

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 時限目

必須 問題11, 12 電動力応用

1～10 ページ

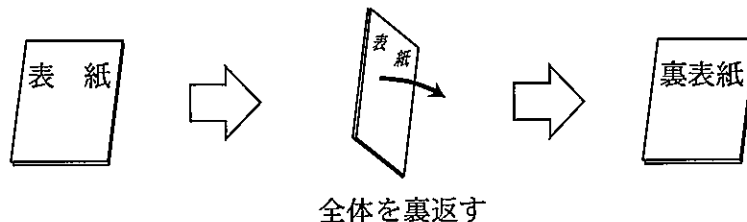
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

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		19～21 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 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 誘導電動機の省エネルギーを実行するためには、エネルギーの過剰供給や供給時の損失を少なくすることが必要である。そのためには、負荷の大きさや負荷特性に適合した機器容量及び運転方式を選定することが求められる。

1) 一般に誘導電動機を商用電源で直接使用する場合、軽負荷で運転するときの効率及び力率に関しては、定格運転時に対して  低下する特性を持つので、軽負荷運転は極力避けるべきである。ちなみに、商用電源で直接使用する場合の誘導電動機の最高効率点は  が等しくなる点である。

<  及び  の解答群 >

- |               |                |
|---------------|----------------|
| ア 負荷損と固定損     | イ 負荷損の2乗と固定損   |
| ウ 負荷損の平方根と固定損 | エ 効率と力率が共に     |
| オ 力率は向上するが効率が | カ 力率は一定であるが効率が |

2) かご形誘導電動機は、商用電源に直接接続して使用する場合は  速運転となるが、インバータを用いて電源の電圧及び周波数を制御することで、負荷に見合った  速運転を行うことも可能となり、特に  時の省エネルギーを図ることができる。さらに、始動時においては、インバータを用いることによって始動電流を低減することができるので、系統に与える影響が軽減されると共に、主に  による発熱を少なくすることも可能となり、間欠負荷の場合は停止・再始動を繰り返すことも容易である。

<  ～  の解答群 >

- |        |       |       |        |
|--------|-------|-------|--------|
| ア 一定   | イ 可変  | ウ 過負荷 | エ 定格負荷 |
| オ 部分負荷 | カ 抵抗損 | キ 鉄損  | ク 固定損  |

3) 誘導電動機の駆動に用いられる汎用インバータ装置などでは、半導体素子がオンオフ動作することで、電圧又は電流が方形波の組み合わせとなるため高調波を発生させ、その高調波の系統への流出により、電力機器の過熱・損傷や通信線などへの誘導障害を生じる。

半導体電力変換装置の順変換部に  などの自己消弧形素子を用い、さらに出力電圧パルス幅を制御する  制御を適用すれば、交流電流又は電圧の波形を正弦波に近づけて  の高調波の発生を抑制することができる。

<  ~  の解答群 >

ア IGBT

イ PCM

ウ PWM

エ サイリスタ

オ ダイオード整流器

カ ベクトル

キ 低次

ク 高次

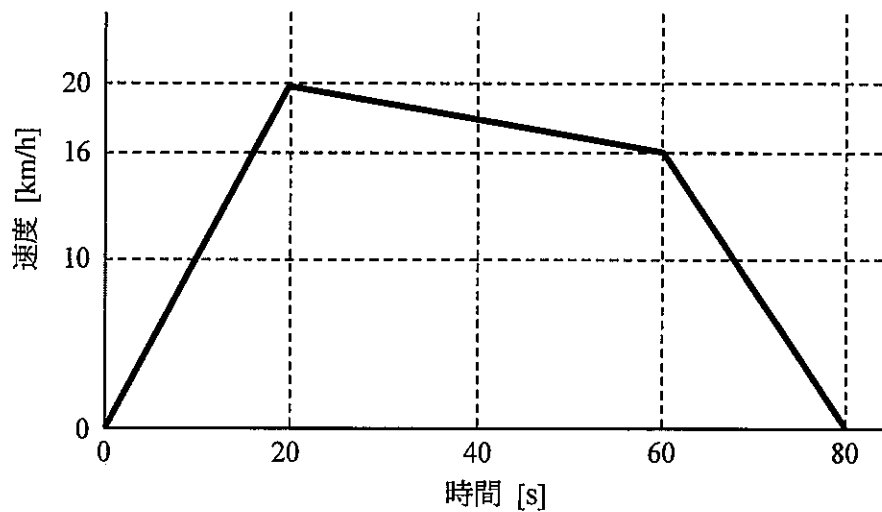
ケ 低次から高次まで

(2) 図は、水平な直線軌道上を走行する台車の走行速度（単位は [km/h]）の様子を表している。

走行開始の 0 秒から 20 秒までの間は等加速度で加速し、20 秒から 60 秒までは惰性走行し、60 秒以降は等加速度で減速し、80 秒で停止している。台車の質量は 2000kg で、走行中は常に軌道との接触によって生じる走行抵抗  $2.83g \times 10^{-3} \text{ N/kg}$  を受けており、重力の加速度  $g$  は  $9.80 \text{ m/s}^2$  とする。この走行抵抗の値は速度によらず一定とし、この走行抵抗以外で台車が受ける抵抗は無視できるものとする。

走行開始から 20 秒までの加速期間では電源電力を利用して加速運転している。一方、20 秒以降では電源電力を断って惰性走行しており、走行抵抗により速度低下が生じている。なお、走行抵抗は加速期間及び減速期間にも作用しており、走行抵抗によって失われるエネルギーは移動距離に比例する。

さらに、60 秒以降の減速期間ではインバータによる回生制動を行い、運動エネルギーは電源に回生されている。



図

1) 図の走行速度に基づくと、全期間における台車の走行距離は  [m] である。また、走行開始から 20 秒までの加速期間での加速度は  [ $\text{m/s}^2$ ] である。

<  及び  の解答群 >

ア 0.278            イ 0.556            ウ 2.78            エ 5.56            オ 300  
カ 600            キ 1 080            ク 2 160

2) 20 秒から 60 秒までの 40 秒間の惰性走行中に、走行抵抗によって失われる運動エネルギーは  [kJ] である。

3) 走行開始の 0 秒から 20 秒までの間に要する電力量は、加速によって台車を得る運動エネルギーと走行抵抗によって失われる分のエネルギーを合計して  [kJ] となる。

<  及び  の解答群 >

ア 1.23            イ 11.1            ウ 14.2            エ 22.2            オ 27.8  
カ 33.9            キ 40.0            ク 47.5

4) 60 秒以降の減速期間での制動力は、走行抵抗により生じる力を含めて  [N] である。したがって、この期間の回生制動によって、例えば運動エネルギーが変換効率 80% で電源に回生されているものとする、回生される電気エネルギーは 13.8 kJ となる。

<  の解答群 >

ア 222            イ 444            ウ 800            エ 1 600

(空 白)

(電動力応用)

問題 12 次の各文章及び表の 1 ~ 13 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 高層ビル用エレベータの走行について考える。エレベータの運転曲線は、図に示すような、乗り心地が良く、最短時間で走行するための理想形の一つと考えられる正弦波運転曲線であるとする。

図で、横軸は時間  $t$ 、 $v(t)$  は速度、 $\alpha(t)$  は加速度、 $\frac{d\alpha}{dt}$  は加速度変化率を示す。

また、 $t_1 \sim t_6$  は走行開始からの走行経過時間を、 $t_e$  は停止までの時間を示す。 $t_a$  は加速度が変化している運転の時間幅、 $t_b$  は加速度が最大(小)値で一定である運転の時間幅、 $t_c$  は加速度が零となる運転の時間幅とする。

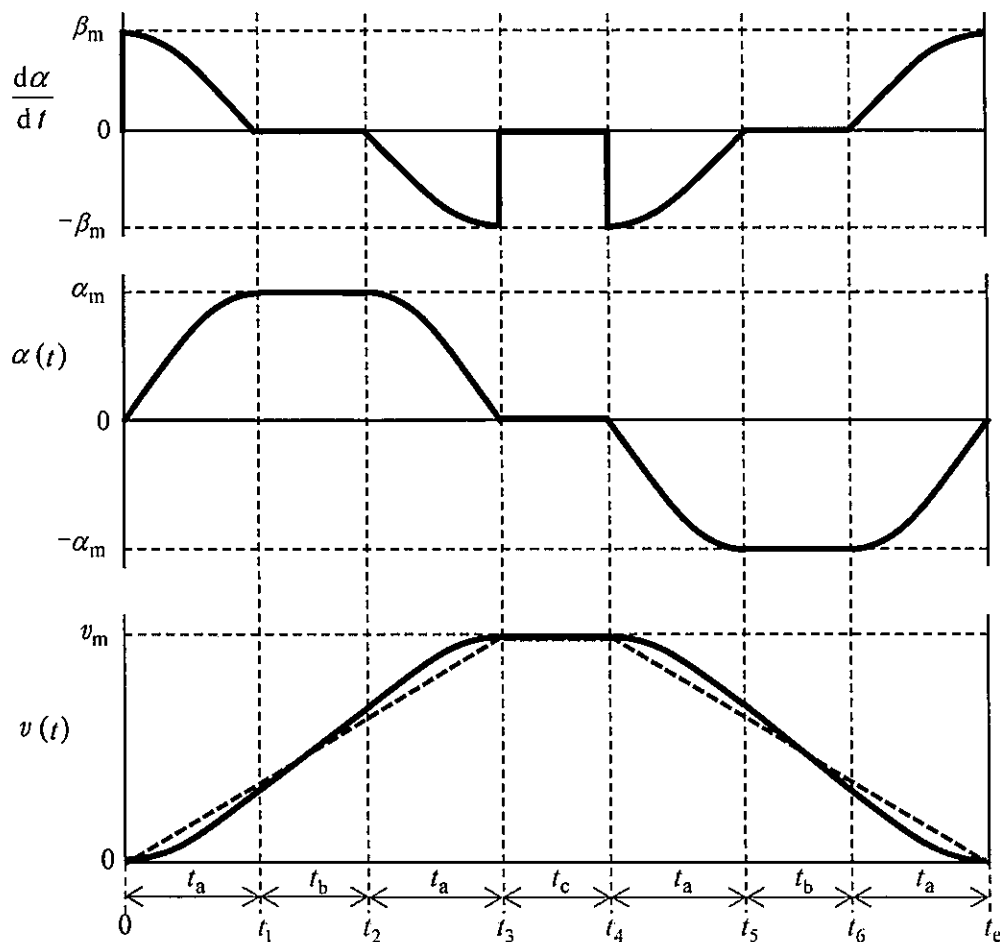


図 エレベータの運転パターン

問題 12 は次の頁に続く

1) 運転の基本式を導出する。ここで、円周率  $\pi=3.14$  とする。

i) 図の運転曲線において、 $t_b=t_c=0$  とした等加速度区間がない運転であるとする、  
 $0 \leq t \leq 4t_a=t_e$  であり、加速度は、最大値を  $\alpha_m$  [m/s<sup>2</sup>] とした次式のような正弦波状の変化となる  
 ことがわかる。ここで、正弦波の角周波数は  $\omega = \frac{\pi}{2t_a}$  [rad/s] である。

$$\alpha(t) = \alpha_m \sin(\omega t) \quad \dots\dots\dots ①$$

このとき、加速度変化率  $\frac{d}{dt}\alpha(t)$  の最大値  $\beta_m$  [m/s<sup>3</sup>] は次式で与えられる。

$$\beta_m = \left[ \frac{d\alpha}{dt} \right]_{t=0} = \left[ \frac{d}{dt} \alpha_m \sin(\omega t) \right]_{t=0} = \alpha_m \frac{\pi}{2t_a} \quad \dots\dots\dots ②$$

従って、 $t_a$ 、 $\omega$  は  $\alpha_m$ 、 $\beta_m$  を用いて次のように表すことができる。

$$t_a = \frac{\pi \alpha_m}{2 \beta_m}, \quad \omega = \boxed{1} \quad \dots\dots\dots ③$$

なお、走行時間を短縮するためには、 $\alpha_m$  及び  $\beta_m$  は乗り心地が悪化しない範囲で、できるだけ大きい値とする必要がある。

ii) 図の運転曲線において、速度の最大値  $v_m$  は、 $\alpha(t)$  の対称性から、 $\int_0^{t_1} \alpha(t) dt = \int_{t_2}^{t_3} \alpha(t) dt$  の関係が利用できるので、次のように計算できる。

$$v_m = \int_0^{t_3} \alpha(t) dt = \alpha_m \left( 2 \int_0^{t_1} \sin(\omega t) dt + t_b \right) = \alpha_m \left( 2 \frac{\alpha_m}{\beta_m} + t_b \right) \quad \dots\dots\dots ④$$

走行開始から停止するまでの経過時間  $t_e$  は、図より次式で与えられる。

$$t_e = 4t_a + 2t_b + t_c = 2\pi \frac{\alpha_m}{\beta_m} + 2t_b + t_c \quad \dots\dots\dots ⑤$$

また、この期間での上昇距離  $x_e$  は速度の積分であるが、図中の破線で示した台形の面積に等しいことから、次のように簡単に計算できる。

$$x_e = \int_0^{t_e} v(t) dt = \boxed{2} \quad \dots\dots\dots ⑥$$

<  $\boxed{1}$  及び  $\boxed{2}$  の解答群 >

ア  $\frac{\beta_m}{\alpha_m}$

イ  $2 \frac{\beta_m}{\alpha_m}$

ウ  $\frac{1}{2} \frac{\beta_m}{\alpha_m}$

エ  $\left( \pi \frac{\alpha_m}{\beta_m} + t_b + t_c \right) v_m$

オ  $\left( \pi \frac{\alpha_m}{\beta_m} + 2t_b + t_c \right) v_m$

カ  $\left( 2\pi \frac{\alpha_m}{\beta_m} + 2t_b + t_c \right) v_m$



iii) 図の正弦波運転曲線で運転する場合の  $x_e$  の最小値  $x_{e_{\min}}$  は、等加速度区間がないときに出現し、式⑥に式④を代入して  $t_b = t_c = 0$  とすると、次式で表される。

$$x_{e_{\min}} = 2\pi \frac{\alpha_m^3}{\beta_m^2} \dots\dots\dots ⑦$$

また、定格速度を  $v_N$  とすると、 $v_m = v_N$  となる  $t_b$  の値  $t_{b_N}$  は、式④より次式で表される。

$$t_{b_N} = \boxed{3} \dots\dots\dots ⑧$$

さらに、 $t_b = t_{b_N}$  かつ  $t_c = 0$  の場合の  $x_e$  の値  $x_{e_N}$  は、式⑥及び式⑧より次式で表される。

$$x_{e_N} = \boxed{4} \dots\dots\dots ⑨$$

上昇距離が  $x_{e_{\min}} \leq x_e \leq x_{e_N}$  の場合には  $t_c = 0$  として、 $t_b$  を変化させる。

一方、上昇距離が  $x_e \geq x_{e_N}$  の場合には  $t_b = t_{b_N}$ 、従って  $v_m = v_N$  となり、 $t_c$  により  $x_e$  を制御する。 $x_e$  が与えられた場合の  $t_c$  は次式で与えられる。

$$t_c = \frac{x_e - x_{e_N}}{v_N} = \frac{x_e}{v_N} - \left\{ (\pi - 2) \frac{\alpha_m}{\beta_m} + \frac{v_N}{\alpha_m} \right\} \dots\dots\dots ⑩$$

<  $\boxed{3}$  及び  $\boxed{4}$  の解答群 >

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ア $\frac{v_N}{\alpha_m} - \frac{\alpha_m}{\beta_m}$                          | イ $\frac{v_N}{\alpha_m} - 2\frac{\alpha_m}{\beta_m}$                               | ウ $\frac{v_N}{\alpha_m} - \frac{1}{2}\frac{\alpha_m}{\beta_m}$                     |
| エ $\left\{ \pi \frac{\alpha_m}{\beta_m} + \frac{v_N}{\alpha_m} \right\} v_N$ | オ $\left\{ (\pi - 1) \frac{\alpha_m}{\beta_m} + \frac{v_N}{\alpha_m} \right\} v_N$ | カ $\left\{ (\pi - 2) \frac{\alpha_m}{\beta_m} + \frac{v_N}{\alpha_m} \right\} v_N$ |

2) 一例として、44階建ての高層マンションのモデルを考える。各階の階高を3.4 mとし、エレベータの運転パターンは、 $\alpha_m$  が  $0.9 \text{ m/s}^2$ 、 $\beta_m$  が  $1.3 \text{ m/s}^3$ 、 $v_N$  が  $5 \text{ m/s}$  (分速 300 m) と設定されている。

i) 式⑦より  $x_{e_{\min}}$  は、 $\boxed{5}$  [m] と求められ、式⑨より  $x_{e_N}$  は 31.7 m と求められる。

ii) 1階から30階に直行する場合には、 $x_e = 98.6 \text{ m}$  となり、 $x_e > x_{e_N}$  である。この場合の  $t_e$  を求めると、 $\boxed{6}$  [s] となる。

<  $\boxed{5}$  及び  $\boxed{6}$  の解答群 >

- |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ア 2.71 | イ 3.05 | ウ 3.20 | エ 26.1 | オ 29.7 | カ 31.3 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

問題 12 は次の頁に続く

(2) 送風機及び圧縮機の種類と特性について考える。

1) 表は送風機及び圧縮機について、JIS B 0132 の定めに基づいて分類したものである。

表

分類	吐出し圧力の程度	種類
圧縮機	比較的高い圧力	ターボ型 容積型（回転式、往復式）
	□ 7 □ [kPa] 以下	ターボ型 容積型（回転式）
送風機・ファン	□ 8 □ [kPa] 以下 (標準空気の場合)	ターボ型

< □ 7 □ 及び □ 8 □ の解答群 >

ア 0.3                      イ 3                      ウ 30                      エ 200                      オ 2000

2) プロペラを高速回転し、翼の揚力によって気体を軸方向に流動させる構造の送風機を □ 9 □ 式送風機という。送風機や電動機を小型軽量にでき、導管の一部に設置できる利点がある。

3) 羽根により、気体を半径方向に内側から外側に向かって流動させる構造の送風機を □ 10 □ 式送風機という。構造が簡単で安価であるため、換気や冷暖房の用途に用いられる。

4) シリンダを用いた □ 11 □ 式圧縮機は、高い圧力が得られ、最も効率の良い圧縮機として広く用いられている。

< □ 9 □ ~ □ 11 □ の解答群 >

ア 遠心                      イ 渦流                      ウ 往復                      エ 回転                      オ 軸流

- (3) 定格出力（圧力×流量）が18 kWの送風機の運転について考える。送風機の定格点での効率は50%、電動機の効率は90%とする。

送風機の特性と管路の抵抗曲線が次式で近似できるとき、定格流量の50%で運転する場合の消費電力を求める。

$$h = 1.2 n^2 + 0.4 n q - 0.6 q^2$$

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

$$r = q^2$$

ただし、 $h$  [p.u.] は風圧、 $n$  [p.u.] は回転速度、 $q$  [p.u.] は風量、 $r$  [p.u.] は管路抵抗、 $\eta$  [p.u.] は送風機効率で、いずれも定格点での値で正規化したものである。

- 1) ダンパ制御により50%流量を実現する場合の消費電力は  [kW] となる。
- 2) 一方、効率95%のインバータを用いて電動機の手速度制御により50%流量を実現する場合の消費電力は  [kW] となり、省エネルギー効果を定量的に評価することができる。

<  及び  の解答群 >

ア 5.0      イ 5.26      ウ 7.02      エ 30.0      オ 33.3      カ 36.0

(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 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 各種の加熱方式の特徴について考える。

1) 電子ビーム加熱は、 容器中で高速に加速した電子ビームを被加熱物に照射することで加熱する方式であり、 [ $\text{W}/\text{cm}^2$ ] 程度の高エネルギー密度が得られ、加熱効率が高いのが特長である。精密な位置制御により、照射部分を局所的に加熱して溶接や切断などの加工を行うことができ、セラミック微細加工などに用いられる。

<  及び  の解答群 >

ア  $10^7 \sim 10^8$

イ  $10^{10} \sim 10^{11}$

ウ  $10^{15} \sim 10^{16}$

エ 高圧

オ 真空

カ 不活性ガス

2) 物体は、その性質や温度に応じて表面から  としてエネルギーを放射している。この、物体からの放射エネルギーの大きさは、物体の絶対温度の  乗に比例する。これをステファン・ボルツマンの法則という。

<  及び  の解答群 >

ア 2

イ 3

ウ 4

エ イオン

オ 磁気

カ 電磁波

3) アーク加熱は、電極間あるいは電極と被加熱物との間で発生させたアーク放電の [ 5 ] で被加熱物を加熱する方式である。アーク加熱を利用した炉には、製鋼用アーク炉や [ 6 ] 炉などがある。アーク加熱を用いる炉の電圧、電流は、電流が増大すると電圧が低下するような負特性を持つので、アークの安定と効率を保つため、回路中に適切な [ 7 ] を直列に挿入する。

< [ 5 ] ~ [ 7 ] の解答群 >

- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| ア コンデンサ | イ リアクトル | ウ 高抵抗    |
| エ 渦電流   | オ 電磁波   | カ 熱エネルギー |
| キ アルミ溶解 | ク 黒鉛化   | ケ 電気製錬   |

4) プラズマ加熱を用いたプラズマアーク溶接は、通常、シールドガスに [ 8 ] を用いて溶接部を大気から保護し、電極に [ 9 ] を用いて、母材との間に拘束ノズルで細く絞られた高密度エネルギーのプラズマ流を形成し、これを熔融熱源として利用する溶接方法である。

< [ 8 ] 及び [ 9 ] の解答群 >

- |          |       |      |
|----------|-------|------|
| ア アルゴン   | イ オゾン | ウ 窒素 |
| エ タングステン | オ チタン | カ 炭素 |

5) 直接抵抗加熱は、被加熱材に配した電極を通して流した電流によって、[ 10 ] の内部にジュール熱を発生させて加熱する方法である。

< [ 10 ] の解答群 >

- |       |        |       |
|-------|--------|-------|
| ア 絶縁材 | イ 被加熱材 | ウ 誘電体 |
|-------|--------|-------|

問題 13 は次の頁に続く

(2) 設備入力100 kWの溶解炉があり、被加熱材200 kgを25℃から1500℃へ昇温、溶解している。

この加熱設備における熱移動及び熱損失について考える。ただし、この被加熱材の加熱時の顕熱は0.42 kJ/(kg·K)、溶解潜熱は320 kJ/kgとする。

1) 被加熱材の昇温、溶解に要した正味のエネルギーは、 [kWh]である。

2) 被加熱材の溶解までに要する時間は  [min]である。ただし、この溶解炉の熱損失は設備入力の30%、全電気損失は設備入力の5%であり、合計が全損失である。

3) この炉を改造し、全損失が設備入力の30%となるまで改善すると、溶解時間は短縮され、 [min]となる。

4) この改善後の溶解炉の電力原単位は、 [kWh/t]である。

<  ~  の解答群 >

ア 45	イ 48	ウ 52	エ 64	オ 73	カ 163
キ 174	ク 188	ケ 373	コ 409	サ 500	シ 789



(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題 14 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 は複数個所あるが、同じ記号が入る。

また、  ~   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。(配点計 50 点)

(1) 電気分解プロセスについて考える。

1) 電気分解とは、外部から電気エネルギーを与えられ、 で酸化・還元の化学反応が起こる現象をいう。ここで、酸化反応が起こる電極を  と呼ぶ。

<  及び  の解答群 >

ア アノード

イ カソード

ウ 負極

エ 隔膜表面

オ 電解質全体

カ 電極界面

2) 一方の電極では酸化反応が、もう一方の電極では還元反応が起こるため、生成物の分離が容易である。例えば、ソーダ電解においては陽極側の生成物は  であり、隔膜によって陰極生成物との混合を防いでいる。

3) 電気分解は電気エネルギーを  していることになる。

<  及び  の解答群 >

ア Cl<sub>2</sub>

イ H<sub>2</sub>

ウ NaOH

エ 化学物質 (化学エネルギー) として貯蔵

オ 動力に変換して使用

カ 熱エネルギーに変換して使用

(2) 電池について考える。

1) 電池には充電が可能な電池と充電できない電池があり、充電が可能な電池を  と呼ぶ。

2) 電池の電圧は、正極と負極の電位の  によって決まる。 に属する鉛蓄電池、ニッケル・水素電池及びリチウムイオン電池の中で公称電圧が一番高いのは、 である。この電池の充電速度は、原理的には  に比例する。

<  ~  の解答群 >

- |             |             |          |
|-------------|-------------|----------|
| ア ニッケル・水素電池 | イ リチウムイオン電池 | ウ 鉛蓄電池   |
| エ 一次電池      | オ 二次電池      | カ 物理電池   |
| キ 温度        | ク 電圧        | ケ 電流     |
| コ 差         | サ 和         | シ どちらか一方 |

3) 電池の構成図（電池図）において、左側に記載するのは  とすると定められている。

4) 太陽電池は  電池に分類される。

<  及び  の解答群 >

- |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|-------|
| ア 化学 | イ 物理 | ウ 二次 | エ 正極 | オ 負極 | カ 電解質 |
|------|------|------|------|------|-------|

(3) 水酸化ナトリウム水溶液を電気分解したところ、25℃、500kPaにおいて、水素ガス 0.108 m<sup>3</sup>が生成した。ここで、ファラデー定数を 96 500 C/mol、気体定数を 8.31 J/(mol·K) とする。

1) 25℃、500kPaでは、発生した酸素ガスは   ×10<sup>-2</sup> [m<sup>3</sup>] である。

2) 電解槽を通過した電荷は   ×10<sup>6</sup> [C] である。

3) 通電量 1.0×10<sup>6</sup> C の電気分解を 10 分間で行ったとすると、平均電流は   [kA] である。

(照明 - 選択問題)

問題 15 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、 a.b ～  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位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

(1) 照明用の光源として利用される LED (Light Emitting Diode) について考える。

1) 照明用の光源として利用される LED は、発光ダイオードと呼ばれる  の一種であり、構成する材料によって発光色が異なる。

<  の解答群 >

ア 熱放射体                      イ 半導体                      ウ 放電管

2) 白色 LED では、ピーク波長が  前後となるように発光層の材料として  を用いた青色 LED と、その青色光の一部を励起エネルギーとして利用する  とを組み合わせるものが一般的に広く使われている。

<  ～  の解答群 >

ア 254 nm      イ 460 nm      ウ 3 μm      エ GaN      オ InGaN      カ SiC  
キ YAG 蛍光体      ク 金属ハロゲン化物      ケ 電子放射物質

3) LED 素子そのものは直流で動作するものなので、商用電源に接続して使われる LED ランプは点灯用回路を内蔵しており、回路方式には定電流タイプの  が多く採用されている。

<  の解答群 >

ア スイッチング電源                      イ 磁気漏れ変圧器                      ウ 電子スタータ

4) 現在の白色LEDは、発光効率が150lm/Wを超えるものが多く普及しており、従来光源の中で最も発光効率が高く、省エネルギー光源であると評価されている。LED以外で比較的発光効率が高いとされている光源には  ランプや蛍光ランプなどがあり、白熱電球は光源の中でも最も発光効率が低いとされている。

<  の解答群 >

ア ハロゲン

イ メタルハライド

ウ 水銀

5) LED ランプにも様々な発光色のものがあり、昼光色や昼白色のものだけでなく、 ことが特徴の電球色のランプも製品化されている。

<  の解答群 >

ア 3波長域発光形である

イ 相関色温度が低い

ウ 平均演色評価数が100となる

(2) 次に示すような照明設備の更新について考える。ただし、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{5}=2.24$ とする。

1) 全ての方向に等しく  $I$  [cd] の光度を持つ光源が A 及び B の二つあり、床面からの高さが 2m のところで、距離を 2m 離して設置したところ、両者の中間地点の直下の床面上の P 点の水平面照度  $E_h$  が 500 lx であった。

i) このときの光源 A (=光源 B) の光度  $I$  は、 $I = \boxed{A \mid a.b} \times 10^3$  [cd] となる。

ii) 光源 B 直下の床面の水平面照度  $E$  は、 $E = \boxed{B \mid a.bc} \times 10^2$  [lx] である。

iii) 光源 B の代わりに、B 点の直下 1m の位置に新たな光源 C を設置して、P 点の水平面照度を変更前と同じ 500 lx としたい。このときの光源 C の光度  $I'$  は、 $I' = \boxed{C \mid a.bc} \times 10^2$  [cd] となる。

2) 間口  $X$  が 8m、奥行き  $Y$  が 14m、天井高さ  $H$  が 2.8m の事務室がある。その天井面に設置された光源には、蛍光ランプ 2 灯用の照明器具（光束 6000 lm、安定器含む消費電力 82W）が 28 台使用されている。また、器具の照明率は 0.68、保守率は 0.75 とする。

i) この事務室の平均照度  $E$  は、 $E = \boxed{D \mid a.bc} \times 10^2$  [lx] である。

ii) この事務室の光源を、LED ランプ 2 灯用の照明器具（光束 6400 lm、電源ユニット含む消費電力 40W）に更新した。更新した器具の照明率が蛍光ランプに対し 1.1 倍で、保守率が同じであるとすると、平均照度を更新前と同じに維持するための LED 照明器具の必要最小限の台数は  $\boxed{E \mid ab}$  [台] となり、この台数から、総消費電力は蛍光灯器具の総消費電力の  $\boxed{F \mid ab}$  [%] になる。

(空 白)

(空気調和 - 選択問題)

問題 16 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句等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  は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 空調設備の省エネルギーでまず考えなければならないのは、空調負荷の抑制である。

空調負荷は、室内負荷とその他の負荷に大きく分かれる。室内負荷には、建物外皮を通しての負荷と室内から発生する負荷があり、前者には屋根、外壁、窓からの貫流熱負荷、窓からの日射熱負荷、侵入外気の熱負荷、後者には人体発熱負荷、照明発熱負荷、機器発熱負荷などがある。一方、その他の負荷としては取入れ外気負荷などがある。

1) 熱負荷には、顕熱負荷と潜熱負荷があるが、例えば、日射熱負荷、人体発熱負荷、取入れ外気負荷のうち、顕熱負荷と潜熱負荷の両方を持つ負荷は  である。

<  の解答群 >

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| ア 人体発熱負荷と取入れ外気負荷 | イ 日射熱負荷と人体発熱負荷 |
| ウ 日射熱負荷と取入れ外気負荷  | エ これらすべての負荷    |

2) 熱負荷の大きさや室内温熱環境は建物外皮を通しての負荷に左右され、特に  ゾーンにおいてその影響は大きくなる。

建物外皮を通しての負荷と室内発生負荷とは、相反する負荷となることもある。例えば、冬期に貫流熱が暖房負荷、室内の発生熱が冷房負荷として同時発生したときなどであるが、その処理をそれぞれ個別に処理するシステムとした場合には、いわゆる  損失が生じないような配慮が必要となる。

<  及び  の解答群 >

- |         |         |      |      |
|---------|---------|------|------|
| ア インテリア | イ ペリメータ | ウ 共用 | エ 混合 |
| オ 蓄熱    | カ 搬送    |      |      |



3) 冷暖房時の負荷となる外壁、窓などからの貫流熱負荷について考える。

i) 貫流熱負荷の大きさは外壁や窓の断熱性能によるところが大きく、その断熱性能の指標としては、一般に  $U$  値と呼ばれる熱貫流率（熱通過率）が用いられ、次式で表される。

$$U = \frac{1}{\text{熱貫流抵抗}}$$
$$= \frac{1}{\text{屋外側表面熱伝達抵抗} + \text{外壁又は窓の熱抵抗} + \text{屋内側表面熱伝達抵抗}}$$

例えば、最も簡単な単板ガラス窓における  $U$  値を求めてみる。屋外側表面熱伝達率  $\alpha_o$  が  $23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、屋内側表面熱伝達率  $\alpha_i$  が  $9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、ガラスの熱抵抗が  $0.01 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$  であるとする、 $U = \boxed{4} \text{ [W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$  が得られる。

ii) 貫流熱負荷は、この  $U$  値に内外の温度差と対象面積を乗じて求められる。ただし、外壁は日射の影響及び壁体の熱容量の影響があることを考慮し、外壁貫流負荷の計算では、 $\boxed{5}$  温度差と呼ばれる値が用いられることが多い。

iii) ガラス窓は、i) における  $U$  の試算値が一般の外壁よりはるかに大きいことから分かるように、単板ガラスを用いた場合、断熱性能が外壁より大きく劣る。窓の断熱性向上のためには、ガラスを二重にして中空層を設けるなどの方法があり、例えば、中空層を  $\boxed{6}$  にすることで、理論的には対流成分を皆無にすることが可能となる。

<  $\boxed{4}$  ~  $\boxed{6}$  の解答群 >

ア 2	イ 4	ウ 6	エ 8	オ 実効
カ 対数平均	キ 日最大	ク 高圧	ケ 真空	コ 通風帯

問題 16 は次の頁に続く

4) 冷房時の負荷となる窓からの日射熱負荷について考える。従来、日射熱負荷抑制のためにはブラインド設置などの対応が主であったが、窓ガラス自体も、断熱性能の向上と共に日射に対する性能向上が進んでいる。

i) 窓ガラスの日射熱取得性の指標としては、日射熱取得率  $\eta$  が用いられる。

単板ガラスの場合には、ガラスの透過率を  $\tau$ 、吸収率を  $a$ 、反射率を  $\rho$  とすると、 $\eta$  は屋外側表面熱伝達率  $\alpha_o$  及び屋内側表面熱伝達率  $\alpha_i$  を用いて次式で表される。

$$\eta = \tau + \boxed{7}$$

ii) 近年、可視域での日射を透過させつつ近赤外域の透過を抑えることで、窓に求められる採光性、開放感、眺望性を確保しながら日射熱負荷を抑制するガラスも開発されている。

その中で、夏期の日射熱取得率が 0.5 未満のものを  $\boxed{8}$  ガラスと呼んでいる。

<  $\boxed{7}$  及び  $\boxed{8}$  の解答群 >

$$\text{ア } \frac{a\alpha_i}{\alpha_i + \alpha_o} \quad \text{イ } \frac{a\alpha_o}{\alpha_i + \alpha_o} \quad \text{ウ } \frac{a(\alpha_i + \alpha_o)}{\alpha_i} \quad \text{エ } \frac{a(\alpha_i + \alpha_o)}{\alpha_o}$$

オ 日射遮蔽型 Low-E

カ 日射取得型 Low-E

キ 熱線吸収

(2) 空気調和設備の中で、熱源システムが消費するエネルギーは大きく、これを削減することが省エネルギーにつながる。搬送を含めた熱源システムの省エネルギーとしては種々の対策が考えられる。

1) 熱源機器の効率の向上のためには、高効率の熱源を選択するのはもちろんであるが、熱源運用方法としては、例えば冷熱源の場合には、支障のない範囲で冷水温度はできるだけ  $\boxed{9}$  し、冷却水温度はできるだけ  $\boxed{10}$  することが冷凍機の COP の向上につながる。冷水温度を比較的  $\boxed{9}$  しても機能しやすい二次側の方式として、 $\boxed{11}$  方式を取り入れることで省エネルギー化を図る方法などが考えられる。

2) 立地条件にもよるが、可能な場合には未利用エネルギーをシステムとして有効に活用することも重要である。例えば、地中熱を使う方法がある。地中の温度は、一般に大気のと比べて夏は低く冬は高いので、条件的に可能であれば、夏には地中熱で冷却された冷水をそのまま  に送って冷房することや、前述の  方式の熱源として利用することも考えられる。また、冷凍機の  として利用して、冷凍機のCOPの向上を図ることもできる。

<  ~  の解答群 >

- |        |         |         |        |
|--------|---------|---------|--------|
| ア 凝縮器  | イ 蓄熱コイル | ウ 冷水コイル | エ 大温度差 |
| オ 低温送風 | カ 放射冷房  | キ 補給水   | ク 冷却水  |
| ケ 冷水   | コ 高く    | サ 低く    | シ 一定と  |

3) 搬送エネルギーの削減のためには、冷水や温水の流量を減らすのが効果的であるが、そのためには、負荷が同じでも冷温水の  の差を大きくする方法がある。また、空調負荷は  温度や日射の有無によって時間的に大きく変動するので、インバータを用いて空調負荷に合わせて流量を変化させる方法も多く用いられている。

ちなみに、ポンプ特性として理論上では、回転速度制御方式を用いてポンプの回転速度を $\frac{1}{2}$ にすると、流量は  になり、圧力は  になり、軸動力はさらに小さくなるため、大きな省エネルギー化を図れることになるが、実用する系においては、実揚程の有無などを考慮した効果の検証が必要である。

<  ~  の解答群 >

- |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ア $\frac{1}{8}$ | イ $\frac{1}{6}$ | ウ $\frac{1}{4}$ | エ $\frac{1}{2}$ |
| オ 外気            | カ 室内設定          | キ 送風            | ク 行き温度と還り温度     |
| ケ 行き温度と外気温度     | コ 還り温度と外気温度     |                 |                 |

(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、解答群の字句等（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 <sup>d</sup>
---	----------------------

 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。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0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、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

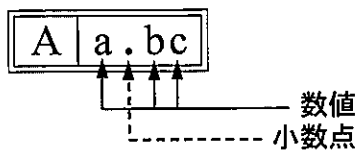
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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、(1)の「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。」の計算条件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 $\pi = 3.1415...$ 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)

6.795...  
↓ 四捨五入  
6.80

(解答)

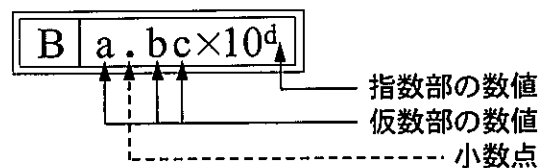
「680」を  
塗りつぶす



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

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183...×10<sup>2</sup>  
↓ 四捨五入  
9.18 ×10<sup>2</sup>

(解答)

「9182」を  
塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	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

(裏表紙)