

令和 3 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、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. 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)

問 1				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
☒	☐	☐	☐	☐
☐	☒	☐	☐	☐
☐	☐	☒	☐	☐
☐	☐	☐	☒	☐
☐	☐	☐	☐	☒
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

問		
(1)	(2)	(3)
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐
☐	☐	☐

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 [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問題当たり小問各2点, 計10点)

問1 次の文章は, 三相同期発電機の試験結果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。

16 000 kV・A, 11 000 V の定格を持つ三相同期発電機(以下, 試験機と呼ぶ)の試験結果は以下のとおりであった。また, 試験結果をグラフ化すると図のようになった。

(a) 無負荷飽和特性試験

端子電圧(線間電圧) [V]	4 000	8 000	11 000	14 300
界磁電流 [A]	205	410	680	1 400

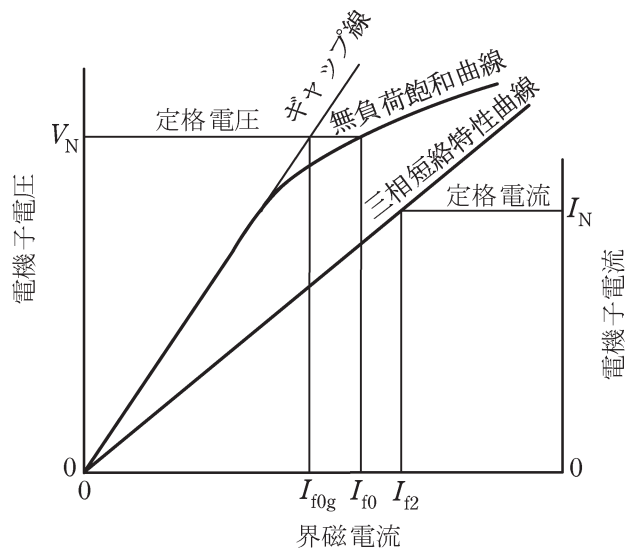
(b) 三相短絡特性試験(定常短絡試験)

電機子電流 [A]	400	600	840
界磁電流 [A]	435	652	913

一般的に同期機には磁気飽和特性があるため, 同期リアクタンスには飽和値と不飽和値が定義される。試験機の同期リアクタンスの飽和値 X_s [%] は, (1) % であり, これを Ω 値で表した毎相の同期リアクタンスの飽和値 X_s [Ω] は, (2) Ω である。

試験機の同期リアクタンスの不飽和値 X_{su} [%] は, 図中の記号を用いて X_{su} [%] = X_s [%] × (3) として求められ, 試験機の X_{su} [%] は, (4) % である。

定格電圧における同期機の磁気飽和の程度を表す飽和率 σ は, 図中の記号を用いて $\sigma = \frac{\text{ (5)}}{I_{f0g}}$ として求められる。



[問 1 の解答群]

(イ) 134

(ロ) 0.102

(ハ) 74.5

(ニ) 5.63

(ホ) 10.2

(ヘ) 217

(ト) 162

(チ) 89.8

(リ) 1.34

(ヌ) $(I_{f2} - I_{f0g})$

(ル) $(I_{f2} - I_{f0})$

(ヲ) $(I_{f0} - I_{f0g})$

(ヱ) $\frac{I_{f0}}{I_{f2}}$

(カ) $\frac{I_{f2}}{I_{f0g}}$

(コ) $\frac{I_{f0}}{I_{f0g}}$

問2 次の文章は、変圧器の電源投入時の現象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。

無励磁状態の変圧器を電源に接続する場合、電源投入時の電圧位相や鉄心内の残留磁束の状態によっては (1) 現象を原因とする大きな電流が過渡的に流入する場合がある。この電流を励磁突入電流という。

変圧器に電源が投入されると、鉄心内の磁束は、投入前における鉄心内の残留磁束を初期値として、印加電圧の (2) 値に比例した波形になる。鉄心内の残留磁束が無い状態において、印加電圧0の瞬間に投入されると、半周期の間に鉄心内磁束は定常状態の磁束最大値の2倍近くまで増加し、鉄心の飽和磁束密度を超えると過渡的に大きな電流が流入する。また、電源投入時に鉄心内に残留磁束がある状態では、それが印加電圧による磁束の変化方向と (3) 方向に重畳する場合には、鉄心内の磁束が定常状態の磁束最大値の2倍を超え、励磁突入電流の波高値はさらに高くなる。

この励磁突入電流を抑制するため、投入前に残留磁束の消去や、 (4) の制御などを行うことがある。

投入後、磁束は徐々に定常状態に戻っていき、それとともに励磁突入電流も減衰して通常の励磁電流に落ち着く。この継続時間は、回路のインダクタンスと抵抗などによって決まり、一般に変圧器容量が大きく (5) 。

[問2の解答群]

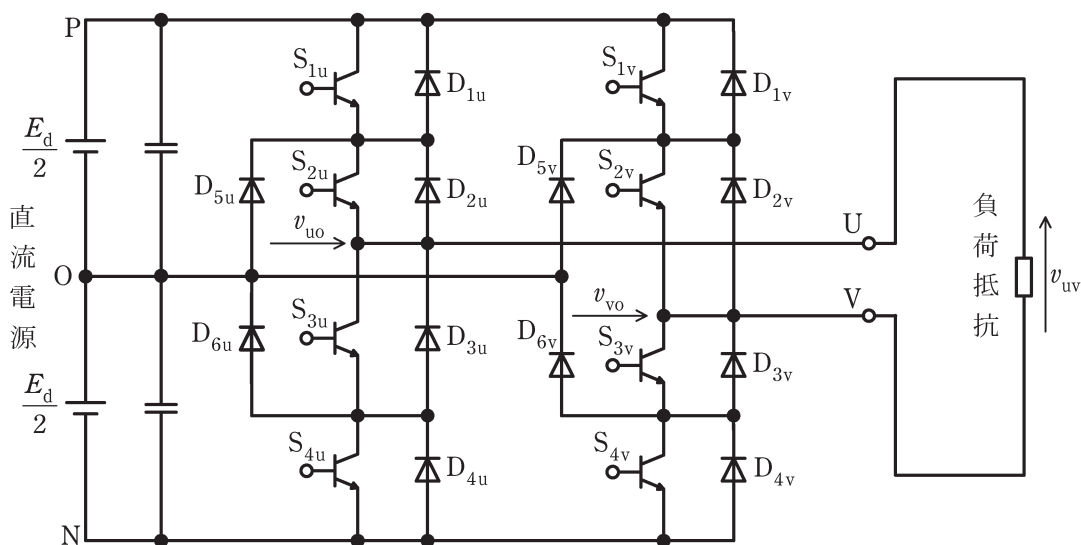
- | | | |
|-----------|----------|---------------|
| (イ) 磁気誘導 | (ロ) 反対 | (ハ) 磁歪振動 |
| (ニ) 積分 | (ホ) 直角 | (ヘ) なるほど短くなる |
| (ト) 鉄心振動 | (チ) 投入位相 | (リ) なるほど長くなる |
| (ヌ) 同一 | (ル) 実効 | (ヲ) なっても変わらない |
| (リ) 電源周波数 | (カ) 磁気飽和 | (ヱ) 微分 |

問3 次の文章は、単相3レベル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。

図にトランジスタを用いた単相3レベルインバータの基本回路を示す。ただし、回路素子は全て理想的とする。入力直流電圧 E_d であり、負荷は抵抗である。このインバータのU相とV相はそれぞれ、直列接続された四つのトランジスタ $S_1 \sim S_4$ と個々のトランジスタに逆並列接続されたダイオード $D_1 \sim D_4$ と、上下二つずつのトランジスタの接続点と直流電源の中心点 O を接続する二つのダイオード D_5, D_6 から構成される。

中心点 O に対する点 U の電位 v_{uo} は、 S_{1u} と S_{2u} がオンのとき $\frac{E_d}{2}$ 、 S_{2u} と S_{3u} がオンのときゼロ、 S_{3u} と S_{4u} がオンのとき $-\frac{E_d}{2}$ である。中心点 O に対する点 V の電位 v_{vo} は、 $S_{1v} \sim S_{4v}$ の状態に対応して (1) のいずれかの値である。 v_{uo} がゼロで v_{vo} が負の場合、中心点 O 、点 U 、負荷抵抗、点 V 、点 N を電流が流れる。このとき、電流が流れるトランジスタは (2) 、 S_{3v} 、 S_{4v} であり、電流が流れるダイオードは (3) である。

U相とV相の間の線間交流電圧 v_{uv} がとりうる電圧レベル数は (4) であり、 v_{uv} の最大値は (5) である。



[問 3 の解答群]

(イ) $\frac{E_d}{2}$

(ロ) 5

(ハ) $\frac{E_d}{2}, \frac{E_d}{4}, 0, -\frac{E_d}{4}, -\frac{E_d}{2}$

(ニ) 3

(ホ) S_{2u} と S_{3u}

(ヘ) D_{5u}

(ト) D_{5u} と D_{6u}

(チ) 4

(リ) $E_d, 0, -E_d$

(ヌ) D_{6u}

(ル) E_d

(ヲ) $\frac{E_d}{4}$

(ワ) S_{3u}

(カ) S_{2u}

(ヱ) $\frac{E_d}{2}, 0, -\frac{E_d}{2}$

問4 次の文章は、三相かご形誘導電動機の始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。

三相かご形誘導電動機的全電圧始動では、大きな始動電流が流れ、始動時間が長い場合には巻線を焼損するおそれや、電源系統に電圧変動を招くなどの問題があり、これらを避けるために以下のような始動方法が採用されている。

Y-Δ（スターデルタ）始動は、誘導電動機の (1) の接続をY（スター）形として始動し、同期速度近くまで加速した後にΔ（デルタ）形に切り替える始動方法である。この方法での始動電流はデルタ結線のままで全電圧始動する場合の (2) に抑えられ、トルクもまた (2) に減少する。巻線接続を切り替えるために、外部に切替器を備えている。

始動補償器始動は、始動補償器と呼ばれる (3) の二次電圧で定格電圧以下の電圧を加えて電流を抑え始動する方法である。電動機の回転が同期速度に近づいたところで補償器を回路から切り離し全電圧に切り替える。始動補償器の一次電圧と二次電圧の比を $a : 1$ とすれば、電動機の電圧は全電圧始動の $\frac{1}{a}$ となり、このときの始動補償器の一次電流は全電圧始動の約 (4) 倍となる。

その他の始動法として誘導電動機の一次側に直列に抵抗器又は (5) を挿入して印加電圧を下げて始動電流を制限し、加速後に全電圧運転とする方法がある。始動補償器を用いる場合に比べて始動トルクが減少する欠点があるが、装置が簡易で安価であるので、始動トルクを小さくして始動時の衝撃を避ける目的で用いられることがある。

[問4の解答群]

(イ) リアクトル (ロ) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (ハ) スコット変圧器

(ニ) 単巻変圧器 (ホ) $\frac{1}{3}$ (ヘ) 変流器

(ト) 制動巻線 (チ) 固定子巻線 (リ) $\frac{1}{\sqrt{3}a}$

(ヌ) $\frac{1}{9}$ (ル) $\frac{1}{a}$ (ヲ) くま取りコイル

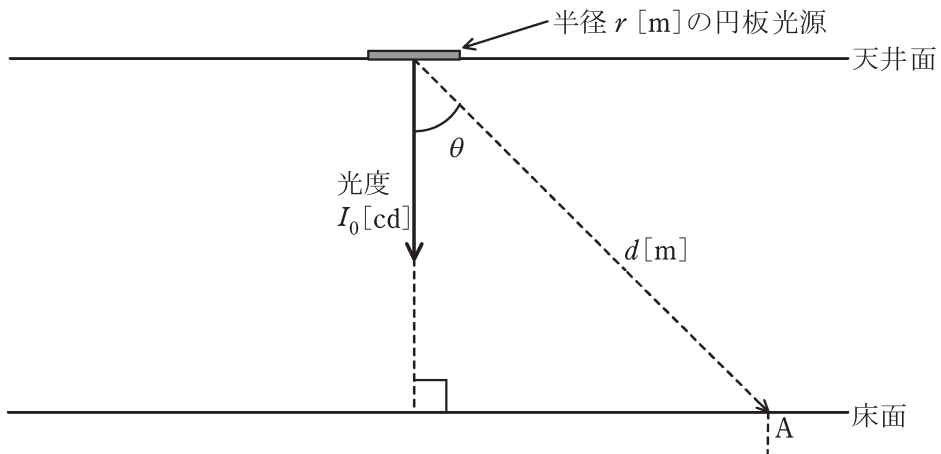
(リ) $\frac{1}{a^2}$ (カ) 補償巻線 (ヱ) 始動用コンデンサ

B問題(配点は1問題当たり計20点)

問5 次の文章は、円板光源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。

均等拡散面とみなせる円板光源がある。円板光源の発光面は平面で、片面のみが発光する。また、円板光源の厚さは無視できる。この円板光源の発光面の中心における法線方向の光度を I_0 [cd] とする。法線となす角 θ の方向の光度 I_θ [cd] は (1) で与えられ、その配光曲線は (2) のようになる。また、円板光源の全光束 F [lm] は (3) で与えられる。ただし、円周率は π とする。

次に、図に示すように、半径 r [m] のこの円板光源を部屋の天井面に取り付け、部屋の照明を行った。図において、床面上の A 点から円板光源の中心を見たときの輝度 L_θ [cd/m²] は (4) となり、A 点における水平面照度 $E_{\theta h}$ [lx] は (5) で与えられる。ただし、A 点から円板光源の中心までの距離は d [m] であり、 $d \gg r$ とする。また、この部屋にはこの円板光源以外に光源はなく、天井、床、壁など、周囲からの反射光や入射光の影響はないものとする。



[問 5 の解答群]

(イ) $I_0 \cos \theta$

(ロ) $\frac{I_0 \cos \theta}{d^2}$

(ハ) $\frac{I_0}{\pi r^2 \cos \theta}$

(ニ) $2\pi I_0$

(ホ) $\frac{I_0 \cos^2 \theta}{d^2}$

(ヘ) $4\pi I_0$

(ト) $\frac{I_0 (1 + \cos \theta) \cos \theta}{2d^2}$

(チ) $\frac{I_0 \cos \theta}{\pi r^2}$

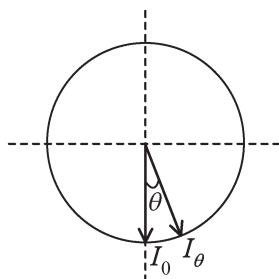
(リ) $\frac{I_0 (1 + \cos \theta)}{2}$

(ヌ) πI_0

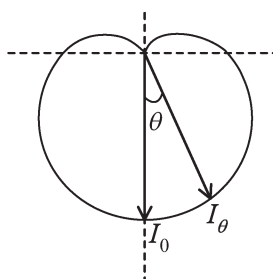
(ル) $\frac{I_0}{\pi r^2}$

(ヲ) I_0

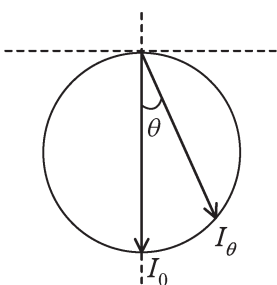
(ア)



(カ)



(ク)



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、ステッピングモータとその応用装置である X Y テーブル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。

ステッピングモータは、入力された (1) に比例した角度だけ回転するモータで、オープンループ制御が可能であり、システム構成を簡素化できる利点がある。その他の利点として、回転角の精度が高いことや、起動、停止、正逆転、変速が容易で応答性が良いことが挙げられる。また、停止時に (2) があり、ブレーキ機構なしに位置を保てるものがある。このような利点がある一方、動作時の脱調や停止時に振動が減衰するまでの (3) に留意する必要がある。

ステッピングモータの構造には (4) ，永久磁石形があるが、現在はその両方の特徴を持つハイブリッド形が多く用いられる。

角度分解能を上げるには、モータの相数やロータの歯数を増やす方法があるが、物理面や経済性での限界があるため、励磁制御によるハーフステップ駆動やさらに精度を上げた (5) ステップ駆動なども行われる。

ステッピングモータの回転運動を (6) などにより直線運動に変換し、X Y 2 軸が直交するよう組み合わせた自動化装置に X Y テーブルがある。

ある X Y テーブルにおいて、各軸のテーブル分解能 0.01 mm、モータの回転速度を 400 min^{-1} 、モータのステップ角度を 0.72° としたときに、X Y 2 軸を同時に駆動させたときに合成されるステージの移動速度は、 (7) mm/min である。なお、他に減速機構等は無く、このステップ角度とテーブル分解能は完全に対応するものとして算出せよ。

[問 6 の解答群]

- | | | |
|------------|-----------|---------------|
| (イ) 2 000 | (ロ) 2 830 | (ハ) パルス数 |
| (ニ) 電圧値 | (ホ) フル | (ヘ) インクリメンタル形 |
| (ト) 1 410 | (チ) マイクロ | (リ) リンク機構 |
| (ヌ) ボールねじ | (ル) ファースト | (ヲ) セットリングタイム |
| (リ) 冷却時間 | (カ) 可変磁極形 | (ヨ) 可変リラクタンス形 |
| (タ) 起動トルク | (レ) 保持トルク | (ヅ) ローラベアリング |
| (ツ) スルーレート | (ネ) 電流値 | |

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 7 次の文章は、ヒートポンプ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。

ヒートポンプは、外部から機械的な仕事を加えることによって低温熱源から熱を吸収し、高温熱源へ放出する熱機関である。冷暖房、冷凍、給湯などの熱源機として広く用いられている。ヒートポンプの熱サイクルにおいて、熱の輸送を担う物質は冷媒と呼ばれ、ハイドロフルオロカーボン、 (1) , アンモニアなどが用いられている。冷媒にはヒートポンプにおける良好な熱輸送特性のほか、環境問題から地球温暖化係数や (2) が小さいことが求められている。

ヒートポンプの熱サイクルの基本サイクルは (3) と呼ばれる。冷媒は、低温熱源側に設置した蒸発器において、低温熱源から熱を吸収して蒸発する。その後、外部動力によって駆動する圧縮機において高温、高圧となり、高温熱源側に設置した (4) に送り込まれる。そこで冷媒は熱を高温熱源に放出する。その後、 (5) によって低温、低圧となり、再び蒸発器に戻される。

ヒートポンプの性能を示す指標の一つに COP (成績係数) がある。低温熱源の温度を T_1 [K] , 高温熱源の温度を T_2 [K] , とすると、加熱の場合の COP の理論上の最高値は (6) となる。また、蒸発器で吸収した熱量を Q_L [J] , ヒートポンプを動かすために使った仕事を W [J] として、熱損失などを無視すると加熱の場合の COP は (7) で与えられる。

[問 7 の解答群]

(イ) $\frac{Q_L}{W}$

(ロ) 逆カルノーサイクル

(ハ) 凝縮器

(ニ) 水

(ホ) $\frac{Q_L + W}{W}$

(ヘ) $\frac{T_2 - T_1}{T_2}$

(ト) $\frac{Q_L - W}{W}$

(チ) $\frac{T_2}{T_1}$

(リ) 復水器

(ヌ) 膨張弁

(ル) カルノーサイクル

(ヲ) 過熱器

(リ) エンタルピー

(カ) $\frac{T_2}{T_2 - T_1}$

(ヰ) 四方弁

(タ) オゾン破壊係数

(レ) ナトリウム

(ヲ) 二酸化炭素

(ツ) 加減弁

(ネ) ランキンサイクル