

令和 2 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：0141R01234Aの場合）

数		字		記号	数		字		記号	
0	1	4	1	R	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	●
○	●	○	●		○	●	○	○	○	○
○		○	○		○	○	●	○	○	○
○		○	○		○	○	○	●	○	○
○		●	○		○	○	○	○	●	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○	●	○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○
○		○	○		○	○	○	○	○	○

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) と表示のある間に対して(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、マークは各小間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)
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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, 同期機の制動巻線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。

同期機の運転において, 負荷が急変すると, 同期機の入出力に過渡的なアンバランスが生じて, 回転速度が同期速度を中心に動揺する。この現象を (1) という。条件によっては (1) が激しくなって, 回転速度が同期速度から外れて継続的な運転ができなくなることがあり, この現象を (2) という。

回転速度の動揺が起こると, 回転磁界に対して回転子の相対速度が生じるため, 回転子の鉄心が塊状構造であれば回転子表面に誘導電流が流れて回転子の動揺を制動するように働く。

回転子の鉄心が (3) 構造の場合は, 鉄心が軸方向に絶縁されているため, 回転子表面の軸方向に沿って複数本の導体を設置して誘導電流の経路を形成すると, 有効な制動効果が得られる。この導体を制動巻線という。

大型のタービン発電機などでは, 回転子の鉄心は塊状構造が一般的であるが, 制動効果を強めるために, 鉄心より (4) の高い材質の制動巻線を設置している場合が多い。

同期機が突発短絡したときにも制動巻線に電流が流れる。そのような状態における制動巻線に流れる電流も考慮した同期機のリアクタンスを (5) リアクタンスという。

[問1の解答群]

- | | | | |
|----------|----------|------------|---------|
| (イ) 復調 | (ロ) 円筒 | (ハ) 制動巻線漏れ | (ニ) 透磁率 |
| (ホ) 突極 | (ヘ) 導電率 | (ト) 解列 | (チ) 積層 |
| (リ) 短絡 | (ヌ) 初期過渡 | (ル) 脱調 | (フ) 変調 |
| (ワ) トリップ | (カ) 抵抗率 | (ヨ) 乱調 | |

問2 次の文章は、直流遮断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。

交流遮断器では交流の周期的な電流の零点を利用して遮断するが、直流電流は零点を持たないので、直流を遮断する場合には意図的に電流に零点を作る必要がある。直流電気鉄道で一般に用いられている定格電圧が3kV以下の気中直流遮断器は、電圧が低いので [(1)] を採用している。本方式では、電流遮断時の電極間の直流アークをアークシュート内で伸ばし、この直流アーク電圧を [(2)] 以上とすることにより電流を零まで限流して遮断する。ただし、直流短絡故障等の大電流を遮断する場合に短絡電流が数十ms継続するため、 [(3)] やアークシュートの損耗が激しく大電流遮断後の点検・保守を必要とする。

1990年代末ごろからは交流遮断器で実績のある [(4)] バルブを遮断部に用いて他励発振と組み合わせた直流遮断器が実用化されている。この場合の遮断は、あらかじめ充電されたコンデンサを遮断部と並列に設け、遮断部の開極に合わせて充電しておいたコンデンサ電荷をリアクトルを通して放電させ、これにより発生する [(5)] を重畳することで、強制的に電流零点を作って遮断部のアークを消弧して遮断する。本方式の遮断器は、動作後の点検・保守が大きく軽減される特徴を持っている。

[問2の解答群]

- | | | |
|-------------|------------------------|-------------|
| (イ) パッフアシリダ | (ロ) 真空 | (ハ) 逆電圧発生方式 |
| (ニ) 振動電流 | (ホ) 接続端子 | (ヘ) 補償電圧 |
| (ト) 保持電流 | (フ) 保持電圧 | (リ) 操作機構 |
| (ヌ) 定格遮断電流 | (ル) 転流方式 | (レ) 電源電圧 |
| (リ) 電極接点部 | (カ) SF ₆ ガス | (ロ) サイリスタ |

問3 次の文章は、変換器の多重接続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、入力交流線間電圧の位相を 30° ずらし、同じ制御遅れ角 α で動作する2組の三相サイリスタブリッジ変換器を直列に多重接続した回路を示す。変換器1の入力電圧位相は変換器2の入力電圧位相に対して 30° 進んでいる。ここで、平滑用リアクトルのインダクタンスは十分に大きく、直流電流 I_d は一定とする。また、電源インピーダンスなどによる電流重なり現象は無視するものとする。

各ブリッジの入力交流線間電圧は同じ実効値 E とするので、変圧器の二次巻線 S_1 と S_2 の巻数の比は $1 : \text{(1)}$ である。このとき、各ブリッジの直流電圧 e_{d1} 、 e_{d2} の平均値は (2) である。また、多重化により直流電圧 e_d (直流平均電圧を E_d とする) は直流電圧 e_{d1} と e_{d2} を加算した電圧であるので、 e_d の電圧リップル率(直流平均電圧に対するリップル振幅の比率)は e_{d1} 、 e_{d2} のそれよりも小さくなり、リップル成分の繰り返し周期は基本波の (3) 相当となる。

図2には、変圧器二次側の各部の電流 i_{u1} 、 i_{u2} 及び i_{uv2} の波形を示す。このうち電流 i_{u2} の波形は図2の (4) である。変圧器一次側に流れる電流 i_u に含まれる低次の高調波電流は (5) 成分の電流となる。

[問3の解答群]

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| (イ) $1.35E \cos \alpha$ | (ロ) 1 | (ハ) 5次, 7次, 11次, 13次, ... |
| (ニ) 60° | (ホ) 120° | (ヘ) 11次, 13次, ... |
| (ト) $0.90E \cos \alpha$ | (チ) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ | (リ) (a) |
| (ヌ) 30° | (ル) (b) | (レ) $0.45E \cos \alpha$ |
| (リ) $\sqrt{3}$ | (カ) (c) | |
| (ロ) 3次, 5次, 7次, 11次, 13次, ... | | |

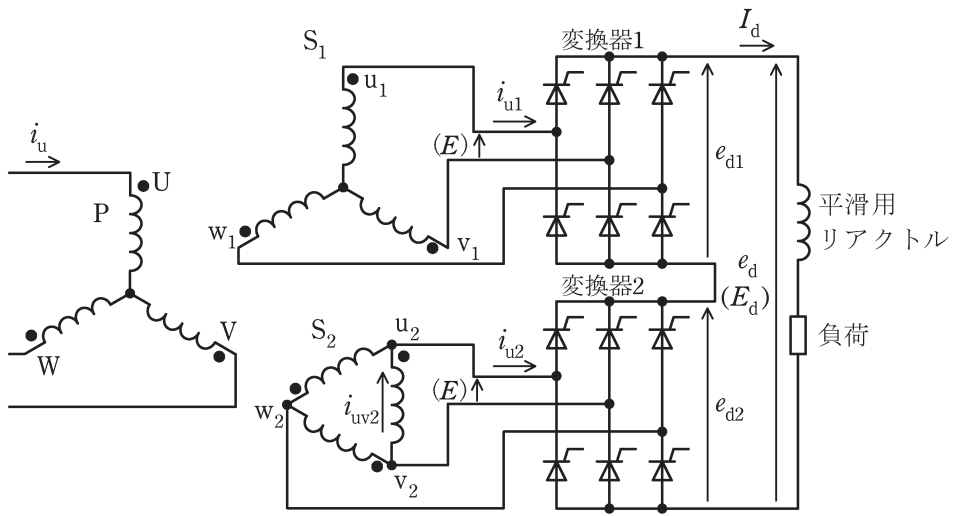


図1 直列多重接続された三相サイリスタブリッジ変換器

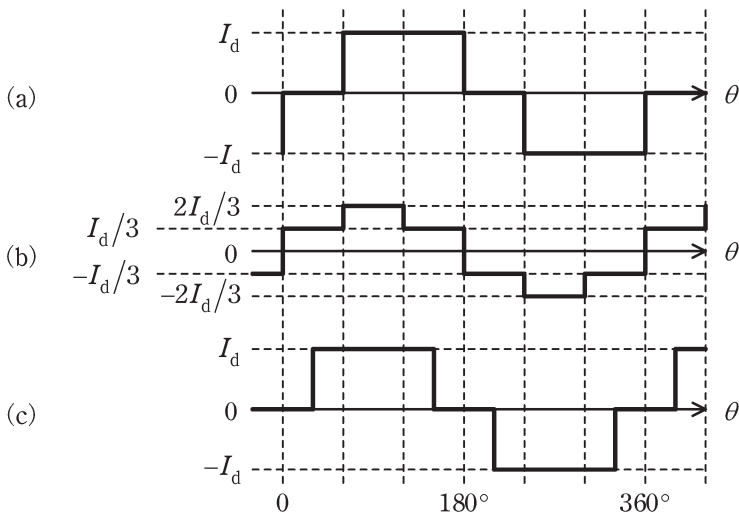


図2 電流波形

問4 次の文章は、円形テーブルの平均照度と照明率の算出の手順を示した記述である。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。

照明の省エネルギーを図るために、光源から放射された光を有効に利用すること、すなわち照明率を高めることも重要な要件の一つである。

今、すべての方向に $I = 80 \text{ cd}$ の光度を有する点光源があり、直径 1.2 m の円形テーブルの中心直上、高さ 80 cm の位置に設置してある。テーブルの平均照度と照明率を以下の手順で求める。ただし、平面角 θ を回転してできる錐体の立体角 ω は、 $\omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$ により求まる。

この点光源の全光束 Φ_0 は、すべての方向の光度が $I = 80 \text{ cd}$ であるので、 (1) lm である。また、この点光源からテーブル面に入射する光束 Φ_T は、点光源からテーブル面を見込む立体角 ω_T が (2) であるので、 (3) lm となる。これよりテーブルの平均照度 E は (4) lx となる。

この点光源の円形テーブルに対する照明率 U は、 (5) となる。

円形テーブルへの照明率を高めるには、光源の上部に反射笠などを設置し、周囲に逃げる光束をテーブル面方向に反射させるようにする。

[問4の解答群]

(イ) 0.1

(ロ) 0.2

(ハ) 0.4

(ニ) 0.2π

(ホ) 0.4π

(ヘ) 0.8π

(ト) 50

(チ) 84

(リ) 89

(ヌ) 95

(ル) 101

(ヲ) 201

(ワ) 251

(カ) 503

(コ) 1005

B問題(配点は1問題当たり計20点)

問5 次の文章は、三相誘導電動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。

三相誘導電動機の固定子巻線に周波数 f_1 の平衡三相電流を流すと、回転磁界を生じる。この回転磁界により固定子巻線に誘導起電力を発生する。その1相当たりの誘導起電力の実効値 E_1 を、1相当たりの直列有効巻数を $k_{w1}N_1$ とし、ギャップ磁束 Φ で表すと、

$$E_1 = \text{ (1)}$$

となる。無負荷の場合、この誘導起電力は固定子巻線の三相電流に対し、位相が (2) 。

回転磁界は仮想的な磁極が同期角速度 $\omega_1 (=2\pi f_1)$ で回転しているものと考えることができる。今、回転磁界は空間的に正弦波分布をしているとし、回転子が回転磁界と同じ方向に角速度 ω_2 で回転しているとすれば、回転角速度の関係が (3) では、回転磁界との相対速度により、回転子導体には起電力が誘導される。回転子が静止しているときは回転子巻線の1相当たりの直列有効巻数を $k_{w2}N_2$ とすれば、1相当たりの誘導起電力の実効値 E_2 は次のように表すことができる。

$$E_2 = \text{ (4)}$$

回転子が滑り s で回転しているとき、二次導体と回転磁界との相対速度は $s\omega_1$ となり、誘導起電力の大きさと周波数はこれに比例するので、二次誘導起電力の実効値は sE_2 、その周波数 f_2 は (5) となる。

かご形回転子の二次導体は端絡環で短絡されているため、各導体には二次誘導起電力により二次電流が流れる。二次回路には抵抗のほか、漏れリアクタンスがある。今、二次巻線1相の抵抗を r_2 、回転子が静止しているときの漏れリアクタンスを x_2 とすると、滑り s のときの二次1相のインピーダンス \dot{Z}_2 は、次のようになる。

$$\dot{Z}_2 = \text{ (6)}$$

したがって、電動機が滑り s で運転しているときの二次電流の大きさ I_2 は、

$$I_2 = \text{ (7)}$$

となる。

[問 5 の解答群]

(イ) $\frac{r_2}{s} + jsx_2$

(ロ) $4.44sf_2k_{w2}N_2\Phi$

(ハ) 約 90° 進んでいる

(ニ) $\omega_2 \neq \omega_1$

(ホ) sf_2

(ヘ) $4.44sf_1k_{w2}N_2\Phi$

(ト) $4.44f_1k_{w2}N_2\Phi$

(チ) 約 90° 遅れている

(リ) $\frac{E_2}{\sqrt{\frac{r_2^2}{s} + x_2^2}}$

(ヌ) $\omega_2 = \omega_1$

(ル) $r_2 + sx_2$

(ヲ) $r_2 + jsx_2$

(ワ) $\frac{sE_2}{\sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}}$

(カ) 同一である

(ヨ) $s\omega_1$

(ヰ) $\frac{E_1}{\sqrt{\frac{r_2^2}{s} + x_2^2}}$

(ク) sf_1

(ユ) $\sqrt{3}f_1k_{w1}N_1\Phi$

(ツ) $4.44sf_1k_{w1}N_1\Phi$

(ケ) $4.44f_1k_{w1}N_1\Phi$

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、燃料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。

燃料電池は水素やアルコールなどの燃料をアノードで電気化学的に (1) し、取り出した電子を、外部回路を通じてカソードに供給し、カソードでの反応に用いる。反応の過程で化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため熱機関のような (2) の制約を受けない。

電解質に (3) を用いる燃料電池を固体高分子形燃料電池といい、燃料電池自動車や家庭用コージェネレーションシステムで実用化されている。家庭用コージェネレーションシステムの発電効率が40%であるとすると、発熱量 45 MJ/Nm^3 の燃料の体積 1 Nm^3 から (4) $\text{kW}\cdot\text{h}$ の電力が得られる。電力と熱として利用できる全エネルギーの、燃料の持つ化学エネルギーに対する割合である総合効率が97%で、燃料電池から得られる熱を用いて 20°C の水を加熱する場合、 (5) Lの 60°C の温水が得られる。

ただし、水の比熱容量は $4.18\times 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 、比重は $1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ とする。

[問 6 の解答群]

- | | | |
|-------------|-------------|--------------|
| (イ) テフロン膜 | (ロ) 還元 | (ハ) エネルギー保存則 |
| (ニ) イオン交換膜 | (ホ) 15.3 | (ヘ) 10 |
| (ト) 1 | (チ) 中和 | (リ) 5 |
| (ヌ) 76.5 | (ル) ファラデー効率 | (ワ) 153 |
| (リ) ポリスルホン膜 | (カ) カルノー効率 | (ヨ) 酸化 |

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、プログラム開発のプロジェクト管理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。

プログラム開発のプロジェクト管理手法として、作業展開構造(WBS)を利用する方法がある。これはプロジェクトを構成する作業を分解し、構造化したもので、その作業単位をワークパッケージという。作業展開構造を詳細なレベルとすることで、リスク要因が明らかとなり、コストやスケジュールの予測が可能となる。

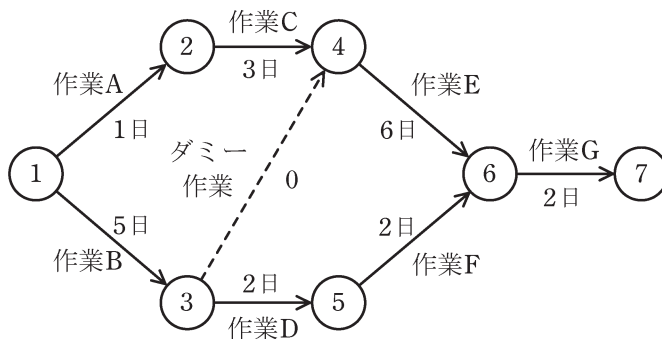
作業単位相互の関連性やプロダクトの流れ、リソースの有効性や外部要因の制約などを考慮した上で、全体のスケジュールを決定する。

図は、□(1) と呼ばれるもので、作業と所要日数をグラフ状に表現したものである。破線はダミー作業で、作業B及び作業Cが完了した後、作業Eの着手可能であることを示している。ダミー作業の所要日数は0である。

図では、作業Aと作業Cに対して作業Bが並行作業であり、同様に作業Dと□(2) に対して、□(3) も並行作業である。

この図では、全体の作業を完了するのに必要な最小限の日数を求めることができ、この経路を □(4) という。この図の場合、最小日数は □(5) 日間である。□(4) において遅延が生じると作業全体が遅れることになる。

完了までの日数の予測は、開発の □(6) 段階であるほど、未知数の要因が多く、難しくなる。



[問7の解答群]

- | | | |
|---------------|------------|--------------|
| (イ) 13 | (ロ) 作業 E | (ハ) 作業 G |
| (ニ) 作業 B | (ホ) 初期 | (ヘ) 終期 |
| (ト) 作業 A | (チ) 作業 C | (リ) クリティカルパス |
| (ヌ) トラフィック | (ル) 12 | (ヲ) 11 |
| (リ) ネットワークモデル | (カ) 作業 F | (ヨ) ガントチャート |
| (タ) アローダイアグラム | (レ) ボトルネック | |