

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

1~8ページ

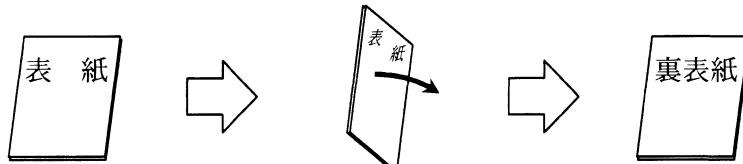
以下の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題13	電気加熱	2問題を選択	11~14 ページ
選択 問題14	電気化学		15~17 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

- 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。
- 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。
- 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
- 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。
- 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。
- 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。



全体を裏返す

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。(配点計 50 点)

(1) 図 1 は三相誘導電動機の星形 1 相分の等価回路(定常状態)を示したものである。なお、漏れインダクタンスが一次側に集中するように、適切な変換比を用いて二次側の諸量を一次側へ換算したものである。また、簡単のため鉄損を省略している。ここで、電源の相電圧を  $\dot{V}_1$ 、一次電流を  $\dot{I}_1$ 、一次抵抗を  $r_1$  及び漏れインダクタンスを  $l$  とする。

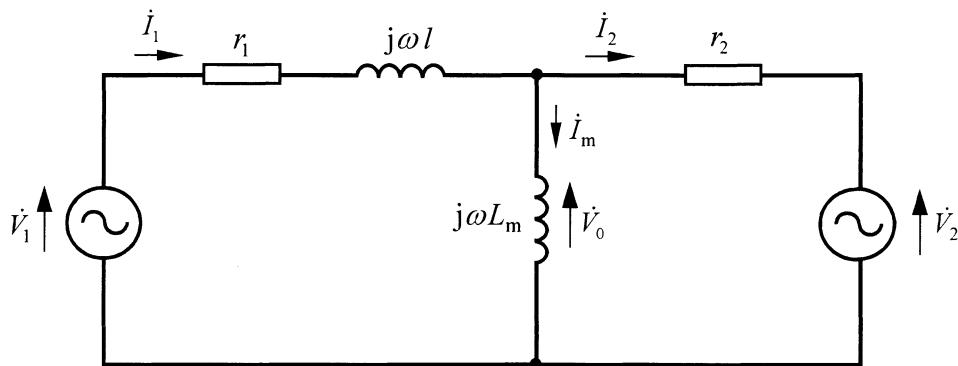


図 1 三相誘導電動機の等価回路

1) まず、図 1 の誘導機の逆起電力  $\dot{V}_2$  について考える。

通常の等価回路では二次抵抗  $r_2$  と逆起電力  $\dot{V}_2$  を一まとめにして、等価的な抵抗  で表わすことが多い。ただし、 $s$  は滑りで、電源の角周波数  $\omega$  と回転子の回転角速度  $\omega_m$  (電気角換算) より次式で定まる。

$$s = \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_0} \quad \dots \dots \dots \quad ①$$

励磁電流を  $\dot{I}_m$ 、励磁インダクタンスを  $L_m$  とすると、励磁インダクタンスの電圧は  $\dot{V}_0 = j\omega L_m \dot{I}_m$  であることから、二次電流  $\dot{I}_2$  及び逆起電力  $\dot{V}_2$  は次式のように計算され、 $\dot{I}_m$  との関係が得られる。

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_0}{\left(\frac{r_2}{s}\right)} = \frac{s\dot{V}_0}{r_2} = \frac{j(\omega - \omega_m)L_m \dot{I}_m}{r_2} \quad \dots \dots \dots \quad ②$$

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_0 - r_2 \dot{I}_2 = (1-s) \dot{V}_0 = \boxed{3} \quad \dots \dots \dots \quad ③$$

二次電流  $\dot{I}_2$  と逆起電力  $\dot{V}_2$  の位相はともに、励磁電流に対して 90 度進みとなる。逆起電力に供給される電力（三相分）を  $\omega_m$  で除すことにより発生トルク  $\tau_m$ （電気角換算）を求めることができ、その結果は次式となる。なお、簡単のため、励磁電流を位相の基準にとり、 $\dot{I}_m = I_m$ 、 $\dot{I}_2 = jI_2$  とする。

〈  ~  の解答群 〉

- |               |                           |               |                            |               |                                    |               |                                      |
|---------------|---------------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| $\mathcal{P}$ | $j\omega_m L_m \dot{I}_m$ | $\mathcal{Y}$ | $js\omega_m L_m \dot{I}_m$ | $\mathcal{W}$ | $j(1-s)\omega_m L_m \dot{I}_m$     | $\mathcal{E}$ | $3L_m I_m I_2$                       |
| $\mathcal{O}$ | $3sL_m I_m I_2$           | $\mathcal{F}$ | $3s\omega L_m I_m I_2$     | $\mathcal{K}$ | $\frac{r_2}{s}$                    | $\mathcal{C}$ | $\frac{r_2(1-s)}{s}$                 |
| $\mathcal{G}$ | $\frac{r_2 s}{1-s}$       | $\mathcal{D}$ | $\frac{\omega_m}{\omega}$  | $\mathcal{S}$ | $\frac{\omega - \omega_m}{\omega}$ | $\mathcal{I}$ | $\frac{\omega - \omega_m}{\omega_m}$ |

2) 次に、三相誘導電動機での損失について考える。

電動機での損失（一次銅損と二次銅損の和）は次式で与えられる。

$$W = 3r_1(I_m^2 + I_2^2) + 3r_2I_2^2 = 3r_1I_m^2 + 3(r_1 + r_2)I_2^2 \\ = 3 \left\{ \sqrt{r_1}I_m - \sqrt{r_1 + r_2}|I_2| \right\}^2 + 6\sqrt{r_1(r_1 + r_2)}I_m|I_2| \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

なお、回生運転では  $I_2$  が負となるため、 $I_2$  の絶対値  $|I_2|$  を用いている。

⑤式において、右辺2行目の第1項で  $\sqrt{r_1}I_m - \sqrt{r_1 + r_2}|I_2| = 0$  となるよう励磁電流の大きさを調整することで、同じ発生トルクに対して銅損を最小にできる。その条件は次式で表される。

$$I_m = k |I_2| \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

ただし、 $k$  は次式で与えられる。

$$k = \boxed{5} \quad \dots \dots \dots \quad ⑦$$

この結果より、二次電流の大きさに合わせて励磁電流を調整すると銅損を最小とすることができ、省エネルギーとなることが分かる。

＜ 5 の解答群 ＞

$$\mathcal{P} = \sqrt{\frac{r_1}{(r_1 + r_2)}}, \quad \mathcal{I} = \sqrt{\frac{r_2}{(r_1 + r_2)}}, \quad \mathcal{W} = \sqrt{\frac{(r_1 + r_2)}{r_1}}$$

問題 11 の (2) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(2) 蓄電池を電源として、平坦な直線上の 2 点間を移動する車輪駆動式搬送機がある。搬送機の質量は、積載荷重を含めて  $M[\text{kg}]$  である。この搬送機が、図 2 に示すような運転パターンで、始点での静止状態から  $T_1[\text{s}]$  の間、駆動力  $F[\text{N}]$  で加速走行し、その後、 $T_2[\text{s}]$  の間、駆動力を働かせずに惰行走行し、更にその後、 $T_3[\text{s}]$  の間、駆動力  $-F[\text{N}]$  で減速走行して停止した。このときの、搬送機の運動について考える。ただし、この搬送機には移動中、常に  $R[\text{N}]$  の抵抗力が生じているものとする。

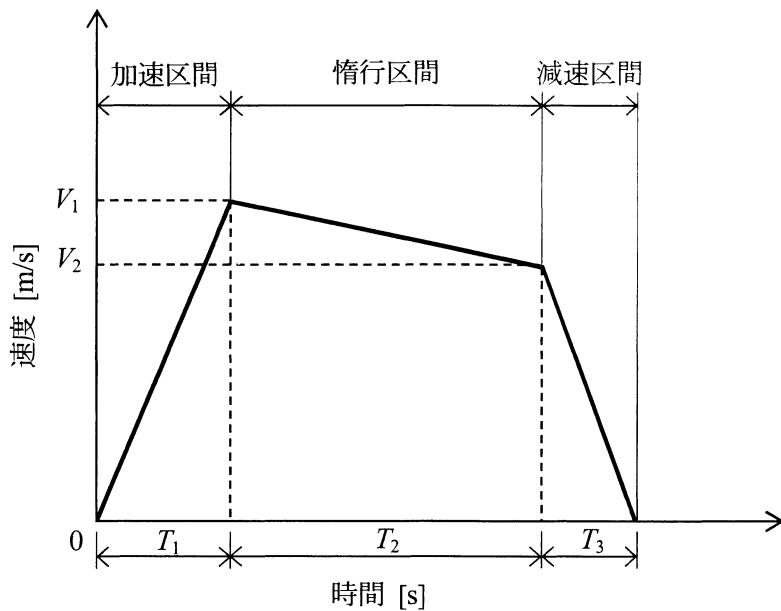


図 2 搬送機の運転パターン

1) 搬送機の加速度を求める。

加速区間における加速度は  $\frac{F - R}{M} [\text{m/s}^2]$  であり、惰行区間における加速度は  $\boxed{6} [\text{m/s}^2]$ 、減速区間における加速度は  $\boxed{7} [\text{m/s}^2]$  である。

<  $\boxed{6}$  及び  $\boxed{7}$  の解答群 >

$\mathcal{P} \quad \frac{F}{M}$	$\text{イ} \quad -\frac{R}{M}$	$\text{ウ} \quad -\frac{F + R}{M}$
$\text{エ} \quad \frac{F - R}{M}$	$\text{オ} \quad -\frac{F - R}{M}$	$\text{カ} \quad 0$

2) 次に搬送機の速度を求める。

加速区間終点における速度  $V_1$  は  $\frac{(F-R)T_1}{M}$  [m/s] であり、惰行区間終点における速度  $V_2$  は、

8 [m/s] である。

3) 搬送機の走行区間の距離を求める。

加速区間の距離は  $\frac{(F-R)T_1^2}{2M}$  [m] であり、惰行区間の距離は  9 [m] となる。

<  8 及び  9 の解答群 >

ア $\frac{(F-R)T_3}{M}$	イ $-\frac{(F-R)T_3}{M}$	ウ $\frac{(F-R)T_1T_2}{2M} - \frac{RT_2^2}{2M}$
エ $\frac{(F-R)T_1T_2}{M} - \frac{RT_2^2}{2M}$	オ $\frac{(F-R)T_1}{M} - \frac{RT_2}{M}$	カ $\frac{(F-R)T_1}{M} + \frac{RT_2}{M}$

4) 搬送機の走行時のエネルギーを求める。

加速区間終点でのこの搬送機の運動エネルギーは  $\frac{(F-R)^2 T_1^2}{2M}$  [J] である。また、加速区間に  
おいて電源が与えたエネルギーは  10 [J] である。

この搬送機が蓄電池により駆動されているとすると、減速区間に働く負の駆動力は駆動用電動機  
の回生運転により得ることができ、エネルギーを回収することが可能である。走行抵抗以外の  
損失がすべて無視できるとしたとき、蓄電池が回収できるエネルギーは  11 [J] であり、  
走行抵抗で損失になるエネルギーは  12 [J] である。

<  10 ~  12 の解答群 >

ア $\frac{F^2 T_1^2}{2M}$	イ $\frac{R^2 T_2^2}{2M}$	ウ $\frac{FR T_2^2}{2M}$
エ $\frac{(F-R)FT_1^2}{2M}$	オ $\frac{(F-R)RT_1^2}{2M}$	カ $\frac{(F+R)RT_2^2}{2M}$
ヰ $\frac{(F+R)FT_3^2}{2M}$	ク $\frac{(F+R)RT_3^2}{2M}$	ケ $\frac{(F+R)^2 T_3^2}{2M}$

(電動力応用)

問題 12 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。

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) 図 1 に示すロープトラクション式のエレベータを考える。かごの質量は  $M_C$  [kg]、釣合いおもりの質量は  $M_W$  [kg]、積荷の質量は  $M_P$  [kg] である。ここで、電動機の慣性モーメント、ロープの質量、空気抵抗及び摩擦は無視する。また、鉛直下向きの重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

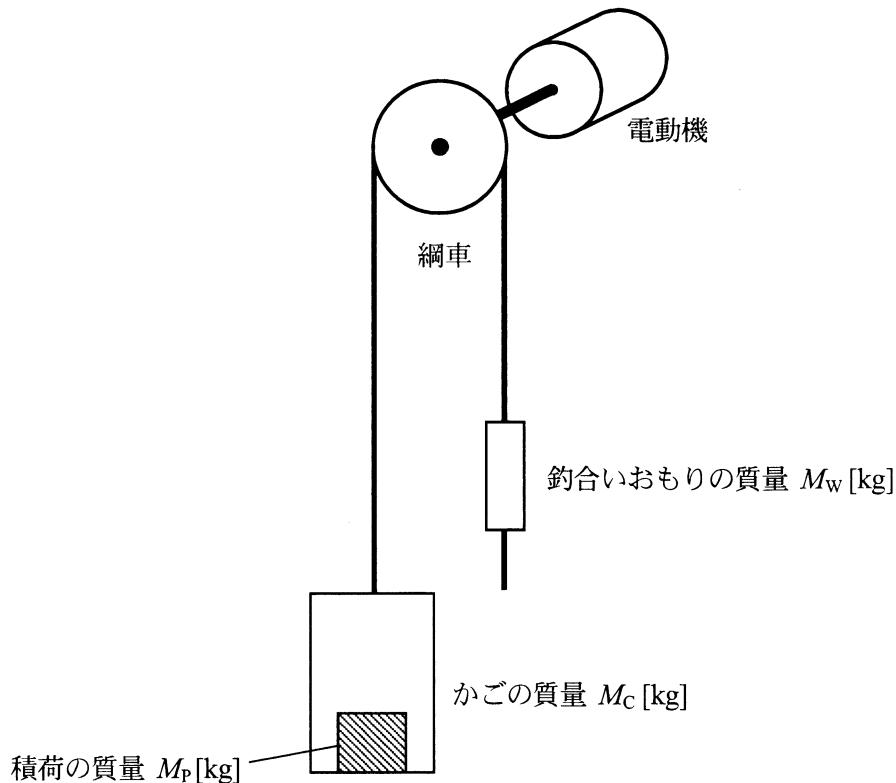


図 1 ロープトラクション式エレベータ

- 1) はじめ、かごは静止状態にあり、時刻  $t=0$  [s] から、かごが一定加速度  $\alpha$  [m/s<sup>2</sup>] で上向きに加速している状況を考える。このとき、積荷に働く鉛直下向きの力は  [N] である。また、時刻  $t$  [s] において、電動機が行う仕事率は  [W] である。

<  及び  の解答群 >

- |   |           |   |                   |
|---|-----------|---|-------------------|
| ア $M_p\alpha$                           | イ $M_p g$ | ウ $M_p(\alpha-g)$                                     | エ $M_p(\alpha+g)$ |
| オ $(M_c + M_p - M_w)g\alpha t$          |           | カ $(M_c + M_p + M_w)\alpha^2 t$                       |                   |
| キ $(M_c + M_p + M_w)(\alpha+g)\alpha t$ |           | ク $\{(M_c + M_p)(\alpha+g) + M_w(\alpha-g)\}\alpha t$ |                   |

- 2) 時刻  $t$  [s] までに電動機が行った仕事は  [J] となる。

- 3) また、時刻  $t$  [s] における、かご、積荷、釣合いおもりの運動エネルギーの合計は  [J]、位置エネルギーの合計は  [J] である。

<  ~  の解答群 >

- |  |  |
|--|--|
| ア $\frac{1}{2}(M_c + M_p - M_w)\alpha^2 t^2$                       | イ $\frac{1}{2}(M_c + M_p + M_w)\alpha^2 t^2$                       |
| ウ $\frac{1}{2}(M_c + M_p - M_w)g\alpha t^2$                        | エ $\frac{1}{2}(M_c + M_p + M_w)g\alpha t^2$                        |
| オ $\frac{1}{2}(M_c + M_p - M_w)(\alpha-g)\alpha t^2$               | カ $\frac{1}{2}(M_c + M_p + M_w)(\alpha-g)\alpha t^2$               |
| キ $\frac{1}{2}(M_c + M_p - M_w)(\alpha+g)\alpha t^2$               | ク $\frac{1}{2}(M_c + M_p + M_w)(\alpha+g)\alpha t^2$               |
| ケ $\frac{1}{2}(M_c + M_p - M_w)(\alpha+g)^2 t^2$                   | コ $\frac{1}{2}(M_c + M_p + M_w)(\alpha+g)^2 t^2$                   |
| サ $\frac{1}{2}\{(M_c + M_p)(\alpha+g) - M_w(\alpha-g)\}\alpha t^2$ | シ $\frac{1}{2}\{(M_c + M_p)(\alpha+g) + M_w(\alpha-g)\}\alpha t^2$ |

問題 12 の (2) は次の 7 頁及び 8 頁にある

(2) ある工場の送風設備（送風機定格出力 30kW）において、現状では吐き出しダンパの開度制御によって風量調節を行っている。これから、この設備に汎用インバータによる速度制御を導入することで、省エネルギー化を図ることを考える。

現状の運用では、1日のうち10時間は定格風量の80%で、14時間は定格風量の50%で運転しており、この設備の更新後も同じ運用を行う。

現状の設備では、送風機の定格動作点での効率（実際値）が 80 % であり、電動機（誘導電動機）の効率は 85 %（動作点によらず一定）である。電動機を三相交流電源に直接接続して定格速度で運転しており、吐き出しダンパ制御によって必要な風量（80 % 又は 50 %）を得ている。

この送風設備の風圧-風量特性、風道の送風抵抗曲線及び送風機効率は、それぞれ以下の式で表される。

$$h = 1.2n^2 + 0.5nq - 0.7q^2 \dots \dots \dots \quad \text{①}$$

$$r = q^2 \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$\eta = 2.0 \left( \frac{q}{n} \right) - \left( \frac{q}{n} \right)^2 \quad \dots \dots \dots \quad ③$$

ここで、 $h$ は風圧、 $n$ は回転速度、 $q$ は風量、 $r$ は送風抵抗、 $\eta$ は送風機効率であり、いずれも送風機定格点での値で正規化した(p.u.で表した)ものである。図2に、①式及び②式で与えられる送風機の風圧-風量特性、及び送風抵抗曲線を表す。

1) 現状の設備における1日の消費電力量について考える。

吐き出しダンパを開度制御して定格風量の 80 % で運転する 10 時間においては、図 2 中の動作点 6 で運転している。このとき、 $h = 1.15$  [p.u.]、 $\eta = \boxed{A} \boxed{a.bc} \times 10^{-1}$  [p.u.]、送風機軸入力  $p = 0.960$  [p.u.] となる。

また、定格風量の 50% で運転する 14 時間においては、図中の動作点 7 で運転しており、このとき、 $h = \boxed{B \mid a.bc}$  [p.u.]、 $\eta = 0.75$  [p.u.]、送風機軸入力  $p = \boxed{C \mid a.bc} \times 10^{-1}$  [p.u.] となる。

送風機の定格出力が 30 kW、送風機効率が 80 %、電動機効率が 85 % なので、風量 80 % の 10 時間における消費電力量は 424 [kW·h] となり、風量 50% の 14 時間における消費電力量は D abc [kW·h] となる。

2) 汎用インバータによる速度制御を導入した場合の消費電力量について考える。

電動機は更新せずに、汎用インバータ（インバータ効率 95 %）による速度制御を導入し、

吐き出しダンパは全開して、速度制御によって必要な風量（80 % 又は 50 %）を得ることとする。

なお、速度制御の導入後も①～③式は成り立つものとする。

定格風量の 80 % で運転する 10 時間においては、図中の動作点 G で運転している。このとき、

$$h = \boxed{E} \ a.b \times 10^{-1} [\text{p.u.}], \eta = 1.0 [\text{p.u.}], \text{送風機軸入力 } p = \boxed{F} \ a.b \times 10^{-1} [\text{p.u.}] \text{ となる。}$$

また、定格出力の 50 % で運転する 14 時間においては、図中の動作点 8 で運転しており、

$$\text{このとき, } h = 0.25 [\text{p.u.}], \eta = 1.0 [\text{p.u.}], \text{ 送風機軸入力 } p = \boxed{G} \ a.b \times 10^{-1} [\text{p.u.}] \text{ となる。}$$

設備の更新前と同様に、送風機の定格出力が 30 kW で、送風機効率が 80 %、電動機効率が 85 %

として、更にインバータ効率が 95 % なので、1 日の消費電力量は H abc [kW·h] となる。

以上を踏まえると、汎用インバータによる速度制御を導入することにより、1 日当たりの消費電力量は、現状のおよそ 3 分の 1 まで低減されることが分かる。

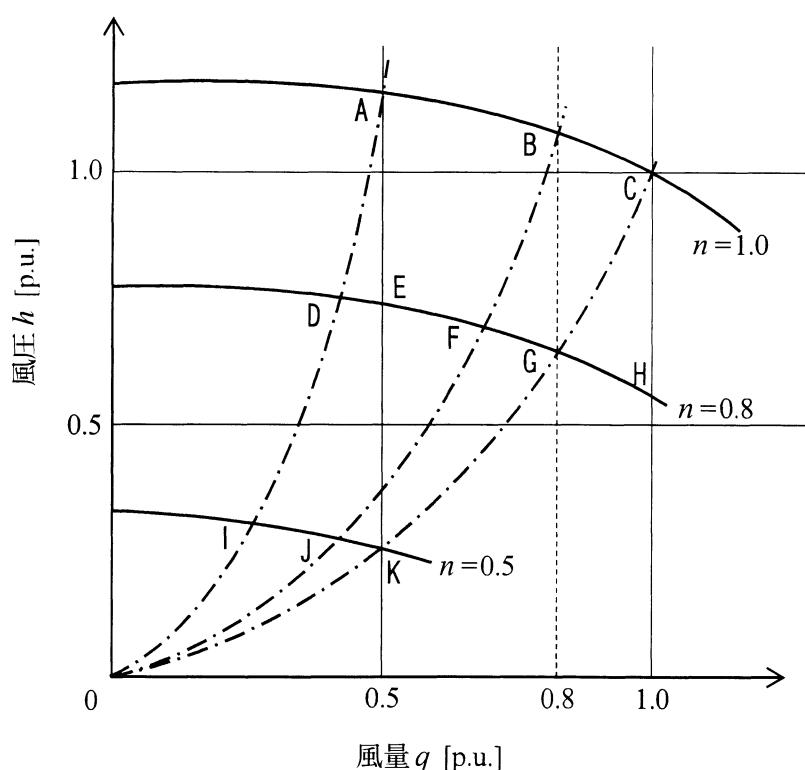


図2 送風機の風圧-風量特性、送風抵抗曲線

< 6 ~ 8 の解答群 >

ア A

イ B

ウ C

エ D

オ E

カ F

キ G

ク H

ケ I

コ J

サ K

(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 次の各間に答えよ。(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をく  ~

の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

1) 電子ビーム加熱は、 で高速に加熱した電子流を被加熱材に衝突させ、その際に発生する熱を利用する加熱である。高密度エネルギーが得られることから、高融点金属の溶接やセラミックの などに利用される。

2) アークプラズマの代表的応用例としては、セラミックや合金の粉末を素材表面に吹き付ける がある。そのほかの用途として、不活性ガス雰囲気を利用した、金属の溶解や精錬などが挙げられる。

3) 赤外加熱では、被加熱物の分光吸収率が高い領域の波長を有する放射源が用いられる。一般的な放射源として、赤外電球は 域に高い分光吸収率を有する物体の加熱に適しており、セラミックヒータは 域に高い分光吸収率を有する物体の加熱に適している。

<  ~  の解答群 >

ア 加圧空気中	イ 真空中	ウ 大気中	エ 搅拌
オ 窒化処理	カ 微細加工	キ 溶射	ク 遠赤外
ケ 可視光	コ 近赤外	サ 中赤外	シ マイクロ波
ス ミリ波	セ 炭化けい素炉	ソ ホットプレス	

(2) 次の各文章の  ~  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箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

電気加熱には加熱の方法によって種々の方式があるが、誘導加熱は電磁誘導作用を利用する加熱方式である。

1) 誘導加熱は、被加熱物の周りにコイルを巻き、これに  を流すことで発生する交番磁束により被加熱物に誘導される  を利用する方式である。この  の密度は、表皮効果により表面から内部に進むにつれて指数関数的に減少し、その値が表面での値の  $\frac{1}{e}$  ( $= 0.368$ ) になる位置を電流浸透深さと呼ぶ。

<  及び  の解答群 >

- |       |        |        |
|-------|--------|--------|
| ア 湍電流 | イ 交流電流 | ウ 直流電流 |
| エ 電磁波 | オ 誘電体損 | カ ピンチ  |

2) 電流浸透深さ  $\delta$  は次式で表される。

$$\delta = 503 \times \sqrt{\frac{A}{BC}} \text{ [m]}$$

ここで、 $A$  は  、 $B$  は  、 $C$  は  である。

よって、誘導加熱においては、加熱目的、被加熱物の材質、形状、寸法などに応じて、電流浸透深さを考慮し、最適な  を選定しなければならない。

<  ~  の解答群 >

- |             |                                 |                  |
|-------------|---------------------------------|------------------|
| ア 回路の電流 [A] | イ 電界強度 [V/m]                    | ウ 電源の周波数 [Hz]    |
| エ 電源の電圧 [V] | オ 被加熱物の抵抗率 [ $\Omega \cdot m$ ] | カ 被加熱物の導電率 [S/m] |
| キ 被加熱物の比透磁率 | ク 被加熱物の比熱比                      | ケ 被加熱物の比誘電率      |

問題 13 の (3) は次の 13 頁及び 14 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。

また、  ab.c 及び  ab.c 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。

金属を溶解するある誘導炉設備について、現状の運転による場合と、熱損失を改善して運転した場合について考える。ここで、次の項目は改善前後における共通の条件とする。

設備の定格電力  $P = 6$  [MW]

力率  $\cos \varphi = 75$  [%] (負荷の変化によらず一定とする)

全電気効率  $\eta = 95$  [%] (負荷の変化によらず一定とする)

1) 誘導炉の現状の運転について考える。

現状の入力電力及び設備の熱損失は次のとおりとする。

入力電力  $P_1 = 6$  [MW]

設備の熱損失  $L_1 = 500$  [kW] (負荷によらず一定とする)

① 定格電力  $P$  がこの設備の最大需要電力であるとすると、この設備へ給電するために必要な変圧器容量は  [MVA] である。

② 入力電力  $P_1$  のとき、被加熱材の溶解に寄与する正味の電力は  [MW] である。

③ 入力電力  $P_1$  で、加熱時間 50 分のとき、被加熱材  $W=10$  [t] を溶解処理できた。このときの電力原単位は  [kW·h/t] である。

<  ~  の解答群 >

ア 4.0 イ 5.2 ウ 5.5 エ 5.7 オ 6.0

カ 8.0 キ 8.4 ク 475 ケ 500 ハ 600

2) 誘導炉の熱損失を現状から改善した場合について考える。ここで、改善後の熱損失は次のとおりとする。

設備の熱損失  $L_2 = 200$  [kW] (負荷によらず一定とする)

① 加熱時間を現状から変えずに運転すれば、熱損失の改善によって、入力電力を現状の運転時の A ab.c [%] まで低減できる。

② 入力電力を現状の  $P_1$  から変えずに運転すれば、熱損失の改善によって、加熱時間を現状の 50 分から B ab.c [分] まで短縮することができる。

(電気化学 — 選択問題)

問題 14 次の各間に答えよ。(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式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

1) 電気化学システムは二つの電極と、 である電解質、及び外部回路から成り立っており、必要に応じて二つの電極を分離するために隔膜が用いられる。二つの電極では酸化反応と  が別々の電極で起こることが特徴であり、これにより電気エネルギーと化学エネルギーの直接変換が可能となる。

電気エネルギーを化学エネルギーに変換するシステムは電解と呼ばれ、我が国では、食塩水を電気分解してビニルの原料である  を作り出すプロセスの電力消費量が大きい。

化学エネルギーから電気エネルギーを得るシステムは電池と呼ばれ、 に代表される一次電池、リチウムイオン電池に代表される二次電池がある。

<  ~  の解答群 >

- |        |          |           |           |
|--------|----------|-----------|-----------|
| ア 塩素   | イ 酸素     | ウ リチウム    | エ 電子伝導体   |
| オ 半導体  | カ イオン伝導体 | キ 還元反応    | ク 酸化反応    |
| ケ 中和反応 | コ 鉛蓄電池   | サ アルカリ蓄電池 | シ マンガン乾電池 |

2) 水を電気分解して酸素と水素を得る反応と、酸素と水素から水を生成して同時に電気エネルギーを得る反応を考えてみる。

この反応は次のように表すことが出来る。

電池反応



電解反応

ここで、電池反応と電解反応を比較して、いくつかの因子の大小を考えてみる。理論電圧については  の関係がある。絶対値が同じ大きさの電流が流れたときの電極間電圧については  の関係があり、さらに、このときの電解反応に要する電気エネルギーと、電池反応で生成する電気エネルギーの大きさには  の関係がある。

また、この①式の右向きの反応を用いるシステムは **8** システムと呼ばれ、家庭用分散形発電、電気自動車の駆動源として実用化が始まっている。

各プロセスで電圧に関しては電圧効率、電気量に関しては電流効率として計算される。多くの電解槽では、最適設計をすることにより、電流効率を 100 % に近づけることは可能であるが、電圧効率を 100 % に近づけることは難しい。

〈 5 ~ 8 の解答群 〉

- ア 燃料電池 イ 水電解 ウ ハイブリッド  
エ 電池反応 = 電解反応 オ 電解反応 > 電池反応 ハ 電池反応 > 電解反応

問題 14 の (2) は次の 17 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、数値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。

いま、公称電圧が 3.6 V で公称容量が 2.5 A·h のリチウムイオン電池について考える。

1) この電池 1 個の持つ電気エネルギーは  [W·h] である。また、このリチウムイオン電池は他の二次電池と比較してエネルギー密度は  。

<  及び  の解答群 >

- |        |       |          |
|--------|-------|----------|
| ア 低い   | イ 高い  | ウ 同程度である |
| エ 0.15 | オ 4.5 | カ 9.0    |

2) この電池の 5 時間率での充電電流は  [A] である。

3) この電池を 50 個直列に接続したとすると、満充電状態から取り出せる電気エネルギーは  [W·h] となるので、50 個直列に接続した電池（スタック）を満充電にしておけば、消費電力 500W の負荷を  分間用いることができる。

<  ~  の解答群 >

- |       |        |       |       |       |      |
|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| ア 0.5 | イ 0.72 | ウ 7.5 | エ 54  | オ 60  | カ 67 |
| キ 90  | ク 125  | ケ 180 | コ 225 | サ 450 |      |

(空 白)

(照明 — 選択問題)

問題 15 次の各間に答えよ。(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  ~

の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

また、 $A \times 10^c$  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。なお、円周率  $\pi = 3.14$  とする。

1) 半径 0.2 m で透過率  $\tau = 20 [\%]$ 、吸収率  $\alpha = 20 [\%]$  の乳白色硝子を  $\Phi = 500 [lm]$  の光束で一様に照射した場合、裏面での光束発散度は  [ $lm\ m^2$ ] となる。また、表面の輝度  $L_1$  と裏面の輝度  $L_2$  の比  $\frac{L_1}{L_2}$  は  となる。

2) 間口 6 m、奥行 7 m、高さ 2.5 m の事務所に、40 W 蛍光ランプ 2 灯用下面開放埋め込み天井灯(カバー無し) 照明器具を 10 台取り付けた場合、床面より 0.85 m 上の作業面の平均照度を 620 lx にしたい。このときの室指数は約 、1 灯のランプ光束は約  $A \times 10^c$  [lm] となる。ただし、保守率は 0.74、室内の反射率が天井 70 %、壁 50 %、床 30 % の室とし、照明率は表 1 の値を用いること。

表 1 照明率表

照明率		
室指数	反射率	
	天井	70 %
	壁	50 %
0.6	床	30 %
0.6	0.35	
0.8	0.41	
1.0	0.50	
2.0	0.67	
5.0	0.81	

3) あらゆる方向への光度が等しい光源を 10 個使用し、面積  $10 \text{ m}^2$  の作業面を照射している。この光源の 80 % が作業面上に入射しているものとすれば、作業面上の平均照度を  $500 \text{ lx}$  にするためには 1 個の光源の光度は 4 [cd] となる。

< 1 ~ 4 の解答群 >

ア 0.8	イ 1.0	ウ 1.5	エ 2.0	オ 3.0	カ 4.9
キ 5.0	ク 50	ケ 196	コ 796	サ 2387	シ 3980

問題 15 の (2) は次の 21 頁にある

(2) 次の文章及び表の 5 ~ 9 の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を 5 ~ 9 の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、5 は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

表2に示す3種類の光源は、いずれも商用電源に直結したエジソンタイプのソケットに装着できるランプである。最も発光効率の低い白熱電球から、最も発光効率の高い5 に置き換えることで、ランプ1個当たり6 [W] の消費電力を削減することができる。

白熱電球の特長として演色性の高いことが挙げられるが、演色性とは7 が等しい基準光源との比較において、被照射物体の色の8 を評価する指標のことである。

表2 光源の種類と性能

光源の種類	ランプ効率	全光束	平均演色評価数	光束立ち上がり特性
白熱電球	15 lm/W	810 lm	100	非常に速い
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span>	100 lm/W	810 lm	80	非常に速い
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9</span>	68 lm/W	810 lm	80	比較的遅い

< 5 ~ 9 の解答群 >

- |               |            |               |
|---------------|------------|---------------|
| ア 片口金形ハロゲンランプ | イ 蛍光水銀ランプ  | ウ 直管LEDランプ    |
| エ 電球形LEDランプ   | オ 電球形蛍光ランプ | カ 両口金形ハロゲンランプ |
| キ 光束発散度       | ク 彩度       | ケ 相関色温度       |
| コ 忠実性         | サ 直下光度     | シ 明度          |
| ス 20          | セ 46       | ソ 85          |

(空 白)

(空気調和 — 選択問題)

問題 16 次の各間に答えよ。(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、数値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) 蒸気圧縮式冷凍機は、圧縮機、蒸発器、凝縮器などで構成され、冷房運転時には、蒸発器で冷媒を蒸発させて水や空気を冷却する。 の低い中間期などには  の回転速度を制御して、高い成績係数 (COP) を確保することができるものもあり、冷水温度 7°C 仕様で最高 COP は  前後に達する。COP の値は運転条件によって変わり、蒸発温度が等しい場合、凝縮温度が  ほど大きくなる。

<  ~  の解答群 >

ア 低い	イ 高い	ウ 圧縮機	エ 凝縮器	オ 蒸発器
カ 室内温度	キ 冷却水温度	ク 8	ケ 12	コ 18

2) 吸収式冷凍機は、冷媒と吸収液を使用する冷凍機で、蒸発器で蒸発した冷媒を吸収液に吸収させ、これを **5** で加熱して冷媒を **6** 分離する。加熱にはボイラなどからの蒸気や温水を用いるものと、燃料を機内で燃焼させるものがある。また、機器の構成により一重効用式、二重効用式などがある。そのうち **7** は、成績係数は大きいが高温の熱源が必要であり、高圧蒸気や高温水を利用したり直焚式として用いられる。

主要なエネルギー源としては燃料を使用し、補機用に電力を使用する。このため、成績係数としては **8** のものが用いられる。

一般には吸収材として **9**、冷媒として **10** を使用するものが多い。

〈 **5** ~ **10** の解答群 〉

- |               |             |             |
|---------------|-------------|-------------|
| ア 凝縮して        | イ 沸騰させて     | ウ 濾過して      |
| エ 圧縮機         | オ 凝縮器       | カ 再生器       |
| キ 一重効用式       | ク 二重効用式     | ケ 一次エネルギー基準 |
| コ 二次エネルギー基準   | サ 水         | シ アンモニア     |
| ス 酢酸エチル水溶液    | セ 臭化リチウム水溶液 | ソ 代替フロン     |
| タ フッ化カルシウム水溶液 |             |             |

問題 16 の(2)は次の 25 頁及び 26 頁にある

(2) 次の各文章及び表の **[11]** ~ **[23]** 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、**[11]** 及び **[18]** は 3 箇所、**[15]** は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

一般的なオフィスの空調機の熱負荷は、室負荷とその他の負荷に分類され、室負荷は更に外からの侵入熱あるいは外への放出熱と室内発生熱に分けられる。また、負荷の性質としては大きく、顯熱負荷と潜熱負荷に分けられる。ここで、冷房時における空調機の熱負荷について考える。

#### 1) 外部から侵入する室顯熱負荷

冷房時において外部から侵入する単位時間当たりの主な顯熱負荷とその算定式は次の表 1 のように示すことができる。

表 1 外部からの顯熱負荷と算定式

負荷	負荷算定式
① 窓の貫流熱	窓の <b>[11]</b> × 窓面積 × ( <b>[12]</b> - <b>[13]</b> )
② 外壁の貫流熱 (日射等影響含む)	外壁の <b>[11]</b> × 外壁面積 × <b>[14]</b>
③ 窓から入る日射熱	<b>[15]</b> × 窓面積 × <b>[16]</b>
④ 侵入外気の熱負荷	空気の比熱 × 侵入外気量 × <b>[17]</b>

ここで、**[11]** については断熱材の使用によって、**[15]** については、ブラインドやカーテン、熱線反射フィルムなどを用いることによって低く抑えることができ、結果として大幅な負荷の低減が可能となる。

< **[11]** ~ **[17]** の解答群 >

- |                    |             |            |
|--------------------|-------------|------------|
| ア 室温               | イ 外気温       | ウ 外壁面温度    |
| エ 室内外温度差           | オ 実効温度差     | カ 室内外絶対湿度差 |
| キ 热貫流(通過)率         | ク 热貫流(通過)抵抗 | ケ 热伝達率     |
| コ 日射热取得率           | サ 日射反射率     | シ 日照时间     |
| ス 窓に入射する单位面積当たり日射量 |             |            |

## 2) 室内で発生する室顕熱負荷

冷房時において室内で発生する単位時間当たりの主な顕熱負荷とその算定式は次の表2のように示すことができる。

表2 室内で発生する顕熱負荷と算定式

負荷	負荷算定式
⑤ 照明発熱	<input type="text"/> 18 × <input type="text"/> 19
⑥ 人体発熱	一人当たりの顕熱 × 在室人数

ここで、 18 については、LED の使用、設定照度の抑制、昼光利用などにより低く抑えることができ、負荷の低減が可能となる。また、 18 はすべてが室負荷とならない場合もある。

〈 18 及び  19 の解答群〉

- |                  |                  |       |       |
|------------------|------------------|-------|-------|
| ア 照明器具 1 台の電力    | イ 照明器具 1 台の受持ち面積 |       |       |
| ウ 床面積当たり照明用電力消費量 | エ 照度             | オ 照明率 | カ 床面積 |

## 3) 室潜熱負荷

1) 及び 2) で顕熱負荷として示した表1及び表2の①～⑥の負荷の中で、更に潜熱負荷としても考慮する必要があるものは、 20 及び  21 である。

〈 20 及び  21 の解答群〉

- |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ア ① | イ ② | ウ ③ | エ ④ | オ ⑤ | カ ⑥ |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

## 4) その他の空調機負荷

空調機で処理する熱負荷は、室負荷だけでなくその他の負荷として、顕熱負荷と潜熱負荷の双方を持つ 22 負荷や顕熱負荷のみの 23 負荷などを加えたものになる。

〈 22 及び  23 の解答群〉

- |             |         |            |
|-------------|---------|------------|
| ア 送風機発熱     | イ ポンプ発熱 | ウ 配管からの損失熱 |
| エ 非空調室壁からの熱 | オ 取入れ外気 | カ OA 機器発熱  |

(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<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。

また、計算をともなう解答の場合は以下によること。

(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。

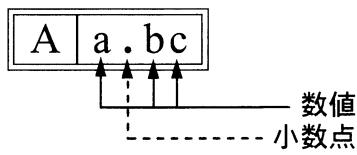
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

(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  $\pi = 3.1415\dots$  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

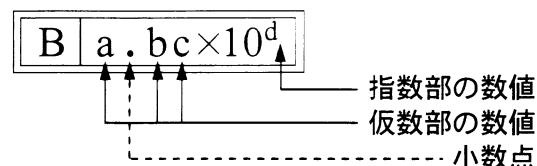
(解答)

「6.83」に  
マークする

A			
a	.	b	c
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)

$9.183 \times 10^2$

↓ 四捨五入

$9.18 \times 10^2$

(解答)

「 $9.18 \times 10^2$ 」に  
マークする

B				
a	.	b	c	$\times 10^d$
①		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