

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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

② 数字以外と組み合わせる場合

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

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

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

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 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、電機子巻線を収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きっこう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	鑄 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	鑄 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。

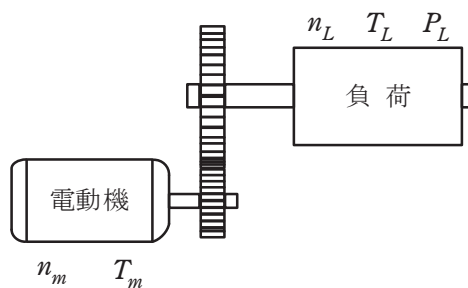
問 9 定格容量 $50 \text{ kV} \cdot \text{A}$ の単相変圧器において、力率 1 の負荷で全負荷運転したときに、銅損が 1000 W 、鉄損が 250 W となった。力率 1 を維持したまま負荷を調整し、最大効率となる条件で運転した。銅損と鉄損以外の損失は無視できるものとし、この最大効率となる条件での効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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 $[\text{min}^{-1}]$ ，軸トルク T_L $[\text{N}\cdot\text{m}]$ 及び軸入力 P_L $[\text{kW}]$ 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 $[\text{min}^{-1}]$	T_L $[\text{N}\cdot\text{m}]$	P_L $[\text{kW}]$
(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。

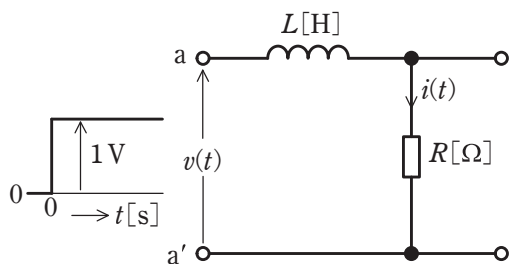


図1

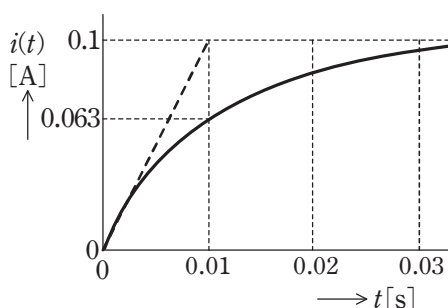
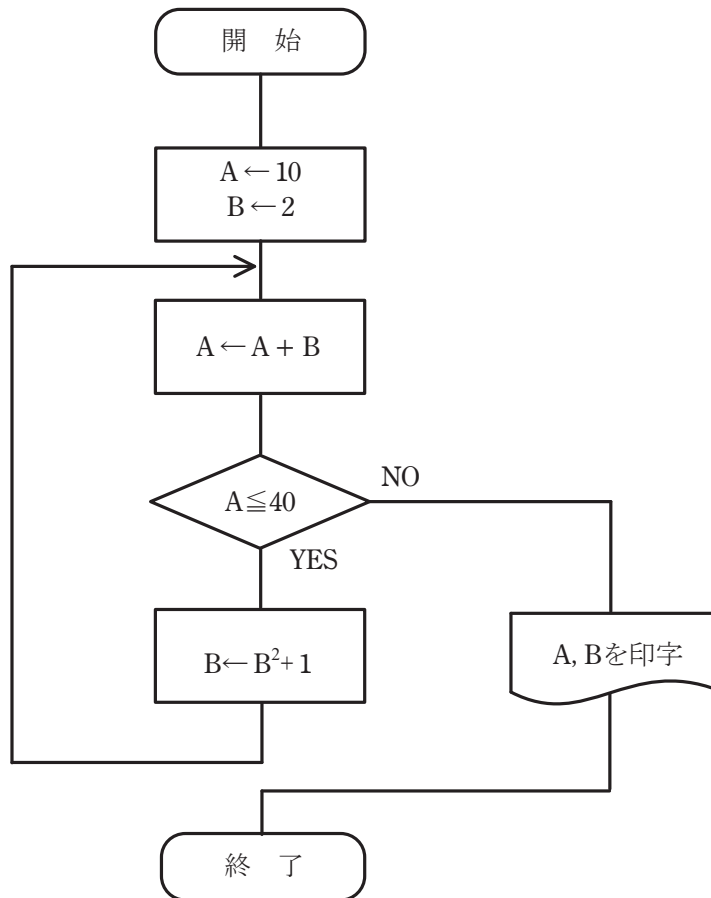


図2

	$R [\Omega]$	$L [\text{H}]$	$G(j\omega)$
(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)の問に答えよ。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)の問に答えよ。

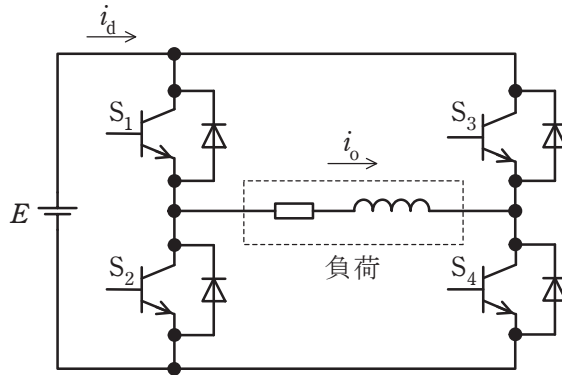


図 1

(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。

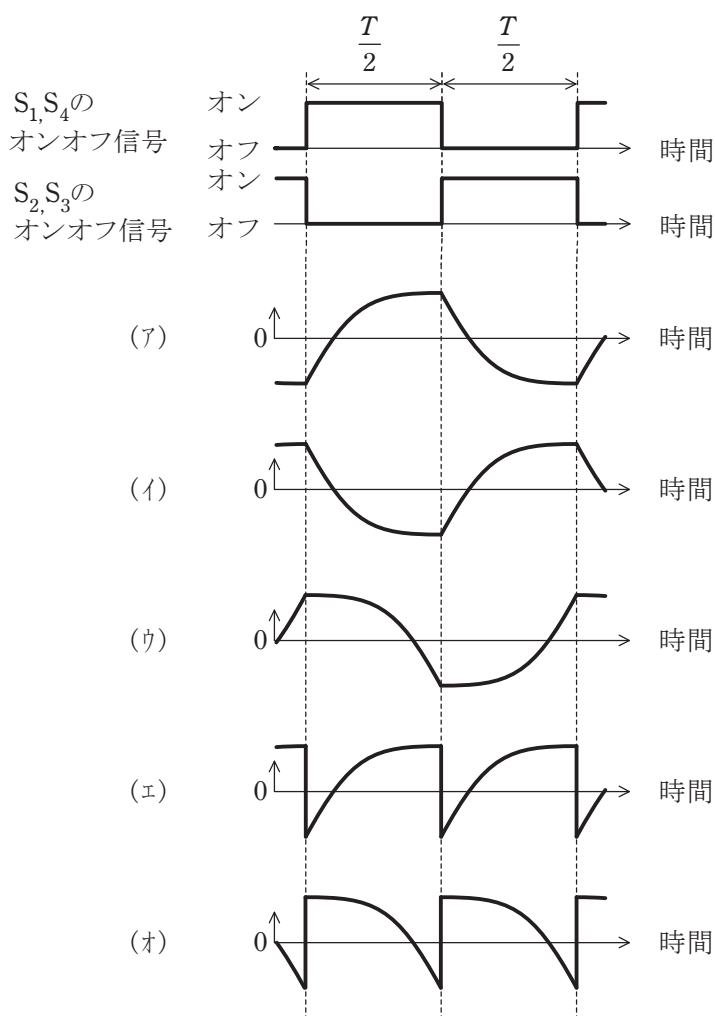


図 2

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) 0.0417 (2) 0.0938 (3) 0.267 (4) 2.67 (5) 4.17

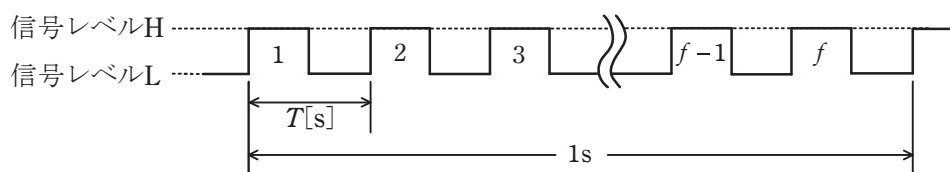
(b) この壁の低温側の温度 t_2 が 20°C のとき、この壁の熱流 ϕ が 100 W であった。
このとき、この壁の高温側の温度 t_1 の値 $[\text{C}]$ に最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (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 命令あた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