

令和 5 年度 上期

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、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. 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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ k V}\cdot\text{A}$)

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 次の文章は、直流機の構造に関する記述である。

直流機の構造は、固定子と回転子とからなる。固定子は、(ア)，継鉄などによって、また、回転子は、(イ)，整流子などによって構成されている。

電機子鉄心は、(ウ) 磁束が通るため、(エ) が用いられている。また、電機子巻線を取りめるための多数のスロットが設けられている。

六角形(亀甲形)の形状の電機子巻線は、そのコイル辺を電機子鉄心のスロットに挿入する。各コイル相互のつなぎ方には、(オ) と波巻とがある。直流機では、同じスロットにコイル辺を上下に重ねて2個ずつ入れた二層巻としている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	界 磁	電機子	交 番	積層鉄心	重ね巻
(2)	界 磁	電機子	交 番	鋳 鉄	直列巻
(3)	界 磁	電機子	一定の	積層鉄心	直列巻
(4)	電機子	界 磁	交 番	鋳 鉄	重ね巻
(5)	電機子	界 磁	一定の	積層鉄心	直列巻

問2 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。

回転子が回転しているときは、電動機の滑りを s とすると、 (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)～(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	二 次	一 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 定格出力 36 kW，定格周波数 60 Hz，8 極のかご形三相誘導電動機があり，滑り 4 %で定格運転している。このとき，電動機のトルク $[\text{N}\cdot\text{m}]$ 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，機械損は無視できるものとする。

- (1) 382 (2) 398 (3) 428 (4) 458 (5) 478

問5 三相同期発電機の短絡比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) 短絡比を小さくすると、発電機の外形寸法が小さくなる。
- (2) 短絡比を小さくすると、発電機の安定度が悪くなる。
- (3) 短絡比を小さくすると、電圧変動率が小さくなる。
- (4) 短絡比が小さい発電機は、銅機械と呼ばれる。
- (5) 短絡比が小さい発電機は、同期インピーダンスが大きい。

問6 次のような三相同期発電機がある。

1 極当たりの磁束	0.10 Wb
極数	12
1 分間の回転速度	600 min^{-1}
1 相の直列巻数	250
巻線係数	0.95
結線	Y(1 相のコイルは全部直列)

この発電機の無負荷誘導起電力(線間値)の値[kV]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、エアギャップにおける磁束分布は正弦波であるものとする。

- (1) 2.09 (2) 3.65 (3) 6.33 (4) 11.0 (5) 19.0

問7 電動機と負荷の特性を、回転速度を横軸、トルクを縦軸に描く、トルク対速度曲線で考える。電動機と負荷の二つの曲線がどのように交わるかを見ると、その回転数における運転が安定か不安定かを判定することができる。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 負荷トルクよりも電動機トルクが大きいと回転は加速し、反対に電動機トルクよりも負荷トルクが大きいと回転は減速する。回転速度一定の運転を続けるには、負荷と電動機のトルクが一致する安定な動作点が必要である。
- (2) 巻線形誘導電動機では、回転速度の上昇とともにトルクが減少するように、二次抵抗を大きくし、大きな始動トルクを発生させることができる。この電動機に回転速度の上昇とともにトルクが増える負荷を接続すると、両曲線の交点が安定な動作点となる。
- (3) 電源電圧を一定に保った直流分巻電動機は、回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、直流分巻電動機は、安定に送風機を駆動することができる。
- (4) かご形誘導電動機は、回転トルクが小さい時点から回転速度を上昇させるとともにトルクが増大、最大トルクを超えるとトルクが減少する。この電動機に回転速度でトルクが変化しない定トルク負荷を接続すると、電動機と負荷のトルク曲線が2点で交わる場合がある。この場合、加速時と減速時によって安定な動作点が変わる。
- (5) かご形誘導電動機は、最大トルクの速度より高速な領域では回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、かご形誘導電動機は、安定に送風機を駆動することができる。

問8 三相変圧器の並行運転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) 各変圧器の極性が一致していないと、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
- (2) 各変圧器の変圧比が一致していないと、負荷の有無にかかわらず循環電流が流れて巻線の過熱を引き起こす。
- (3) 一次側と二次側との誘導起電力の位相変位(角変位)が各変圧器で等しくないと、その程度によっては、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
したがって、 Δ -Y と Y-Y との並行運転はできるが、 Δ - Δ と Δ -Y との並行運転はできない。
- (4) 各変圧器の巻線抵抗と漏れリアクタンスとの比が等しくないと、各変圧器の二次側に流れる電流に位相差が生じ取り出せる電力は各変圧器の出力の和より小さくなり、出力に対する銅損の割合が大きくなって利用率が悪くなる。
- (5) 各変圧器の百分率インピーダンス降下が等しくないと、各変圧器が定格容量に応じた負荷を分担することができない。

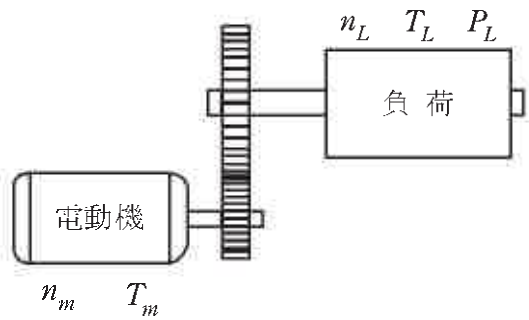
問9 定格容量 $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器において、力率 1 の負荷で全負荷運転したときに、銅損が 1000 W 、鉄損が 250 W となった。力率 1 を維持したまま負荷を調整し、最大効率となる条件で運転した。銅損と鉄損以外の損失は無視できるものとし、この最大効率となる条件での効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年、主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。通常動作における両者の特性を比較した記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) IGBT は、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。
- (2) パワーMOSFET は電圧駆動形であり、ゲート・ソース間に正の電圧をかけることによりターンオンする。
- (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり、一般的にバイポーラ形の IGBT と比べてターンオン時間が短い一方、流せる電流は小さい。
- (4) IGBT はキャリアの蓄積作用のためターンオフ時にテイル電流が流れ、パワーMOSFET と比べてオフ時間が長くなる。
- (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで、高耐圧化と高耐熱化が可能になる。

問 11 図に示すように、電動機が減速機と組み合わせられて負荷を駆動している。このときの電動機の回転速度 n_m が $1\,150\text{ min}^{-1}$ 、トルク T_m が $100\text{ N}\cdot\text{m}$ であった。減速機の減速比が 8、効率が 0.95 のとき、負荷の回転速度 n_L [min^{-1}]、軸トルク T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$] 及び軸入力 P_L [kW] の値として、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。



	n_L [min^{-1}]	T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$]	P_L [kW]
(1)	136.6	11.9	11.4
(2)	143.8	760	11.4
(3)	9 200	760	6 992
(4)	143.8	11.9	11.4
(5)	9 200	11.9	6 992

問 12 次の文章は、光の基本量に関する記述である。

光源の放射束のうち人の目に光として感じるエネルギーを光束といい単位には (ア) を用いる。

照度は、光を受ける面の明るさの程度を示し、1 (イ) とは被照射面積 1 m^2 に光束 1 (ア) が入射しているときの、その面の照度である。

光源の各方向に出ている光の強さを示すものが光度である。光度 I (ウ) は、立体角 $\omega[\text{sr}]$ から出る光束を F (ア) とすると $I = \frac{F}{\omega}$ で示される。

物体の単位面積から発散する光束の大きさを光束発散度 M (エ) といい、ある面から発散する光束を F 、その面積を $A[\text{m}^2]$ とすると $M = \frac{F}{A}$ で示される。

光源の発光面及び反射面の輝きの程度を示すのが輝度であり、単位には (オ) を用いる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	[lx]	[lm]	[cd]	[lx/m ²]	[lx/sr]
(2)	[lm]	[lx]	[lm/sr]	[lm/m ²]	[cd]
(3)	[lm]	[lx]	[cd]	[lm/m ²]	[cd/m ²]
(4)	[cd]	[lx]	[lm]	[cd/m ²]	[lm/m ²]
(5)	[cd]	[lm]	[cd/sr]	[cd/m ²]	[lx]

問 13 図 1 に示す R-L 回路において、端子 a, a' 間に単位階段状のステップ電圧 $v(t)$ [V] を加えたとき、抵抗 $R[\Omega]$ に流れる電流を $i(t)$ [A] とすると、 $i(t)$ は図 2 のようになった。この回路の $R[\Omega]$, $L[\text{H}]$ の値及び入力を a, a' 間の電圧とし、出力を $R[\Omega]$ に流れる電流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。

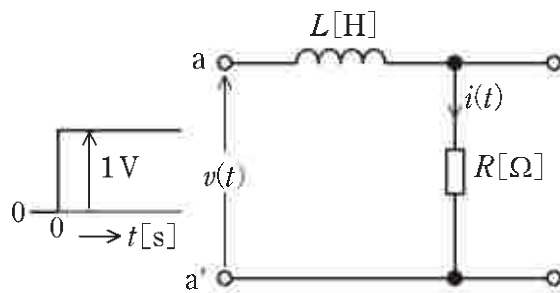


図1

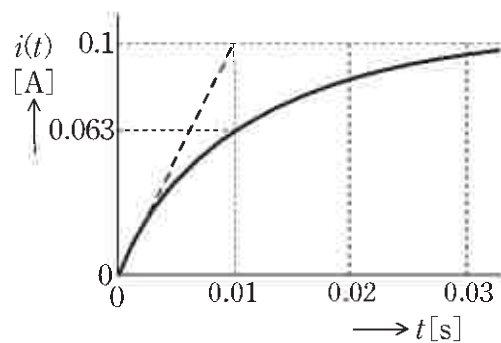
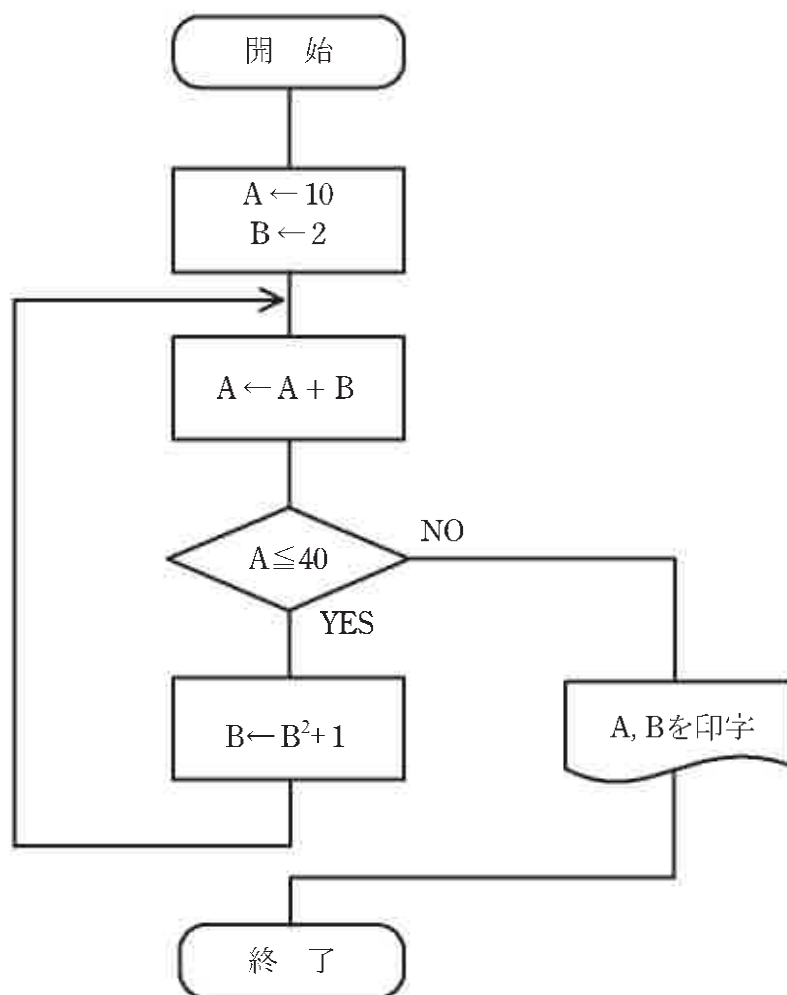


図2

	$R [\Omega]$	$L [\text{H}]$	$G(j\omega)$
(1)	10	0.1	$\frac{0.1}{1 + j0.01\omega}$
(2)	10	1	$\frac{0.1}{1 + j0.1\omega}$
(3)	100	0.01	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(4)	10	0.1	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(5)	100	0.01	$\frac{1}{100 + j0.01\omega}$

問 14 次のフローチャートに従って作成したプログラムを実行したとき、印字される A, B の値として、正しい組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	A	B
(1)	43	288
(2)	43	677
(3)	43	26
(4)	720	26
(5)	720	677

B問題(配点は1問題当たり(a)5点，(b)5点，計10点)

問15 定格一次電圧3000V，定格二次電圧が3300Vの単相単巻変圧器について，次の(a)及び(b)の間に答えよ。なお，巻線のインピーダンス，鉄損は無視できるものとする。

(a) この単相単巻変圧器の二次側に負荷を接続したところ，一次電圧は3000V，一次電流は100Aであった。この変圧器の直列巻線に流れる電流値[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) 9.09 (2) 10.0 (3) 30.9 (4) 90.9 (5) 110

(b) この変圧器の自己容量[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。

(1) 15.8

(2) 27.3

(3) 30.0

(4) 47.3

(5) 81.9

問 16 図 1 は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 i_o と直流電流 i_d は図示する矢印の向きを正の方向として、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

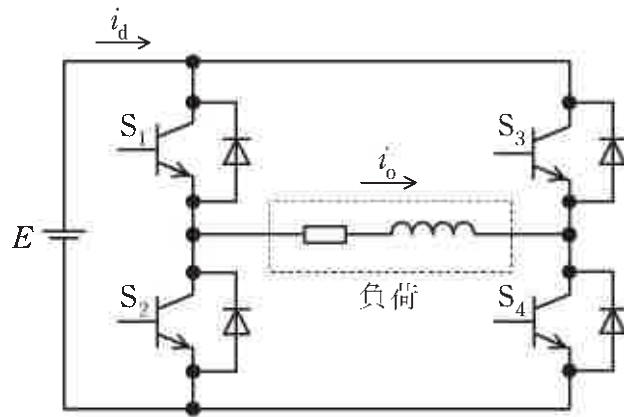


図 1

(a) 出力交流電圧の 1 周期に各パワートランジスタが 1 回オンオフする運転において、図 2 に示すように、パワートランジスタ $S_1 \sim S_4$ のオンオフ信号波形に対して、負荷電流 i_o の正しい波形が (ア) ~ (ウ)、直流電流 i_d の正しい波形が (エ)、(オ) のいずれかに示されている。その正しい波形の組合せを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) (ア) と (エ) (2) (イ) と (エ) (3) (ウ) と (オ) (4) (ア) と (オ) (5) (イ) と (オ)

(b) 単相インバータの特徴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) 図 1 は電圧形インバータであり、直流電源 E の高周波インピーダンスが低いことが要求される。

(2) 交流出力の調整は、 $S_1 \sim S_4$ に与えるオンオフ信号の幅 $\frac{T}{2}$ を短くすることによって交流周波数を高くすることができる。又は、 E の直流電圧を高くすることによって交流電圧を高くすることができる。

- (3) 図 1 に示されたパワートランジスタを、IGBT 又はパワー MOSFET に置換えてもインバータを実現できる。
- (4) ダイオードが接続されているのは負荷のインダクタンスに蓄えられたエネルギーを直流電源に戻すためであり、さらにダイオードが導通することによって得られる逆電圧でパワートランジスタを転流させている。
- (5) インダクタンスを含む負荷としては誘導電動機も駆動できる。運転中に負荷の力率が低くなると、電流がダイオードに流れる時間が長くなる。

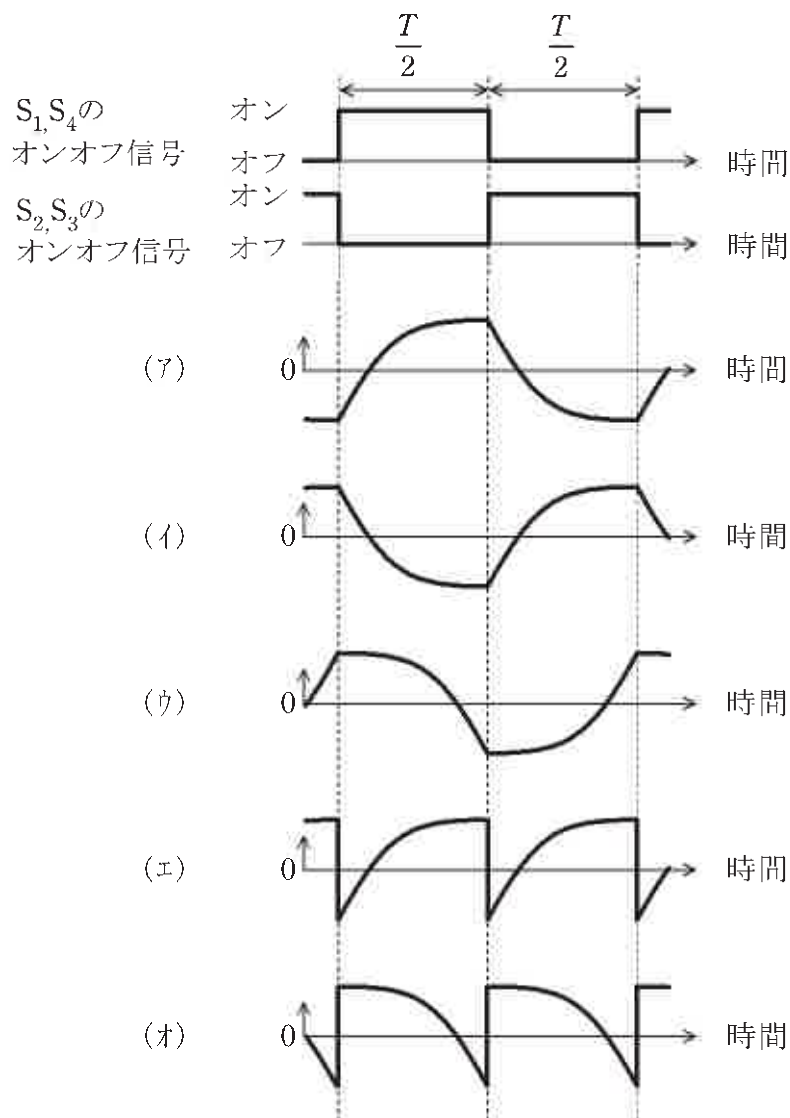


図 2

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 熱伝導について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

断面積が 2 m^2 、厚さが 30 cm 、熱伝導率が $1.6 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ の両表面間に温度差がある壁がある。ただし、熱流は厚さ方向のみの一次元とする。

(a) この壁の厚さ方向の熱抵抗 R の値 $[\text{K}/\text{W}]$ に最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.041 7 (2) 0.093 8 (3) 0.267 (4) 2.67 (5) 4.17

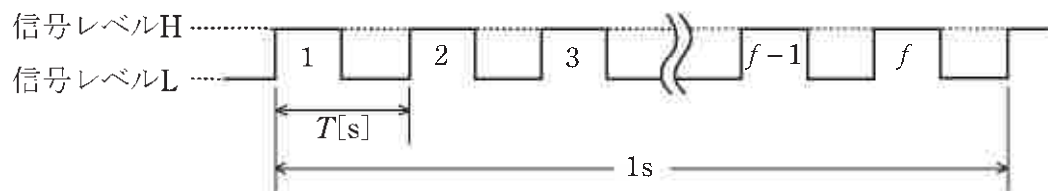
(b) この壁の低温側の温度 t_2 が 20°C のとき、この壁の熱流 ϕ が 100 W であった。
このとき、この壁の高温側の温度 t_1 の値 $[\text{C}]$ に最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 21.0 (2) 22.1 (3) 24.2 (4) 29.4 (5) 46.7

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18 図は、マイクロプロセッサの動作クロックを示す。マイクロプロセッサは動作クロックと呼ばれるパルス信号に同期して処理を行う。また、マイクロプロセッサが1命令当りに使用する平均クロック数をCPIと呼ぶ。1クロックの周期 $T[s]$ をサイクルタイム、1秒当たりの動作クロック数 f を動作周波数と呼ぶ。



次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 2.5 GHz の動作クロックを使用するマイクロプロセッサのサイクルタイムの値[ns]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.000 4 (2) 0.25 (3) 0.4 (4) 250 (5) 400

(b) CPI=4 のマイクロプロセッサにおいて、1命令当たりの平均実行時間が 0.02 μs であった。このマイクロプロセッサの動作周波数の値[MHz]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.012 5 (2) 0.2 (3) 12.5 (4) 200 (5) 12 500

令和 4 年度 下期

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、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 (字彙制限の省略あり)	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. 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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ k V}\cdot\text{A}$)

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。

第 3 種

機

械

A 問題(配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 直流機の構造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) 直流機は固定子と回転子からなる。界磁は固定子にあり、電機子及び整流子は回転子にある。
- (2) 電機子鉄心には、交番磁束による渦電流損を少なくするため、電磁鋼板を層状に重ねた積層鉄心が用いられる。
- (3) 直流発電機には他励式と自励式がある。他励式には、分巻発電機、直巻発電機などがある。
- (4) 電機子電流による起磁力がエアギャップの磁束分布に影響を与える作用を電機子反作用といい、この影響を防ぐために補償巻線や補極が用いられる。
- (5) 直流電動機に生じる電機子反作用の向きは発電機の場合とは反対であるが、電機子電流の向きが反対であるので補償巻線や補極の接続方法は発電機の場合と同じでよい。

問2 三相誘導電動機が滑り 2.5 %で運転している。このとき、電動機の二次銅損が 188 W であるとする。電動機の軸出力[kW]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、機械損は 0.2 kW とし、負荷に無関係に一定とする。

- (1) 7.1 (2) 7.3 (3) 7.5 (4) 8.0 (5) 8.5

問3 次の文章は、三相誘導電動機の構造に関する記述である。

三相誘導電動機は、 磁界を作る固定子及び回転する回転子からなる。

回転子は、 回転子と 回転子との2種類に分類される。

回転子では、回転子溝に導体を納めてその両端が で接続される。

回転子では、二次電流を ，ブラシを通じて外部回路に流すことができる。

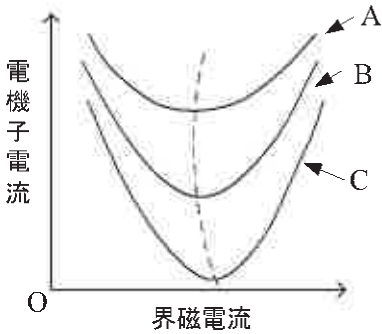
上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	回転	かご形	巻線形	スリップリング	整流子
(2)	交番	かご形	巻線形	端絡環	スリップリング
(3)	回転	巻線形	かご形	スリップリング	整流子
(4)	回転	かご形	巻線形	端絡環	スリップリング
(5)	交番	巻線形	かご形	スリップリング	整流子

問4 次の文章は、三相同期電動機の位相特性に関する記述である。

図は三相同期電動機の位相特性曲線（V 曲線）の一例である。同期電動機は、界磁電流を変えると、電機子電流の端子電圧に対する位相が変わり、さらに、電機子電流の大きさも変わる。図の曲線の最低点は力率が 1 となる点で、図の破線より右側は (ア) 電流、左側は (イ) 電流の範囲となる。また、電動機の出力を大きくするにつれて、曲線は (ウ) → B → (エ) の順に変化する。

この位相特性を利用して、三相同期電動機を需要家機器と並列に接続して無負荷運転し、需要家機器の端子電圧を調整することができる。このような目的で用いる三相同期電動機を (オ) という。



上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	遅れ	進み	A	C	静止形無効電力補償装置
(2)	遅れ	進み	C	A	静止形無効電力補償装置
(3)	遅れ	進み	A	C	同期調相機
(4)	進み	遅れ	C	A	同期調相機
(5)	進み	遅れ	A	C	同期調相機

問 5 定格出力 $8\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$ ，定格電圧 $6\,600\text{ V}$ の三相同期発電機がある。この発電機の同期インピーダンスが $4.73\,\Omega$ のとき，短絡比の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.384 (2) 0.665 (3) 1.15 (4) 1.50 (5) 2.61

問6 次の文章は、小形交流モータに関する記述である。

モータの固定子がつくる回転磁界中に、永久磁石を付けた回転子を入れると、回転子は回転磁界 (ア) で回転する。これが永久磁石同期モータの回転原理である。

永久磁石形同期モータは、回転子の構造により、 (イ) 磁石形同期モータと (ウ) 磁石形同期モータに分類される。 (イ) 磁石形同期モータは、構造的に小型化・高速化に適しており、さらに (エ) トルクが利用できる特徴がある。 (エ) トルクは、固定子と回転子の鉄心(電磁鋼板)との間に働く回転力のことである。この回転力のみを利用したモータは、永久磁石形同期モータに比べて、材料コストが (オ) という特徴がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	より低い速度	表面	埋込	リラクタンス	低い
(2)	より低い速度	埋込	表面	コギング	低い
(3)	と同じ速度	埋込	表面	リラクタンス	高い
(4)	と同じ速度	埋込	表面	リラクタンス	低い
(5)	と同じ速度	表面	埋込	コギング	高い

問7 次の文章は、交流機における電機子巻線法に関する記述である。

電機子巻線法には、1 相のコイルをいくつかのスロットに分けて配置する
 (ア) と、集中巻がある。(イ) の場合、各極各相のスロット数は (イ)
 となる。

(ア) において、コイルピッチを極ピッチよりも短くした巻線法を (ウ)
 と呼ぶ。この巻線法を採用すると、(エ) は低くなるが、コイル端を短くでき
 ることや、(オ) が改善できるなどの利点があるため、一般的によく用いられ
 ている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	分布巻	2 以上	短節巻	誘導起電力	電圧波形
(2)	分散巻	2 未満	全節巻	励磁電流	力率
(3)	分布巻	2 未満	短節巻	励磁電流	力率
(4)	分布巻	2 未満	短節巻	励磁電流	電圧波形
(5)	分散巻	2 以上	全節巻	誘導起電力	力率

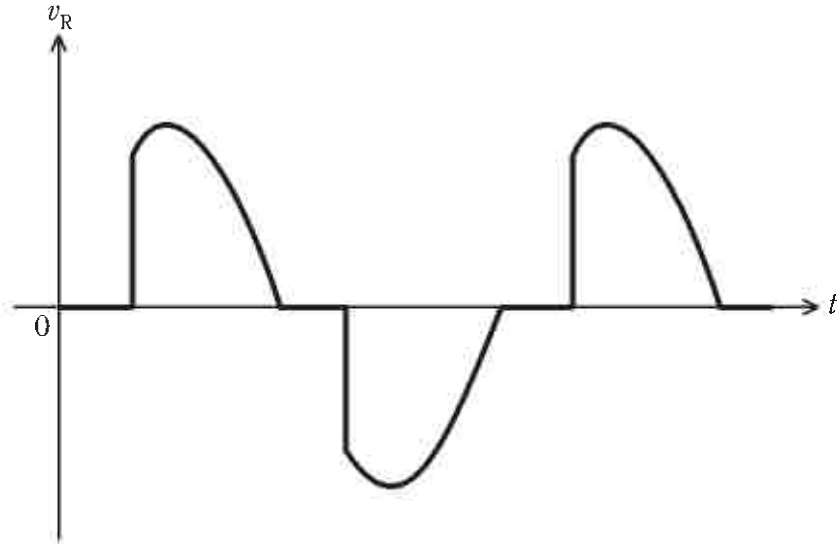
問 8 単相変圧器がある。定格二次電圧 200 V において、二次電流が 250 A のときの全損失が $1\,525\text{ W}$ であり、同様に二次電圧 200 V において、二次電流が 150 A のときの全損失が $1\,125\text{ W}$ であった。この変圧器の無負荷損の値[W]として、最も近いものを(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 400 (2) 525 (3) 576 (4) 900 (5) 1 000

問9 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) 無負荷の変圧器の一次巻線に正弦波交流電圧を加えると、鉄心には磁気飽和現象やヒステリシス現象が生じるので電流は非正弦波電流となる。この電流を励磁電流といい、第3次をはじめとする多くの次数の高調波を含む。
- (2) 変圧器の励磁電流のうち、一次電圧と同相成分を鉄損電流、 $\frac{\pi}{2}$ [rad]遅れた成分を磁化電流という。
- (3) 変圧器の鉄損には主にヒステリシス損と渦電流損がある。電源の周波数を f 、鉄心に用いる電磁鋼板の厚さを t とすると、ヒステリシス損は f に比例し、渦電流損は $(f \times t)$ の2乗に比例する。ただし、鉄心の磁束密度を同一とする。
- (4) 変圧器の損失には主に鉄損と銅損があり、両者が等しくなったときに最大効率となる。無負荷損の主なものは鉄損で、電圧と周波数が一定であれば負荷に関係なく一定である。また、負荷損の主なものは銅損で、負荷電流の2乗に比例する。
- (5) 変圧器の等価回路において、励磁回路は励磁コンダクタンスと励磁サセプタンスで構成される。両者を合わせて励磁アドミタンスという。励磁コンダクタンスに流れる電流は磁化電流に対応し、励磁サセプタンスで発生する損失は鉄損に対応している。

問 10 図に示す出力電圧波形 v_R を得ることができる電力変換回路として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、回路中の交流電源は正弦波交流電圧源とする。



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

問 11 電動機で駆動するポンプを用いて、毎時 80 m^3 の水をパイプへ通して揚程 40 m の高さに持ち上げる。ポンプの効率は 72% 、電動機の効率は 93% で、パイプの損失水頭は 0.4 m であり、他の損失水頭は無視できるものとする。このとき必要な電動機入力 $[\text{kW}]$ 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、水の密度は $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 0.013 (2) 0.787 (3) 4.83 (4) 13.1 (5) 80.4

問 12 電気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) 抵抗加熱は、電流によるジュール熱を利用して加熱するものである。
- (2) アーク加熱は、アーク放電によって生じる熱を利用するもので、直接加熱方式と間接加熱方式がある。
- (3) 赤外加熱において、遠赤外ヒータの最大放射束の波長は、赤外電球の最大放射束の波長より長い。
- (4) 誘電加熱は、交番電界中におかれた誘電体中に生じる誘電損により加熱するものである。
- (5) 誘導加熱は、印加磁界中におかれた強磁性体中の渦電流によって生じるジュール熱(渦電流損)により加熱するものである。

問 13 次の文章は、電気通信に関する記述である。

電気通信において、信号に変換された情報を伝える媒体を伝送路と呼ぶ。伝送路などから混入し、送りたい信号を変化させてしまうことがある不要な成分を (ア) という。

身近な通信手段の一つとして電話がある。地域間をまたがる電話網において多数の通話を効率的に中継するために、1本の伝送路を用いて同時に多数の通話を伝送する技術を (イ) という。

無線通信では、送りたい情報を信号波と呼ばれる電気信号に変換した後、送信機によって、周波数のより高い搬送波と呼ばれる信号と合成し、 (ウ) を作る。(ウ) を作り出したり、受信機において (ウ) から信号波を取り出す方式はいくつかある。

アナログ信号をデジタル信号に変換する A-D 変換においては、アナログ信号の最高周波数に対して、その2倍以上の周波数で (エ) を行えば、(エ) された信号から元のアナログ信号を再現できる。これを (エ) 定理という。

画像や音声、ビデオなどの情報をそのまま記録・伝送しようとする、データのサイズが大きくなるために、データの (オ) が行われる。静止画像の代表的な (オ) 方法として JPEG という国際標準規格がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	雑音(ノイズ)	輻輳	正弦波	標本化	圧縮
(2)	側波帯	多重化	変調波	標本化	伸長
(3)	雑音(ノイズ)	多重化	変調波	標本化	圧縮
(4)	雑音(ノイズ)	多重化	変調波	量子化	伸長
(5)	側波帯	輻輳	正弦波	量子化	圧縮

問 14 次の文章は、メカトロニクスの概要と構成要素に関する記述である。

メカトロニクスは (ア) 技術, (イ) 技術, 情報技術を統合した技術である。これにより, メカニズム(機構)によってつくられた従来の (ア) に, マイクロコンピュータなどの (イ) 部品を組み込んで, 高性能で多機能な機械装置が実現できる。

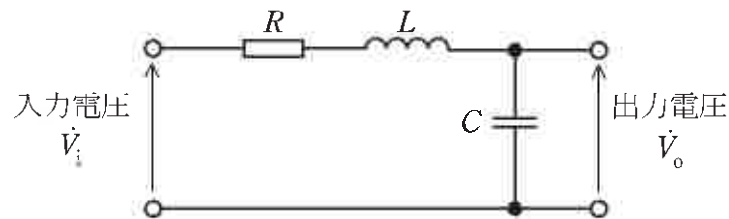
メカトロニクス製品の構成要素には, (ウ) , (エ) , (オ) 及びインタフェースがある。(ウ) は, 機械の圧力, 力, 速度, 加速度, 温度などの物理量を計測する。(エ) は, 電気, 油圧, 空気圧などのエネルギーを機械的な動きに変換する。(オ) は, (ウ) で計測した情報を処理して (エ) への指令を生成する制御装置としての役割を果たす。インタフェースは, (ウ) や (エ) の扱う電気信号と (オ) が処理できるデジタル信号との変換を担当する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	機械	電子	アクチュエータ	ネットワーク	センサ
(2)	電子	機械	センサ	アクチュエータ	コンピュータ
(3)	電子	機械	コンピュータ	センサ	アクチュエータ
(4)	機械	電子	センサ	アクチュエータ	コンピュータ
(5)	機械	電子	センサ	ネットワーク	アクチュエータ

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

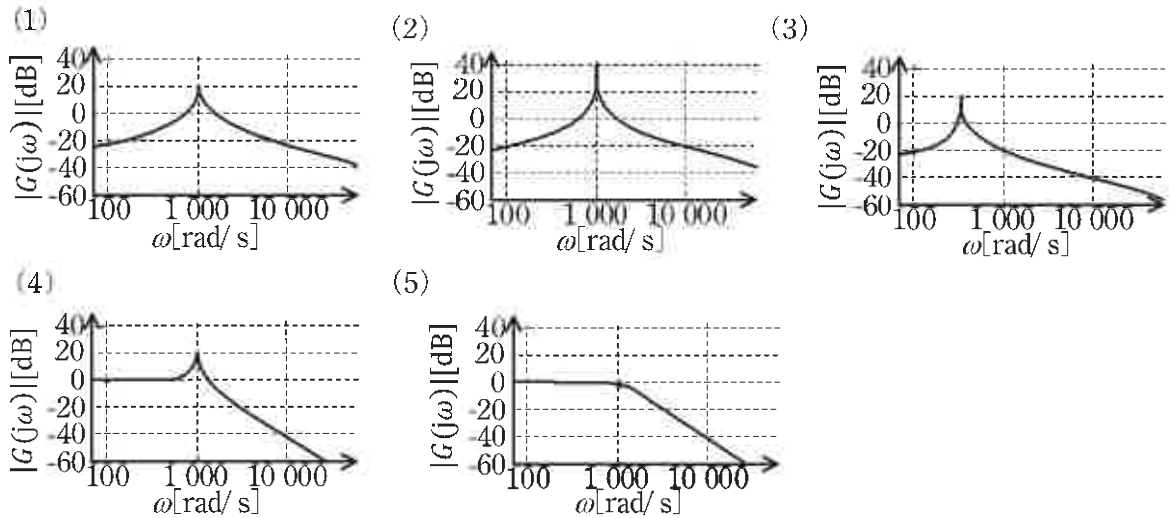
問 15 図は, 抵抗, インダクタンス, キャパシタンスで構成された RLC 回路である。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



- (a) 図において, 入力電圧 $\dot{V}_i$ に対する出力電圧 $\dot{V}_o$ の伝達関数 $G(j\omega)$ ($=\frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$) を求め, 正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{1}{1+\omega^2 LC+j\omega CR}$ (2) $\frac{1}{1-\omega^2 LC+j\omega CR}$ (3) $\frac{\sqrt{LC}}{1+\omega^2 LC+j\omega CR}$
- (4) $\frac{\sqrt{LC}}{1-\omega^2 LC+j\omega CR}$ (5) $\frac{\omega^2 LC}{\omega^2 LC-1-j\omega CR}$

(b) 図において、 $R=1\Omega$ 、 $L=0.01\text{H}$ 、 $C=100\mu\text{F}$ とした場合、(a)で求めた伝達関数を表すボード線図(ゲイン特性図)として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



問 16 図 1 は、IGBT を用いた単相ブリッジ接続の電圧形インバータを示す。直流電圧 E_d [V] は、一定値と見なせる。出力端子には、インダクタンス L [H] で抵抗値 R [Ω] の誘導性負荷が接続されている。この電圧形インバータの出力電圧 v_0 、出力電流 i_0 が図 2 のようになった。インバータの動作モードを図 2 に示す①～④として本モードは周期 T [s] で繰り返されるものとする。なお、上下スイッチの短絡を防ぐデッドタイムは考慮しない。

次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

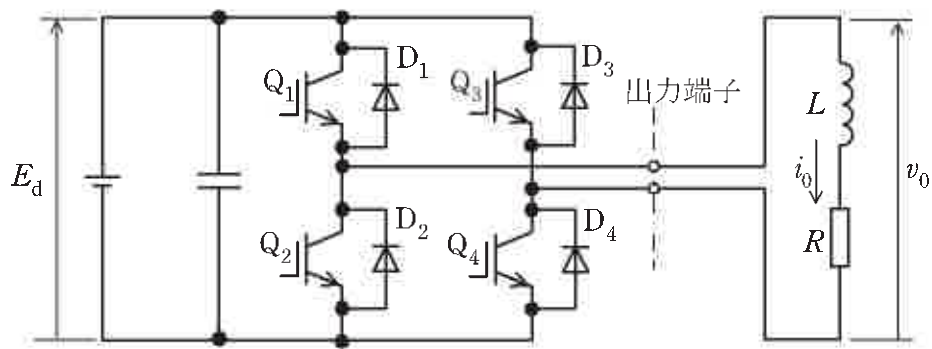


図 1

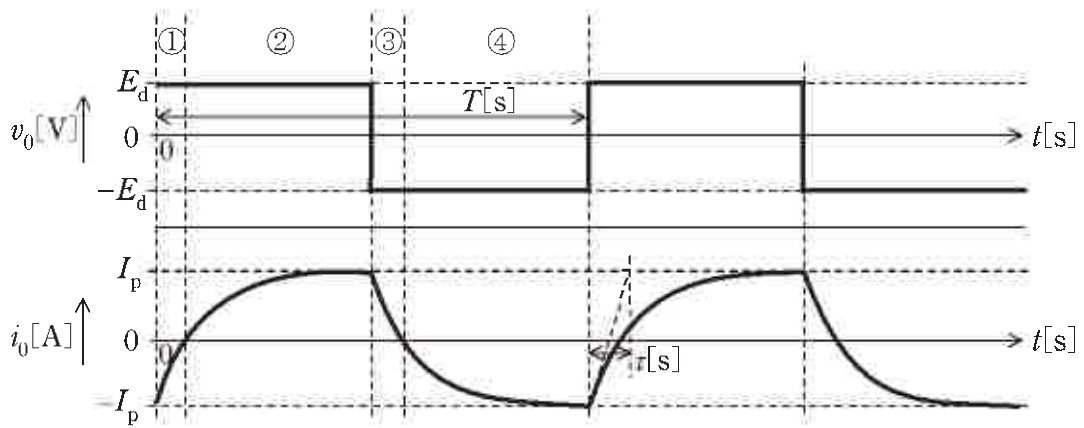


図 2

- (a) 図2に示した区間①～④において電流が流れているデバイス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。

	①	②	③	④
(1)	$D_2 - D_3$	$Q_2 - Q_3$	$D_1 - D_4$	$Q_1 - Q_4$
(2)	$D_1 - D_4$	$Q_1 - Q_4$	$D_2 - D_3$	$Q_2 - Q_3$
(3)	$Q_1 - Q_4$	$Q_1 - Q_4$	$Q_2 - Q_3$	$Q_2 - Q_3$
(4)	$Q_1 - D_3$	$Q_1 - Q_4$	$Q_2 - D_4$	$Q_2 - Q_3$
(5)	$Q_2 - Q_3$	$Q_2 - Q_3$	$Q_1 - Q_4$	$Q_1 - Q_4$

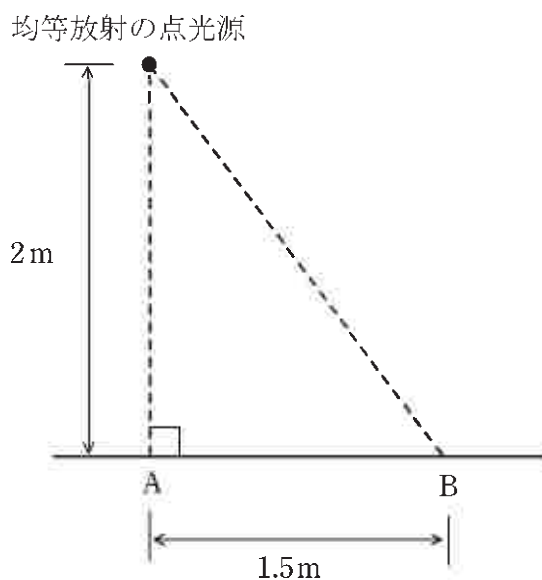
- (b) 電源電圧 E_d が 100 V, インダクタンス L を 2 mH とし, 抵抗 R を 1Ω とすると, 区間①②の電流は $-I_p$ [A] から I_p [A] まで時定数 τ [s] で増加する。 τ に最も近い値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.001 (2) 0.002 (3) 0.003 2 (4) 0.006 3 (5) 0.02

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 $3\,000\text{lm}$ である。この点光源を図のように配置した。水平面から点光源までの高さは 2m であり、点光源の直下の点 A と B との距離は 1.5m である。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) この点光源の平均光度[cd]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 191 (2) 239 (3) 318 (4) 477 (5) 955

(b) 水平面 B 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) 10 (2) 24 (3) 31 (4) 61 (5) 122

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 18 30 件分の使用電力量のデータ処理について、次の (a) 及び (b) に答えよ。

- (a) 図 1 は、30 件分の使用電力量の中から最大値と 30 件分の平均値を出力する一つのプログラムの流れ図を示す。図 1 中の (ア) ～ (エ) に当てはまる処理として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$t \leftarrow d[1]$	0	$d[i] < s$	$s \leftarrow d[i]$
(2)	$t \leftarrow 0$	2	$d[i] > s$	$s \leftarrow d[i]$
(3)	$t \leftarrow d[1]$	2	$d[i] < s$	$d[i] \leftarrow s$
(4)	$t \leftarrow d[1]$	2	$d[i] > s$	$s \leftarrow d[i]$
(5)	$t \leftarrow 0$	0	$d[i] < s$	$d[i] \leftarrow s$

- (b) 図 2 は、30 件の使用電力量を大きい順(降順)に並べ替える一つのプログラムの流れ図を示す。図 2 中の (オ) ～ (キ) に当てはまる処理として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。ただし、 w は一時的な退避用の変数と考えよ。

	(オ)	(カ)	(キ)
(1)	$d[i] < d[j]$	$d[j] \leftarrow d[i]$	$d[j] \leftarrow w$
(2)	$d[i] < d[j]$	$d[i] \leftarrow d[j]$	$d[j] \leftarrow w$
(3)	$d[i] < d[j]$	$d[j] \leftarrow d[i]$	$d[i] \leftarrow w$
(4)	$d[i] > d[j]$	$d[i] \leftarrow d[j]$	$d[j] \leftarrow w$
(5)	$d[i] > d[j]$	$d[j] \leftarrow d[i]$	$d[i] \leftarrow w$

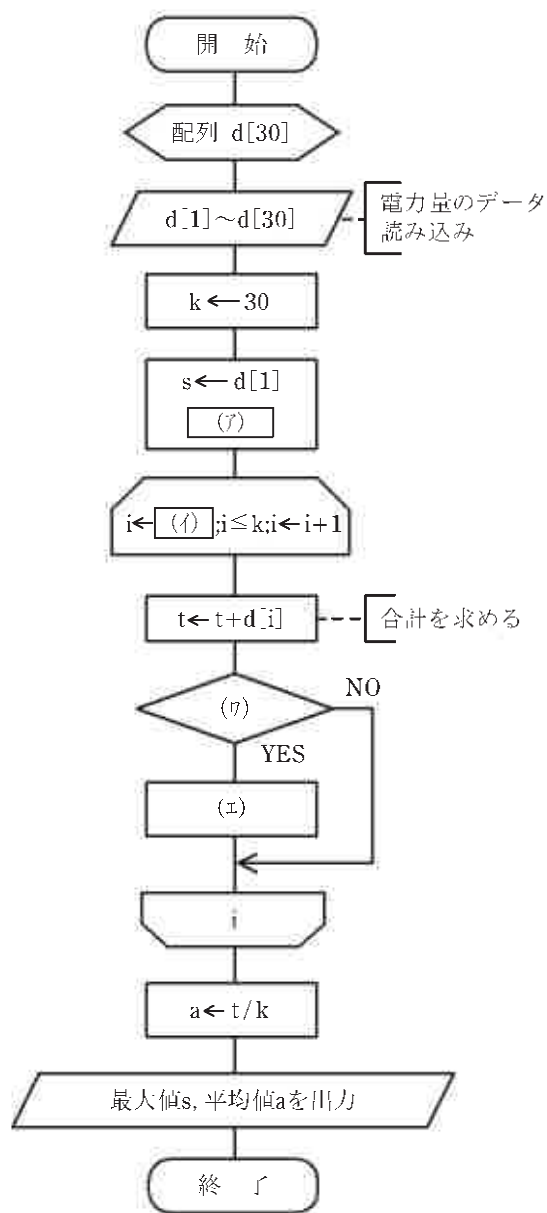


図 1

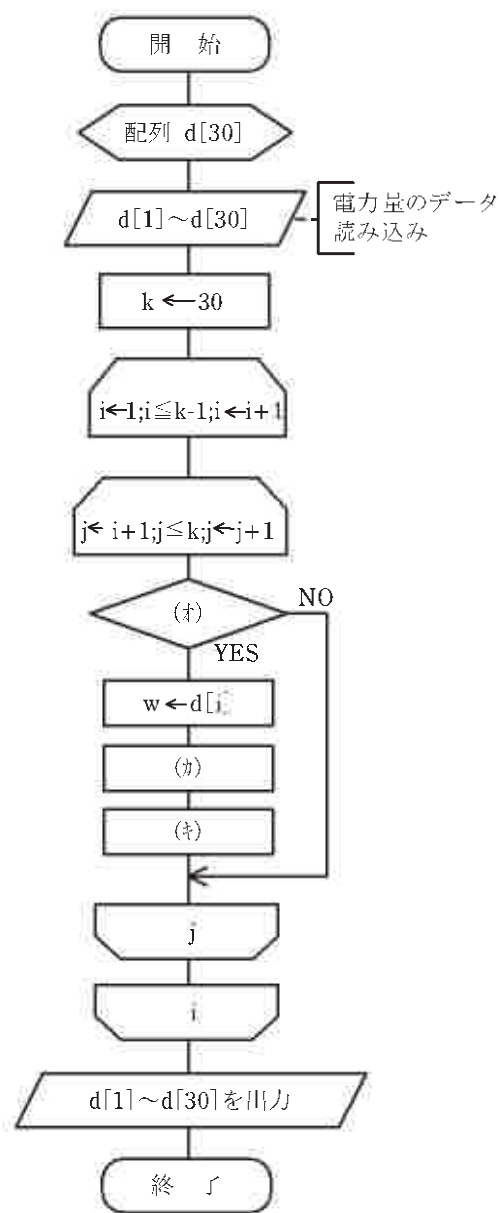


図 2

令和 4 年度 上期

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、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。

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

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。

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. 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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ k V}\cdot\text{A}$)

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 次の文章は、直流電動機の運転に関する記述である。

分巻電動機では始動時の過電流を防止するために始動抵抗が (ア) 回路に直列に接続されている。

直流電動機の世界制御法には界磁制御法・抵抗制御法・電圧制御法がある。静止レオナード方式は (イ) 制御法の一つであり、主に他励電動機に用いられ、広範囲の速度制御ができるという利点がある。

直流電動機の回転の向きを変えることを逆転といい、一般的には、応答が速い (ウ) 電流の向きを変える方法が用いられている。

電車が勾配を下るような場合に、電動機を発電機として運転し、電車のもつ運動エネルギーを電源に送り返す方法を (エ) 制動という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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	抵抗	界磁	発電
(2)	界磁	抵抗	電機子	発電
(3)	界磁	電圧	界磁	回生
(4)	電機子	電圧	電機子	回生
(5)	電機子	電圧	界磁	回生

問2 Δ 結線された三相誘導電動機がある。この電動機に対し、 Δ 結線の状態で拘束試験を実施したところ、下表の結果が得られた。この電動機をY結線に切り替え、220 Vの三相交流電源に接続して始動するときの始動電流の値[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、磁気飽和による漏れリアクタンスの低下は無視できるものとする。

一次電圧（線間電圧）	43.0 V
一次電流（線電流）	9.00 A

- (1) 15.3 (2) 26.6 (3) 46.0 (4) 79.8 (5) 138

問3 次の文章は、三相巻線形誘導電動機の構造に関する記述である。

三相巻線形誘導電動機は、(ア) を作る固定子と回転する部分の巻線形回転子で構成される。

固定子は、(イ) を円形又は扇形にスロットとともに打ち抜いて、必要な枚数積み重ねて積層鉄心を構成し、その内側に設けられたスロットに巻線を納め、結線して三相巻線とすることにより作られる。

一方、巻線形回転子は、積層鉄心を構成し、その外側に設けられたスロットに巻線を納め、結線して三相巻線とすることにより作られる。始動時には高い電圧にさらされることがや、大きな電流が流れることがあるので、回転子の巻線には、耐熱性や絶縁性に優れた絶縁電線が用いられる。一般的に、小出力用では、ホルマール線や(ウ)などの丸線が、大出力用では、(エ)の平角銅線が用いられる。三相巻線は、軸上に絶縁して設けた3個のスリップリングに接続し、ブラシを通して外部(静止部)の端子に接続されている。この端子に可変抵抗器を接続することにより、(オ)を改善したり、速度制御をすることができる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	回転磁界	高張力鋼板	ビニル線	エナメル線	効率
(2)	回転磁界	電磁鋼板	ビニル線	エナメル線	始動特性
(3)	電磁力	電磁鋼板	ビニル線	エナメル線	効率
(4)	電磁力	高張力鋼板	ポリエステル線	ガラス巻線	効率
(5)	回転磁界	電磁鋼板	ポリエステル線	ガラス巻線	始動特性

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。

ある母線に同期発電機 A を接続して運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するには、同期発電機 A、B の (ア) の大きさが等しくそれらの位相が一致していることが必要である。(ア) の大きさを等しくするには B の (イ) 電流を、位相を一致させるには B の原動機の (ウ) を調整する。位相が一致しているかどうかの確認には (エ) が用いられる。

並行運転中に両発電機間で (ア) の位相が等しく大きさが異なるとき、両発電機間を (オ) 横流が循環する。これは電機子巻線の抵抗損を増加させ、巻線を加熱させる原因となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	起電力	界磁	極数	位相検定器	有効
(2)	起電力	界磁	回転速度	同期検定器	無効
(3)	起電力	電機子	極数	位相検定器	無効
(4)	有効電力	界磁	回転速度	位相検定器	有効
(5)	有効電力	電機子	極数	同期検定器	無効

問 5 定格出力 $1\,500\text{ kV}\cdot\text{A}$ 、定格電圧 $3\,300\text{ V}$ の三相同期発電機がある。無負荷時に定格電圧となる界磁電流に対する三相短絡電流(持続短絡電流)は、 310 A であった。この同期発電機の短絡比の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.488 (2) 0.847 (3) 1.18 (4) 1.47 (5) 2.05

問6 ステッピングモータ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) 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を1ステップとして回転する。
- (2) ステッピングモータは、送られてきたパルスの周波数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。
- (3) ステッピングモータは、負荷に対して始動トルクが大きく、つねに入力パルスと同期して始動できるが、過大な負荷が加わると脱調・停止してしまう場合がある。
- (4) 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る。永久磁石を用いない可変リラクタンス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保持する力が働く特徴がある。
- (5) ステッピングモータは、回転角度センサを用いなくても、1ステップごとの位置制御ができる特徴がある。プリンタやスキャナなどのコンピュータ周辺装置や、各種検査装置、製造装置など、様々な用途に利用されている。

問7 電源電圧一定の下、トルク一定の負荷を負って回転している各種電動機の性質に関する記述として、正しいものと誤りのものの組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (ア) 巻線形誘導電動機の二次抵抗を大きくすると、滑りは増加する。
 (イ) 力率 1.0 で運転している同期電動機の界磁電流を小さくすると、電機子電流の位相は電源電圧に対し、進みとなる。
 (ウ) 他励直流電動機の界磁電流を大きくすると、回転速度は上昇する。
 (エ) かご形誘導電動機の電源周波数を高くすると励磁電流は増加する。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	誤り	誤り	正しい	正しい
(2)	正しい	正しい	誤り	誤り
(3)	誤り	正しい	正しい	正しい
(4)	正しい	誤り	誤り	正しい
(5)	正しい	誤り	誤り	誤り

問 8 単相変圧器の一次側に電流計，電圧計及び電力計を接続して，短絡試験を行う。二次側を短絡し，一次側に定格周波数の電圧を供給し，電流計が 40 A を示すように一次側の電圧を調整したところ，電圧計は 80 V，電力計は 1 000 W を示した。この変圧器の一次側からみた漏れリアクタンスの値[Ω]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，変圧器の励磁回路のインピーダンスは無視し，電流計，電圧計及び電力計は理想的な計器であるものとする。

- (1) 0.63 (2) 1.38 (3) 1.90 (4) 2.00 (5) 2.10

問9 いろいろな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、一つの巻線の一部から端子が出ており、巻線の共通部分を分路巻線、共通でない部分を直列巻線という。三相結線にして電力系統の電圧変成などに用いられる。
- (2) 単相変圧器3台を Δ - Δ 結線として三相給電しているとき、故障等により1台を取り除いて残りの2台で同じ電圧のまま給電する方式をV結線方式という。V結線にすると変圧器の利用率はおよそ0.866倍に減少する。
- (3) スコット結線変圧器は、M変圧器、T変圧器と呼ばれる単相変圧器2台を用いる。M変圧器の中央タップに片端子を接続したT変圧器の途中の端子とM変圧器の両端の端子を三相電源の一次側入力端子とする。二次側端子からは位相差180度の二つの単相電源が得られる。この変圧器は、電気鉄道の給電などに用いられる。
- (4) 計器用変成器は、送配電系統等の高電圧・大電流を低電圧・小電流に変成して指示計器にて計測するためなどに用いられる。このうち、計器用変圧器は、変圧比が1より大きく、定格二次電圧は一般に、 110 V 又は $\frac{110}{\sqrt{3}}\text{ V}$ に統一されている。
- (5) 計器用変成器のうち、変流器は、一次巻線の巻数が少なく、1本の導体を鉄心に貫通させた貫通形と呼ばれるものがある。二次側を開放したままで一次電流を流すと一次電流が全て励磁電流となり、二次端子には高電圧が発生するので、電流計を接続するなど短絡状態で使用する必要がある。

問 10 図 1 は直流チョップ回路の基本構成図を示している。降圧チョップを構成するデバイスを図 2 より選んで回路を構成したい。(ア)～(ウ)に入るデバイスの組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、図 2 に示す図記号の向きは任意に変更できるものとする。

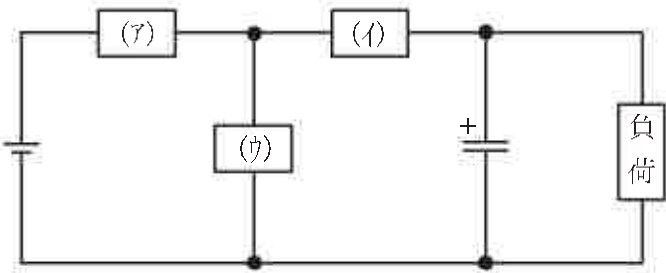


図 1

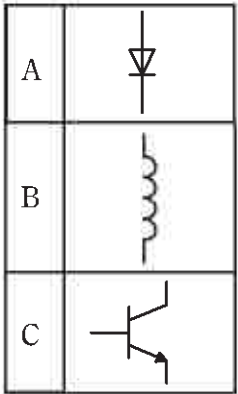


図 2

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	B	A	C
(2)	B	C	A
(3)	C	A	B
(4)	C	B	A
(5)	A	B	C

問 11 かごの質量が 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, 鈎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 100 m/min で上昇させるときに用いる電動機の出力の値[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, 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) 2.00 (2) 14.7 (3) 19.6 (4) 120 (5) 1 180

問 12 次の文章は、ナトリウム－硫黄電池に関する記述である。

大規模な電力貯蔵用の二次電池として、ナトリウム－硫黄電池がある。この電池は (ア) 状態で使用されることが一般的である。(イ) 極活性物質にナトリウム、(ウ) 極活性物質に硫黄を使用し、仕切りとなる固体電解物質には、ナトリウムイオンだけを透過する特性がある (エ) を用いている。

セル当たりの起電力は (オ) V と低く、容量も小さいため、実際の電池では、多数のセルを直並列に接続して集合化し、モジュール電池としている。この電池は、鉛蓄電池に比べて単位質量当たりのエネルギー密度が 3 倍と高く、長寿命な二次電池である。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	高温	正	負	多孔質ポリマー	1.2～1.5
(2)	常温	正	負	ベータアルミナ	1.2～1.5
(3)	低温	正	負	多孔質ポリマー	1.2～1.5
(4)	高温	負	正	ベータアルミナ	1.7～2.1
(5)	低温	負	正	多孔質ポリマー	1.7～2.1

問 13 文字や音声、画像などの情報を電気信号や光信号に変換してやりとりすることを電気通信といい、様々な用途や場所で利用されている。電気通信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) 通信には、通信ケーブルを伝送路として用いる有線通信と、空間を伝送路として用いる無線通信がある。通信の用途に応じて適切な方式が選択される。
- (2) 電気信号に変換した情報を扱う方式として、アナログ方式とデジタル方式がある。アナログ方式は古くから使用されてきたが、デジタル方式は、雑音（ノイズ）の影響を受けにくいことや、小型化しやすいこと、コンピュータで処理しやすいことなどから、近年では採用されることが多くなっている。
- (3) 光通信の伝送路として主に用いられる光ファイバケーブルでは、入射した光信号は屈折率の異なるコアとクラッドの間で全反射しながら進んでいく。光ファイバケーブルは伝送損失が非常に少なく、無誘導のため漏話しにくいことから、長距離の伝送に適している。
- (4) 無線通信に用いられる電波の伝わり方は、周波数や波長によって異なるために、通信の用途にあったものが用いられる。周波数の低い、すなわち波長の長い電波は直進性が強いために、特定の方向に向けて発信するのに適している。
- (5) データ通信における誤りの検出方法としてよく使用されるパリティチェック方式は、伝送データのビット列に対して、状態が“1”のビットの個数が奇数または偶数になるように、検査のためのビットを付け加えて送ることで、受信側で誤りを検出する方式である。

問 14 次の文章は、電子機械の構成と基礎技術に関する記述である。

デジタルカメラや自動洗濯機など我々が日常で使う機器，ロボット，生産工場の工作機械など，多くの電子機械はメカトロニクス技術によって設計・製造され，運用されている。機械にマイクロコンピュータを取り入れるようになり，メカトロニクス技術は発展してきた。

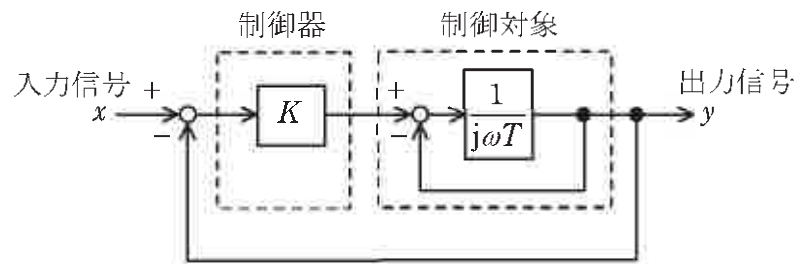
電子機械では，外界の情報や機械内部の運動状態を各種センサにより取得する。大部分のセンサ出力は電圧または電流の信号であり時間的に連続に変化する (ア) 信号である。電気，油圧，空気圧などのエネルギーを機械的な動きに変換するアクチュエータも (イ) 信号で動作するものが多い。これらの信号はコンピュータで構成される制御装置で (ウ) 信号として処理するため，信号の変換器が必要となる。(ア) 信号から (イ) 信号への変換器を (ウ) 変換器，その逆の変換器を (エ) 変換器という。センサの出力信号は (ウ) 変換器を介してコンピュータに取り込まれ，コンピュータで生成されたアクチュエータへの指令は (エ) 変換器を介してアクチュエータに送られる。その間必要に応じて信号レベルを変換する。このような，センサやアクチュエータとコンピュータとの橋渡しの機能をもつものを (オ) という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	デジタル	アナログ	D-A	A-D	インタフェース
(2)	アナログ	デジタル	A-D	D-A	インタフェース
(3)	アナログ	デジタル	A-D	D-A	ネットワーク
(4)	デジタル	アナログ	D-A	A-D	ネットワーク
(5)	アナログ	デジタル	D-A	A-D	インタフェース

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図は, 出力信号 y を入力信号 x に一致させるように動作するフィードバック制御系のブロック線図である。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 図において, $K=5$, $T=0.1$ として, 入力信号からフィードバック信号までの一巡伝達関数(開ループ伝達関数)を表す式を計算し, 正しいものを次の(1)～(5)から一つ選べ。

(1) $\frac{5}{1-j\omega 0.1}$

(2) $\frac{5}{1+j\omega 0.1}$

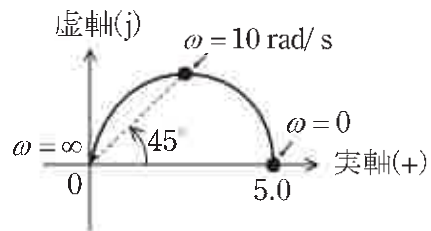
(3) $\frac{1}{6+j\omega 0.1}$

(4) $\frac{5}{6-j\omega 0.1}$

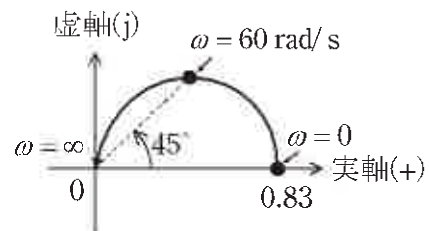
(5) $\frac{5}{6+j\omega 0.1}$

(b) (a) で求めた一巡伝達関数において、 ω を変化させることで得られるベクトル軌跡はどのような曲線を描くか、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

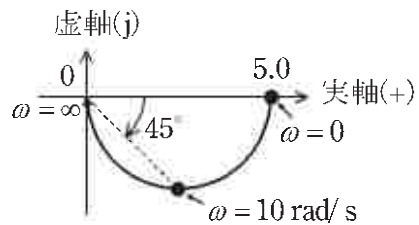
(1)



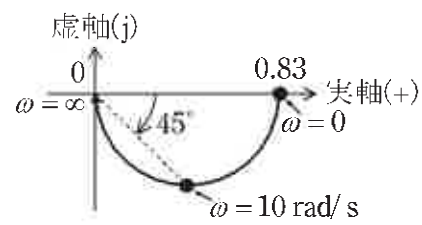
(2)



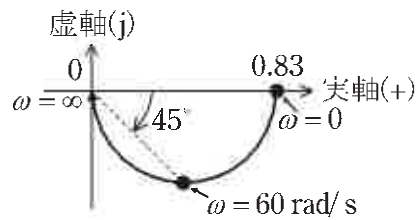
(3)



(4)



(5)



問 16 図 1 は、IGBT を用いた単相ブリッジ接続の電圧形インバータを示す。直流電圧 E_d [V] は、一定値と見なせる。出力端子には、インダクタンス L [H] の誘導性負荷が接続されている。

図 2 は、このインバータの動作波形である。時刻 $t=0$ s で IGBT Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると、出力電圧 v_a は E_d [V] となる。 $t=\frac{T}{2}$ [s] で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると、出力電圧 v_a は $-E_d$ [V] となる。これを周期 T [s] で繰り返して方形波電圧を出力する。

このとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、デバイス (IGBT 及びダイオード) での電圧降下は無視するものとする。

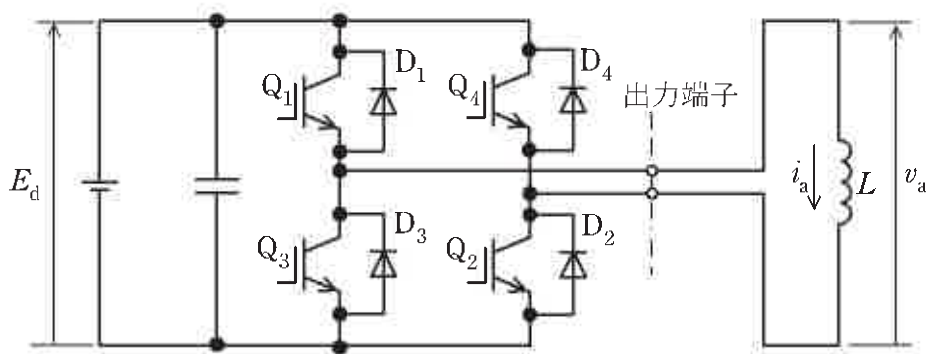


図 1

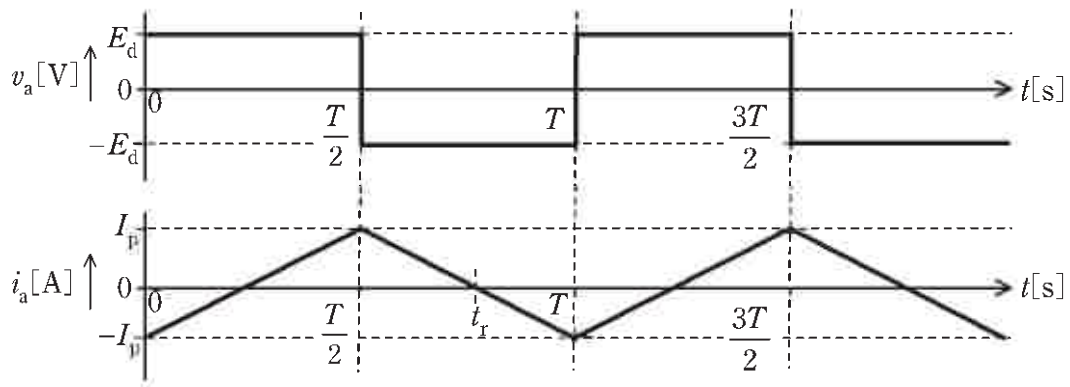


図 2

(a) $t = 0$ s において $i_a = -I_p$ [A] とする。時刻 $t = \frac{T}{2}$ [s] の直前では Q_1 及び Q_2 がオンしており、出力電流は直流電源から $Q_1 \rightarrow$ 負荷 $\rightarrow Q_2$ の経路で流れている。

$t = \frac{T}{2}$ [s] で IGBT Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 の

ゲート信号をオンにした。その直後(図 2 で、 $t = \frac{T}{2}$ [s] から、出力電流が 0 A になる $t = t_r$ [s] までの期間)、出力電流が流れるデバイスとして、正しい組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) Q_1, Q_2 (2) Q_3, Q_4 (3) D_1, D_2 (4) D_3, D_4 (5) Q_3, Q_4, D_1, D_2

(b) 図 1 の回路において $E_d = 100$ V, $L = 10$ mH, $T = 0.02$ s とする。 $t = 0$ s における電流値を $-I_p$ として、 $t = \frac{T}{2}$ [s] における電流値を I_p としたとき、 I_p 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) 33 (2) 40 (3) 50 (4) 66 (5) 100

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 消費電力 1.00 kW のヒートポンプ式電気給湯器を 6 時間運転して、温度 20.0 °C、体積 0.370 m³ の水を加熱した。ここで用いられているヒートポンプユニットの成績係数(COP)は 4.5 である。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、水の比熱容量と密度は、それぞれ、 $4.18 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ と $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とし、水の温度に関係なく一定とする。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。

(a) このときの水の加熱に用いた熱エネルギーの値[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) 21.6 (2) 48.6 (3) 72.9 (4) 81.0 (5) 97.2

(b) 加熱後の水の温度[°C]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 34.0 (2) 51.4 (3) 67.1 (4) 72.4 (5) 82.8

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 18 以下の論理回路について、次の (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。

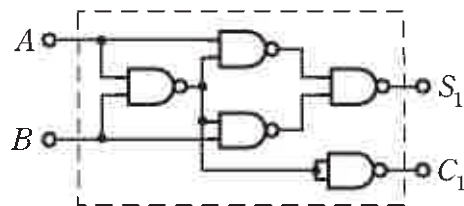


図 1

(1)

入力		出力	
A	B	S ₁	C ₁
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

(2)

入力		出力	
A	B	S ₁	C ₁
0	0	0	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

(3)

入力		出力	
A	B	S ₁	C ₁
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1

(4)

入力		出力	
A	B	S ₁	C ₁
0	0	0	1
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(5)

入力		出力	
A	B	S ₁	C ₁
0	0	0	0
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_0 の入力に対する出力 S_2 及び C_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。

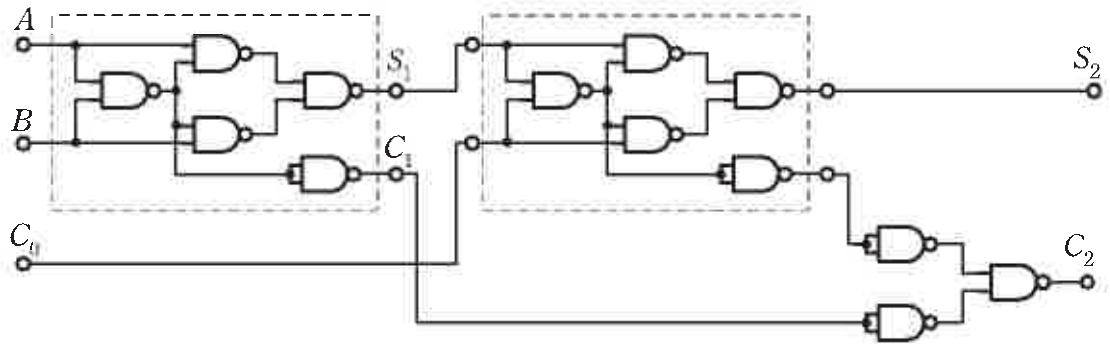


図2

- (1) $A=0$ 、 $B=0$ 、 $C_0=0$ を入力したときの出力は、 $S_2=0$ 、 $C_2=1$ である。
- (2) $A=0$ 、 $B=1$ 、 $C_0=0$ を入力したときの出力は、 $S_2=1$ 、 $C_2=0$ である。
- (3) $A=1$ 、 $B=0$ 、 $C_0=0$ を入力したときの出力は、 $S_2=0$ 、 $C_2=1$ である。
- (4) $A=1$ 、 $B=0$ 、 $C_0=1$ を入力したときの出力は、 $S_2=1$ 、 $C_2=0$ である。
- (5) $A=1$ 、 $B=1$ 、 $C_0=1$ を入力したときの出力は、 $S_2=0$ 、 $C_2=1$ である。

令和 3 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、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. 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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ k V}\cdot\text{A}$)

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 次の文章は、直流電動機に関する記述である。ただし、鉄心の磁気飽和、電機子反作用、電機子抵抗やブラシの接触による電圧降下は無視できるものとする。

分巻電動機と直巻電動機はいずれも界磁電流を電機子と同一の電源から供給できる電動機である。分巻電動機において端子電圧と界磁抵抗を一定にすれば、負荷電流が増加したとき界磁磁束は (ア)，トルクは負荷電流に (イ) する。直巻電動機においては負荷電流が増加したとき界磁磁束は (ウ)，トルクは負荷電流の (エ) に比例する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	一定で	比例	増加し	2 乗
(2)	一定で	反比例	一定で	1 乗
(3)	一定で	比例	一定で	2 乗
(4)	増加し	反比例	減少し	1 乗
(5)	増加し	反比例	増加し	2 乗

問2 ある直流分巻電動機を端子電圧 220 V，電機子電流 100 A で運転したときの出力が 18.5 kW であった。

この電動機の端子電圧と界磁抵抗とを調節して，端子電圧 200 V，電機子電流 110 A，回転速度 720 min^{-1} で運転する。このときの電動機の発生トルクの値 $[\text{N}\cdot\text{m}]$ 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，電機子抵抗の値は上記の二つの運転において等しく，一定であるものとする。

- (1) 212 (2) 236 (3) 245 (4) 260 (5) 270

問3 一定電圧、一定周波数の電源で運転される三相誘導電動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) かご形誘導電動機では、回転子の導体に用いる棒の材料を銅から銅合金に変更すれば、等価回路の二次抵抗の値が増大するので、定格負荷時の効率が低下する。
- (2) 巻線形誘導電動機では、トルクの比例推移により、二次抵抗の値を大きくすると、最大トルク(停動トルク)を発生する滑りが小さくなり、始動特性が良くなる。
- (3) 巻線形誘導電動機では、外部の可変抵抗器で二次抵抗値を変化させ、大きな始動トルクと定格負荷時高効率の両方を実現することができる。
- (4) 二重かご形誘導電動機では、始動時に回転子スロット入口に近い断面積が小さい高抵抗の導体に、定格負荷時には回転子内部の断面積が大きい低抵抗の導体に主要な二次電流を流し、大きな始動トルクと定格負荷時高効率の両方を実現することができる。
- (5) 深溝かご形誘導電動機では、幅が狭い平たい二次導体の表皮効果による抵抗値の変化を利用し、大きな始動トルクと定格負荷時高効率の両方を実現することができる。

問4 次の文章は、誘導電動機の種類における、固定子と回転子に関する事項に関する記述である。

a. 固定子の分類

三相交流を三相巻線に流すと (ア) 磁界が発生する。この磁界で運転される誘導電動機を三相誘導電動機という。一方、単相交流では (イ) 磁界が発生する。この (イ) 磁界は、正逆両方向の (ア) 磁界が合成されたものと説明される。したがって、コンデンサ始動形単相誘導電動機では、コンデンサで位相を進めた電流を始動巻線に短時間流すことによって始動トルクの発生と回転方向の決定が行われる。

b. 回転子の分類

巻線形誘導電動機では、回転子溝に巻線を納め、その巻線を (ウ) とブラシを介して外部抵抗回路に接続し、 (エ) 電流を変化させて特性制御を行う。かご形誘導電動機では、回転子溝に導体棒を納め、 (オ) に導体棒を接続する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	回転	交番	スリップリング	二次	端絡環
(2)	交番	回転	整流子	二次	継鉄
(3)	交番	回転	スリップリング	一次	継鉄
(4)	回転	交番	整流子	一次	端絡環
(5)	交番	固定	スリップリング	二次	継鉄

問5 次の文章は、三相同期電動機に関する記述である。

三相同期電動機が負荷を担って回転しているとき、回転子磁極の位置と、固定子の三相巻線によって生じる回転磁界の位置との間には、トルクに応じた角度 δ [rad]が発生する。この角度 δ を (ア) という。

回転子が円筒形で2極の三相同期電動機の場合、トルク T [N・m]は δ が (イ) [rad]のときに最大値になる。さらに δ が大きくなると、トルクは減少して電動機は停止する。同期電動機が停止しない最大トルクを (ウ) という。

また、同期電動機の負荷が急変すると、 δ が変化し、新たな δ' に落ち着こうとするが、回転子の慣性のために、 δ' を中心として周期的に変動する。これを (エ) といい、電源の電圧や周波数が変動した場合にも生じる。 (エ) を抑制するには、始動巻線も兼ねる (オ) を設けたり、はずみ車を取り付けたりする。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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	π	脱出トルク	乱調	界磁巻線
(2)	力率角	π	制動トルク	同期外れ	界磁巻線
(3)	負荷角	$\frac{\pi}{2}$	脱出トルク	乱調	界磁巻線
(4)	力率角	$\frac{\pi}{2}$	制動トルク	同期外れ	制動巻線
(5)	負荷角	$\frac{\pi}{2}$	脱出トルク	乱調	制動巻線

問6 定格出力3 000 kV・A, 定格電圧6 000 Vの星形結線三相同期発電機の同期インピーダンスが6.90 Ωのとき, 百分率同期インピーダンス[%]はいくらか, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19.2 (2) 28.8 (3) 33.2 (4) 57.5 (5) 99.6

問 7 電源の電圧や周波数が一定の条件下、各種電動機では、始動電流を抑制するための種々の工夫がされている。

a. 直流分巻電動機

電機子回路に 抵抗を接続して電源電圧を加え始動電流を制限する。回転速度が上昇するに従って抵抗値を減少させる。

b. 三相かご形誘導電動機

結線の一次巻線を 結線に接続を変えて電源電圧を加え始動電流を制限する。回転速度が上昇すると 結線に戻す。

c. 三相巻線形誘導電動機

回路に抵抗を接続して電源電圧を加え始動電流を制限する。回転速度が上昇するに従って抵抗値を減少させる。

d. 三相同期電動機

無負荷で始動電動機(誘導電動機や直流電動機)を用いて同期速度付近まで加速する。次に、界磁を励磁して 発電機として、三相電源との並列運転状態を実現する。そののち、始動用電動機の電源を遮断して同期電動機として運転する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	直列	Δ	Y	二次	同期
(2)	並列	Y	Δ	一次	誘導
(3)	直列	Y	Δ	二次	誘導
(4)	並列	Y	Δ	一次	同期
(5)	直列	Δ	Y	二次	誘導

問8 ブラシレス DC モータ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) ブラシレス DC モータは、固定子巻線に流れる電流と、回転子に取り付けられた永久磁石によってトルクを発生させる構造となっている。
- (2) ブラシレス DC モータは、回転子の位置により通電する巻線を切り換える必要があるため、ホール素子などのセンサによって回転子の位置を検出している。
- (3) ブラシ付きの直流モータに比べ、ブラシと整流子による機械的接触部分がないため、火花による電気雑音は低減し、モータの寿命は長くなる。
- (4) ブラシ付きの直流モータに比べ、位置センサの信号処理や、駆動用の制御回路が必要となり、モータの駆動に必要な周辺回路が複雑になる。
- (5) ブラシレス DC モータは効率がよくないため、エアコンや冷蔵庫のような省エネ性能が求められる大型の家電製品には利用されていない。

問9 定格容量 $500\text{ kV}\cdot\text{A}$ の三相変圧器がある。負荷力率が 1.0 のときの全負荷銅損が 6 kW であった。このときの電圧変動率の値[%]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、鉄損及び励磁電流は小さく無視できるものとし、簡単のために用いられる電圧変動率の近似式を利用して解答すること。

- (1) 0.7 (2) 1.0 (3) 1.2 (4) 2.5 (5) 3.6

問 10 巻上機によって質量 1 000 kg の物体を毎秒 0.5 m の一定速度で巻き上げているときの電動機出力の値[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 90 %，ロープの質量及び加速に要する動力については考慮しないものとする。

- (1) 0.6 (2) 4.4 (3) 4.9 (4) 5.5 (5) 6.0

問 11 図は昇降圧チョップを示している。スイッチ Q 、ダイオード D 、リアクトル L 、コンデンサ C を用いて、図のような向きに定めた負荷抵抗 R の電圧 v_0 を制御するためのものである。これらの回路で、直流電源 E の電圧は一定とする。また、回路の時定数は、スイッチ Q の動作周期に対して十分に大きいものとする。回路のスイッチ Q の通流率 γ とした場合、回路の定常状態での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。

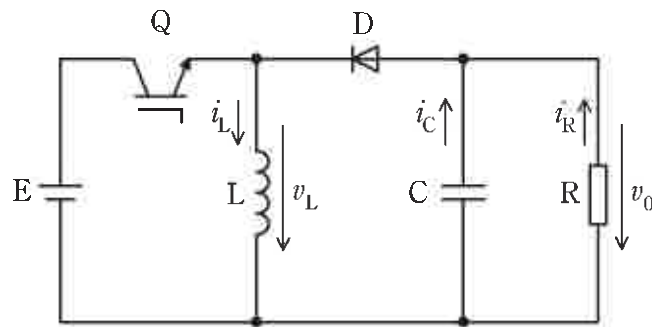


図 昇降圧チョップ

- (1) Q がオンのときは、電源 E からのエネルギーが L に蓄えられる。
- (2) Q がオフのときは、 L に蓄えられたエネルギーが負荷抵抗 R とコンデンサ C に D を通して放出される。
- (3) 出力電圧 v_0 の平均値は、 γ が 0.5 より小さいときは昇圧チョップ、0.5 より大きいときは降圧チョップとして動作する。
- (4) 出力電圧 v_0 の平均値は、図の v_0 の向きを考慮すると正になる。
- (5) L の電圧 v_L の平均電圧は、 Q のスイッチング一周期で 0 となる。

問 12 次の文章は、鉛蓄電池に関する記述である。

鉛蓄電池は、正極と負極の両極に (ア) を用いる。希硫酸を電解液として初充電すると、正極に (イ) ，負極に (ウ) ができる。これを放電すると、両極とももとの (ア) に戻る。

放電すると水ができ、電解液の濃度が下がり、両極間の電圧が低下する。そこで、充電により電圧を回復させる。過充電を行うと電解液中の水が電気分解して、正極から (エ) ，負極から (オ) が発生する。

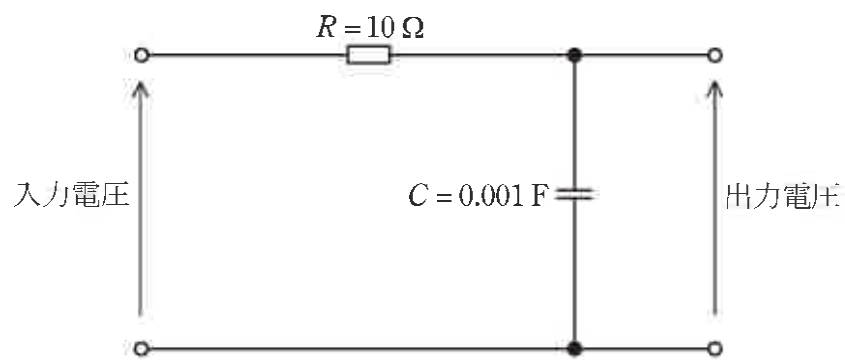
上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	鉛	硫酸鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
(2)	鉛	二酸化鉛	硫酸鉛	水素ガス	酸素ガス
(3)	硫酸鉛	鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
(4)	硫酸鉛	二酸化鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス
(5)	二酸化鉛	硫酸鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス

問 13 次の文章は、図に示す抵抗 R 、並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

図の回路において、入力電圧に対する出力電圧を、一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき、折れ点角周波数 ω_c は (ア) rad/s である。ゲイン特性は、 ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の (イ) dB であり、 ω_c よりも十分高い角周波数では、角周波数が 10 倍になるごとに (ウ) dB 減少する直線となる。また、位相特性は、 ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の (エ) ° の遅れとなる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	100	20	10	45
(2)	100	0	20	90
(3)	100	0	20	45
(4)	0.01	0	10	90
(5)	0.01	20	20	45

問 14 2進数, 10進数, 16進数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) 16進数の $(6)_{16}$ を16倍すると $(60)_{16}$ になる。
- (2) 2進数の $(1010101)_2$ と16進数の $(57)_{16}$ を比較すると $(57)_{16}$ の方が大きい。
- (3) 2進数の $(1011)_2$ を10進数に変換すると $(11)_{10}$ になる。
- (4) 10進数の $(12)_{10}$ を16進数に変換すると $(C)_{16}$ になる。
- (5) 16進数の $(3D)_{16}$ を2進数に変換すると $(111011)_2$ になる。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 定格容量が $10\text{ kV}\cdot\text{A}$ で, 全負荷における銅損と鉄損の比が $2:1$ の単相変圧器がある。力率 1.0 の全負荷における効率が 97% であるとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし, 定格容量とは出力側で見る値であり, 鉄損と銅損以外の損失は全て無視するものとする。

(a) 全負荷における銅損は何[W]になるか, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 357 (2) 206 (3) 200 (4) 119 (5) 115

(b) 負荷の電圧と力率が一定のまま負荷を変化させた。このとき, 変圧器の効率が最大となる負荷は全負荷の何[%]か, 最も近いものを(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 25.0 (2) 50.0 (3) 70.7 (4) 100 (5) 141

問 16 次の文章は、単相半波ダイオード整流回路に関する記述である。

抵抗 R とリアクトル L とを直列接続した負荷に電力を供給する単相半波ダイオード整流回路を図 1 に示す。また図 1 に示した回路の交流電源の電圧波形 $v(t)$ を破線で、抵抗 R の電圧波形 $v_R(t)$ を実線で図 2 に示す。ただし、ダイオード D の電圧降下及びリアクトル L の抵抗は無視する。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

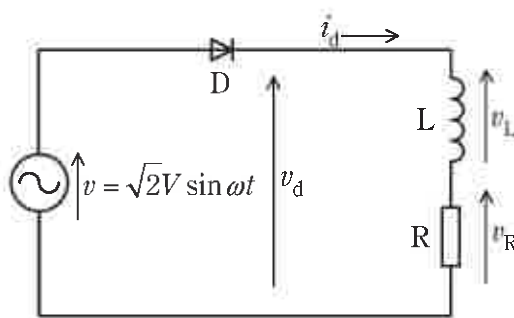


図 1 単相半波ダイオード整流回路

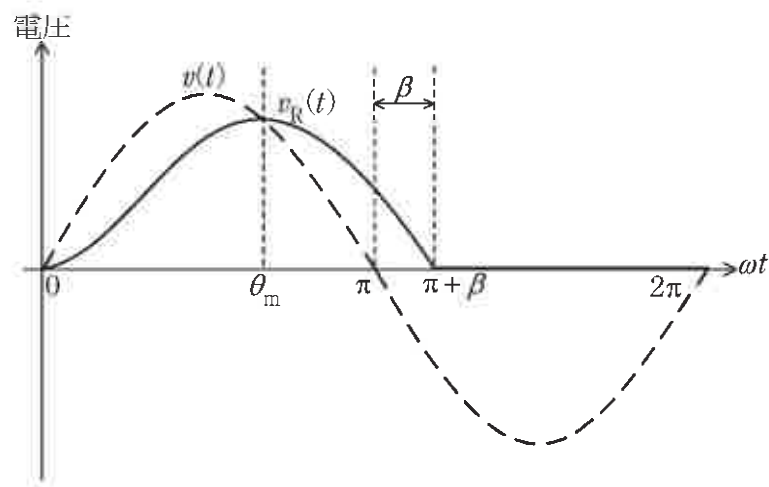


図 2 交流電源及び負荷抵抗の電圧波形

ただし、必要であれば次の計算結果を利用してよい。

$$\int_0^{\alpha} \sin \theta d\theta = 1 - \cos \alpha$$

$$\int_0^{\alpha} \cos \theta d\theta = \sin \alpha$$

(a) 以下の記述中の空白箇所(ア)～(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。

図1の電源電圧 $v(t) > 0$ の期間においてダイオード D は順方向バイアスとなり導通する。 $v(t)$ と $v_R(t)$ が等しくなる電源電圧 $v(t)$ の位相を $\omega t = \theta_m$ とすると、出力電流 $i_d(t)$ が増加する電源電圧の位相 ωt が $0 < \omega t < \theta_m$ の期間においては (ア) , $\omega t = \theta_m$ 以降については (イ) となる。出力電流 $i_d(t)$ は電源電圧 $v(t)$ が負となっても $v(t) = 0$ の点よりも $\omega t = \beta$ に相当する時間だけ長く流れ続ける。すなわち、L の磁気エネルギーが (ウ) となる $\omega t = \pi + \beta$ で出力電流 $i_d(t)$ が 0 となる。出力電圧 $v_d(t)$ の平均値 V_d は電源電圧 $v(t)$ を $0 \sim$ (エ) の区間で積分して一周期である 2π で除して計算でき、このとき L の電圧 $v_L(t)$ を同区間で積分すれば 0 となるので、 V_d は抵抗 R の電圧 $v_R(t)$ の平均値 V_R に等しくなる。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$v_L(t) > 0$	$v_L(t) < 0$	0	$\pi + \beta$
(2)	$v_L(t) < 0$	$v_L(t) > 0$	0	$\pi + \beta$
(3)	$v_L(t) > 0$	$v_L(t) < 0$	最大	$\pi + \beta$
(4)	$v_L(t) < 0$	$v_L(t) > 0$	最大	β
(5)	$v_L(t) > 0$	$v_L(t) < 0$	0	β

(b) 小問 (a) において、電源電圧の実効値 100 V, $\beta = \frac{\pi}{6}$ のときの出力電圧 $v_d(t)$ の平均値 V_d [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 (2) 20 (3) 42 (4) 45 (5) 90

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 熱の伝わり方について、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

- (a) (ア) は、熱媒体を必要とせず、真空中でも熱を伝達する。高温側で温度 T_2 [K] の面 S_2 [m²] と、低温側で温度 T_1 [K] の面 S_1 [m²] が向かい合う場合の熱流 Φ [W] は、 $S_2 F_{21} \sigma$ ((イ)) で与えられる。

ただし、 F_{21} は、(ウ) である。また、 σ [W/(m²・K⁴)] は、(エ) 定数である。

上記の記述中の空白箇所 (ア) ～ (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)	熱伝導	$T_2^2 - T_1^2$	形状係数	プランク
(2)	熱放射	$T_2^2 - T_1^2$	形態係数	ステファン・ボルツマン
(3)	熱放射	$T_2^4 - T_1^4$	形態係数	ステファン・ボルツマン
(4)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	プランク
(5)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	ステファン・ボルツマン

(b) 下面温度が 350 K, 上面温度が 270 K に保たれている直径 1 m, 高さ 0.1 m の円柱がある。伝導によって円柱の高さ方向に流れる熱流 ϕ の値[W]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, 円柱の熱伝導率は $0.26 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ とする。また, 円柱側面からのその他の熱の伝達及び損失はないものとする。

- (1) 3 (2) 39 (3) 163 (4) 653 (5) 2 420

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 18 情報の一時的な記憶回路として用いられるフリップフロップ (FF) 回路について、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) FF 回路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。ただし、(1) ～ (4) における出力とは、反転しない Q のことである。

(1) RS-FF においては、クロックパルスの動作タイミングで入力 R と S がそれぞれ 1 と 0 の場合に 0 を、入力 R と S がそれぞれ 0 と 1 の場合に 1 を出力する。入力 R と S を共に 1 とすることは禁止されている。

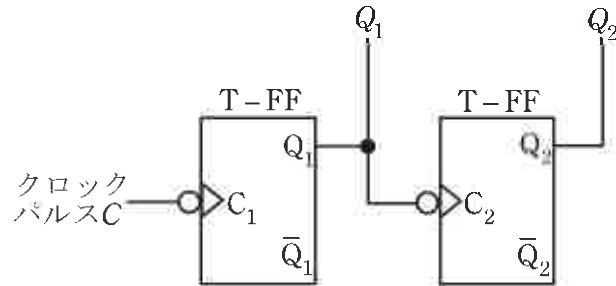
(2) JK-FF においては、クロックパルスの動作タイミングで入力 J と K がそれぞれ 1 と 0 の場合に 1 を、入力 J と K がそれぞれ 0 と 1 の場合に 0 を出力し、入力 J と K が共に 1 の場合には出力を保持する。

(3) T-FF は、クロックパルスの動作タイミングにおいて、出力を反転する。

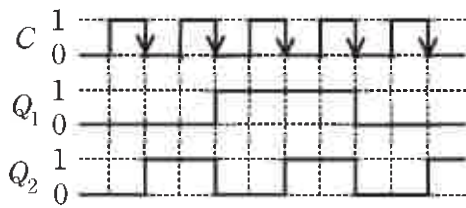
(4) D-FF は、クロックパルスの動作タイミングにおいて、入力 D と一致した出力を行う。

(5) FF の用途として、カウンタ回路やレジスタ回路などがある。

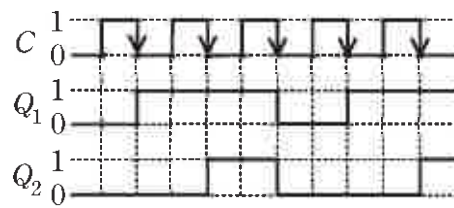
- (b) クロックパルスの立ち下がりで動作する二つの T-FF を用いた図の回路を考える。この回路において、クロックパルス C に対する回路の出力 Q_1 及び Q_2 のタイムチャートとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



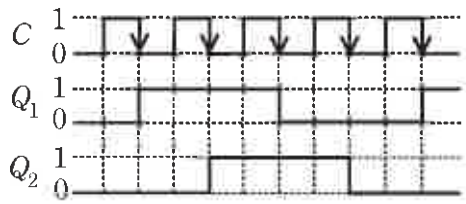
(1)



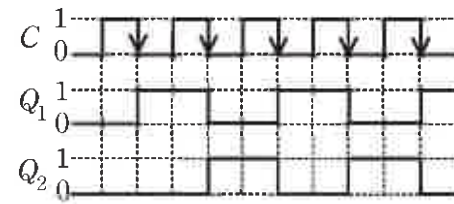
(2)



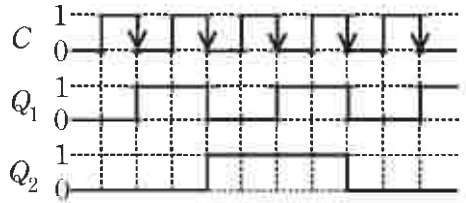
(3)



(4)



(5)



令和 2 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	記号	数	字	記号	数	字	記号	数	字
0	1	4	1	B		0	1	2	3	4
●						●	0	0	0	0
①	●	①	●	●	①	●	1	1	1	1
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 [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 次の文章は、直流他励電動機の制御に関する記述である。ただし、鉄心の磁気飽和と電機子反作用は無視でき、また、電機子抵抗による電圧降下は小さいものとする。

- a 他励電動機は、 と を独立した電源で制御できる。磁束は に比例する。
- b 磁束一定の条件で を増減すれば、 に比例するトルクを制御できる。
- c 磁束一定の条件で を増減すれば、 に比例する回転数を制御できる。
- d 一定の条件で磁束を増減すれば、ほぼ磁束に反比例する回転数を制御できる。回転数の のために を弱める制御がある。

このように広い速度範囲で速度とトルクを制御できるので、直流他励電動機は圧延機の駆動などに広く使われてきた。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	界磁電流	電機子電流	電機子電圧	上昇
(2)	電機子電流	界磁電流	電機子電圧	上昇
(3)	電機子電圧	電機子電流	界磁電流	低下
(4)	界磁電流	電機子電圧	電機子電流	低下
(5)	電機子電圧	電機子電流	界磁電流	上昇

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流発電機がある。回転軸が回らないよう固定し、電機子に3Vの電圧を加えると、定格電流と同じ1Aの電機子電流が流れた。次に、電機子回路を開放した状態で、回転子を定格回転数で駆動すると、電機子に15Vの電圧が発生した。この小形直流発電機の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、損失は電機子巻線の銅損しか存在しないものとする。

- (1) 70 (2) 75 (3) 80 (4) 85 (5) 90

問3 三相かご形誘導電動機の等価回路定数の測定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。

ただし、等価回路としては一次換算した一相分の簡易等価回路(L形等価回路)を対象とする。

- (1) 一次巻線の抵抗測定は静止状態において直流で行う。巻線抵抗値を換算するための基準巻線温度は絶縁材料の耐熱クラスによって定められており、75℃や115℃などの値が用いられる。
- (2) 一次巻線の抵抗測定では、電動機の一次巻線の各端子間で測定した抵抗値の平均値から、基準巻線温度における一次巻線の抵抗値を決められた数式を用いて計算する。
- (3) 無負荷試験では、電動機の一次巻線に定格周波数の定格一次電圧を印加して無負荷運転し、一次側において電圧[V]、電流[A]及び電力[W]を測定する。
- (4) 拘束試験では、電動機の回転子を回転しないように拘束して、一次巻線に定格周波数の定格一次電圧を印加して通電し、一次側において電圧[V]、電流[A]及び電力[W]を測定する。
- (5) 励磁回路のサセプタンスは無負荷試験により、一次二次の合成漏れリアクタンスと三次抵抗は拘束試験により求められる。

問4 次の文章は、回転界磁形三相同期発電機の無負荷誘導起電力に関する記述である。

回転磁束を担う回転子磁極の周速を $v[\text{m/s}]$ 、磁束密度の瞬時値を $b[\text{T}]$ 、磁束と直交する導体の長さを $l[\text{m}]$ とすると、1本の導体に生じる誘導起電力 $e[\text{V}]$ は次式で表される。

$$e = vbl$$

極数を p 、固定子内側の直径を $D[\text{m}]$ とすると、極ピッチ $\tau[\text{m}]$ は $\tau = \frac{\pi D}{p}$ であるから、 $f[\text{Hz}]$ の起電力を生じる場合の周速 v は $v = 2\pi f$ である。したがって、角周波数 $\omega[\text{rad/s}]$ を $\omega = 2\pi f$ として、上述の磁束密度瞬時値 $b[\text{T}]$ を $b(t) = B_m \sin \omega t$ と表した場合、導体1本あたりの誘導起電力の瞬時値 $e(t)$ は、

$$e(t) = E_m \sin \omega t$$

$$E_m = \boxed{\text{(7)}} B_m l$$

となる。

また、回転磁束の空間分布が正弦波でその最大値が B_m のとき、1極の磁束密度の $\boxed{\text{(イ)}} B[\text{T}]$ は $B = \frac{2}{\pi} B_m$ であるから、1極の磁束 $\Phi[\text{Wb}]$ は $\Phi = \frac{2}{\pi} B_m \tau l$ である。したがって、1本の導体に生じる起電力の実効値は次のように表すことができる。

$$\frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f \Phi = 2.22 f \Phi$$

よって、三相同期発電機の1相あたりの直列に接続された電機子巻線の巻数を N とすると、回転磁束の空間分布が正弦波の場合、1相あたりの誘導起電力(実効値) $E[\text{V}]$ は、

$$E = \boxed{\text{(ウ)}} f \Phi N$$

となる。

さらに、電機子巻線には一般に短節巻と分布巻が採用されるので、これらを考慮した場合、1相あたりの誘導起電力 E は次のように表される。

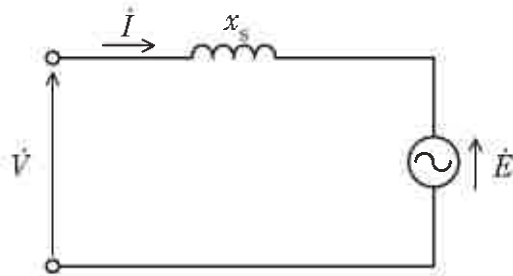
$$E = \boxed{\text{(ウ)}} k_w f \Phi N$$

ここで k_w を $\boxed{\text{(エ)}}$ という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	$2\tau f$	平均値	2.22	巻線係数
(2)	$2\pi f$	最大値	4.44	分布係数
(3)	$2\tau f$	平均値	4.44	巻線係数
(4)	$2\pi f$	最大値	2.22	短節係数
(5)	$2\tau f$	実効値	2.22	巻線係数

問5 図はある三相同期電動機の1相分の等価回路である。ただし、電機子巻線抵抗は無視している。相電圧 $\dot{V}$ の大きさは $V=200\text{ V}$ 、同期リアクタンスは $x_s=8\ \Omega$ である。この電動機を運転して力率が1になるように界磁電流を調整したところ、電機子電流 $\dot{I}$ の大きさ I が 10 A になった。このときの誘導起電力 $\dot{E}$ 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) 120 (2) 140 (3) 183 (4) 215 (5) 280

問6 次の文章は、交流整流子モータの特徴に関する記述である。

交流整流子モータは、直流直巻電動機に類似した構造となっている。直流直巻電動機では、加える直流電圧の極性を逆にしても、磁束と電機子電流の向きが共に (ア) ので、トルクの向きは変わらない。交流整流子モータは、この原理に基づき回転力を得ている。

交流整流子モータは、一般に始動トルクが (イ) ，回転速度が (ウ) なので、電気ドリル、電気掃除機、小型ミキサなどのモータとして用いられている。なお、小容量のものでは、交流と直流の両方に使用できるものもあり、 (エ) と呼ばれる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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) 逆になる	大きく	低速	ユニバーサルモータ
(2) 変わらない	小さく	低速	ユニバーサルモータ
(3) 変わらない	大きく	高速	ブラシレス DC モータ
(4) 逆になる	小さく	低速	ブラシレス DC モータ
(5) 逆になる	大きく	高速	ユニバーサルモータ

問7 電動機と負荷の特性を、回転速度を横軸、トルクを縦軸に描く、トルク対速度曲線で考える。電動機と負荷の二つの曲線が、どのように交わるかを見ると、その回転数における運転が、安定か不安定かを判定することができる。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 負荷トルクよりも電動機トルクが大きいと回転は加速し、反対に電動機トルクよりも負荷トルクが大きいと回転は減速する。回転速度一定の運転を続けるには、負荷と電動機のトルクが一致する安定な動作点が必要である。
- (2) 巻線形誘導電動機では、回転速度の上昇とともにトルクが減少するように、二次抵抗を大きくし、大きな始動トルクを発生させることができる。この電動機に回転速度の上昇とともにトルクが増える負荷を接続すると、両曲線の交点が安定な動作点となる。
- (3) 電源電圧を一定に保った直流分巻電動機は、回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、直流分巻電動機は、安定に送風機を駆動することができる。
- (4) かご形誘導電動機は、回転トルクが小さい時点から回転速度を上昇させるとともにトルクが増大、最大トルクを超えるとトルクが減少する。この電動機に回転速度でトルクが変化しない定トルク負荷を接続すると、電動機と負荷のトルク曲線が2点で交わる場合がある。この場合、加速時と減速時によって安定な動作点が変わる。
- (5) かご形誘導電動機は、最大トルクの手前より高速な領域では回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、かご形誘導電動機は、安定に送風機を駆動することができる。

問8 変圧器の構造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) 変圧器の巻線には軟銅線が用いられる。巻線の方法としては、鉄心に絶縁を施し、その上に巻線を直接巻きつける方法、円筒巻線や板状巻線としてこれを鉄心にはめ込む方法などがある。
- (2) 変圧器の鉄心には、飽和磁束密度と比透磁率が大きい電磁鋼板が用いられる。この鋼板は、渦電流損を低減するためケイ素が数%含有され、さらにヒステリシス損を低減するために表面が絶縁皮膜で覆われている。
- (3) 変圧器の冷却方式には用いる冷媒によって、絶縁油を使用する油入式と空気を使用する乾式、さらにガス冷却式などがある。
- (4) 変圧器油は、変圧器本体を浸し、巻線の絶縁耐力を高めるとともに、冷却によって本体の温度上昇を防ぐために用いられる。また、化学的に安定で、引火点が高く、流動性に富み比熱が大きくて冷却効果が大きいなどの性質を備えることが必要となる。
- (5) 大型の油入変圧器では、負荷変動に伴い油の温度が変動し、油が膨張・収縮を繰り返すため、外気が変圧器内部に出入りを繰り返す。これを変圧器の呼吸作用といい、油の劣化の原因となる。この劣化を防止するため、本体の外にコンサベータやブリーザを設ける。

問9 一次線間電圧が 66 kV、二次線間電圧が 6.6 kV、三次線間電圧が 3.3 kV の三相三巻線変圧器がある。一次巻線には線間電圧 66 kV の三相交流電源が接続されている。二次巻線に力率 0.8、8 000 kV・A の三相誘導性負荷を接続し、三次巻線に 4 800 kV・A の三相コンデンサを接続した。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。ただし、変圧器の漏れインピーダンス、励磁電流及び損失は無視できるほど小さいものとする。

- (1) 42.0 (2) 56.0 (3) 70.0 (4) 700.0 (5) 840.0

問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年、主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。両者を比較した記述として、誤っているものを次の (1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) IGBT は電圧駆動形であり、ゲート・エミッタ間の電圧によってオン・オフを制御する。
- (2) パワーMOSFET は電流駆動形であり、キャリア蓄積効果があることからスイッチング損失が大きい。
- (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり、バイポーラ形のデバイスと比べてオン状態の抵抗が高い。
- (4) IGBT はバイポーラトランジスタにパワーMOSFET の特徴を組み合わせることにより、スイッチング特性を改善している。
- (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで、高耐圧化をしつつオン状態の抵抗を低くすることが可能になる。

問 11 慣性モーメント $50 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ のはずみ車が、回転数 1500 min^{-1} で回転している。

このはずみ車に負荷が加わり、2 秒間で回転数が 1000 min^{-1} まで減速した。この間にはずみ車が放出した平均出力の値[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、軸受の摩擦や空気の抵抗は無視できるものとする。

(1) 34

(2) 137

(3) 171

(4) 308

(5) 343

問 12 教室の平均照度を 500 lx 以上にしたい。ただし、その時の光源一つの光束は 2 400 lm, この教室の床面積は 15 m×10 m であり, 照明率は 60%, 保守率は 70% とする。必要最小限の光源数として, 最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 30 (2) 40 (3) 75 (4) 115 (5) 150

問 13 熱の伝導は電気の伝導によく似ている。下記は、電気系の量と熱系の量の対応表である。

電気系と熱系の対応表

電気系の量	熱系の量
電圧 V [V]	(ア) [K]
電気量 Q [C]	熱量 Q [J]
電流 I [A]	(イ) [W]
導電率 σ [S/m]	熱伝導率 λ [W/(m・K)]
電気抵抗 R [Ω]	熱抵抗 R_T (ウ)
静電容量 C [F]	熱容量 C (エ)

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	熱流 Φ	温度差 θ	[J/K]	[K/W]
(2)	温度差 θ	熱流 Φ	[K/W]	[J/K]
(3)	温度差 θ	熱流 Φ	[K/J]	[J/K]
(4)	熱流 Φ	温度差 θ	[J/K]	[J/W]
(5)	温度差 θ	熱流 Φ	[K/W]	[J/W]

問 14 入力信号 A , B 及び C , 出力信号 X の論理回路の真理値表が次のように示されたとき, X の論理式として, 正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

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

- (1) $A \cdot B + A \cdot \overline{\overline{C}} + B \cdot C$
- (2) $A \cdot \overline{B} + A \cdot \overline{C} + \overline{B} \cdot \overline{C}$
- (3) $A \cdot \overline{B} + C + \overline{A} \cdot B$
- (4) $B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B + \overline{\overline{B}} \cdot C$
- (5) $A \cdot B + C$

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 45 kW, 定格周波数 60 Hz, 極数 4, 定格運転時の滑りが 0.02 である三相誘導電動機について, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) この誘導電動機の定格運転時の二次入力(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) 43

(2) 44

(3) 45

(4) 46

(5) 47

(b) この誘導電動機を、電源周波数 50 Hz において、60 Hz 運転時の定格出力トルクと同じ出力トルクで連続して運転する。この 50 Hz での運転において、滑りが 50 Hz を基準として 0.05 であるときの誘導電動機の出力の値[kW]として、最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 36

(2) 38

(3) 45

(4) 54

(5) 56

問 16 図 1 は、直流電圧源から単相インバータで誘導性負荷に交流を給電する基本回路を示す。負荷電流 $i_o(t)$ と直流側電流 $i_d(t)$ は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 各パワートランジスタが出力交流電圧の 1 周期 T に 1 回オンオフする運転を行っている際のある時刻 t_0 から 1 周期の波形を図 2 に示す。直流電圧が $E[V]$ のとき、交流側の方形波出力電圧の実効値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $0.5E$ (2) $0.61E$ (3) $0.86E$ (4) E (5) $1.15E$

(b) 小問(a)のとき、負荷電流 $i_o(t)$ の波形が図 3 の(ア)～(ウ)、直流側電流 $i_d(t)$ の波形が図 3 の(エ)、(オ)のいずれかに示されている。それらの波形の適切な組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) (ア) と (エ) (2) (イ) と (エ) (3) (ウ) と (オ)
 (4) (ア) と (オ) (5) (イ) と (オ)

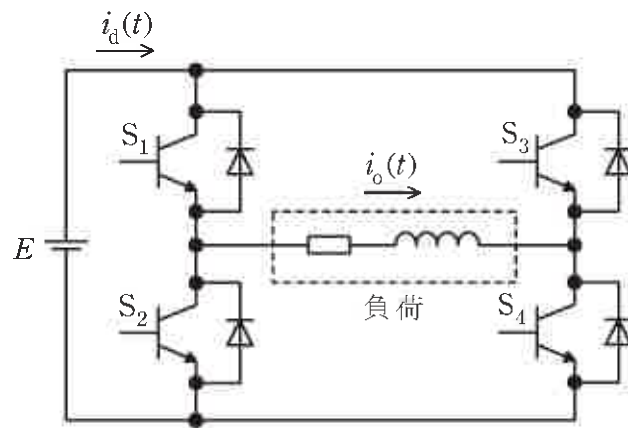


図 1

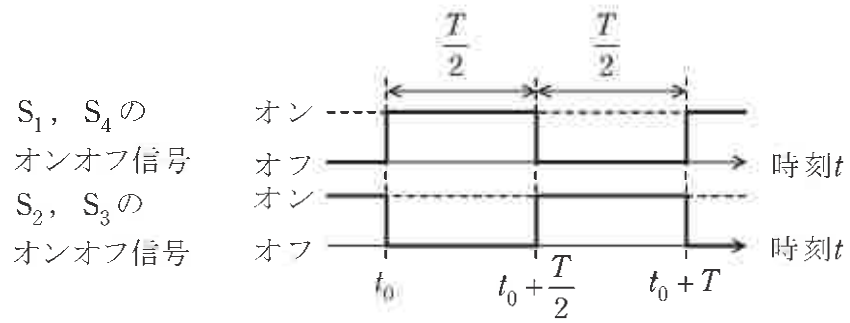


図 2

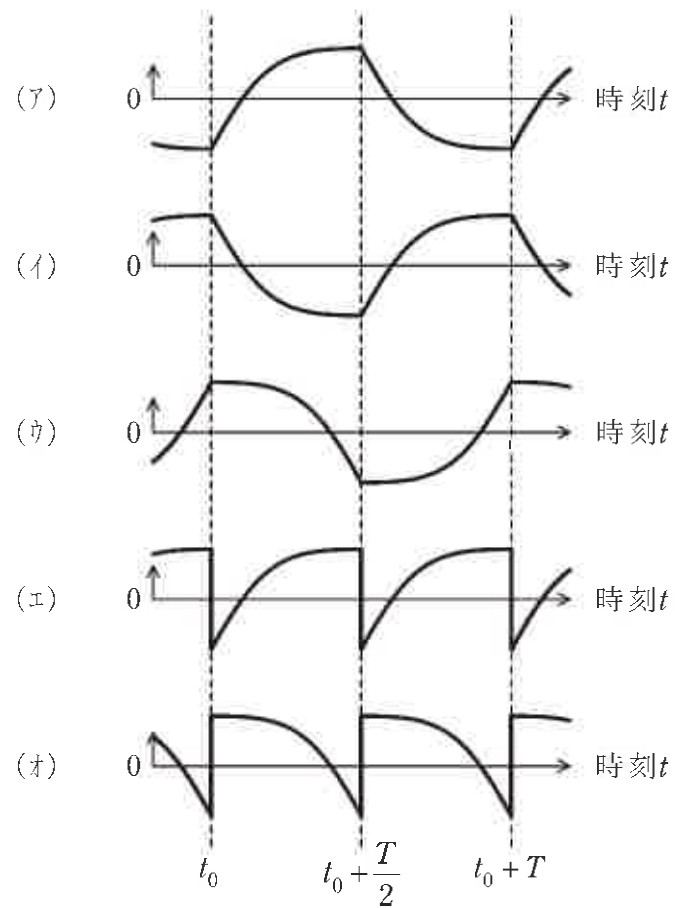
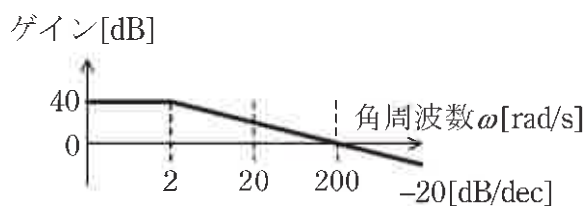


図 3

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)

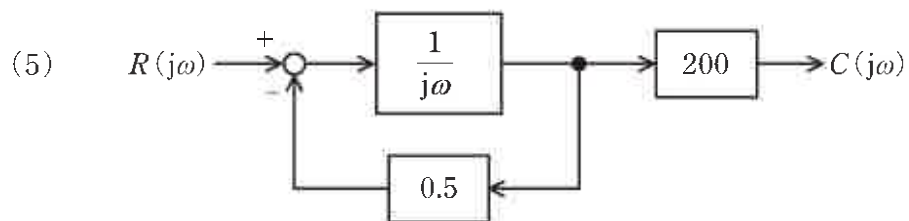
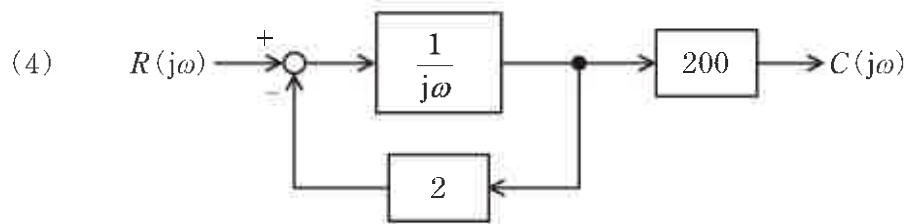
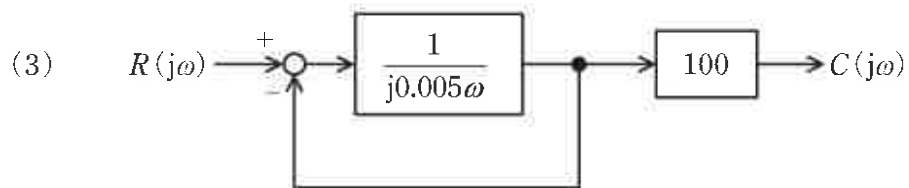
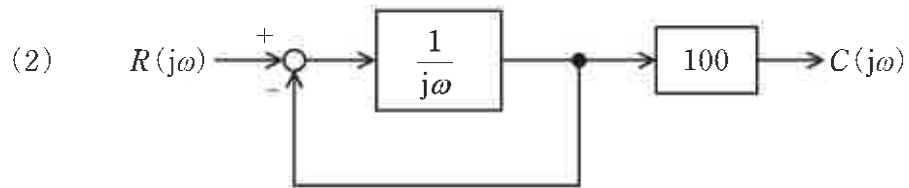
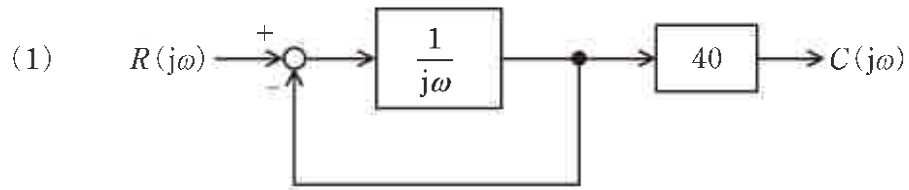
問 17 図は、ある周波数伝達関数 $W(j\omega)$ のボード線図の一部であり、折れ線近似でゲイン特性を示している。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。



(a) 図のゲイン特性を示す周波数伝達関数として、最も適切なものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| (1) $\frac{40}{1+j\omega}$ | (2) $\frac{40}{1+j0.005\omega}$ | (3) $\frac{100}{1+j\omega}$ |
| (4) $\frac{100}{1+j0.005\omega}$ | (5) $\frac{100}{1+j0.5\omega}$ | |

(b) 図のゲイン特性を示すブロック線図として、最も適切なものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。ただし、入力を $R(j\omega)$ 、出力を $C(j\omega)$ として、図のゲイン特性を示しているものとする。



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 18 図は、 n 個の配列の数値を大きい順(降順)に並べ替えるプログラムのフローチャートである。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 図中の (ア) ～ (ウ) に当てはまる処理の組合せとして、正しいもの次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$a[i] > a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[i] \leftarrow m$
(2)	$a[i] > a[j]$	$a[i] \leftarrow a[j]$	$a[j] \leftarrow m$
(3)	$a[i] < a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[i] \leftarrow m$
(4)	$a[i] < a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[j] \leftarrow m$
(5)	$a[i] < a[j]$	$a[i] \leftarrow a[j]$	$a[j] \leftarrow m$

(b) このプログラム実行時の読み込み処理において、 $n=5$ とし、 $a[1]=3$, $a[2]=1$, $a[3]=2$, $a[4]=5$, $a[5]=4$ とする。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) 5 (3) 7 (4) 8 (5) 10

