

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 k V・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 $6.90\ \Omega$ 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 $1\,000\text{ kg}$ 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。

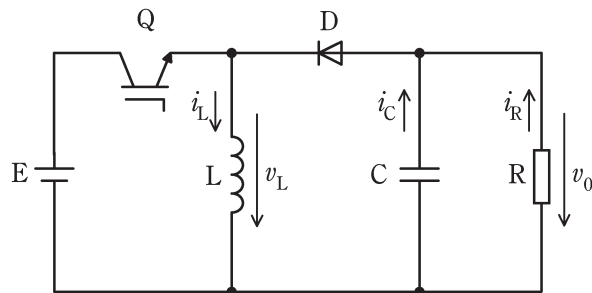


図 昇降圧チョップ

- (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。

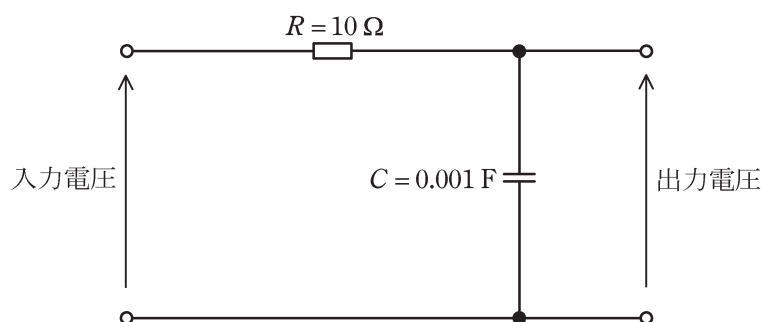
上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(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。

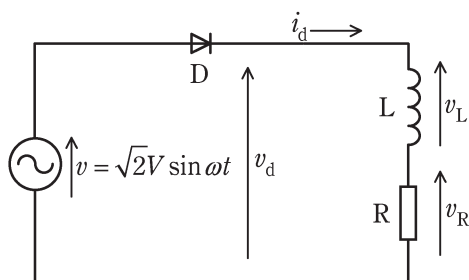


図 1 単相半波ダイオード整流回路

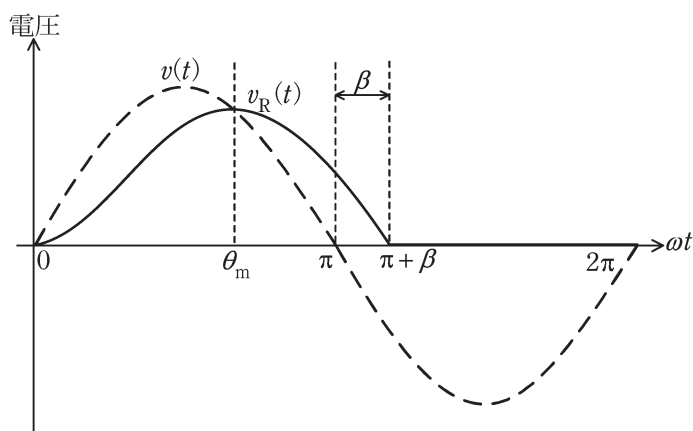


図 2 交流電源及び負荷抵抗の電圧波形

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 ～ (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) の間に答えよ。

- (a) $\boxed{\text{(ア)}}$ 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、 $S_2 F_{21} \sigma (\boxed{\text{(イ)}})$ で与えられる。

ただし、 F_{21} は、 $\boxed{\text{(ウ)}}$ である。また、 σ [W/(m²・K⁴)] は、 $\boxed{\text{(エ)}}$ 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 $0.26 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 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) の間に答えよ。

(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。

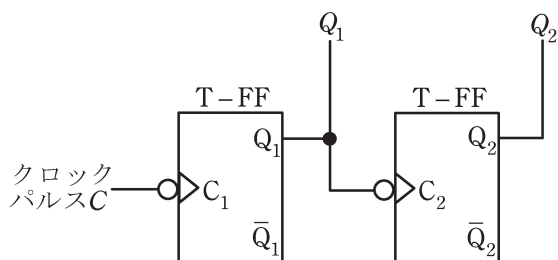
(2) JK-FF においては、クロックパルスの動作タイミングで入力 J と K がそれぞれ 1 と 0 の場合に 1 を、入力 J と K がそれぞれ 0 と 1 の場合に 0 を出力し、入力 J と K が共に 1 の場合には出力を保持する。

(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。

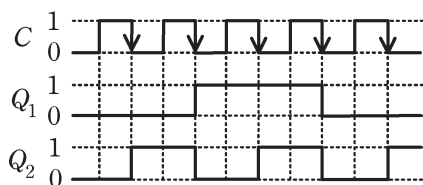
(4) D-FF は、クロックパルスの動作タイミングにおいて、入力 D と一致した出力を行う。

(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。

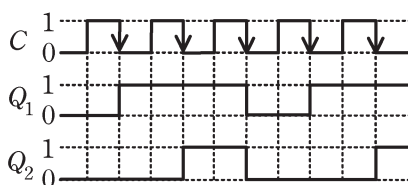
- (b) クロックパルスの立ち下がりで動作する二つの T-FF を用いた図の回路を考える。この回路において、クロックパルス C に対する回路の出力 Q_1 及び Q_2 のタイムチャートとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



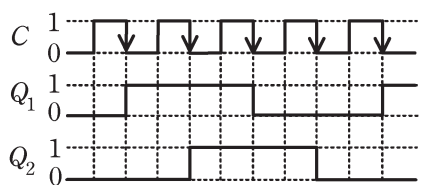
(1)



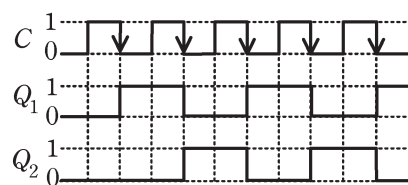
(2)



(3)



(4)



(5)

