

令和 3 年度

第 2 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)
●	イ	イ	イ	イ
ロ	●	ロ	ロ	ロ
ハ	ハ	●	ハ	ハ
ニ	ニ	ニ	●	ニ
ホ	ホ	ホ	ホ	●
ヘ	ヘ	ヘ	ヘ	ヘ
ト	ト	ト	ト	ト
チ	チ	チ	チ	チ

問		
(1)	(2)	(3)
イ	イ	イ
ロ	ロ	ロ
ハ	ハ	ハ
ニ	ニ	ニ
ホ	ホ	ホ
ヘ	ヘ	ヘ
ト	ト	ト
チ	チ	チ

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7と問8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せん。)

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3点, 計15点)

問1 次の文章は、原動機で駆動され、電力系統に連系した、一般的な直流励磁の定速同期発電機の励磁方式及び励磁装置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。

小型の同期発電機では界磁に永久磁石を使用することもあるが、中型から大型の同期発電機（以下、主発電機と呼ぶ）では界磁巻線に直流電流を通电して励磁する方法が適用される。

この直流電流（界磁電流）を供給する装置を励磁装置と呼び、近年では交流励磁機方式、又は静止形励磁方式が一般的である。また、この界磁電流の大きさを調整して主発電機の (1) や端子電圧を調整することを励磁制御という。

交流励磁機方式は、励磁電源として同期発電機を使用しており、この発電機を交流励磁機と呼ぶ。交流励磁機方式では、主発電機の界磁電流の増減は、交流励磁機の界磁電流の調整によって行われる。交流励磁機の出力は半導体電力変換器で整流されて、主発電機の界磁巻線に供給される。交流励磁機にも励磁が必要であるが、その電源としてさらに小型の発電機をもう一台使用する場合は、この小型の発電機を (2) と呼ぶ。

交流励磁機方式の一つにブラシレス励磁方式がある。ブラシレス励磁方式の交流励磁機の構造は (3) 形であり、その出力は交流励磁機の回転子と同軸上に設置された半導体電力変換器で整流されて、主発電機の界磁巻線に供給される。このため、この方式では主発電機及び交流励磁機に界磁電流を給電するための (4) とブラシが不要である。

静止形励磁方式では、サイリスタ素子を使用した電力変換器を使用する方式が近年一般的であり、サイリスタ励磁方式とも呼ばれる。サイリスタ励磁方式では、その電源を励磁変圧器経由で主発電機の出力回路（主回路）から得る (5) が多く採用されている。

[問1の解答群]

- | | | |
|----------|-------------|-------------|
| (イ) 有効電力 | (ロ) スリップリング | (ハ) 界磁遮断器 |
| (ニ) 他励方式 | (ホ) 副励磁機 | (ヘ) 回転界磁 |
| (ト) 整流子 | (チ) 自励方式 | (リ) 永久磁石 |
| (ヌ) 周波数 | (ル) 無効電力 | (ヲ) 変圧器励磁方式 |
| (リ) 主励磁機 | (カ) 回転電機子 | (ヱ) 二次励磁発電機 |

問2 次の文章は、インバータの動作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にハーフブリッジ電圧形インバータに負荷を接続した回路図を示す。図2には負荷にかかる交流電圧 v_0 と負荷に流れる定常状態の交流電流 i_0 の波形を示す。電圧形インバータでは、スイッチングデバイス Q_1 と Q_2 に交互にオン信号とオフ信号を与える。図2の期間Bは (1) 期間に相当する。

ここで負荷が誘導性の場合を考える。図2の交流電流 i_0 の波形は、負荷の種類(抵抗、誘導性、容量性)に応じて流れる電流波形を順不同に示しているが、負荷が誘導性の場合に電圧 v_0 に対して流れる電流 i_0 としてとり得る波形は図2 (2) である。このときに、負荷の中で抵抗 R にかかる電圧 v_R の波形は図3 (3) である。また、インダクタンス L にかかる電圧 $v_L = v_0 - v_R$ の波形は図4 (4) である。図2の電圧 v_0 と図2 (2) の電流 i_0 において、高調波成分を除いた基本波成分の電圧 v_f と電流 i_f の関係は、電圧 v_f に対して (5) の電流 i_f が流れている。

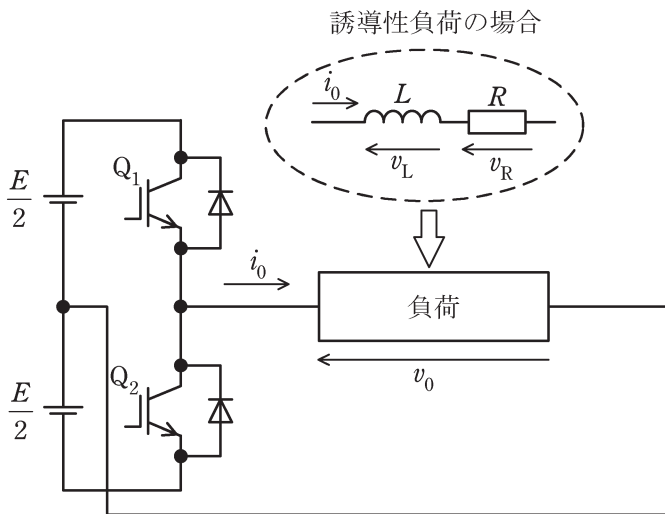


図1 電圧形インバータと負荷の回路

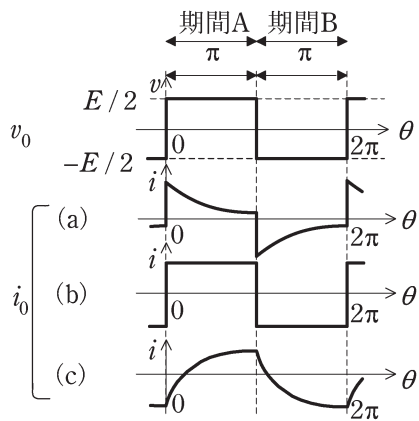


図2 動作波形

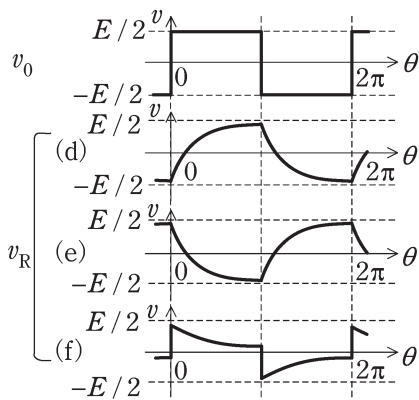


図3 動作波形

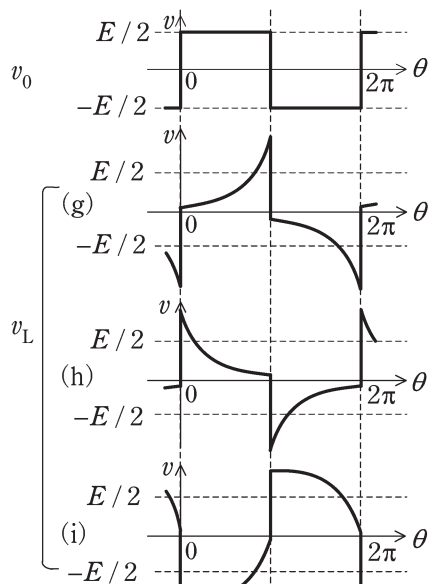


図4 動作波形

[問2の解答群]

- | | | |
|----------|----------|---------------------|
| (イ) 遅れ位相 | (ロ) 進み位相 | (ハ) 同位相 |
| (ニ) (a) | (ホ) (b) | (ヘ) (c) |
| (ヒ) (d) | (フ) (e) | (リ) Q_2 にオン信号を与える |
| (ヌ) (f) | (ル) (g) | (レ) Q_1 にオン信号を与える |
| (リ) (h) | (ロ) (i) | (ロ) Q_1 に負荷電流が流れる |

問3 次の文章は、特殊かご形誘導機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。

かご形誘導機の始動特性の特徴として (1) が大きい割に (2) が小さいことがあげられる。始動特性を改良するために二次周波数の変化に対する二次抵抗の変化を利用したのが特殊かご形誘導機である。

(3) かご形誘導機の回転子は、二つのかご形導体を有している。回転子表面に近い外側導体は断面積が小さく、抵抗値が大きい。軸に近い内側導体は断面積が大きく、抵抗値が小さい。始動時の二次周波数が高い間は、内側導体が構成する二次回路の (4) が大きいので、二次回路を流れる電流の大部分は外側導体を流れる。そのため、二次抵抗の高い誘導機として始動され、大きな (2) を得ることができる。二次周波数の低下に伴い、二次電流の大部分は抵抗の低い内側導体に流れる。

(5) かご形誘導機の回転子には半径方向に長い導体を用いている。始動時の二次周波数が高い間は、二次電流は表皮効果により導体の回転子表面近くに集中する。二次周波数の低下に伴い、二次電流が導体の軸に近い部分まで広がるので、二次抵抗は低くなる。

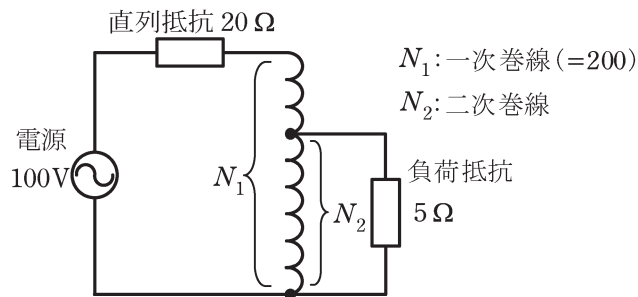
[問3の解答群]

- | | | |
|-------------|--------------|----------|
| (イ) 始動電流 | (ロ) 始動トルク | (ハ) 鉄損 |
| (ニ) コンダクタンス | (ホ) 一次巻線 | (ヘ) 端絡環 |
| (ト) スキュー | (チ) 巻線 | (リ) 一次抵抗 |
| (ヌ) 始動抵抗 | (ル) 漏れリアクタンス | (フ) 二重 |
| (リ) 深みぞ | (カ) 細みぞ | (ヨ) 浅みぞ |

問4 次の文章は、変圧器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。

変圧器の一次巻線と二次巻線とを別々の巻線にしないで、一次巻線と二次巻線の一部を共用して使用する変圧器を (1) といい、この変圧器の一次、二次に共通した巻線を (2) , 共通でない部分を (3) という。

図に示すように (1) の一次側に $20\ \Omega$ の直列抵抗、二次側に $5\ \Omega$ の負荷抵抗を接続し、電源電圧を $100\ \text{V}$ とする。一次巻線の巻数を $N_1 = 200$ とした場合に、 $5\ \Omega$ の負荷抵抗で消費される電力が最大となる二次巻数は $N_2 =$ (4) となり、このときの負荷抵抗の消費電力は (5) W となる。なお変圧器は理想変圧器として考える。



[問4の解答群]

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|----------|
| (イ) 線路巻線 | (ロ) 直巻変圧器 | (ハ) 1280 | (ニ) 三次巻線 |
| (ホ) 100 | (ヘ) 分路巻線 | (ト) 50 | (チ) 低圧巻線 |
| (リ) 高圧巻線 | (ヌ) 単巻変圧器 | (ル) 差動変圧器 | (フ) 80 |
| (ワ) 125 | (ホ) 直列巻線 | (エ) 160 | |

B問題(配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問5 次の文章は, 食塩電解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。

食塩電解は食塩水を電解して塩素, 水酸化ナトリウム(苛性ソーダ), 水素を得る工業電解プロセスであり, 全反応式は以下で表される。



現在, 国内で行われているイオン交換膜法では Na^+ の選択透過性のある密隔膜(イオン交換膜)を隔膜として利用し, アノードには寸法安定性電極, カソードにはニッケル系の電極が用いられ, 理論分解電圧は 2.3 V, 実際のセル電圧は 3.0~5.0 V である。

電解槽のセル電圧を下げるためには, 電極反応や電解槽の内部抵抗などが原因のセル電圧の上昇を小さくしなければならない。食塩電解の電極反応はターフェルの式に従う。したがって, 運転時の電極電位と平衡電位の差である過電圧は電流が大きくなると, (2) に比例して大きくなる。内部抵抗は電解質の抵抗によるものが支配的である。この電解質の抵抗は電解液である食塩水や水酸化ナトリウムやイオン交換膜などの電解質のイオン抵抗である。内部抵抗を小さく, すなわちイオン伝導度を高くするためには電解質の濃度を高く維持する必要がある。このとき, 食塩水や水酸化ナトリウムなどの強電解質の濃度あたりの伝導率であるモル伝導率は, イオン間の相互作用により濃度が高くなると (3) 。

電解槽に加える電力は電流と電圧の積で表すことができ, 電気化学反応も化学熱力学的な項, ファラデーの法則に基づく電流項, ネルンスト式で表される電圧項, それぞれ理論的な値が存在するので, 電解槽のエネルギー変換効率は化学熱力学に基づく理論効率, 電流効率と電圧効率の積で表される。

今, 電極面積 2 m^2 の食塩電解セルを 2 時間運転した。このときのセル電圧が 3.3 V, 電流密度が 6 kA/m^2 , 電流効率が 96 % で一定であった。この間の電解セルの電圧効率は (4) %, 標準状態換算での塩素の生産量は (5) kL である。なお, ファラデー定数は $26.80 \text{ A}\cdot\text{h/mol}$, 気体の標準状態の体積を 22.4 L/mol とする。

[問5の解答群]

- (イ) 変わらない (ロ) 2NaOH (ハ) 2NaO (ニ) 小さくなる
- (ホ) NaOH (ヘ) 大きくなる (ト) 19.3 (チ) 69.7
- (リ) 66.9 (ヌ) 電流の対数 (ル) 電流の指数 (フ) 72.6
- (ワ) 10.0 (カ) 電流 (ヨ) 9.63

問6 次の文章は、グローブ照明器具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。

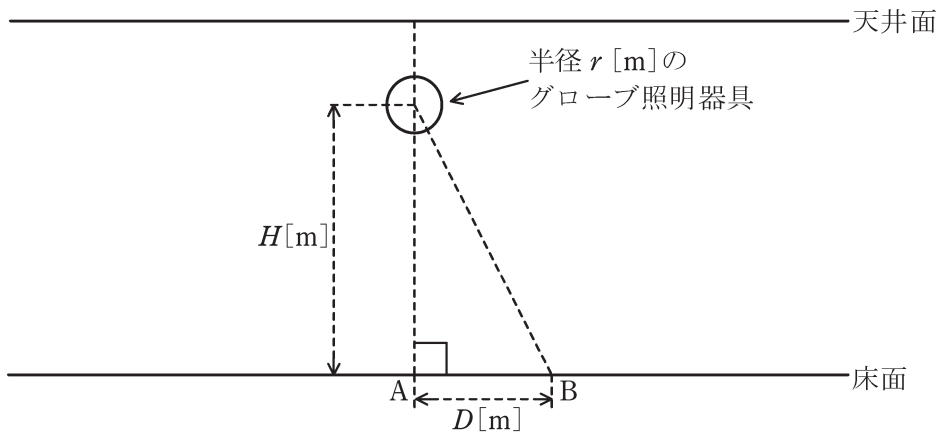
乳白ガラスでできたグローブ(球体, 半径 r [m])がある。グローブの中心には点光源(全光束 F_p [lm])が置かれている。グローブの内側と外側の表面はともに均等拡散面である。点光源を発してグローブの内側表面に入射した光は、一部は反射され、残りは乳白ガラスに進入する。なお、乳白ガラスの厚みは無視でき、乳白ガラスの反射率及び透過率はそれぞれ ρ 及び τ とする。

また、グローブの内側表面で反射された光はグローブ内を進行して内側表面のどこかに再び入射し、そこで一部は反射され、残りは乳白ガラスに進入する。光はこのような過程をグローブ内で繰り返すが、グローブの内側表面で反射された光が点光源に吸収されることはないものとする。なお、円周率は π とする。

以上の諸量を用いて、グローブから外部に放射される全光束 F_s は (1) [lm] で表される。また F_s を用いて、グローブの光度 I は (2) [cd]、光束発散度 M は (3) [lm/m²] で表される。

次に、図に示すように、このグローブ照明器具を部屋の天井面からつるし、部屋の照明を行った。グローブ中心直下の床面上の位置 A 点からグローブ中心までの高さは H [m] で、 $H \gg r$ である。また、A 点から床面上の B 点までの距離は D [m] である。なお、この部屋にはこのグローブ照明器具以外に光源はなく、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。

B 点における水平面照度 E_h はグローブの光度 I を用いて (4) [lx] で表される。また、B 点からグローブの中心を見たときの輝度 L は光束発散度 M を用いて (5) [cd/m²] となる。



[問6の解答群]

- | | | | |
|--|----------------------------|--|----------------------------------|
| (イ) $\frac{3F_s}{4\pi}$ | (ロ) $\frac{F_s}{2\pi}$ | (ハ) πM | (ニ) $\frac{I}{\sqrt{H^2 + D^2}}$ |
| (ホ) $\frac{F_s}{4\pi}$ | (ヘ) $\frac{F_s}{2\pi r^2}$ | (ト) $\frac{F_p}{1 - \rho}$ | (チ) $\frac{F_s}{4\pi r^2}$ |
| (リ) $\frac{3F_s}{4\pi r^2}$ | (ヌ) $\frac{M}{\pi}$ | (ル) $\frac{\tau F_p}{1 - \rho}$ | (ヲ) $\frac{\tau F_p}{1 - \rho}$ |
| (ワ) $\frac{HI}{(H^2 + D^2)^{\frac{3}{2}}}$ | (カ) $\frac{M}{\pi r^2}$ | (コ) $\frac{DI}{(H^2 + D^2)^{\frac{3}{2}}}$ | |

問7及び問8は選択問題であり、問7又は問8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、電気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。

電気エネルギーを熱として利用し、対象物の温度を上昇させることを電気加熱と呼ぶ。電気加熱のうち最も広く使われているのが抵抗加熱である。抵抗加熱は抵抗体に電流を流すことにより生じる (1) を利用する。このとき、抵抗体が達する温度は (1) により生じる熱と抵抗体から放散する熱が等しくなる温度である。この状態を (2) という。

このうち間接抵抗加熱は、熱源となる抵抗体から伝熱によって被加熱物に熱を伝えるので、被加熱物の材質にかかわらず加熱することができる。伝熱とは熱の移動をさし、次の3とおりの、 (3) , (4) , (5) の形態がある。

(3) とは物質内で熱のみが移動することをいう。

(4) とは固体と流体の間の熱の移動や、流体の移動などの物理現象をともなった熱の移動を表す。

(5) では、熱源から電磁波としてエネルギーが放出され対象物に吸収されて熱が移動する。熱源の表面から放出されるエネルギーは、物質の温度の4乗にほぼ比例する。

[問7の解答群]

- | | | |
|-----------|---------|-----------|
| (イ) 紫外線 | (ロ) 潜熱 | (ハ) 放射伝熱 |
| (ニ) 蒸発熱移動 | (ホ) 抜熱 | (ヘ) 熱平衡 |
| (ト) 貫入熱 | (チ) 放熱 | (リ) 発光伝熱 |
| (ヌ) ジュール熱 | (ル) 顕熱 | (フ) 対流熱伝達 |
| (ワ) 熱伝導 | (カ) 熱通達 | (ヱ) 熱流束 |

問 7 及び問 8 は選択問題であり、問 7 又は問 8 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 8 次の文章は、A-D 変換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。

アナログ信号をコンピュータで利用するには、A-D 変換によりデジタル信号に変換する必要がある。

連続したアナログ信号を適当な時間間隔で区切り、断続的な信号とすることを標本化という。標本化定理によると、入力信号を完全に復元するためには、その入力信号に含まれる最高周波数成分の (1) 倍を超えたサンプリングレートとすればよい。

標本化されたアナログ値を飛び飛びの不連続な数値で表すことを量子化という。量子化の段階数が増え、量子化の単位が小さくなるほど、量子化 (2) は小さくなる。

A-D 変換器には主に次のような方式がある。

積分形には、入力信号を一定時間積分し、この積分結果と一定の基準信号を積分した値が等しくなる (3) を計測し、この計測値から変換結果を得る方式がある。サンプリングレートは低い、高精度でノイズに強い方式である。

逐次比較形には、入力信号と内部の D-A 変換器の出力を 2 分探索で比較していき、デジタル値に変換する方式がある。n ビットの変換には、 (4) 側から n 回の比較が必要なため、中程度のサンプリングレートとなる。変換精度を得るために、 (5) 回路により、標本化される信号レベルが変換終了まで変動しないようにする場合がある。

並列形はフラッシュ形とも称され、n ビットの変換には $(2^n - 1)$ 個の基準電圧と比較器を準備し、入力信号をそれらで同時に比較して変換する方式がある。高いサンプリングレートを得られるが、回路規模は大きくなる。

[問 8 の解答群]

- | | | |
|---------|---------|----------------|
| (イ) 10 | (ロ) 0.5 | (ハ) オフセット |
| (ニ) LSB | (ホ) 規模 | (ヘ) サンプルホールド |
| (ト) 誤差 | (チ) 2 | (リ) バンドパスフィルタ |
| (ヌ) MSB | (ル) 位相 | (ヲ) アンチエイリアシング |
| (リ) 周期 | (カ) 時間 | (ヨ) マスクビット |