

平成 29 年度

第 1 種
機 械

(第 3 時限目)

機 械

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：0141R01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字		記号	数 字		数 字		数 字		記号		
0	1	4	1	R	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②		②	②		②	②	●	②	②	●	C
③		③	③		③	③	③	●	③	●	K
④		●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤			⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥			⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
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. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の (1) と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の イ をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

A		問				
問		1		問		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)
●	○	○	○	○	○	○
○	●	○	○	○	○	○
○	○	●	○	○	○	○
○	○	○	●	○	○	○
○	○	○	○	●	○	○
○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○

[正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。]

6. 問6と問7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 1 種

機 械

A問題(配点は1問題当たり小問各2点，計10点)

問1 次の文章は，突極形同期電動機の出出力トルクに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図は，三相突極形同期電動機の等価回路及びその等価回路に基づくフェーザ図(進み力率)を示している。フェーザ図において，界磁N極の中心線に一致しているd軸に虚軸を，d軸より90°遅れとしたq軸に実軸を割り当てている。ここでは，電機子巻線抵抗及び各種損失は無視する。

フェーザ図から $-\dot{E} = Ee^{j\pi} = -E$ ， $\dot{I} = \dot{I}_q + \dot{I}_d = \text{ (1) }$ ， $\dot{V} = Ve^{j(\delta+\pi)}$ となる。損失は無視したため，出力 P_{OP} は入力に等しく， P_{OP} は①式となる。

$$P_{OP} = \text{Re}(3\dot{V}\dot{I}) = \text{ (2) } \dots\dots\dots \text{ ①}$$

フェーザ図から，②及び③式が導かれる。

$$-V \cos \delta = \text{ (3) } \dots\dots\dots \text{ ②}$$

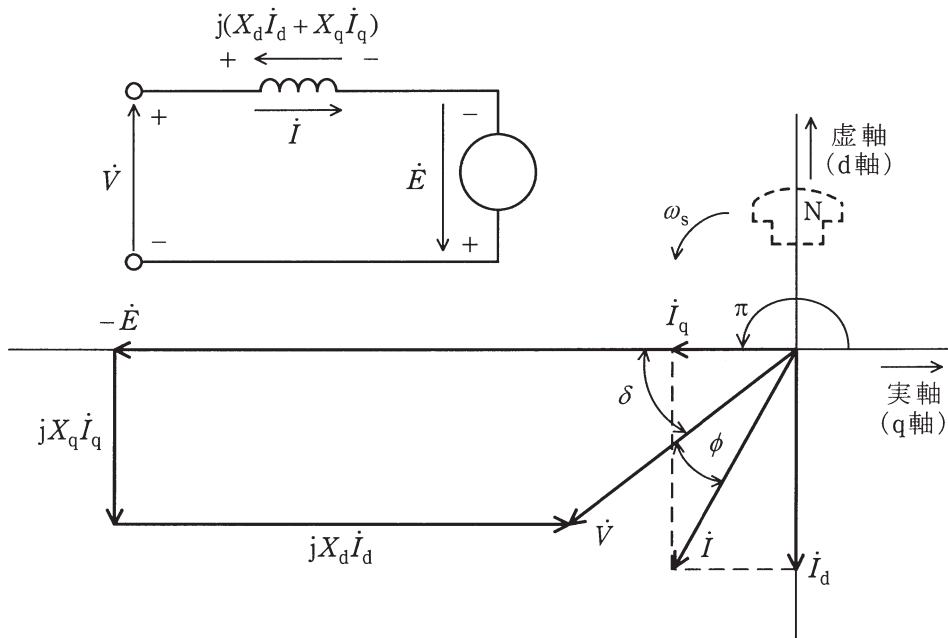
$$-V \sin \delta = -X_q I_q \dots\dots\dots \text{ ③}$$

②及び③式より， I_d 及び I_q を求めて①式に代入すれば，出力トルク T は④式になる。

$$T = \frac{pP_{OP}}{\omega_s} = \frac{p}{\omega_s} \cdot \frac{3VE}{X_d} \sin \delta + \frac{p}{\omega_s} \cdot \frac{3V^2}{2} (\text{ (4) }) \times \sin 2\delta \dots\dots\dots \text{ ④}$$

ここで， p は極対数である。一般に δ が65～70°付近で突極形同期電動機の出出力トルクは最大となる。

突極機の場合，無負荷誘導起電力の大きさに依存しない④式右辺第二項が存在する。この成分のトルクを (5) と呼ぶ。



- | | |
|------------------------|---|
| \dot{V} : 端子電圧(相電圧) | \dot{E} : 無負荷誘導起電力(相電圧) |
| \dot{I} : 電機子電流(相電流) | \dot{I}_d : \dot{I} の直軸分 \dot{I}_q : \dot{I} の横軸分 |
| X_d : 直軸同期リアクタンス | X_q : 横軸同期リアクタンス |
| δ : 内部相差角 | ϕ : 力率角 |
| ω_s : 同期角速度 | N : 界磁N極 |

図 三相突極形同期電動機の等価回路とフェーザ図(進み力率)
(電機子巻線抵抗を無視した場合)

[問1の解答群]

- | | | |
|---|-------------------------------------|--|
| (イ) $3V(I_q \cos \delta + I_d \sin \delta)$ | (ロ) 負荷トルク | (ハ) リラクタンストルク |
| (ニ) $\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d}$ | (ホ) $\frac{1}{X_d} - \frac{1}{X_q}$ | (ヘ) $E + X_d I_d$ |
| (ト) $-E - X_d I_d$ | (チ) $-I_d - jI_q$ | (リ) $-E + X_d I_d$ |
| (ヌ) $\frac{1}{X_d} + \frac{1}{X_q}$ | (ル) 界磁トルク | (レ) $I_q + jI_d$ |
| (ワ) $3V(I_d \cos \delta + I_q \sin \delta)$ | (カ) $-I_q - jI_d$ | (エ) $3V(-I_q \cos \delta + I_d \sin \delta)$ |

問2 次の文章は、三相電圧形 PWM インバータに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1の三相電圧形 PWM インバータに三角波比較 PWM 制御を適用した場合の三角波 v_{tri} と u 相の信号波 v_u^* 、u 相の電圧 v_u の波形を図2に示す。ここで、 v_{tri} の波高値を1、直流電圧を E_d とする。この制御法では、 v_{tri} と v_u^* とを比較して (1) 期間に S_u をオンし、それ以外の期間は S_x をオンする。各相の信号波を、基本波角周波数 ω の正弦波として次式で与える。

$$\begin{cases} v_u^* = A \sin \omega t \\ v_v^* = A \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \\ v_w^* = A \sin \left(\omega t + \frac{2}{3} \pi \right) \end{cases}$$

このとき、 $0 < A \leq 1$ であれば、 v_u の (2) 成分の位相は v_u^* と同じで、振幅は A に比例する。 $A=1$ の場合、 v_u の基本波実効値は (3) となる。

ここで、図3のように、3次高調波成分を重畳した信号波を次式で与える。

$$\begin{cases} v_u^* = B \sin \omega t + \frac{B}{6} \sin 3\omega t \\ v_v^* = B \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) + \frac{B}{6} \sin 3\omega t \\ v_w^* = B \sin \left(\omega t + \frac{2}{3} \pi \right) + \frac{B}{6} \sin 3\omega t \end{cases}$$

このとき、 (4) には3次高調波成分は現れない。そして、 B を1よりも大きく、 $B=$ (5) まで増加しても、 v_u の基本波実効値は B に比例する。

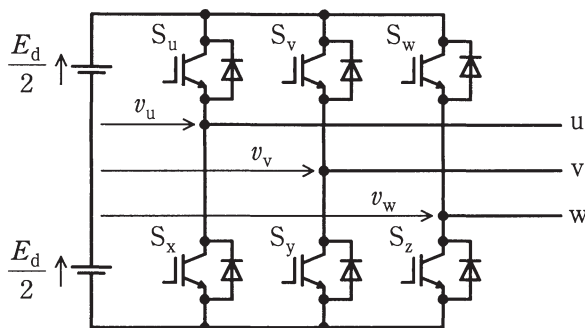


図1

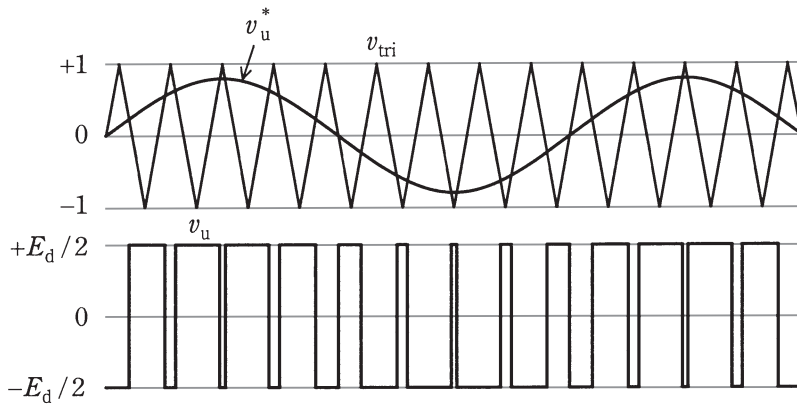


図 2

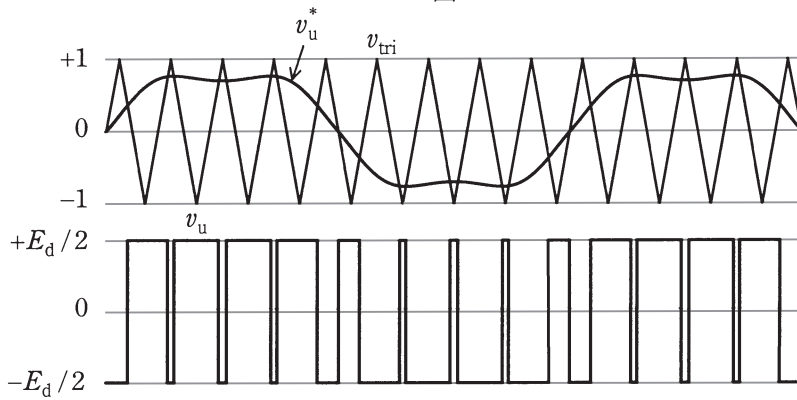


図 3

[問 2 の解答群]

- | | | | |
|----------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|
| (イ) $\frac{E_d}{\sqrt{3}}$ | (ロ) $\frac{6}{5}$ | (ハ) $\frac{v_u + v_v + v_w}{3}$ | (ニ) $\frac{4}{\pi}$ |
| (ホ) $\frac{2}{\sqrt{3}}$ | (ヘ) 三角波周波数 | (ト) $\frac{E_d}{2\sqrt{2}}$ | (チ) $\frac{E_d}{2}$ |
| (リ) v_{tri} が大きい | (ヌ) v_u | (ル) 側帯波周波数 | (ク) $v_u - v_v$ |
| (リ) v_u^* が大きい | (カ) 信号波周波数 | (コ) v_u^* と v_{tri} が等しい | |

問3 次の文章は、リニアモータに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

リニアモータとは、可動体に直線的な運動をさせる力を与える駆動装置で、回転形モータを半径方向に切り開いて展開したものとみなすことができる。近年は工場内搬送装置、鉄道の駆動システムなどの移動体のドライブに実用化されている。

リニア誘導モータ(LIM)は、一次側は (1) に電機子巻線が施され、二次側は磁路を形成するための鉄心の上にアルミニウム、銅等の非磁性導体板をかぶせた構造で、 (2) プレートと呼ばれている。その動作原理は、一次側巻線の三相交流電流が作る移動磁界に対して二次導体に磁束の変化を妨げる向きに (3) を生じ、これと移動磁界との相互作用によって推力が発生することにある。電機子は有限長であることから電機子の端部において、端効果と呼ばれる (4) 分布の不均一が生じ、高速になるほど推力特性が低下する。

一方、リニア同期モータ(LSM)は、一次側巻線の三相交流電流が作る移動磁界の速度に同期して (5) のある可動体側が同期速度で移動する。LSMは三相交流周波数を上げて高速とした場合でも推力特性は良好である。

国内の鉄道では、LIMは常電導磁気浮上式鉄道及び小断面地下鉄で、LSMは超電導磁気浮上式鉄道に適用されている。

[問3の解答群]

- | | | | |
|-----------|-----------|------------|------------|
| (イ) ホール素子 | (ロ) 内鉄形鉄心 | (ハ) 整流子 | (ニ) 界磁磁極 |
| (ホ) 塊状鉄心 | (ヘ) 励磁電流 | (ト) 渦電流 | (チ) リアクション |
| (リ) 磁束 | (ヌ) 積層鉄心 | (ル) プランジャ | (フ) 速度 |
| (ワ) 周波数 | (カ) 共振 | (ヨ) 電機子反作用 | |

問4 次の文章は、全光束の測定方法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

ある光源が放出する全ての光束を全光束という。全光束の測定には、

(1) 測定法と球形光束法とが主に用いられる。

(1) 測定法は、光源の光度の空間分布から全光束を算出する方法である。ある方向の光度 I は、その方向の単位立体角当たりの光束であるので、光源の全光束 Φ は、全ての方向についてこれを積分した①式から求まる。

$$\Phi = \int I \cdot d\omega \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

一方、球形光束法では積分球が用いられる。この内面は (2) となるように塗装処理されている。この方法は、内表面積を S 、反射率を ρ 、内部光源の全光束を Φ としたとき、球内の間接照度 E_i が球内面の相互反射によってその位置とは無関係に②式で求まることを応用したものである。

$$E_i = \frac{\Phi}{S} \cdot \frac{\rho}{1-\rho} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

積分球での測光は、光束未知の光源と光束既知の光源とを直接比較する (3) が用いられる。具体的には、 (4) と呼ばれる全光束 Φ_s が既知の光源を点灯したときの受光器の応答を R_s 、測定対象の試験光源を点灯したときの応答を R_t とすると、試験光源の全光束 Φ_t は、③式の関係から求まる。

$$\Phi_t = \Phi_s \cdot \frac{R_t}{R_s} \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

なお、この二つの全光束測定法による測光量は、人間の明るさ感覚を加味した量すなわち心理物理量であるため、受光器の分光応答特性が標準比視感度に一致している必要がある。しかし、これを完全に一致させることは困難であるので、試験光源の分光分布に応じた (5) を乗じて全光束を求める。

[問4の解答群]

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (イ) 照度 | (ロ) 配光 | (ハ) 輝度係数 | (ニ) 均等拡散面 |
| (ホ) 完全反射面 | (ヘ) 正反射面 | (ト) 基準光源 | (フ) 輝度 |
| (リ) 置換測定法 | (ヌ) 零位測定法 | (ル) 標準光源 | (七) 参照光源 |
| (ワ) 形態係数 | (カ) 色補正係数 | (コ) 合致測定法 | |

B問題(配点は1問題当たり20点)

問5 次の文章は、かご形三相誘導電動機の電氣的制動法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

かご形三相誘導電動機の逆相制動は、運転中に一次巻線の三端子のうち二端子の接続を電源に対して入れ替えて、 (1) の方向を逆にして制動する方法である。この場合、滑り s の動作領域は (2) である。この方法はプラグギングともいい、低速時にも大きな制動トルクが発生し、急速に停止ができる。逆相制動時、正方向に同期速度付近で運転している状態から停止に至るまでの間に回転子に生じるエネルギー損失は、負荷トルク及び機械損を無視し回転子と負荷の合成慣性モーメントだけを考えた場合、始動の過程で回転子に生じるエネルギー損失の約 (3) 倍となる。すなわち、始動時の約 (3) 倍の熱量が発生するので、回転子の温度上昇が大きい。

回生制動は、電車などの運動体を駆動している場合、電源周波数を下げて電動機を発電状態にし、その発生電力を電源に送り返しながらか制動する方法である。この場合、滑り s の動作領域は (4) である。回転子の回転速度が (5) 以上の場合、二次入力が負となり、電力は二次側から一次側に与えられ、電動機は発電機として動作する。この場合、回転子及び負荷の (6) を吸収して交流電源に電力を送り返すので、損失の少ない制動が行われる。

[問5の解答群]

- | | | | |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| (イ) $\sqrt{3}$ | (ロ) 固定磁界 | (ハ) 同期速度 | (ニ) $s < 0$ |
| (ホ) $0 < s < 1$ | (ヘ) $s > 1$ | (ト) 運動エネルギー | (フ) 2 |
| (リ) 速度変動率 | (ヌ) 無拘束速度 | (ル) 3 | (7) 無効電力 |
| (7) 平等磁界 | (カ) 回転磁界 | (ヨ) 電磁エネルギー | |

問6及び問7は選択問題であり、問6又は問7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6 次の文章は、赤外加熱に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

赤外加熱は、塗装や印刷の乾燥のほか、食品、電子部品、半導体などの製造工程においても用いられている。赤外加熱に用いられる赤外放射源は、電熱線によって加熱されたセラミックスや、通電によって高温になったフィラメントなどである。放射源であるこれらの物質表面の単位面積から放射される分光放射パワー(波長成分ごとの放射パワー)は、 (1) とプランクの放射則とで決まる。

(1) が波長及び温度に関係なく一定とすれば、物質表面から放射される全放射パワーは (2) で表した表面温度の (3) に比例する。また、放射パワーがピークとなる波長は (2) で表した表面温度に (4) 。

一方、被加熱物の表面に照射された赤外放射の一部は表面で反射されるが、残りは被加熱物内部に浸透し、浸透する過程で被加熱物に吸収され、被加熱物自体が発熱して加熱される。被加熱物の吸収係数が大きいほど赤外放射は被加熱物の (5) で吸収される。

[問6の解答群]

- | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|
| (イ) 表層 | (ロ) 2乗 | (ハ) 中間層 | (ニ) 3乗 |
| (ホ) 無関係である | (ヘ) 比例する | (ト) 深層 | (チ) 分光放射率 |
| (リ) 摂氏温度 | (ヌ) 反比例する | (ル) 絶対温度 | (フ) 分光反射率 |
| (ワ) 分光透過率 | (カ) 4乗 | (エ) 華氏温度 | |

(選択問題)

問7 次の文章は、メカトロニクスでの位置検出に用いる光応用センサに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

自動搬送ラインにおいて、搬送物の位置検出精度を一定に維持することは、品質管理上の重要な要素となっている。その位置検出方法には、機械式や電気式など種々あるが、光学技術を応用したセンサの例として以下のものがある。

光電スイッチは投光器及び受光器をもち、搬送物を直接的に検出することができる。光電スイッチには、搬送物が光を遮ることによって動作する (1) 式と、
 (1) 式よりも透明体の検出に有利な (2) 式とがある。一般に (1) 式の方が、搬送物までの検出距離を大きくすることができる。

ロータリエンコーダは、回転量を検出するセンサである。コンベアなどの回転軸に設置し、その回転量から間接的に搬送物の位置を検出することができる。光学式ロータリエンコーダでは、回転ディスク上に設けられたスリットを検出するデバイスとして (3) を適用したものがある。また、ロータリエンコーダには機能面から (4) 式と (5) 式とがある。 (4) 式は、出力パルスであるA相とB相との位相が (6) ずれており、これを利用して回転方向も検出することができる。 (5) 式のものには、回転ディスク上のパターンを (7) 符号として、ビット遷移時の検出動作を安定化させたものがある。

カメラによって搬送物を撮像し、画像処理で位置検出を行う方法も応用されている。背景として、固体撮像デバイスの普及に伴い、小形、軽量かつ安価な高解像度カメラが利用可能となったことが挙げられる。 (8) イメージセンサの場合は、撮像用照明の反射光などで、スミアを生じないように留意する必要がある。

[問7の解答群]

- | | | |
|----------|--------------|---------------|
| (イ) 逆転 | (ロ) BCD | (ハ) フォトカプラ |
| (ニ) 反射 | (ホ) 正転 | (ヘ) アブソリュート |
| (ト) CCD | (チ) パリティ | (リ) 45° |
| (ヌ) CMOS | (ル) 90° | (ヲ) 透過 |
| (リ) 180° | (カ) 並列 | (ヨ) フォトインタラプタ |
| (タ) グレイ | (レ) インクリメンタル | (ゾ) アイソレータ |
| (ツ) 直列 | | |