

電気分野
専門区分

課目Ⅳ 電力応用

試験時間 14:00～15:50 (110分)

3 時限

必須 問題11, 12 電動力応用

1～10 ページ

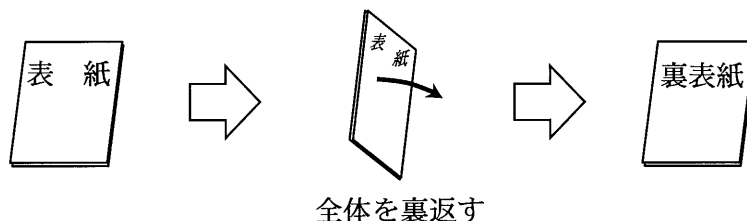
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題13	電気加熱	} 2問題を選択	13～15 ページ
選択 問題14	電気化学		17～18 ページ
選択 問題15	照明		20～22 ページ
選択 問題16	空気調和		23～26 ページ

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(電動力応用)

問題 11 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の各文章の 1 ~ 7 の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、1 は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

誘導電動機の高性能な可変速運転の方法として、ベクトル制御が用いられる。ベクトル制御を用いると、誘導電動機でも直流電動機のように精密なトルク制御が速度によらず可能になる。ここでは、その原理について等価回路を用いて説明する。

電圧、周波数、負荷トルクなどが変化しない定常状態を考え、一次電圧を \dot{V}_1 [V]、一次電流を \dot{I}_1 [A]、二次電流を \dot{I}_2 [A]、一次角周波数を ω_1 [rad/s]、すべりを s 、一次自己インダクタンスを L_1 [H]、二次自己インダクタンスを L_2 、一次と二次の間の相互インダクタンスを M [H]、一次抵抗を R_1 [Ω]、二次抵抗を R_2 [Ω] とする。ただし、鉄損電流は無視できるものとする。

一次・二次間の諸量の換算に通常用いられる巻数比 $\frac{n_1}{n_2} \approx \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ の代わりに、換算係数として $a = \frac{M}{L_2}$ を用いて一次側を二次側に換算すると、図 1 の等価回路が得られる。 $a = \frac{M}{L_2}$ としたことにより、漏れインダクタンスが一次側に集約され、励磁インダクタンスは L_2 で表される。

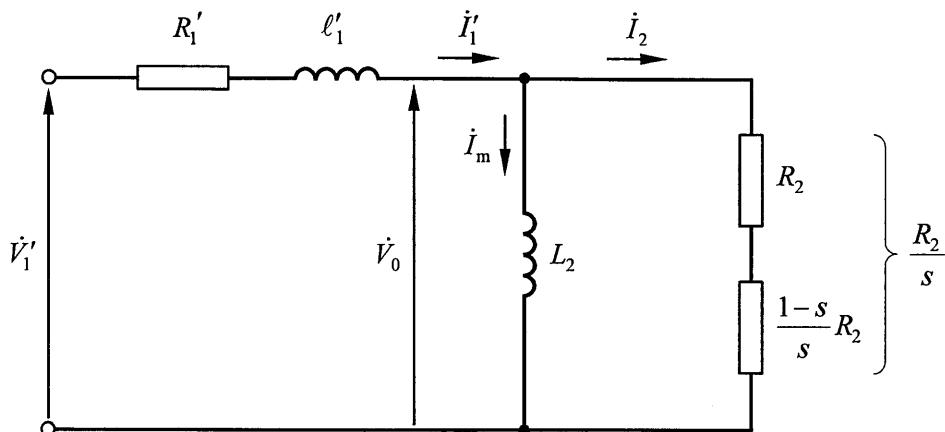


図 1 二次側に換算した三相誘導電動機の 1 相分の等価回路

1) 図1において、 \dot{V}_1 の二次側換算値 \dot{V}'_1 、 \dot{I}_1 の二次側換算値 \dot{I}'_1 、 R_1 の二次側換算値 R'_1 及び漏れインダクタンス ℓ_1 [H]の二次換算値 ℓ'_1 は次の式①～④で表される。

$$\dot{V}'_1 = \frac{\dot{V}_1}{a} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\dot{I}'_1 = a \dot{I}_1 \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

$$R'_1 = \boxed{1} \times R_1 \text{ [\Omega]} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\ell'_1 = \boxed{1} \times \ell_1 \text{ [H]} \quad \dots\dots\dots \text{④}$$

ただし、漏れ係数を σ とすると、漏れインダクタンス ℓ_1 は次の式⑤で表される。

$$\ell_1 = \sigma L_1, \quad \sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \quad \dots\dots\dots \text{⑤}$$

< $\boxed{1}$ の解答群 >

ア a

イ a^2

ウ $\frac{1}{a}$

エ $\frac{1}{a^2}$

問題11の(1)2)～4)及び(2)は次の3頁～6頁にある

2) ベクトル制御では励磁電流による磁束 Φ を位相の基準として考えることから、励磁電流の大きさを I_m とし、 $\dot{I}_m = \dot{I}'_1 - \dot{I}_2 = I_m$ とすると、次の式⑥が成り立つ。

$$\dot{\Phi} = \Phi = L_2 I_m \text{ [Wb]} \quad \dots\dots\dots \text{⑥}$$

このとき、この磁束による誘起電圧 \dot{V}_0 は、次の式⑦のように表される。

$$\dot{V}_0 = jV_0 = j\omega_1 \Phi \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{⑦}$$

また、等価回路と式⑦より、 \dot{I}_2 は次の式⑧のように計算され、 $\dot{I}_2 = jI_r$ と表すことができる。

なお、 I_r はトルク電流であり、滑り s が負となる回生動作では I_r も負となる。

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_0}{\left(\frac{R_2}{s}\right)} = j \times \boxed{2} = jI_r \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \text{⑧}$$

従って、磁束の位相を基準とするベクトル制御では、一次電流 \dot{I}'_1 が励磁電流 I_m とそれに直角な成分 I_r のベクトル和となるように制御される。

$$\dot{I}'_1 = I_m + \dot{I}_2 = I_m + jI_r \quad \dots\dots\dots \text{⑨}$$

< $\boxed{2}$ の解答群 >

- ア $\frac{\omega_1 L_2}{R_2}$ イ $\frac{s \omega_1 L_2}{R_2}$ ウ $\frac{\omega_1 \Phi}{R_2}$ エ $\frac{s \omega_1 \Phi}{R_2}$

3) 式⑦及び式⑧より、三相全体での二次入力（同期ワット）を求めると $3 V_0 I_r$ であり、電動機の極数を P とすると、トルク τ は次のように表すことができる。

$$\tau = \frac{3}{2} P \times \boxed{3} \text{ [N}\cdot\text{m]} \quad \dots\dots\dots \text{⑩}$$

一方、式⑥及び式⑧より、すべり角周波数 ω_s は I_m と I_r から、次のように定める必要があることが分かる。

$$\omega_s = s \omega_1 = \boxed{4} \text{ [rad/s]} \quad \dots\dots\dots \text{⑪}$$

従って、一次角周波数 ω_1 は速度センサにより検出した回転速度 ω_m （電気角換算）に式⑪の ω_s を加算して決定することになる。このような制御を $\boxed{5}$ ベクトル制御と呼ぶ。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ア ϕI_r | イ ϕI_m | ウ $L_2 I_r$ | エ $L_2 I_m$ |
| オ $\frac{R_2}{L_2} \frac{I_r}{I_m}$ | カ $\frac{R_2}{L_2} \frac{I_m}{I_r}$ | キ $\frac{L_2}{R_2} \frac{I_r}{I_m}$ | ク $\frac{L_2}{R_2} \frac{I_m}{I_r}$ |
| ケ 磁束検出形 | コ 滑り周波数形 | | |

4) ベクトル制御を行うには、電圧と周波数が可変で、位相も含めた瞬時電圧の制御が可能な電源が必要であり、その電源には が広く用いられている。その主回路は一般に、IGBTなどのパワー半導体スイッチングデバイスと逆並列に接続されたダイオードの組み合わせを6組用いて構成される。一定直流電圧を入力とし、パワー半導体スイッチングデバイスで 制御を行うことで、任意の三相交流電圧を出力できる。

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|----------|----------|-------|---------|
| ア ACスイッチ | イ DCチョッパ | ウ PWM | エ V/f |
| オ インバータ | カ 位相 | キ 周波数 | ク 整流回路 |

問題 11 の (2) は次の 5 頁及び 6 頁にある

(2) 次の各文章の 8 ~ 12 の中に入れるべき最も適切な数値又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、円周率 $\pi=3.14$ とする。

最近のエレベータでは、消費電力の低減や利便性を改善するため、様々な工夫がされている。その一つが運転曲線の見直しである。図2は、エレベータを加速度の変化を滑らかにした正弦波運転曲線のパターンで運転するときの一例を示したものである。最大加速度を乗り心地の観点から 0.9 m/s^2 とし、従来は直線としていた加速度の変化を、次の式①に示すような正弦波としている。ここで、 $v \text{ [m/s]}$ はエレベータの速度、 $\alpha \text{ [m/s}^2]$ は加速度、 $t \text{ [s]}$ は時間を表している。また、後半の減速期間は加速度の符号を反転した以外は加速期間と同じパターンとなっている。

$$\alpha = \frac{dv}{dt} = \left\{ \begin{array}{ll} 0.9 \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right), & 0 \leq t \leq 1 \\ 0.9, & 1 \leq t \leq (t_a + 1) \\ 0.9 \cos\left(\frac{\pi}{2}(t - t_a - 1)\right), & (t_a + 1) \leq t \leq (t_a + 2) \end{array} \right\} \text{ [m/s}^2] \dots\dots\dots \text{①}$$

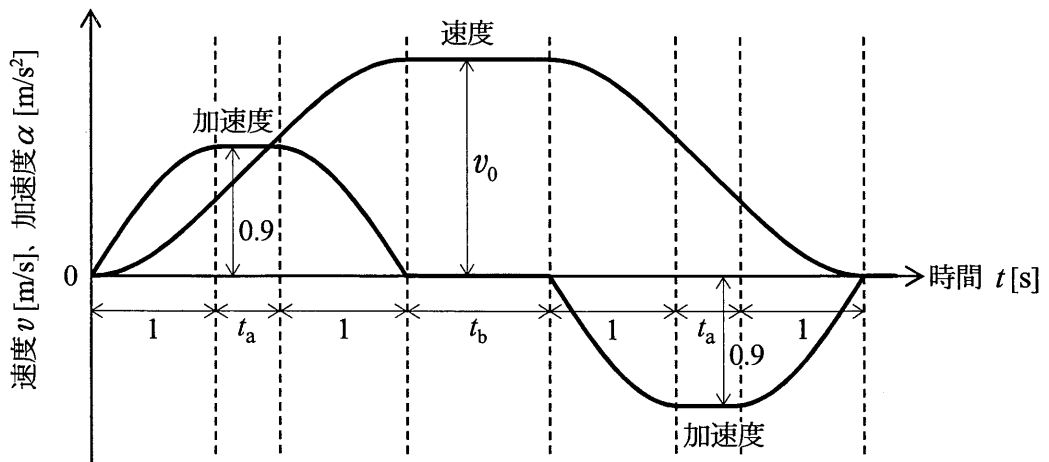


図2 エレベータの正弦波運転曲線による運転パターンの例

1) 加速度の変化率は始動時に最大値をとる。その大きさは [m/s³] である。

2) 加速度を一定に保つ時間を t_a [s] とすると、加速終了後の運行速度 v_0 は次の式②のように計算される。

$$v_0 = \int_0^{t_a+2} \alpha dt = \text{ } \text{ [m/s]} \quad \dots\dots\dots \text{ ②}$$

なお、積分は面積を求めることに相当し、式①において区間 $0 \leq t \leq 1$ と区間 $(t_a+1) \leq t \leq (t_a+2)$ の面積が等しいことを考えれば、式②は比較的簡単に算出できる。

式②より、運行速度 v_0 を分速 90 m とするには、 t_a の値を [s] とする必要がある。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|---|---|---|
| ア 0.393 | イ 0.402 | ウ 0.412 |
| エ 1.41 | オ 1.57 | カ 1.73 |
| キ $0.9\left(t_a + \frac{2}{\pi}\right)$ | ク $0.9\left(t_a + \frac{3}{\pi}\right)$ | ケ $0.9\left(t_a + \frac{4}{\pi}\right)$ |

3) 一方、加減速区間（一定速度で運行する区間を除く）の平均速度が $\frac{v_0}{2}$ [m/s] であることから、図2の運転パターンによってエレベータが上昇開始してから停止するまでの上昇距離 x_0 は、次の式③で表される。

$$x_0 = \text{ } \text{ [m]} \quad \dots\dots\dots \text{ ③}$$

式③より、運行速度 v_0 を分速 90m とするパターンで、距離 48 m を上昇した場合の所要時間 $(2t_a + t_b + 4)$ の値は [s] と計算できる。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| ア 32.0 | イ 32.8 | ウ 34.4 |
| エ $v_0(t_a + t_b + 2)$ | オ $v_0(t_a + t_b + 4)$ | カ $v_0(2t_a + t_b + 2)$ |

(電動力応用)

問題 12 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

水平な直線軌道上を移動する車輪型搬送車の消費エネルギーについて考える。搬送車は搭載した蓄電池を電源とし、車輪に接続された電動機を駆動して走行する。積載物と蓄電池を含む搬送車全体の重量は200 kgであり、走行中の質量変化はないものとする。なお、すべての走行区間において、車輪と軌道との間には滑りがなく走行するものとする。

図は、搬送車の運転パターンであり出発地点から目的地まで走行したときの速度変化の様子を表している。時間は走行開始からの経過時間を示しており、0 s から等加速度で速度を上昇させ、5 s で電動機への電力供給を停止し、惰性走行に移る。走行中は全区間において、速度によらない一定の走行抵抗 8 N が作用している。20 s で機械制動によるブレーキを働かせて負の等加速度で減速し、26 s で目的地に到達し停止している。

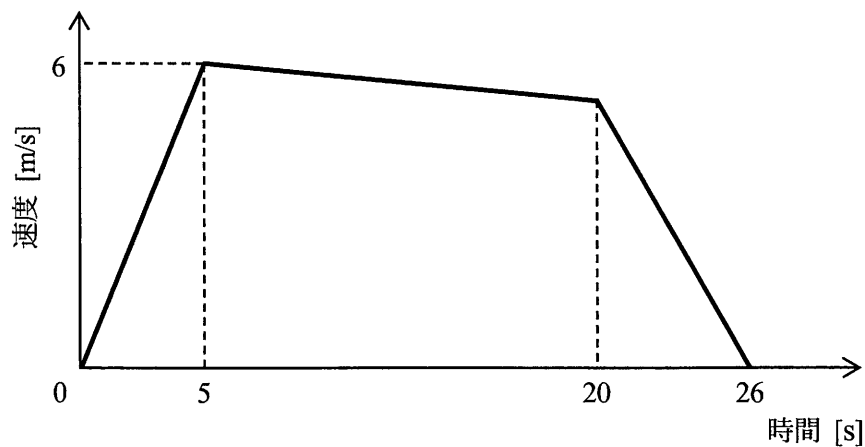


図 搬送車の運転パターン

- 1) 走行開始から 5s で速度が 6m/s に到達した後、5s から 20s の間に、走行抵抗の作用で速度が徐々に低下し、20s の時点での速度は [m/s] となる。
- 2) 図の速度変化に基づけば、全体の走行距離は [m] であることが分かる。
- 3) 走行中は常に走行抵抗が作用していることに着目すると、0s から 5s までの加速時には [N] の駆動力が必要であり、20s から 26s での減速時には [N] の機械制動力が必要である。
- 4) 駆動力源となる電動機には加速時のみ電力が供給されるので、走行全体に必要なエネルギーは [kJ] となる。

< ~ の解答群 >

ア 3.48	イ 3.60	ウ 3.72	エ 5.2	オ 5.3
カ 5.4	キ 114.6	ク 116.7	ケ 123	コ 172
サ 180	シ 188	ス 232	セ 240	ソ 248

- 5) 3) において、搬送車では減速のために機械制動によってブレーキを働かせているが、機械制動に代えて電動機駆動回路の回生動作によって減速させるように改良することを考える。

20s から 26s までの減速時における搬送車の運動エネルギーの損失は、走行抵抗によるエネルギー損失と機械制動によるエネルギー損失の合計である。回生させないときの機械制動によるエネルギー損失は [kJ] であるから、このうちの 90% を回生して蓄電池に再充電できるとすれば、0s から 26s の間の走行全体で必要となるエネルギーは [kJ] となり、消費エネルギーの大幅な低減を図ることができる。

< 及び の解答群 >

ア 0.852	イ 0.972	ウ 1.21	エ 2.79	オ 2.92	カ 3.05
---------	---------	--------	--------	--------	--------

問題 12 の (2) は次の 9 頁及び 10 頁にある

(2) 次の各文章の 及び の中に入れるべき最も適切な数値又は式を 及び の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

また、 a.bc ~ a.bc に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

送風機の風量制御を、ダンパの絞りによって行った場合と、送風機の回転速度制御によって行った場合での軸動力の違いについて考える。

ある送風機の特性と風路系の抵抗曲線が次式で表せるものとする。

$$h = 1.2n^2 + 0.6nq - 0.8q^2$$

$$\eta = 2.0 \left(\frac{q}{n} \right) - \left(\frac{q}{n} \right)^2$$

$$r = q^2$$

ただし、 h [p.u.] は風圧、 n [p.u.] は回転速度、 q [p.u.] は風量、 η [p.u.] は送風機効率、 r [p.u.] はダンパ全開時の全送風抵抗を表し、いずれも定格点での値で正規化（単位 [p.u.] で表す）したものとする。なお、ダンパ全開時のダンパの送風抵抗は無視できるものとする。

このとき、ダンパ制御と回転速度制御で、いずれも風量を定格風量の 50% にするときの軸動力を比較する。

1) この送風機の軸動力 p は、風圧 h 、風量 q 、送風機効率 η を用いて次式で表すことができる。

$$p = \text{} \text{ [p.u.]}$$

2) ダンパ制御では、回転速度を定格速度 $n = 1$ [p.u.] で一定とし、ダンパの開度調整で送風抵抗を増加させて動作点を移動させる。風量 q が定格の 50% となるとき、風圧 h 、送風機効率 η 及び軸動力 p はそれぞれ次の値となる。

$$h = 1.3 \text{ [p.u.]}$$

$$\eta = 0.75 \text{ [p.u.]}$$

$$p = \text{ a.bc} \times 10^{-1} \text{ [p.u.]}$$

また、このとき風圧と送風抵抗が等しくなるので、ダンパの送風抵抗は、 [p.u.] となる。

3) 一方、回転速度制御では、ダンパを全開のままとして送風抵抗による損失を増加させずに回転速度を変化させて動作点を移動させる。風量 q が定格の 50% となる時、風圧と送風抵抗の関係から回転速度 n を求めることができ、風圧 h 、送風機効率 η 及び軸動力 p はそれぞれ次の値となる。

$$h = \boxed{\text{B} \mid \text{a.bc}} \times 10^{-1} \text{ [p.u.]}$$

$$\eta = \boxed{\text{C} \mid \text{a.bc}} \text{ [p.u.]}$$

$$p = \boxed{\text{D} \mid \text{a.bc}} \times 10^{-1} \text{ [p.u.]}$$

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| ア 0.25 | イ 0.75 | ウ 1.05 | エ 1.3 |
| オ $qh\eta$ | カ $\frac{qh}{\eta}$ | キ $\frac{q\sqrt{h}}{\eta}$ | ク $\frac{\sqrt{qh}}{\eta}$ |

(空 白)

選択問題

次の問題 13 から問題 16 までは、4 問題中
2 問題を選択して解答すること。

問題 13 電気加熱

問題 14 電気化学

問題 15 照 明

問題 16 空気調和

(電気加熱 - 選択問題)

問題 13 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

1) 波長が $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$ の電磁波を利用した加熱方式は と呼ばれ、産業分野ではこのうち短波長からほぼ [μm] 位までの範囲が利用されている。この加熱は放射加熱であるため、 が容易かつ応答性がよい。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|---------|--------|--------|
| ア 25 | イ 250 | ウ 500 |
| エ 紫外線加熱 | オ 赤外加熱 | カ 誘導加熱 |
| キ 温度制御 | ク 溶解制御 | ケ 電力 |

2) 抵抗加熱炉のうち、発熱体から発生する熱で被加熱物を加熱する方法を 方式といい、一般的に、この方式の炉を単に抵抗炉ということもある。この方式において発熱体に発生したジュール熱は、主として放射、 により被加熱物に伝熱される。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ア 間接抵抗加熱 | イ 直接抵抗加熱 | ウ 自己抵抗加熱 |
| エ 渦電流 | オ 対流 | カ 熱貫流 |

(2) 次の各文章の [6] ~ [10] の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から
選び、その記号を答えよ。

1) 誘電加熱及び [6] は、誘電体である被加熱材を高周波電界中に置き加熱する方式である。
その発熱源は、被加熱材が持っている [7] が高周波電界により振動や回転させられることで
生じる分子間の [8] である。

< [6] ~ [8] の解答群 >

ア アーク加熱	イ マイクロ波加熱	ウ 抵抗加熱
エ イオン	オ 電気双極子	カ 電子
キ 電力	ク 摩擦	ケ 溶解

2) 加熱、溶解プロセスにおける省エネルギー対策は設備上と作業上の対策に分けられるが、
このうち、設備上の対策としては、加熱、溶解時間短縮により熱損失低減を図る設備の [9] や、
炉内雰囲気や加熱温度に対する [10] が挙げられる。

< [9] 及び [10] の解答群 >

ア 過熱防止	イ 高電力化
ウ 運搬など処理時間の迅速化	エ 休止時間低減での負荷率向上
オ 最適発熱体の採用	カ 予熱など前処理の実施

問題 13 の (3) は次の 15 頁にある

- (3) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値を ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

30分間に200kgの被加熱材を一定の速度で連続搬送し加熱する一定負荷の加熱炉がある。被加熱材は比熱が590 J/(kg·K)で、この炉によって25℃から850℃まで昇温される。

- 1) この炉が連続運転中で熱的に平衡状態であるとき、加熱正味熱量は [kW·h] である。
- 2) この炉の設備入力に80kWであり、炉からの熱損失が20kWあるとすると、被加熱材の電力原単位は [kW·h/t]、全電気効率は [%] である。
- 3) 搬送速度を10%増加させて同じ昇温を行うためには、炉からの熱損失20kWと全電気効率が変わらないとすれば、設備入力を [kW] とする必要がある。
- 4) いま、配電点からの配電線路の電圧降下により、設備入力端の電圧は配電点電圧の94%となっている。そこで、設備入力端にコンデンサを追加して力率を向上させた結果、電圧が配電点電圧の99%となるまで改善された。改善前後で、配電点の電圧、加熱正味量、熱損失、及び設備入力端以降の全電気効率が変わらないものとし、入力端以降のインピーダンスも一定とすると、この改善により昇温時間を [%] 短縮することができる。

< ～ の解答群 >

ア 11	イ 13	ウ 15	エ 22	オ 27
カ 54	キ 59	ク 68	ケ 86	コ 88
サ 93	シ 96	ス 100	セ 200	ソ 400

(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題 14 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の [1] ~ [5] の中に入れるべき最も適切な字句又は記述を [1] ~ [5] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

化学反応速度は、通常、反応物質の温度と濃度で制御することが可能であるが、電極反応ではこれらに加えて電極電位を制御して、反応速度すなわち [1] を制御できる。反応速度を大きくするには [2] の絶対値を [3] 。外部から観測できる電流が零になるときは、電極の単位表面積当たりの酸化電流 i_a と還元電流 i_c は等しくなっており、この値を [4] と呼ぶ。この値は、 [5] を表す重要な因子である。

< [1] ~ [5] の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|----------|----------|
| ア 移動係数 | イ 過電圧 | ウ 限界拡散電流 | エ 交換電流密度 |
| オ 抵抗 | カ 電極触媒能 | キ 電気量 | ク 伝導率 |
| ケ 電流 | コ 電流効率 | サ 濃度勾配 | シ 平衡電位 |
| ス 大きくする | セ 小さくする | ソ 変えない | |

- (2) 次の各文章の [6] ~ [10] の中に入れるべき最も適切な字句又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

- 1) 燃料電池は、水素、ヒドラジン、アルコール類などの燃料を、電極触媒を賦与した [6] で電気化学的に酸化させ、もう一方の電極で [7] を酸化剤として還元させることにより、その [8] へ直接変換して取り出すデバイスである。

< [6] ~ [8] の解答群 >

- | | | | |
|-------------------|--------|-------------------|-------|
| ア アノード | イ カソード | ウ 酸素 | エ 電解液 |
| オ 二酸化炭素 | カ 水 | キ 化学エネルギーを電気エネルギー | |
| ク 電気エネルギーを化学エネルギー | | ケ 電気エネルギーを熱エネルギー | |

2) 燃料電池の $\boxed{9}$ は、燃料の燃焼のギブズエネルギー変化とエンタルピー変化の比で表される。燃料電池は小型化しても効率が良いので、 $\boxed{10}$ としての適用性に優れており、併せてコージェネレーションシステムとして用いれば熱利用率の向上も期待でき、総合効率の更なる向上につながる。

〈 $\boxed{9}$ 及び $\boxed{10}$ の解答群 〉

- | | | |
|----------|-----------|---------|
| ア カルノー効率 | イ 充電効率 | ウ 理論熱効率 |
| エ 集中型発電 | オ 電力貯蔵用電源 | カ 分散型発電 |

(3) 次の各文章の $\boxed{A} \text{ a.bc}$ ~ $\boxed{C} \text{ a.bc} \times 10^d$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

公称電圧が 3.7 V で、電池 1 個の持つ電気エネルギーが 8.88 W·h のリチウムイオン電池がある。

- 1) この電池 1 個の容量は $\boxed{A} \text{ a.bc}$ [A·h] となる。
- 2) この電池 1 個を充電電流 0.5 A で充電したときに満充電に要する時間は $\boxed{B} \text{ a.bc}$ [h] となる。
- 3) この電池を 100 個直列に接続した電池（スタック）を満充電したときに、2 時間使用することができた。このときの消費電力は $\boxed{C} \text{ a.bc} \times 10^d$ [W] となる。

(空 白)

(照明 - 選択問題)

問題 15 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(i) 次の各文章の $\boxed{A \mid a.b}$ ~ $\boxed{E \mid ab}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小値の一つ下の位で四捨五入すること。なお、円周率 $\pi = 3.14$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

1) 間口 10 m、奥行 20 m、作業面から天井までの高さ 3 m の作業場で、天井面に蛍光灯 2 灯用の照明器具を 40 台設置した。

i) 光束法を用いて作業面上での設計照度を求めたところ、水平面の平均照度が 500 lx となった。このとき、蛍光灯 1 灯の光束は $\boxed{A \mid a.b} \times 10^3$ [lm] となる。ただし、照明率は 0.70、保守率は 0.70 とする。

ii) ここで、室内の作業面の A 点について考える。節電のため、取り付けた 40 台の照明器具について 2 灯のうち 1 灯を消灯したところ、A 点の水平面照度が 250 lx となった。そこで、別の光源を新たに設置して A 点の照度 500 lx を確保することとした。その光源を、A 点からの水平距離 1 m、作業面からの高さ 1 m の位置に設置するとき、光源の光度は $\boxed{B \mid a.b} \times 10^2$ [cd] 必要となる。ただし、新たな光源は点光源で反射は考えないものとする。

2) ある部屋の高さ 4 m の天井面の中央部分に、直径 4 m の天窓 (均等拡散性で透過率 0.5) がある。曇天の日において、空の輝度が 6500 cd/m^2 で均一であるとき、この天窓の室内での光束発散度 M は $\boxed{C \mid a.b} \times 10^4$ [lm/m²] となる。また、この部屋の天窓中央の真下の床面 B 点の水平面照度 E は $\boxed{D \mid a.b} \times 10^3$ [lx] となる。ただし、壁、床などの反射はないものとする。

なお、水平面照度 E は、円光源である天窓の輝度を L 、B 点から天窓を見たときにできる円錐の半頂角を θ 、円周率を π とすると、 $E = \pi L \sin^2 \theta$ で求められる。

3) 幅 1 m、長さ 4 m、透過率 $\tau = 40\%$ 、吸収率 $\alpha = 20\%$ の布がある。この布に光束 $\phi = 500$ [lm] の光が入射している。この布上の光束発散度は $\boxed{E \mid ab}$ [lm/m²] となる。

問題 15 の (2) は次の 21 頁及び 22 頁にある

(2) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

照明用の白色 LED (発光ダイオード) は、最近では発光効率 [lm/W] が著しく向上している。そこで、ある部屋の照明を直管蛍光灯器具から直管 LED 器具へ交換することにより省エネルギーを図ることを考える。

1) 交換前の直管蛍光灯器具の固有エネルギー消費効率が100lm/W、交換する直管 LED 器具の固有エネルギー消費効率が160 lm/W であるとすると、部屋全体で8万 lm の光束値を得ている場合、 [W] の省エネが可能である。

< の解答群 >

ア 60

イ 300

ウ 500

2) 被照射物の見え方の良し悪しによって照明光の質を論ずる場合は を尺度に用いるが、現在の照明用 LED の値は蛍光灯と比べて遜色なく、一般的に室内で求められる という値を満足する製品が容易に入手できる。

< 及び の解答群 >

ア 45

イ 80

ウ 100

エ 相関色温度

オ 標準比視感度

カ 平均演色評価数

3) 蛍光ランプは、LED の効率向上によって発光効率が LED を下回り、効率面での優位性がなくなったこと、また環境的側面からは、発光材料として を使っているため廃棄時の取り扱いに難があることなどで使いにくい光源となってきた。

白色 LED と蛍光ランプでは発光原理が異なるものの、共に蛍光体を用いて広義の白色（黒体軌跡から離れていない光色という意味）を得ている点では共通している。ただし、蛍光ランプでは からの波長が 254 nm の を励起源とし、白色 LED では、波長のピークが 前後に有る青色 LED 光を励起源としている。どちらの場合も、エネルギーの高い光からエネルギーの低い光に変換する際、ストークスシフトと呼ばれる損失を伴うが、この損失割合は励起光の波長が 場合の方が大きくなる。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|----------|----------|---------|
| ア 350 μm | イ 350 nm | ウ 450 nm | エ カドミウム |
| オ 水銀 | カ 鉛 | キ 紫外放射 | ク 赤外放射 |
| ケ 熱放射 | コ 長い | サ 短い | シ 変動する |

(空気調和 - 選択問題)

問題 16 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の各文章及び図の ~ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、, 及び ~ は 2 箇所、 は 3 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

図 1 に吸収冷凍サイクルの概念図を示す。吸収冷凍サイクルとは、蒸気圧縮冷凍サイクルでは圧縮機が受け持つ働きを、吸収器と再生器で行うものである。吸収剤によって冷媒を吸収し、続いてその吸収剤の溶液を濃縮させることによってその働きを受け持つ。

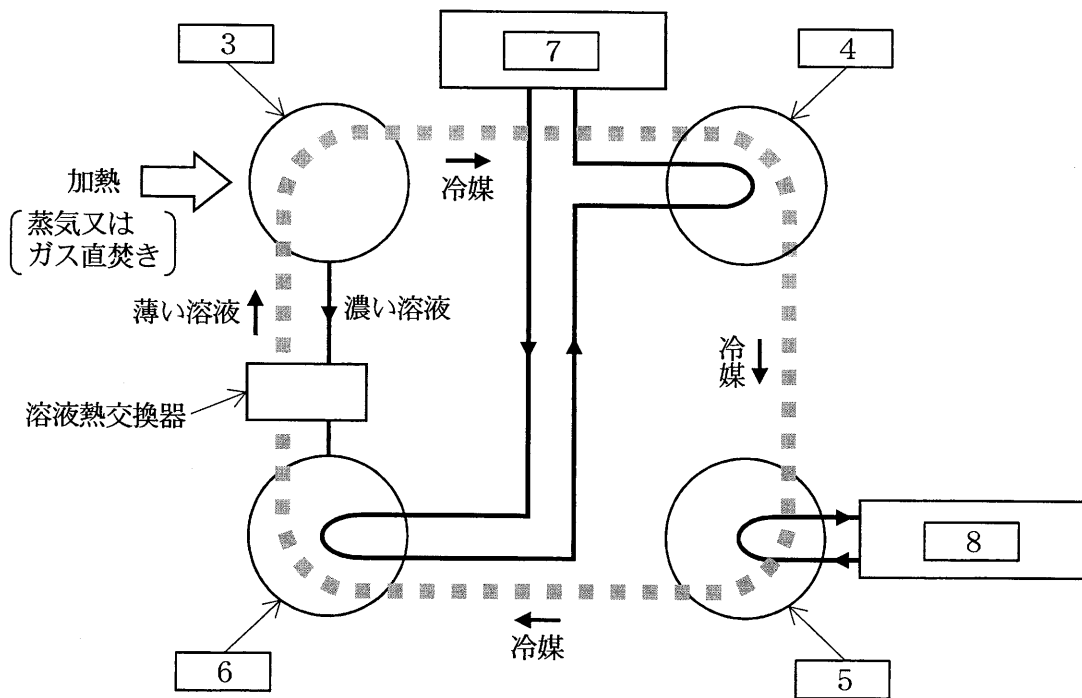


図 1 吸収冷凍サイクル

1) 一般的に吸収剤としては 、冷媒には を使用する。

〈 及び の解答群 〉

ア フロン イ 塩化ナトリウム ウ 臭化リチウム エ 水

2) 冷媒は、 → → → の順に循環する。ここで、 は真空に近い圧力になっており、冷媒が蒸発することによって、循環している戻りの冷水から熱を奪い冷却する。

3) この吸収冷凍サイクルに接続される機器等として と が図に示されている。

〈 ~ の解答群 〉

ア ボイラ イ 空調機類 ウ 冷却塔 エ 吸収器
オ 凝縮器 カ 再生器 キ 蒸発器 ク 変換器

問題 16 の (2) は次の 25 頁及び 26 頁にある

(2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は3箇所あるが、同じ記号が入る。

図2は湿り空気 $h-x$ 線図上に空気の状態変化を示したものである。

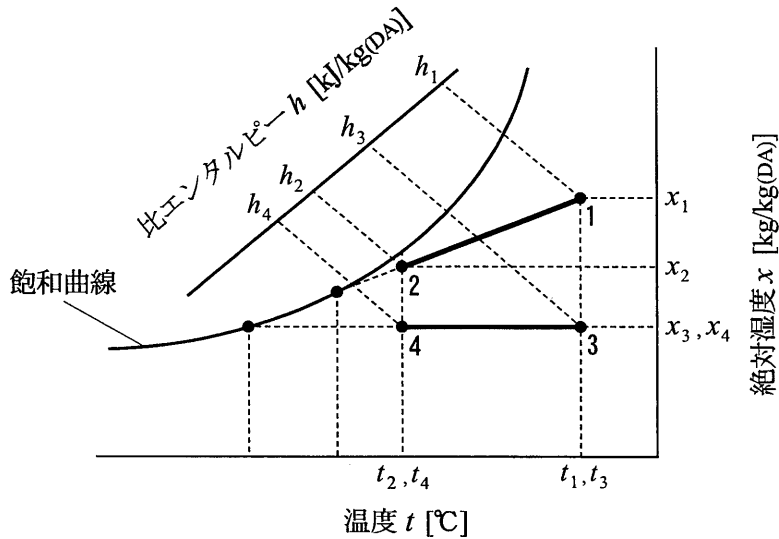


図2 湿り空気 $h-x$ 線図

1) 図2の湿り空気線図において、空気の比エンタルピー h は0℃の乾き空気の比エンタルピーを基準としており、次式で表すことができる。

$$h = C_a \times t + x \times (r + C_b \times t) \quad [\text{kJ/kg(DA)}]$$

ここで、 t 、 C_a 、 C_b 、 r 、 x は次の値を表す。

t : 温度 [°C]

C_a : の定圧比熱 [kJ/(kg(DA)·K)]

C_b : の定圧比熱 [kJ/(kg(DA)·K)]

r : 水蒸気の凝縮潜熱 [kJ/kg]

x : 湿り空気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]

< 及び の解答群 >

ア 乾き空気

イ 湿り空気

ウ 水蒸気

2) 空気を加熱する場合、図2では状態点が 方向に移動する。

3) 空気を減湿する場合、図2では状態点が 方向に移動する。

< 及び の解答群 >

ア 上

イ 下

ウ 左

エ 右

4) ある状態の空気があり、その温度まで下げたら空気中で水蒸気の凝結が始まるという温度を という。空気を冷却する場合、空気冷却器の表面温度が空気の より高ければ空気は図2の で示すように状態変化し、 より低ければ図2の で示すように状態変化する。

なお、点1から点2まで変化させるために要する単位時間当たりの熱量 q は、風量を V [m^3/h]、空気の密度を 1.2 kg/m^3 として、次式で表すことができる。

$$q = \frac{1.2 V}{3.6} \times \text{} \text{ [kW]}$$

< ~ の解答群 >

ア $(h_1 - h_2)$

イ $(h_3 - h_4)$

ウ $(t_1 - t_2)$

エ $(t_3 - t_4)$

オ 1 → 2

カ 3 → 4

キ 湿球温度

ク 露点温度

ケ 絶対湿度

コ 相対湿度

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

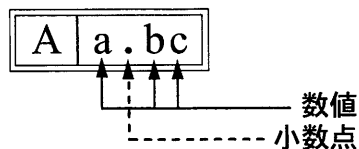
1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 1、 2 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3. A a.bc、 B a.bc×10^d などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

また、計算を伴う解答の場合は次の (1) ~ (3) によること。

- (1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。
このとき、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。
- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」を満足しているものとする。
例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100...と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415\cdots$ であるが、 $\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400...として計算すること。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827.....
↓ 四捨五入
6.83

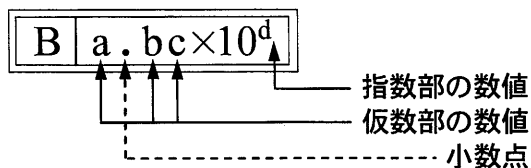
(解答)

「6.83」に
マークする ⇒

A			
a	.	b	c
		0	0
①		1	1
②		2	2
③		3	●
④		4	4
⑤		5	5
⑥		6	6
⑦		7	7
⑧		●	8
⑨		9	9

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183 × 10²
↓ 四捨五入
9.18 × 10²

(解答)

「9.18 × 10²」に
マークする ⇒

B				
a	.	b	c	×10 ^d
		0	0	0
①		●	1	1
②		2	2	●
③		3	3	3
④		4	4	4
⑤		5	5	5
⑥		6	6	6
⑦		7	7	7
⑧		8	●	8
⑨		9	9	9