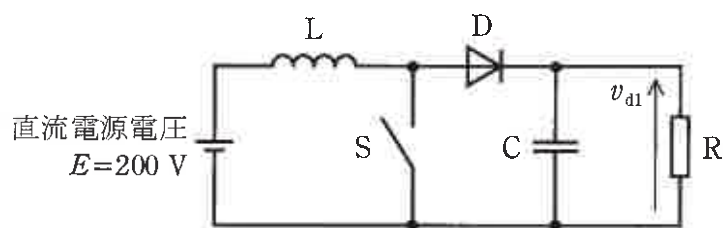


図1

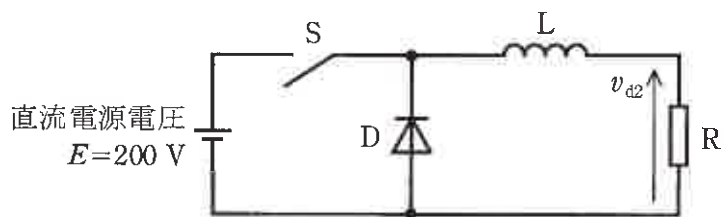


図2

	V_{d1}	V_{d2}
(1)	667	140
(2)	467	60
(3)	667	86
(4)	467	140
(5)	286	60

問10 次の文章は、太陽光発電システムに関する記述である。

図1は交流系統に連系された太陽光発電システムである。太陽電池アレイはインバータと系統連系用保護装置とが一体になった (ア) を介して交流系統に接続されている。

太陽電池アレイは、複数の太陽電池セルを直列又は直並列に接続して構成される太陽電池モジュールをさらに直並列に接続したものである。太陽電池セルはp形半導体とn形半導体とを接合したpn接合ダイオードであり、照射される太陽光エネルギーを (イ) によって電気エネルギーに変換する。

また、太陽電池セルの簡易等価回路は電流源と非線形の電流・電圧特性をもつ一般的なダイオードを組み合わせて図2のように表される。太陽電池セルに負荷を接続し、セルに照射される太陽光の量を一定に保ったまま、負荷を変化させたときに得られる出力電流・出力電圧特性は図3の (ウ) のようになる。このとき負荷への出力電力・出力電圧特性は図4の (エ) のようになる。セルに照射される太陽光の量が変わると、最大電力も、最大電力となるとき出力電圧も変化する。このため、(ア) には太陽電池アレイから常に最大の電力を取り出すような制御を行うものがある。この制御は (オ) 制御と呼ばれている。

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。

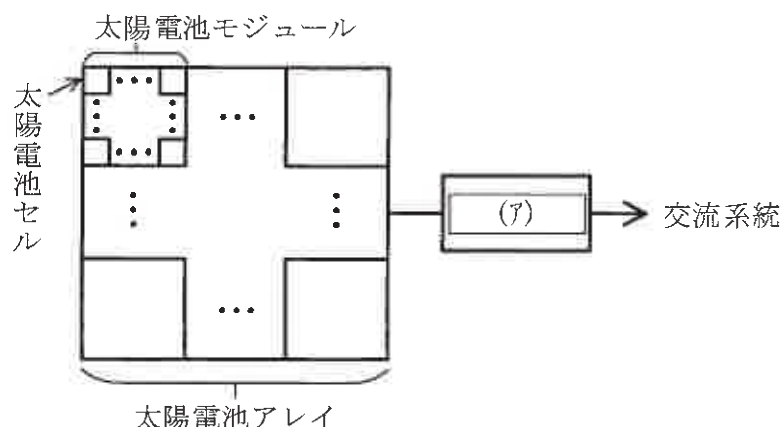


図1 交流系統に連系された太陽光発電システム

(選択肢は右側に記載)

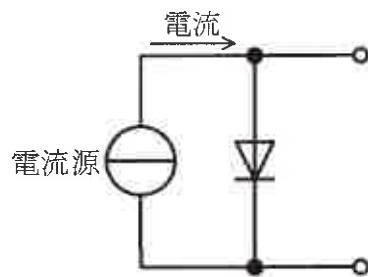


図 2 太陽電池セルの簡易等価回路

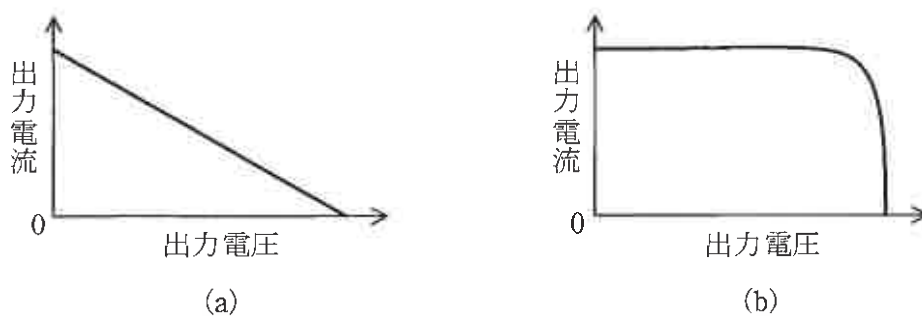


図 3 出力電流・出力電圧特性

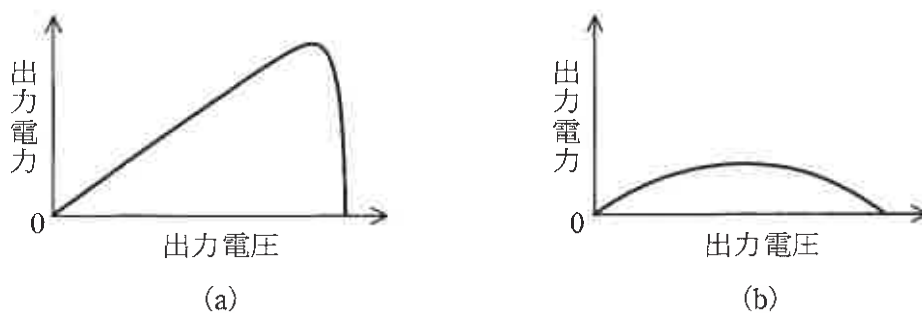


図 4 出力電力・出力電圧特性

	(7)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	パワーコンディショナ	光起電力効果	(b)	(a)	MPPT
(2)	ガバナ	光起電力効果	(b)	(b)	PWM
(3)	パワーコンディショナ	光起電力効果	(a)	(b)	MPPT
(4)	ガバナ	光導電効果	(b)	(a)	PWM
(5)	パワーコンディショナ	光導電効果	(a)	(b)	PWM

問11 かごの質量が 200 kg, 定格積載質量が 1 000 kg のロープ式エレベータにおいて, 釣合いおもりの質量は, かごの質量に定格積載質量の 40 % を加えた値とした。このエレベータで, 定格積載質量を搭載したかごを一定速度 90 m/min で上昇させるときに用いる電動機の実出力の値 [kW] 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, 機械効率 は 75 %, 加減速に要する動力及びロープの質量は無視するものとする。

- (1) 1.20 (2) 8.82 (3) 11.8 (4) 23.5 (5) 706

問12 電池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) 充電によって繰り返し使える電池は二次電池と呼ばれている。
- (2) 電池の充放電時に起こる化学反応において、イオンは電解液の中を移動し、電子は外部回路を移動する。
- (3) 電池の放電時には正極では還元反応が、負極では酸化反応が起こっている。
- (4) 出力インピーダンスの大きな電池ほど大きな電流を出力できる。
- (5) 電池の正極と負極の物質のイオン化傾向の差が大きいほど開放電圧が高い。

問13 次の文章は、フィードバック制御における三つの基本的な制御動作に関する記述である。

目標値と制御量の差である偏差に (ア) して操作量を変化させる制御動作を (イ) 動作という。この動作の場合、制御動作が働いて目標値と制御量の偏差が小さくなると操作量も小さくなるため、制御量を目標値に完全に一致させることができず、 (イ) が生じる欠点がある。

一方、偏差の (ウ) 値に応じて操作量を変化させる制御動作を (エ) 動作という。この動作は偏差の起こり始めに大きな操作量を与える動作をするので、偏差を早く減衰させる効果があるが、制御のタイミング(位相)によっては偏差を増幅し不安定になることがある。

また、偏差の (エ) 値に応じて操作量を変化させる制御動作を (エ) 動作という。この動作は偏差が零になるまで制御動作が行われるので、 (イ) を無くすることができる。

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)	積分	目標偏差	微分	比例
(2)	比例	定常偏差	微分	積分
(3)	微分	目標偏差	積分	比例
(4)	比例	定常偏差	積分	微分
(5)	微分	定常偏差	比例	積分

問14 次の文章は、基数の変換に関する記述である。

- ・ 2進数 00100100 を 10進数で表現すると である。
- ・ 10進数 170 を 2進数で表現すると である。
- ・ 2進数 111011100001 を 8進数で表現すると である。
- ・ 16進数 を 2進数で表現すると 11010111 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)	36	10101010	7321	D7
(2)	37	11010100	7341	C7
(3)	36	11010100	7341	D7
(4)	36	10101010	7341	D7
(5)	37	11010100	7321	C7

B問題（配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点）

問15 定格出力 $3\,300\text{ kV}\cdot\text{A}$, 定格電圧 $6\,600\text{ V}$, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続1相当たりの同期リアクタンスは $12.0\ \Omega$ である。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 定格運転時における1相当たりの内部誘導起電力の値 $[\text{V}]$ として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3 460 (2) 3 810 (3) 6 170 (4) 7 090 (5) 8 690

(b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し, 星形結線1相当たりのインピーダンスが $13 + j5 \Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [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) 3 810 (2) 4 010 (3) 5 990 (4) 6 600 (5) 6 950

問16 純抵抗を負荷とした単相サイリスタ全波整流回路の動作について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 図1に単相サイリスタ全波整流回路を示す。サイリスタ $T_1 \sim T_4$ に制御遅れ角 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ [rad] でゲート信号を与えて運転しようとしている。 T_2 及び T_3 のゲート信号は正しく与えられたが、 T_1 及び T_4 のゲート信号が全く与えられなかった場合の出力電圧波形を e_{d1} とし、正しく $T_1 \sim T_4$ にゲート信号が与えられた場合の出力電圧波形を e_{d2} とする。図2の波形1～波形3から、 e_{d1} と e_{d2} 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。

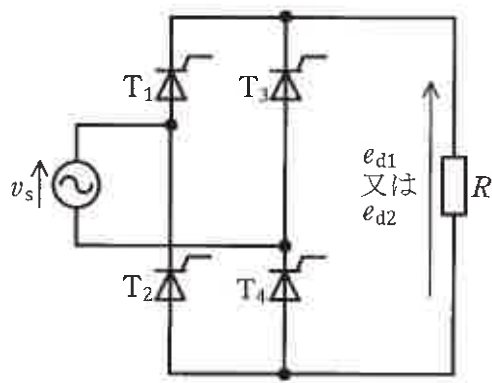


図1

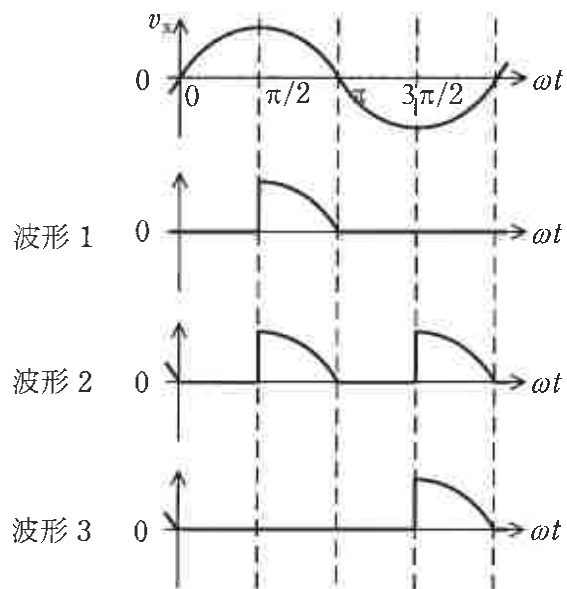


図2

	電圧波形 e_{d1}	電圧波形 e_{d2}
(1)	波形1	波形2
(2)	波形2	波形1
(3)	波形2	波形3
(4)	波形3	波形1
(5)	波形3	波形2

(b) 単相交流電源電圧 v_s の実効値を V [V] とする。ゲート信号が正しく与えられた場合の出力電圧波形 e_{a2} について、制御遅れ角 α [rad] と出力電圧の平均値 E_d [V] との関係を表す式として、正しいものに最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) $E_d = 0.45V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$ (2) $E_d = 0.9V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$ (3) $E_d = V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$
(4) $E_d = 0.45V \cos \alpha$ (5) $E_d = 0.9V \cos \alpha$

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)

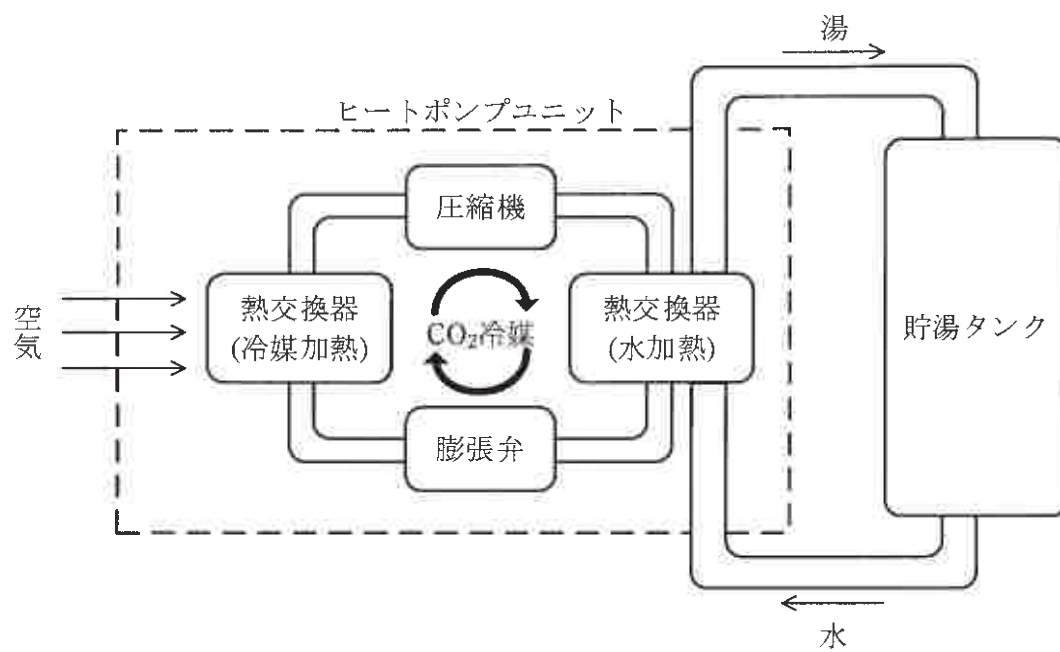
問17 図はヒートポンプ式電気給湯器の概要図である。ヒートポンプユニットの消費電力は1.34 kW、COP(成績係数)は4.0である。また、貯湯タンクには17℃の水460 Lが入っている。この水全体を88℃まで加熱したい。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この加熱に必要な熱エネルギー W_h の値 [MJ] 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、貯湯タンク、ヒートポンプユニット、配管などからの熱損失はないものとする。また、水の比熱容量は4.18 kJ/(kg・K)、水の密度は $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。

- (1) 37 (2) 137 (3) 169 (4) 202 (5) 297

(b) この加熱に必要な時間 t の値 [h] 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、ヒートポンプユニットの消費電力及びCOPはいずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 1.9 (2) 7.1 (3) 8.8 (4) 10.5 (5) 15.4



(選択問題)

問18 次の論理回路について、(a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) 図1に示す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。

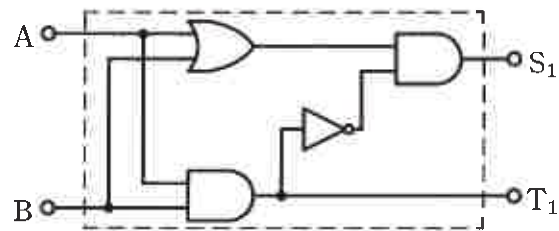


図 1

- | 入力 | | 出力 | |
|----|---|----------------|----------------|
| A | B | S ₁ | T ₁ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
- | 入力 | | 出力 | |
|----|---|----------------|----------------|
| A | B | S ₁ | T ₁ |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
- | 入力 | | 出力 | |
|----|---|----------------|----------------|
| A | B | S ₁ | T ₁ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
- | 入力 | | 出力 | |
|----|---|----------------|----------------|
| A | B | S ₁ | T ₁ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
- | 入力 | | 出力 | |
|----|---|----------------|----------------|
| A | B | S ₁ | T ₁ |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |

- (b) 図1に示す論理回路を2組用いて図2に示すように接続して構成したとき、
A, B及びCの入力に対する出力 S_2 及び T_2 の記述として、正しいものを次の
(1)～(5)のうちから一つ選べ。

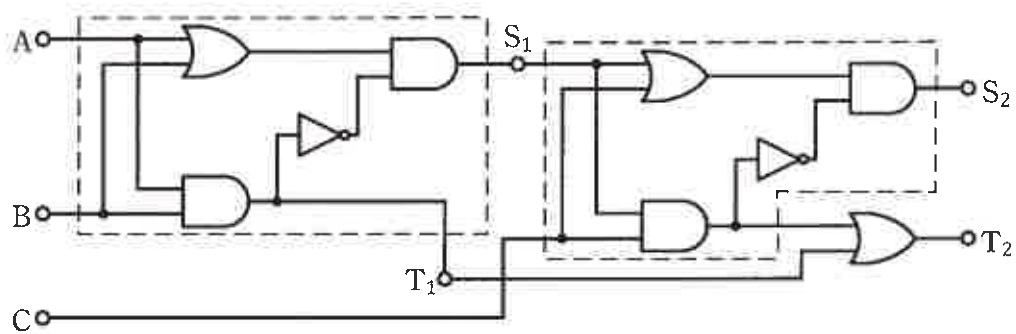


図 2

- (1) $A=0, B=0, C=0$ を入力したときの出力は, $S_2=0, T_2=1$ である。
 (2) $A=0, B=0, C=1$ を入力したときの出力は, $S_2=0, T_2=1$ である。
 (3) $A=0, B=1, C=0$ を入力したときの出力は, $S_2=1, T_2=0$ である。
 (4) $A=1, B=0, C=1$ を入力したときの出力は, $S_2=1, T_2=0$ である。
 (5) $A=1, B=1, C=0$ を入力したときの出力は, $S_2=1, T_2=1$ である。

平成 27 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：0141C01234N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	N
●					●	○	○	○	○	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	B
②	②	②	②	●	②	②	●	②	②	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	

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 k V・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

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

(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。

第 3 種

機

械

A問題（配点は1問題当たり5点）

問1 4極の直流電動機が電機子電流 250 A、回転速度 1200 min^{-1} で一定の出力で運転されている。電機子導体は波巻であり、全導体数が 258、1 極当たりの磁束が 0.020 Wb であるとき、この電動機の出力の値 [kW] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

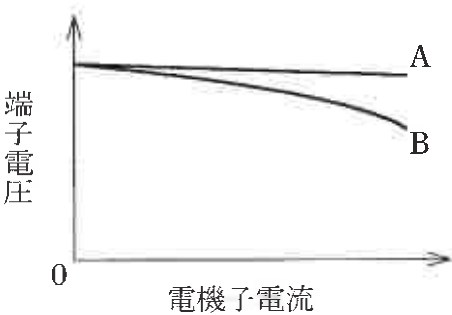
ただし、波巻の並列回路数は 2 である。また、ブラシによる電圧降下は無視できるものとする。

- (1) 8.21 (2) 12.9 (3) 27.5 (4) 51.6 (5) 55.0

問2 次の文章は、直流機に関する記述である。

図は、ある直流機を他励発電機として運転した場合と分巻発電機として運転した場合との外部特性曲線を比較したものである。回転速度はいずれも一定の同じ値であったとする。このとき、分巻発電機の場合の特性は (ア) である。

また、この直流機を分巻発電機として運転した場合と同じ極性の端子電圧を外部から加えて分巻電動機として運転すると、界磁電流の向きは発電機運転時と (イ) となり、回転方向は (ウ) となる。これらの向きの関係から、分巻機では、電源電圧を誘導起電力より低くすることで、電動機運転の状態から結線を変更せずに (エ) ができ、エネルギーを有効に利用できる。



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)	A	同じ向き	逆向き	回生制動
(2)	B	同じ向き	同じ向き	回生制動
(3)	A	逆向き	逆向き	発電制動
(4)	B	逆向き	同じ向き	回生制動
(5)	A	逆向き	同じ向き	発電制動

問3 誘導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) 三相かご形誘導電動機の回転子は、積層鉄心のスロットに棒状の導体を差し込み、その両端を太い導体環で短絡して作られる。これらの導体に誘起される二次誘導起電力は、導体の本数に応じた多相交流である。
- (2) 三相巻線形誘導電動機は、二次回路にスリップリングを通して接続した抵抗を加減し、トルクの比例推移を利用して滑りを変えることで速度制御ができる。
- (3) 単相誘導電動機はそのままでは始動できないので、始動の仕組みの一つとして、固定子の主巻線とは別の始動巻線にコンデンサ等を直列に付加することによって回転磁界を作り、回転子を回転させる方法がある。
- (4) 深溝かご形誘導電動機は、回転子の深いスロットに幅の狭い平たい導体を押し込んで作られる。このような構造とすることで、回転子導体の電流密度は定常時に比べて始動時は導体の外側（回転子表面側）と内側（回転子中心側）で不均一の度合いが増加し、等価的に二次導体のインピーダンスが増加することになり、始動トルクが増加する。
- (5) 二重かご形誘導電動機は回転子に内外二重のスロットを設け、それぞれに導体を埋め込んだものである。内側（回転子中心側）の導体は外側（回転子表面側）の導体に比べて抵抗値を大きくすることで、大きな始動トルクを得られるようにしている。

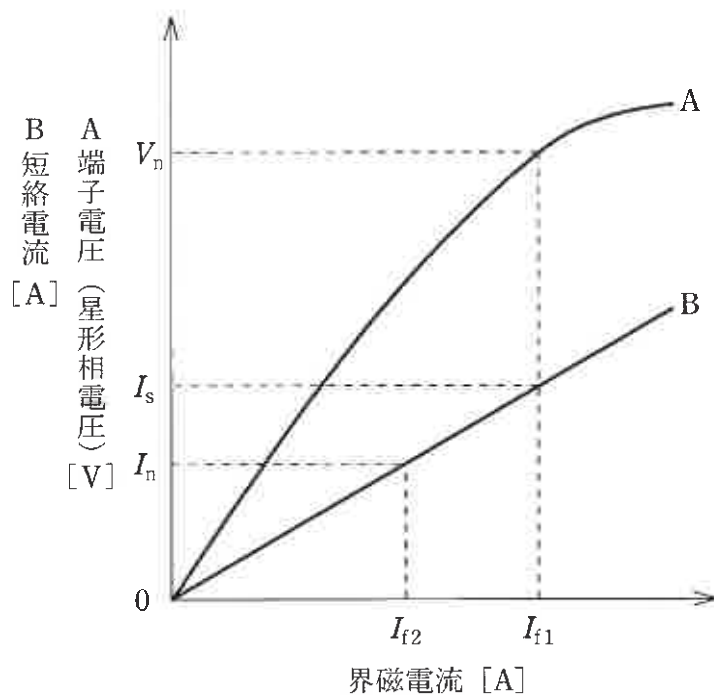
問4 定格電圧，定格電流，力率 1.0 で運転中の三相同期発電機がある。百分率同期インピーダンスは 85 % である。励磁電流を変えないで無負荷にしたとき，この発電機の端子電圧は定格電圧の何倍になるか。最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

ただし，電機子巻線抵抗と磁気飽和は無視できるものとする。

- (1) 1.0 (2) 1.1 (3) 1.2 (4) 1.3 (5) 1.4

問5 図は、同期発電機の無負荷飽和曲線（A）と短絡曲線（B）を示している。

図中で V_n [V] は端子電圧（星形相電圧）の定格値、 I_n [A] は定格電流、 I_s [A] は無負荷で定格電圧を発生するときの界磁電流と等しい界磁電流における短絡電流である。この発電機の百分率同期インピーダンス z_s [%] 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) $\frac{I_s}{I_n} \times 100$ (2) $\frac{V_n}{I_n} \times 100$ (3) $\frac{I_n}{I_{f2}} \times 100$ (4) $\frac{V_n}{I_{f1}} \times 100$ (5) $\frac{I_{f2}}{I_{f1}} \times 100$

問6 次の文章は、小形モータに関する記述である。

小形直流モータを分解すると、N極とS極用の2個の永久磁石、回転子の溝に収められた3個のコイル、3個の (ア) で構成されていた。一般に (イ) の溝数を減らすと、エアギャップ磁束が脈動し、トルクの脈動が増える。そこで、希土類系永久磁石には大きな (ウ) があるので、溝をなくしてエアギャップにコイルを設け、トルク脈動の低減を目指した小形モータも作られている。

小形 (エ) には、永久磁石を回転子の表面に設けた SPMSM という機種、永久磁石を回転子に埋め込んだ IPMSM という機種、突極性を大きくした鉄心だけの SynRM という機種などがある。小形直流モータは電池だけで運転されるものが多いが、小形 (エ) は、円滑な (オ) が困難なため、インバータによって運転される。

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)	整流子片	電機子	保磁力	同期モータ	始動
(2)	整流子片	界磁	透磁率	誘導モータ	制動
(3)	ブラシ	電機子	透磁率	同期モータ	制動
(4)	整流子片	電機子	保磁力	誘導モータ	始動
(5)	ブラシ	界磁	透磁率	同期モータ	始動

問7 三相電源に接続する変圧器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) 変圧器鉄心の磁気飽和現象やヒステリシス現象は、正弦波の電圧、又は正弦波の磁束による励磁電流高調波の発生要因となる。変圧器の Δ 結線は、励磁電流の第3次高調波を、巻線内を循環電流として流す働きを担っている。
- (2) Δ 結線がないY-Y結線の変圧器は、第3次高調波の流れる回路がないため、相電圧波形がひずみ、これが原因となって、近くの通信線に雑音などの障害を与える。
- (3) Δ -Y結線又はY- Δ 結線は、一次電圧と二次電圧との間に角変位又は位相変位と呼ばれる位相差 45° がある。
- (4) 三相の磁束が重畳して通る部分の鉄心を省略し、鉄心材料を少なく済ませている三相内鉄形変圧器は、単相変圧器3台に比べて据付け面積の縮小と軽量化が可能である。
- (5) スコット結線変圧器は、三相3線式の電源を直交する二つの単相（二相）に変換し、大容量の単相負荷に電力を供給する場合に用いる。三相のうち一相からの単相負荷電力供給は、三相電源に不平衡を生じるが、三相を二相に相数変換して二相側の負荷を平衡させると、三相側の不平衡を緩和できる。

問 8 一次側の巻数が N_1 、二次側の巻数が N_2 で製作された、同一仕様 3 台の単相変圧器がある。これらを用いて一次側を Δ 結線、二次側を Y 結線として抵抗負荷、一次側に三相発電機を接続した。発電機を電圧 440 V、出力 100 kW、力率 1.0 で運転したところ、二次電流は三相平衡の 17.5 A であった。この単相変圧器の巻数比 $\frac{N_1}{N_2}$ 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、変圧器の励磁電流、インピーダンス及び損失は無視するものとする。

- (1) 0.13 (2) 0.23 (3) 0.40 (4) 4.3 (5) 7.5

問9 次の文章は、電力変換器の出力電圧制御に関する記述である。

商用交流電圧を入力とし同じ周波数の交流電圧を出力とする電力変換器において、可変の交流電圧を得るには (ア) を変える方法が広く用いられていて、このときに使用するパワーデバイスは (イ) が一般的である。この電力変換器は (ウ) と呼ばれる。

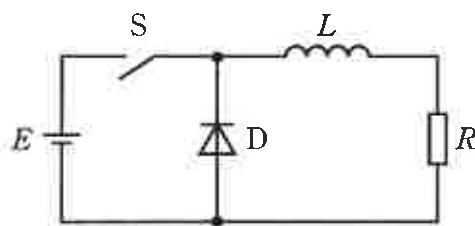
一方、一定の直流電圧を入力とし交流電圧を出力とする電力変換器において、可変の交流電圧を得るにはパルス状の電圧にして制御する方法が広く用いられていて、このときにオンオフ制御デバイスを使用する。デバイスの種類としては、デバイスのゲート端子に電流ではなくて、電圧を与えて駆動する (エ) を使うことが最近では一般的である。この電力変換器はインバータと呼ばれ、基本波周波数で1サイクルの出力電圧が正又は負の多数のパルス列からなっていて、そのパルスの (オ) を変えて1サイクル全体で目的の電圧波形を得る制御がPWM制御である。

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)	制御角	サイリスタ	交流電力調整装置	IGBT	幅
(2)	制御角	ダイオード	サイクロコンバータ	IGBT	周波数
(3)	制御角	サイリスタ	交流電力調整装置	GTO	幅
(4)	転流重なり角	ダイオード	交流電力調整装置	IGBT	周波数
(5)	転流重なり角	サイリスタ	サイクロコンバータ	GTO	周波数

問 10 図のような直流チョップパがある。

直流電源電圧 $E = 400 \text{ V}$ ，平滑リアクトル $L = 1 \text{ mH}$ ，負荷抵抗 $R = 10 \Omega$ ，
スイッチ S の動作周波数 $f = 10 \text{ kHz}$ ，通流率 $d = 0.6$ で回路が定常状態になって
いる。 D はダイオードである。このとき負荷抵抗に流れる電流の平均値 $[\text{A}]$
として最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。



- (1) 2.5 (2) 3.8 (3) 16.0 (4) 24.0 (5) 40.0

問11 次の文章は、太陽光発電システムに関する記述である。

図1には、商用交流系統に接続して電力を供給する太陽光発電システムの基本的な構成の一つを示す。

シリコンを主な材料とした太陽電池は、通常1V以下のセルを多数直列接続した数十ボルト以上の直流電源である。電池の特性としては、横軸に電圧を、縦軸に をとると、図2のようにその特性曲線は上に凸の形となり、その時々の日射量、温度などの条件によって特性が変化する。使用するセル数をできるだけ少なくするために、図2の変化する特性曲線において、△印で示されている最大点で運転するよう制御を行うのが一般的である。

この最大点の運転に制御し、変動する太陽電池の電圧を一定の直流電圧に変換する図1のA部分は である。現在家庭用などに導入されている多くの太陽光発電システムでは、この一定の直流電圧を図1のB部分のPWMインバータを介して商用周波数の交流電圧に変換している。交流系統の端子において、インバータ出力の電流位相は交流系統の電圧位相に対して通常ほぼ になるように運転され、インバータの小形化を図っている。

一般的に、インバータは電圧源であり、その出力が接続される交流系統も電圧源とみなせる。そのような接続には、 成分を含む回路要素を間に挿入することが必須である。

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。

(選択肢は右側に記載)

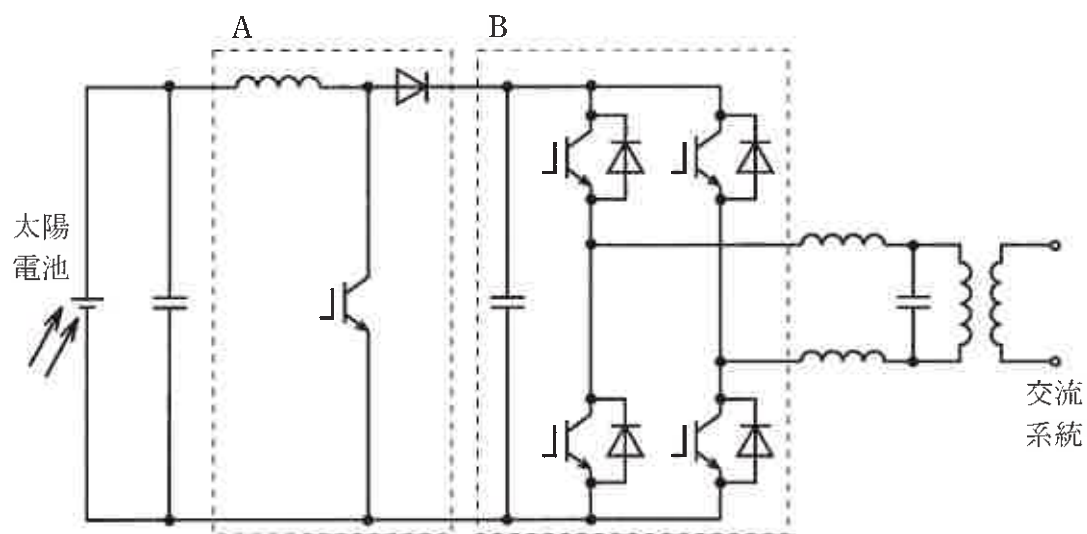


図1 太陽光発電システムの回路図

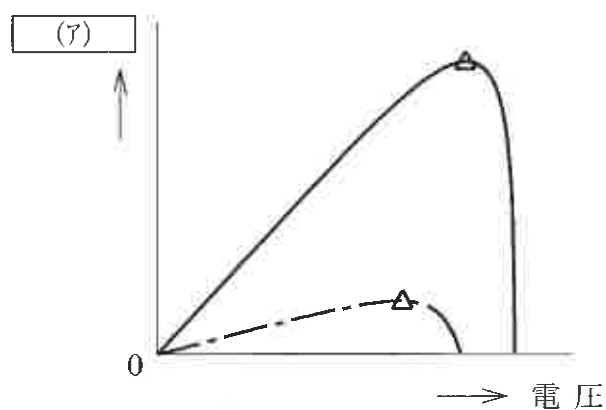


図2 太陽電池の出力特性

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	電 力	昇圧チョッパ	同 相	インダクタンス
(2)	電 流	昇圧チョッパ	90°位相進み	キャパシタンス
(3)	電 力	降圧チョッパ	同 相	インダクタンス
(4)	電 力	昇圧チョッパ	90°位相進み	インダクタンス
(5)	電 流	降圧チョッパ	90°位相進み	キャパシタンス

問 12 毎分 5 m^3 の水を実揚程 10 m のところにある貯水槽に揚水する場合、ポンプを駆動するのに十分と計算される電動機出力 P の値 $[\text{kW}]$ 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、ポンプの効率は 80% 、ポンプの設計、工作上的誤差を見込んで余裕をもたせる余裕係数は 1.1 とし、さらに全揚程は実揚程の 1.05 倍とする。また、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 1.15 (2) 1.20 (3) 9.43 (4) 9.74 (5) 11.8

問13 次の文章は、電気加熱に関する記述である。

電気ストーブの発熱体として石英ガラス管に電熱線を封入したヒータがよく用いられている。この電気ストーブから室内への熱伝達は主に放射と (ア) によって行われる。また、このヒータからの放射は主に (イ) である。

一方、交番電界中に被加熱物を置くことによって被加熱物を加熱することができる。一般に物質は抵抗体、誘電体、磁性体などの性質をもち、被加熱物が誘電体の場合、交番電界中に置かれた被加熱物には交番電流が流れ、被加熱物自身が発熱することによって被加熱物が加熱される。このとき、加熱に寄与するのは交番電流のうち交番電界 (ウ) 電流成分である。この原理に基づく加熱には (エ) がある。

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)	対 流	赤外放射	と同相の	マイクロ波加熱
(2)	対 流	赤外放射	に直交する	マイクロ波加熱
(3)	対 流	可視放射	に直交する	誘導加熱
(4)	伝 導	赤外放射	と同相の	誘導加熱
(5)	伝 導	可視放射	と同相の	誘導加熱

問14 次の真理値表の出力を表す論理式として、正しい式を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

A	B	C	D	X
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

(1) $X = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{D} + B \cdot C \cdot D$

(2) $X = \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot C$

(3) $X = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot C$

(4) $X = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C} + B \cdot C \cdot D$

(5) $X = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot D$

B問題（配点は1問題当たり(a)5点，(b)5点，計10点）

問 15 定格出力 15 kW，定格電圧 220 V，定格周波数 60 Hz，6 極の三相巻線形誘導電動機がある。二次巻線は星形(Y)結線でスリップリングを通して短絡されており，各相の抵抗値は $0.5\ \Omega$ である。この電動機を定格電圧，定格周波数の電源に接続して定格出力（このときの負荷トルクを T_n とする）で運転しているときの滑りは 5 % であった。

計算に当たっては，L 形簡易等価回路を採用し，機械損及び鉄損は無視できるものとして，次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 速度を変えるために，この電動機の二次回路の各相に $0.2\ \Omega$ の抵抗を直列に挿入し，上記と同様に定格電圧，定格周波数の電源に接続して上記と同じ負荷トルク T_n で運転した。このときの滑りの値 [%] として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.0 (2) 3.6 (3) 5.0 (4) 7.0 (5) 10.0

(b) 電動機の二次回路の各相に上記(a)と同様に $0.2\ \Omega$ の抵抗を直列に挿入したままで，電源の周波数を変えずに電圧だけを 200 V に変更したところ，ある負荷トルクで安定に運転した。このときの滑りは上記(a)と同じであった。

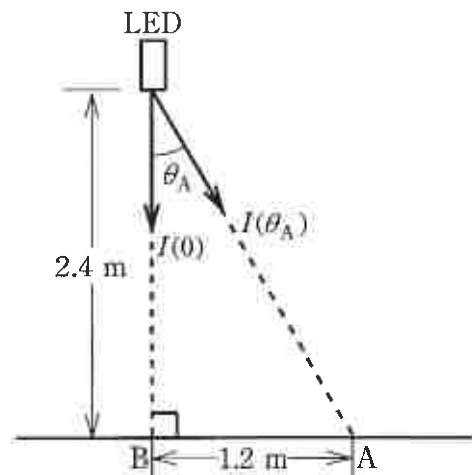
この安定に運転したときの負荷トルクの値 [N・m] として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 99 (2) 104 (3) 106 (4) 109 (5) 114

問16 図に示すように、LED 1 個が、床面から高さ 2.4 m の位置で下向きに取り付けられ、点灯している。この LED の直下方向となす角（鉛直角）を θ とすると、この LED の配光特性（ θ 方向の光度 $I(\theta)$ ）は、LED 直下方向光度 $I(0)$ を用いて $I(\theta) = I(0)\cos\theta$ で表されるものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 床面 A 点における照度が 20 lx であるとき、A 点がつくる鉛直角 θ_A の方向の光度 $I(\theta_A)$ の値 [cd] 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 LED 以外に光源はなく、天井や壁など、周囲からの反射光の影響もないものとする。



- (1) 60 (2) 119 (3) 144 (4) 160 (5) 319

(b) この LED 直下の床面 B 点の照度の値 [lx] として、最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

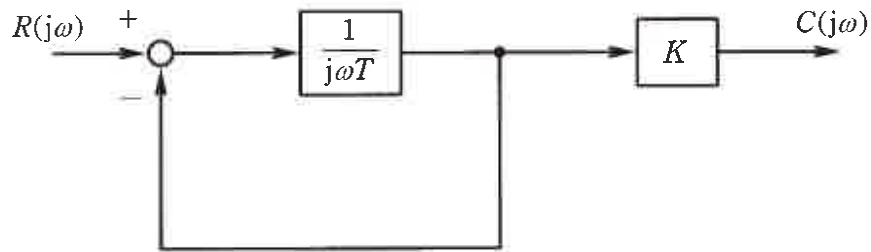
- (1) 25 (2) 28 (3) 31 (4) 49 (5) 61

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。
なお、両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問17 図に示すように、フィードバック接続を含んだブロック線図がある。この
ブロック線図において、 $T = 0.2 \text{ s}$ 、 $K = 10$ としたとき、次の(a)及び(b)の間に
答えよ。

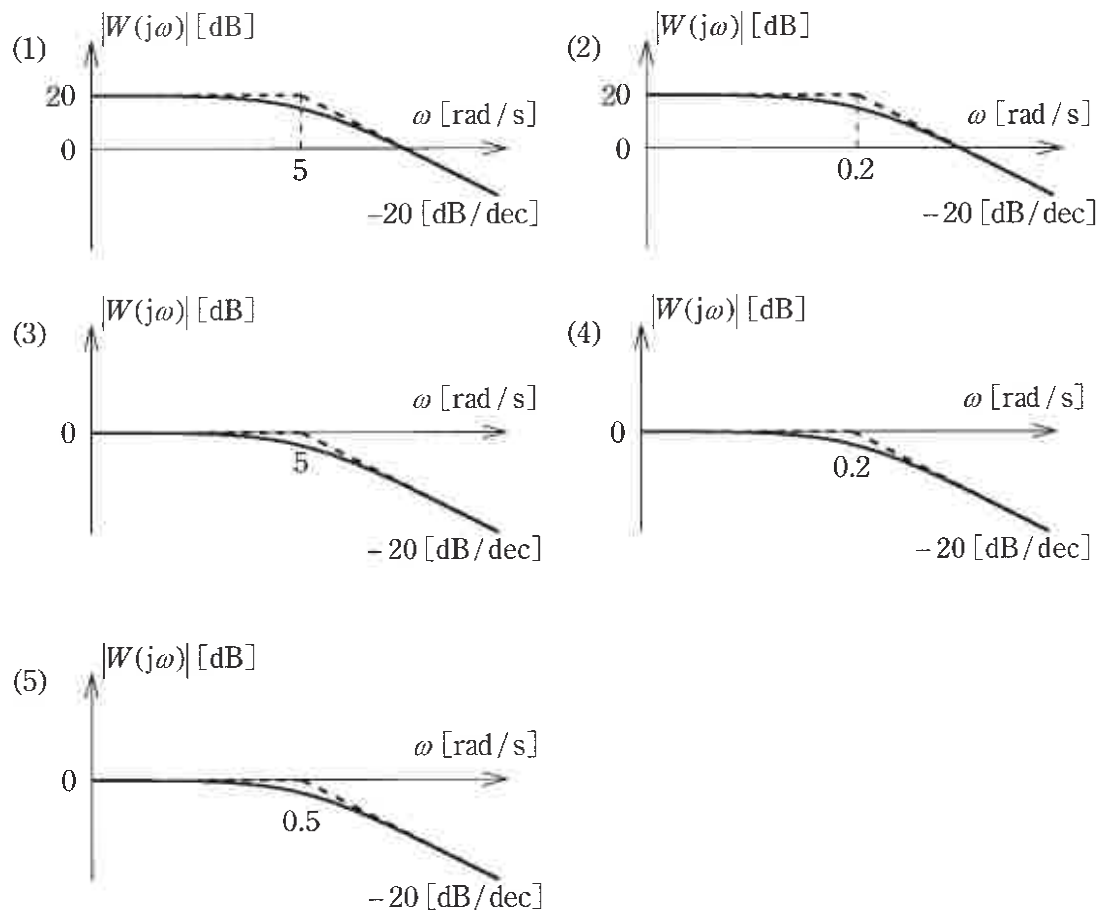
ただし、 ω は角周波数 [rad/s] を表す。



(a) 入力を $R(j\omega)$ 、出力を $C(j\omega)$ とする全体の周波数伝達関数 $W(j\omega)$ として、
正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{10}{1+j0.2\omega}$ (2) $\frac{1}{1+j0.2\omega}$ (3) $\frac{1}{1+j5\omega}$ (4) $\frac{50\omega}{1+j5\omega}$ (5) $\frac{j2\omega}{1+j0.2\omega}$

(b) 次のボード線図には，正確なゲイン特性を実線で，その折線近似ゲイン特性を破線で示し，横軸には特に折れ点角周波数の数値を示している。上記(a)の周波数伝達関数 $W(j\omega)$ のボード線図のゲイン特性として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，横軸は角周波数 ω の対数軸であり， -20 [dB/dec] とは， ω が 10 倍大きくなるに従って $|W(j\omega)|$ が -20 dB 変化する傾きを表している。



(選択問題)

問18 次の文章はコンピュータの構成及び IC メモリ（半導体メモリ）について記述したものである。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) コンピュータを構成するハードウェアは、コンピュータの機能面から概念的に入力装置、出力装置、記憶装置（主記憶装置及び補助記憶装置）及び中央処理装置（制御装置及び演算装置）に分類される。これら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) コンピュータのシステムの内部では、情報は特定の形式の電気信号として表現されており、入力装置では、外部から入力されたいろいろな形式の信号を、そのコンピュータの処理に適した形式に変換した後に主記憶装置に送る。
- (2) コンピュータが内部に記憶しているデータを外部に伝える働きを出力機能といい、ハードウェアのうちで出力機能を担う部分を出力装置という。出力されたデータを人間が認識できる出力装置には、プリンタ、ディスプレイ、スピーカなどがある。
- (3) コンピュータ内の中央処理装置のクロック周波数は、LAN(ローカルエリアネットワーク)の通信速度を変化させる。クロック周波数が高くなるほど LAN の通信速度が向上する。また、クロック周波数によって磁気ディスクの回転数が変化する。クロック周波数が高くなるほど回転数が高くなる。
- (4) 制御装置は、主記憶装置に記憶されている命令を一つ一つ順序よく取り出してその意味を解釈し、それに応じて各装置に向けて必要な指示信号を出す。制御装置から信号を受けた各装置は、それぞれの機能に応じた適切な動作を行う。
- (5) 算術演算、論理判断、論理演算などの機能を総称して演算機能と呼び、これらを行う装置が演算装置である。算術演算は数値データに対する四則演算である。また、論理判断は二つのデータを比較してその大小を判定

したり，等しいか否かを識別したりする。論理演算は，与えられた論理値に対して論理和，論理積，否定及び排他論理和などを求める演算である。

(b) 主記憶装置等に用いられる IC メモリ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) RAM(Random Access Memory)は，アドレス(番地)によってデータの保存位置を指定し，データの読み書きを行う。RAM は，DRAM(Dynamic RAM)と SRAM(Static RAM)とに大別される。

(2) ROM(Read Only Memory)は，読み出し専用であり，ROM に記録されている内容は基本的に書き換えることができない。

(3) EPROM(Erasable Programmable ROM)は，半導体メモリの一種で，デバイスの利用者が書き込み・消去可能な ROM である。データやプログラムの書き込みを行った EPROM は，強い紫外線を照射することでその記憶内容を消去できる。

(4) EEPROM(Electrically EPROM)は，利用者が内容を書換え可能な ROM であり，印加する電圧を読み取りのときよりも低くすることで何回も記憶内容の消去・再書き込みが可能である。

(5) DRAM は，キャパシタ（コンデンサ）に電荷を蓄えることによって情報を記憶し，電源供給が無くなると記憶情報も失われる。長期記録の用途には向かず，情報処理過程の一時的な作業記憶の用途に用いられる。