

平成 28 年度

第 1 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：0141N01234Aの場合)

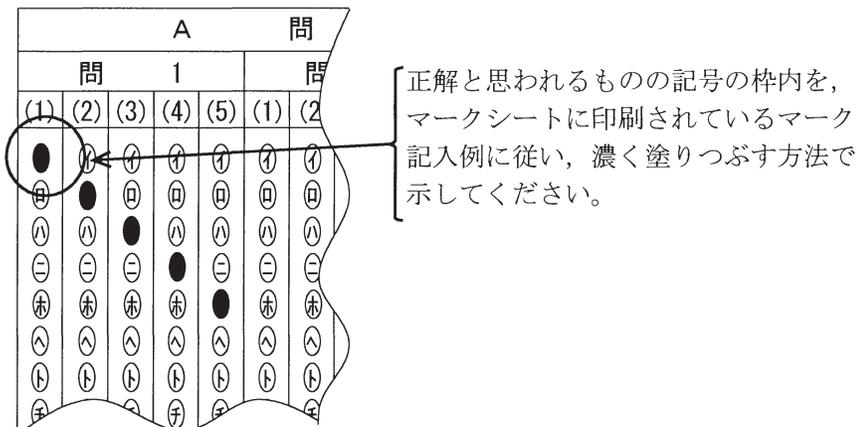
受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	N	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②		②	②	●	②	②	○	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	○	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	○	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	○	M
⑥	⑥		⑥	●	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	○	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

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)



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, 三相誘導電動機の最大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。

一定電圧 V_1 (線間電圧), 一定周波数の電源に接続した三相誘導電動機の星形結線1相分のL形等価回路において, 一次抵抗 r_1 , 二次抵抗の一次側換算値 r'_2 , 一次漏れリアクタンス x_1 , 二次漏れリアクタンスの一次側換算値 x'_2 とすると, 任意の滑り s における一次換算の二次電流 I_2 は,

$$I_2 = \text{ } \quad \text{.....} \quad \text{①}$$

となる。二次入力 P_2 は,

$$P_2 = 3 \frac{r'_2}{s} I_2^2 \quad \text{.....} \quad \text{②}$$

で表される。同期角速度を ω_s とすれば, 任意の滑り s における発生トルク T は, ①式及び②式を用いて,

$$T = \text{ } \quad \text{.....} \quad \text{③}$$

で表される。③式において, 滑りに対するトルク特性でピークとなる最大トルク T_m を停動トルクといい, T_m を発生するときの滑り s_m を求めると,

$$s_m = \text{ } \quad \text{.....} \quad \text{④}$$

となる。このときの T_m は, ④式を③式に代入して,

$$T_m = \text{ } \quad \text{.....} \quad \text{⑤}$$

である。

③式において, $\frac{r'_2}{s}$ が一定である限り T は一定となる。これを利用して, 上記のL形等価回路定数をもつ巻線形誘導電動機の二次側に抵抗器を挿入し, その抵抗1相分の一次側換算値を R とすれば, $r'_2 + R$ を変化させることにより同一トルクを発生する s を変えることができる。例えば, 巻線形誘導電動機で始動時にトルクを最大とするための $r'_2 + R$ は,

$$r'_2 + R = \text{ } \quad \text{.....} \quad \text{⑤}$$

で与えられる。

[問 1 の解答群]

$$(イ) \quad 2\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

$$(ロ) \quad \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(ハ) \quad \frac{3V_1^2}{2\omega_s \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right]}$$

$$(ニ) \quad \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(ホ) \quad \frac{V_1/\sqrt{3}}{\sqrt{(r_1 + sr_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(ヘ) \quad \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

$$(ト) \quad \frac{3V_1^2}{\omega_s \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right]}$$

$$(チ) \quad \frac{1}{2}\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

$$(リ) \quad \frac{V_1/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(ツ) \quad \frac{r_2'V_1^2}{\omega_s s \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}$$

$$(ル) \quad \frac{r_2'}{s\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(テ) \quad \frac{V_1^2}{2\omega_s \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right]}$$

$$(ワ) \quad \frac{sr_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$(カ) \quad \frac{r_2'V_1^2}{\omega_s s \left[(r_1 + sr_2')^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}$$

$$(コ) \quad \frac{3r_2'V_1^2}{\omega_s s \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}$$

問2 次の文章は、同期機のリアクタンス測定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。なお、電機子巻線抵抗などの抵抗分は無視する。また、電圧の単位は[V]、電流の単位は[A]、リアクタンスの単位は[Ω]である。

a 直軸同期リアクタンス X_d の代表的な測定法として、無負荷飽和特性曲線及び三相短絡電流特性曲線から求める方法がある。この方法では、無負荷飽和特性曲線上の電機子定格電圧(線間電圧) V_R を誘起するのに要する I_{NL} 及び三相短絡電流特性曲線上の電機子定格電流(相電流) I_R を流すのに要する界磁電流 I_{fs} を用いて、 $X_d =$ (1) の式によって計算される。

b 直軸同期リアクタンス及び横軸同期リアクタンスの測定法の一つに滑り法がある。この方法では、界磁回路を開放し、無励磁のまま回転子を駆動機によって (2) 速度で回転させ、電機子回路に定格周波数の三相对称低電圧(電機子定格電圧の10%程度)を加える。このときの電機子端子電圧(線間電圧)及び電機子電流(相電流)を記録し、電機子端子電圧の最大値 V_{max} 、最小値 V_{min} 及び電機子電流の最大値 I_{max} 、最小値 I_{min} を求める。これらの測定値から滑り法による直軸同期リアクタンス X_{sd} は $X_{sd} = \frac{V_{max}}{\sqrt{3}I_{min}}$ によって、滑り法による横軸同期リアクタンス X_{sq} は $X_{sq} = \frac{V_{min}}{\sqrt{3}I_{max}}$ によって求めることができる。また、横軸同期リアクタンス X_q は、a項で求めた X_d を用い、 $X_q =$ (3) の式によってa項の X_d の数値に整合する数値が得られる。

c 逆相リアクタンス X_2 の測定法として単相短絡法がある。この方法では、電機子巻線の2端子を短絡し、短絡回路には電流計、短絡回路と開放端子との間には電圧計を接続し、同期機を定格回転速度で運転する。界磁電流を流して、短絡電機子回路電流 I_{2s} 及び短絡回路と開放端子との間の線間電圧 V_{OL} を測定し、 $X_2 =$ (4) の式によって計算される。

d 零相リアクタンス X_0 の測定法として二相接地法がある。この方法では、電機子巻線の短絡した2端子と中性点間とを更に短絡し、その短絡した2端子と中性点の間に電流計、開放端子と中性点の間には電圧計を接続し、同期機を定格回転速度で運転する。界磁電流を流して、中性点電流 I_n 及び相電圧 V_{ON} を測定し、 $X_0 =$ (5) の式によって計算される。

[問2の解答群]

(イ) $\frac{V_{ON}}{3I_n}$

(ロ) $\frac{V_R I_{f3S}}{\sqrt{3} I_R I_{fNL}}$

(ハ) $\frac{V_R I_{fNL}}{\sqrt{3} I_R I_{f3S}}$

(ニ) $X_d \frac{V_{min} I_{min}}{V_{max} I_{max}}$

(ホ) $\frac{V_{OL}}{3I_{2s}}$

(ヘ) $\frac{V_{OL}}{\sqrt{3} I_{2s}}$

(ト) 同期

(チ) 同期速度から僅かに外れた

(リ) $\frac{I_{f3S}}{I_{fNL}}$

(ヌ) $\frac{3V_{OL}}{I_{2s}}$

(ル) $\frac{3V_{ON}}{I_n}$

(ヲ) $X_d \frac{V_{max} I_{max}}{V_{min} I_{min}}$

(ワ) 定格回転

(カ) $X_d \frac{V_{max} I_{min}}{V_{min} I_{max}}$

(ヱ) $\frac{V_{ON}}{I_n}$

問3 次の文章は、高周波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には誘導加熱用などに使われる高周波インバータの定常運転に関与する主回路部分だけを示す。サイリスタ整流器は交流入力を整流し、十分に大きなインダクタンス L_d をもつ直流リアクトルによってほぼ一定の直流電流を得る。インバータはこの電流を交流に変換して負荷に供給し、その運転周波数は 500 Hz ~ 10 kHz 程度であることが一般的である。

高周波インバータの主な負荷はコイルであり、その中に金属部品などの材料を挿入して、高周波の誘導電流で材料にエネルギーを与えて加熱する。したがって、コイルは等価的にリアクトル L と抵抗 R が並列接続された力率の非常に低い誘導性インピーダンスとみなせる。 L による [(1)] を補償するために、コンデンサ C を設けて並列共振回路を構成した例が図1である。コイルとコンデンサを合わせてインバータの負荷回路とし、その共振回路の先鋭度を Q とする。インバータの運転中は、インバータ出力電流の基本波振幅に比べほぼ [(2)] の振幅の循環電流がコイルとコンデンサの間に流れるが、インバータの出力電流は、コイル電流とコンデンサ電流の差分となり、等価的な R を流れる電流成分にほぼ相当する。

インバータのサイリスタを転流する際には負荷電圧を利用している。例として、それまで通電していたサイリスタ T_1 、 T_4 をターンオフすることを考える。図1に示した出力電圧 v_0 の方向を正とすると、サイリスタ T_2 、 T_3 をオンするときに、コンデンサは [(3)] に充電されていなければならない。この結果、インバータの出力電圧 v_0 と出力電流 i_0 は図2に示す波形1と波形2になる。共振回路の先鋭度が高いと、出力電圧 v_0 はより正弦波に近い電圧波形となる。図2の波形3は電圧 [(4)] の波形である。サイリスタは、インバータの出力電圧波形の定められた位相でスイッチングすることによって安定な動作が実現する。以上から、インバータは、 L と C の並列共振周波数 [(5)] 周波数で運転を続けることになる。

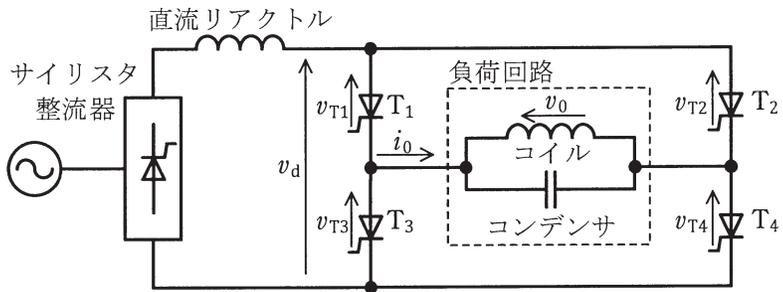


図1 高周波インバータ

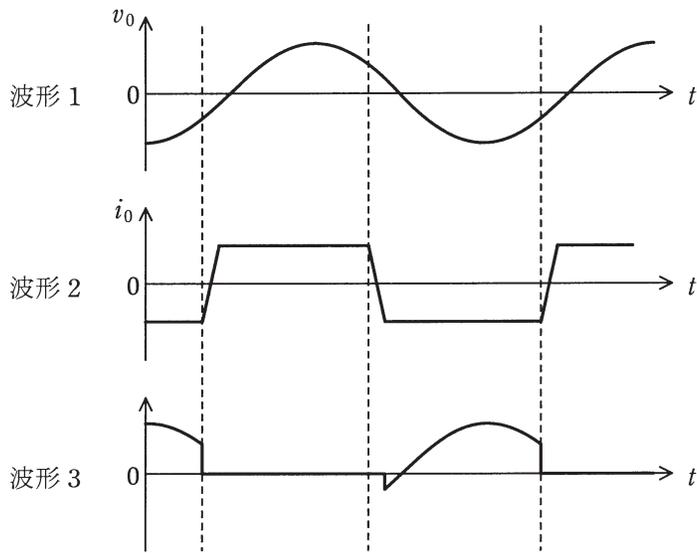


図2 インバータの電圧・電流波形

[問3の解答群]

- | | | |
|----------------------|----------------------|------------------------------|
| (イ) に近い | (ロ) 正の電圧 | (ハ) 直流電圧 v_d の波高値より大きい負の電圧 |
| (ニ) Q 倍 | (ホ) v_{T1}, v_{T4} | (ヘ) の2倍の周波数に近い |
| (ト) v_{T2}, v_{T3} | (チ) 無効電力 | (リ) 直流電圧 v_d の波高値より小さい負の電圧 |
| (ヌ) 有効電力 | (ル) $\frac{1}{Q}$ 倍 | (レ) の半分の周波数に近い |
| (ワ) v_d | (カ) $2Q$ 倍 | (ロ) 電力損失 |

問4 次の文章は、電力貯蔵用電池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。

風力や太陽光などの再生可能エネルギーは需要と無関係に変動するため、発電電力の平準化のためには蓄電が必要であると考えられている。この中で、
 (1) は大型の電力貯蔵用電池として注目されている。この電池は陽イオン交換膜を用い、硫酸酸性でバナジウムを含む水溶液電解質を正極、負極にそれぞれ供給し、放電時に正極では (2) のバナジウムが還元、負極では (3) のバナジウムが酸化される。充電時には正極でバナジウムが酸化、負極でバナジウムが還元される。開路電圧は約 (4) である。充電中には、負極のバナジウムの還元反応と並行して、硫酸酸性の水溶液が分解して (5) が発生すると、放電に必要な (3) のバナジウムが生成しないため、充放電のエネルギー効率の損失につながる。

[問4の解答群]

- | | | | |
|-----------|---------|----------|----------------|
| (イ) 水素 | (ロ) 5 価 | (ハ) 4 価 | (ニ) 2.1 V |
| (ホ) 1.4 V | (ヘ) 酸素 | (ト) 2 価 | (チ) リチウムイオン電池 |
| (リ) 鉛蓄電池 | (ヌ) 3 価 | (ル) 硫化水素 | (フ) レドックスフロー電池 |
| (ワ) 3.6 V | (カ) 0 価 | (ヨ) 7 価 | |

B問題(配点は1問題当たり20点)

問5 次の文章は、交流遮断器の分類と特徴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。

交流遮断器には、高性能、高信頼性、経済性に加え小形化、保守省力化などの要素も要求される。従来用いられてきた空気遮断器は動作時の [(1)] が大きいこと、油遮断器は油劣化に対する点検などの課題があり、これらの問題を解決できるものとしてガス遮断器や真空遮断器が開発された。

ガス遮断器は [(2)] を絶縁・消弧媒体として利用した遮断器で、 [(3)] が空気の100分の1以下という顕著な特性を利用して、極めて優れた遮断性能を実現しており、今日製作されている遮断器の主流となっている。しかし、 [(2)] は1997年の気候変動枠組条約締約国会議において、温室効果ガスに指定されたため、今日では代替物質の開発やガスを全く使用しない機器の実用化に向けた研究が進められている。

真空遮断器は、接点の開閉を真空のバルブの中で行う遮断器で、高真空中の急速なアークの [(4)] と絶縁回復特性により高い消弧能力を有している。電極の [(5)] を防ぐため、電極構造を工夫してアークに横方向の磁界を加えることでアークに [(6)] を与え、アークの1点集中を抑えて電極の溶融を防ぐとともに、アーク電圧が低いので [(7)] 。真空遮断器は小形で構造が簡単であることや保守が容易などの特徴があり、主として66 kV以下の遮断器に用いられている。

[問5の解答群]

- | | | |
|------------------------|---------------|-------------|
| (イ) 遮断時間 | (ロ) 電極消耗が少ない | (ハ) 局部加熱 |
| (ニ) CO ₂ ガス | (ホ) サージ電圧が出ない | (ヘ) 凝縮作用 |
| (ト) SF ₆ ガス | (チ) 接触力 | (リ) 回転運動力 |
| (ヌ) 比重 | (ル) アーク時定数 | (レ) 吸引力 |
| (リ) 集中作用 | (カ) 騒音 | (ヨ) フロンガス |
| (ク) 回復電圧 | (レ) 拡散作用 | (ゾ) 真空漏れに強い |
| (ツ) 力率低下 | (ネ) 絶縁低下 | |

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。

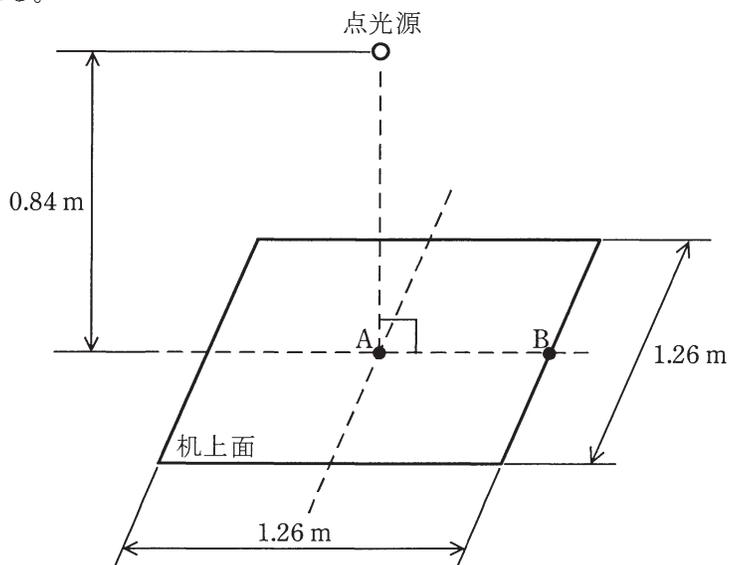
(選択問題)

問6 次の文章は、机上面の平均照度と照明率の算出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。

図に示すように1辺1.26 mの正方形の机があり、その中央上の高さ0.84 mに点光源が1灯設置されている。点光源の光度は、全ての方向に70 cdである。

この条件において、以下の手順で机上面の平均照度及び照明率の算出を行う。

- a 机上面中央A点の水平面照度を求めると □ (1) lxになる。
- b 机上面サイドライン中央B点の水平面照度を求めると □ (2) lxになる。
- c 机上面の平均照度を5点法で求めると □ (3) lxになる。
- d 点光源の全光束を計算すると □ (4) lmが求まる。
- e 点光源の机上面に対する照明率は、全光束と平均照度とから □ (5) となる。



[問6の解答群]

(イ) 0.11	(ロ) 0.12	(ハ) 0.14	(ニ) 51
(ホ) 60	(ヘ) 63	(ト) 67	(チ) 70
(リ) 75	(ヌ) 79	(ル) 83	(ヲ) 99
(ワ) 220	(カ) 440	(コ) 880	

(選択問題)

問7 次の文章は、デジタルフィル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。

アナログ信号にフィルタを作用させて周波数選択を行う場合、演算増幅器などを用いてアナログ信号のままで行うこともできるが、アナログ信号を量子化した後、デジタル演算により行うこともできる。

一般にアナログフィルタに対してデジタルフィルタは、特性が安定していること、特性を容易に変化させられることなどの利点があるものの、ハードウェアが複雑になることやリアルタイム応答性の点で不利となる。

デジタルフィルタには、巡回形と非巡回形のフィルタがあり、前者を (1) フィルタ、後者を (2) フィルタという。

巡回形フィルタは非巡回形フィルタに比べ、低い次数で鋭い周波数特性を得られるが、安定性に留意する必要がある。

一方、非巡回形フィルタは常に安定であり、多項式係数に対称性をもたせることで (3) として、ひずみの少ない出力波形を得ることができる。しかし、鋭い周波数特性を得るためには高い次数が必要となり、遅延時間が大きくなる。また、周波数特性が急激に変化するカットオフ周波数近辺で大きな誤差を生じる (4) 現象が知られており、この現象を抑制するために窓関数を用いることがある。窓関数にはハミング窓やハンニング窓があるほか、パラメータによりユーザが効果を指定できる (5) 窓などがある。

デジタルフィルタ演算を実行するプロセッサとして積和演算機能やメモリ構成などを専用に強化した (6) があり、各種信号処理に用いられている。

[問7の解答群]

- | | | |
|-------------|------------|-------------|
| (イ) メインフレーム | (ロ) IIR | (ハ) バートレット |
| (ニ) DSP | (ホ) カイザー | (ヘ) ギブス |
| (ト) 線形位相特性 | (フ) ブラックマン | (リ) アクティブ |
| (ヌ) 周期的 | (ル) FIR | (レ) 縦続形構成 |
| (リ) パッシブ | (カ) 発散 | (ロ) 固定小数点演算 |