

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

1～8 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	11～13 ページ
選択 問題14	電気化学		15～16 ページ
選択 問題15	照 明		17～20 ページ
選択 問題16	空気調和		21～24 ページ

I 不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。以下の行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

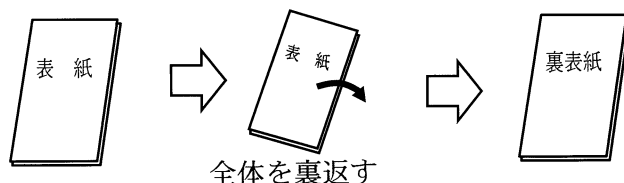
- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| ①電子機器、通信機能付機器、使用禁止電卓の使用 | ②本・ノート、メモ等を見る。 |
| ③他の受験者の答案を見る。 | ④他の受験者と物品の貸し借りを行う。 |
| ⑤試験開始の合図の前に試験問題を見る。 | ⑥試験終了の合図にもかかわらず、解答を続ける。 |

なお、①、②については、対象物を、机の上、机の棚板に置いている、手に持っている、身につけている、その他しまわずに利用可能な状態になっている場合は、不正行為を行ったものとみなす。

II 試験中における注意事項

1. 受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
2. 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。
7. 以下の場合は、監督員に挙手合図をすること。
・体調不良 ・水分補給が必要 ・トイレに行きたい

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。
その際、冊子の中は決して見ないこと。



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 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)

- (I) 交流電動機の変速運転の基本事項について、永久磁石三相同期電動機（極数 2）を例にとり、図 1 に示す静止座標（ $\alpha\beta$ 軸）と回転磁界に同期して回転する同期回転座標（ dq 軸）の上で、空間ベクトルを用いた動作解析を交えて考察する。なお、電動機の u 、 v 、 w の三相巻線は対称で、 u 相巻線を基準として、それから θ の方向の永久磁石による磁束の方向を d 軸としている。

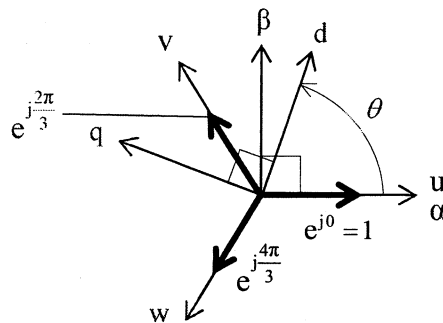


図 1 座標軸の関係

- 1) 巻線のインダクタンスが回転子の回転角によらず一定であるとした場合について考える。電動機各相の巻線抵抗を r 、自己インダクタンスを漏れ成分 l と有効成分 L の和 $(l+L)$ と表し、巻線間の相互インダクタンスを M 、永久磁石による鎖交磁束の最大値を ϕ とすると、 u 相巻線の瞬時電圧 v_u は、式①で表すことができる。

$$v_u = r i_u + \frac{d}{dt} \left\{ (l+L) \cdot i_u \right\} + \frac{d}{dt} (\phi \cos \theta) + \frac{d}{dt} (M \cdot i_v) + \frac{d}{dt} (M \cdot i_w) \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

式①は、 M が $L \cos \frac{2\pi}{3}$ であること、線電流 i_u 、 i_v 、 i_w には式 1 の関係があることから、瞬時電流 i_v 、 i_w を消去すると式②を得る。 v 相及び w 相についても同様の関係式が成り立つが、巻線方向が異なるため、式②の中の θ をそれぞれ 2 に置き換える必要がある。

$$v_u = r i_u + \frac{d}{dt} \left\{ \left(l + \frac{3}{2} L \right) i_u \right\} + \frac{d}{dt} (\phi \cos \theta) \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

三相交流電動機の解析には、次式で定義される電圧の空間ベクトル（複素数） $\mathbf{v}_{\alpha\beta}$ が利用される。

$$\mathbf{v}_{\alpha\beta} = \sqrt{\frac{2}{3}} \left(v_u + v_v e^{j\frac{2\pi}{3}} + v_w e^{j\frac{4\pi}{3}} \right) \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

u 相に関する式②及び、同様な v 相、 w 相の関係式を式③に代入して整理すると、式④となる。

$$\mathbf{v}_{\alpha\beta} = r \mathbf{i}_{\alpha\beta} + \frac{d}{dt} (L_a \mathbf{i}_{\alpha\beta}) + j\omega \phi_m e^{j\theta} \quad \dots\dots\dots ④$$

ただし、電流の空間ベクトル $\mathbf{i}_{\alpha\beta}$ を $\mathbf{v}_{\alpha\beta}$ と同様に定義 (式③の v を i に置き替える) した。また、 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ 、 $\phi_m = \sqrt{\frac{3}{2}} \phi$ 、 $L_a = l + \frac{3}{2} L$ である。

2) 同期回転座標から見た空間ベクトルを $\mathbf{v}_{dq}$ 、 $\mathbf{i}_{dq}$ と表すと、静止座標から見た空間ベクトル $\mathbf{v}_{\alpha\beta}$ 、 $\mathbf{i}_{\alpha\beta}$ との間には、 $\mathbf{v}_{\alpha\beta} = \mathbf{v}_{dq} e^{j\theta}$ 、 $\mathbf{i}_{\alpha\beta} = \mathbf{i}_{dq} e^{j\theta}$ の関係が成り立ち、これを式④に代入して整理し、両辺に $e^{-j\theta}$ を乗じると、次の結果を得る。

$$\mathbf{v}_{dq} = r \mathbf{i}_{dq} + \left(\boxed{3} \right) \times (L_a \mathbf{i}_{dq}) + j\omega \phi_m \quad \dots\dots\dots ⑤$$

< $\boxed{1} \sim \boxed{3}$ の解答群 >

- | | | |
|---|---|---|
| ア $\theta - \frac{\pi}{6}$ 、 $\theta - \frac{\pi}{3}$ | イ $\theta - \frac{\pi}{3}$ 、 $\theta - \frac{2\pi}{3}$ | ウ $\theta - \frac{2\pi}{3}$ 、 $\theta - \frac{4\pi}{3}$ |
| エ $\frac{d}{dt} + \omega$ | オ $\frac{d}{dt} - \omega$ | カ $\frac{d}{dt} + j\omega$ |
| キ $i_u + i_v + i_w = 0$ | ク $i_u + i_v e^{j\frac{2\pi}{3}} + i_w e^{j\frac{4\pi}{3}} = 0$ | ケ $i_u + i_v e^{-j\frac{2\pi}{3}} + i_w e^{-j\frac{4\pi}{3}} = 0$ |

3) 次に、埋込永久磁石形三相同期電動機のような、インダクタンスの大きさが回転角に依存する場合について考える。d軸方向のインダクタンスを L_d 、q軸方向のインダクタンスを L_q とすると、永久磁石の挿入によりd軸方向の等価的なギャップ長が大きくなり、 L_d と L_q の関係は $\boxed{4}$ となる。この場合には、式⑤の中の $L_a \mathbf{i}_{dq}$ を $L_d i_d + jL_q i_q$ で置き換える必要がある。置き換えと共に $\mathbf{i}_{dq} = i_d + j i_q$ 、 $\mathbf{v}_{dq} = v_d + j v_q$ として、式⑤より v_d 、 v_q を求めると、次の結果が得られる。

$$v_d = r i_d + L_d \frac{d}{dt} i_d + \omega \times (\boxed{5})、v_q = r i_q + L_q \frac{d}{dt} i_q + \omega \times (\boxed{6}) \quad \dots\dots ⑥$$

空間ベクトル $\mathbf{i}_{dq}$ と $\mathbf{v}_{dq}$ の内積 ($\mathbf{i}_{dq} \cdot \mathbf{v}_{dq}$ と表す) を計算すると、最終的に式⑦のトルク τ が導かれ、 i_d 及び i_q を操作することにより、各種の制御が実現できる。

$$\tau = \left\{ \phi_m - (L_q - L_d) i_d \right\} i_q \quad \dots\dots\dots ⑦$$

< $\boxed{4} \sim \boxed{6}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|
| ア $L_q i_q$ | イ $-L_q i_q$ | ウ $-L_d i_d$ | エ $L_d i_d + \phi_m$ | オ $L_q i_q + \phi_m$ |
| カ $-L_q i_q + \phi_m$ | キ $L_d = L_q$ | ク $L_d < L_q$ | ケ $L_d > L_q$ | |

問題 11 は次の頁に続く

(2) 線路上を走行する搬送用電気車両の運転について考える。線路は出発地から目的地まで水平な直線軌道となっており、両地点間の距離は 400 m とする。図 2 は、電気車両の走行速度の変化の様子を表している。静止状態の出発時から一定の加速度で速度を上げ、10 秒後 ($t_a=10$ [s]) に 18 km/h の等速運転に切り替える。しばらく等速度で走行した後、目的地の手前で一定の減速度 (負の加速度) で速度を下げていき、20 秒間 ($t_c=20$ [s]) 減速したときに目的地で静止する。減速の際には回生運転を行い、このとき機械的な制動は適用しない。

積載した荷物を含む車両の総質量は 2 t であり、走行中には線路から受ける $30g \times 10^{-4}$ [N/kg] の走行抵抗が生じる。ここで、重力の加速度 g を 9.8 m/s^2 とする。なお、簡単のために、走行抵抗以外の車両に加わる外力は無視するものとする。

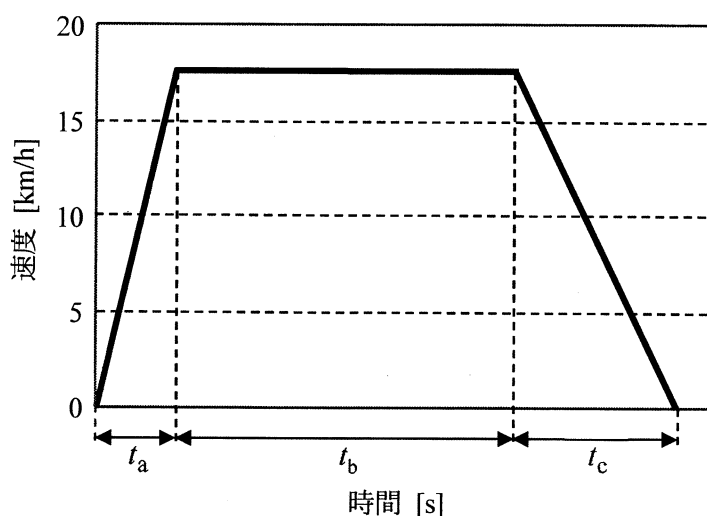


図 2 電気車両の走行速度

- 1) 始動直後から加速している 10 秒間で、車両は [m] を走行する。また、出発地から目的地までの距離が 400 m であるから、一定速度 18 km/h で等速走行している間の時間 t_b は 秒間と求められる。

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|------|------|-------|------|
| ア 25 | イ 50 | ウ 65 | エ 70 |
| オ 75 | カ 90 | キ 180 | |

- 2) 走行中に線路から受ける走行抵抗は速度によらず一定であるから、出発地から目的地までの400 mを走行する間に受ける走行抵抗によって [kJ] のエネルギーが失われる。また、18 km/h で等速走行しているとき、電気車両の出力のうちの走行抵抗分は、 [W] となる。

＜ 及び の解答群 ＞

ア 13.7 イ 21.2 ウ 23.5 エ 27.4 オ 108 カ 294
キ 1058 ク 1887

- 3) 走行中の車両全体が持つ運動エネルギーは、車両の直進運動による運動エネルギーと、車輪や電動機、減速器などの装置・機器の持つ回転運動による運動エネルギーの両者を合計したものとなる。例えば、車両が速度18 km/hで走行しているとき、車両の直進運動による運動エネルギーは、その速度と積載荷物を含む車両の総質量から求めることができる。そして、このときの回転運動による運動エネルギーが5 kJ であるとする、車両全体が持つ運動エネルギーはそれらを合計して [kJ] となる。

- 4) 車両が走行中に、もし電源回路を開路して惰性走行に切り替えたとすると、走行抵抗によって速度が徐々に低下していき最終的に静止する。速度18 km/hから惰性走行を開始して静止するまでの距離は、3) で求めた車両全体が持つ運動エネルギーから、理論的に [m] と計算される。

- 5) 図2の速度パターンに従って、一定速度18 km/hから目的地の手前で減速運転に切り替えると、 [kJ] の電力を回生することができる。ただし、回生効率を75%とする。なお、回生運転中にも走行抵抗で失うエネルギーが存在することに留意する。

＜ ～ の解答群 ＞

ア 10.0 イ 12.2 ウ 14.5 エ 20.3 オ 25.0 カ 25.7
キ 30.0 ク 170 ケ 230 コ 324 サ 425 シ 510

(電動力応用)

問題 12 次の各文章及び表の 1 ~ 15 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 に示すロープトラクション式のエレベータを、図 2 に示すパターンで運転する場合を例に、可変速運転を行ったときの所要動力等について検討する。ここで、かごの上昇距離を x [m] (時刻 $t=0$ の時 $x=0$ [m])、速度を v [m/s]、加速度を α [m/s²] とし、速度の最大値を v_m とする。また、エレベータの最大積載質量を M_{PM} [kg]、実際の積載質量を M_p [kg]、かごの質量を M_c [kg]、釣合いおもりの質量を M_w [kg] とし、重力の加速度 g を 9.8 m/s^2 とする。なお、簡単のために、その他の質量や慣性モーメント、走行に伴う機械的な損失は無視できるものとする。

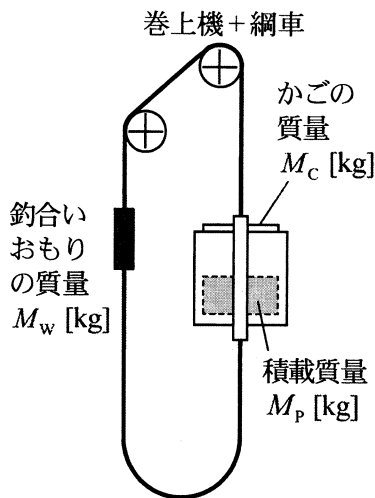


図 1 エレベータ構成概念図

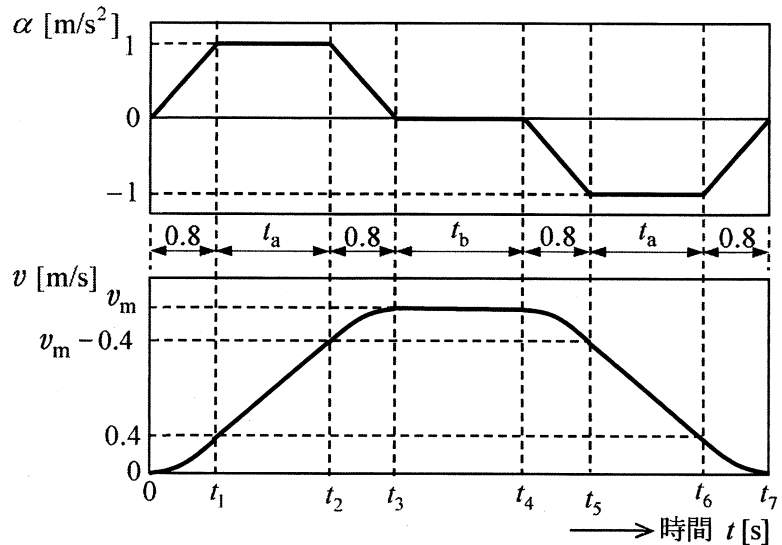


図 2 エレベータの運転パターン

- 1) $M_1 = M_p + M_c + M_w$ 、 $M_2 = M_p + M_c - M_w$ とすると、巻上機が綱車を通して供給する力 F [N] 及び瞬時動力 P [W] は、次式で与えられる。

$$F = M_1 \alpha + M_2 g \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$P = F v = (M_1 \alpha + M_2 g) v \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

ここで、 M_p の M_{PM} に対する比率を乗車率 k と定義すると、 $M_p = k M_{PM}$ で表され、 $k=0.5$ のときに荷重が釣合うように M_w を決めると、 M_w は M_c 、 M_{PM} を用いて次式で表される。

$$M_w = \boxed{1} \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

したがって、 M_1 及び M_2 は、式③を用いて M_w を消去すると、次のように表される。

$$M_1 = M_p + M_c + M_w = \boxed{2}, \quad M_2 = M_p + M_c - M_w = (k - 0.5) M_{PM} \quad \dots\dots \textcircled{4}$$

〈 及び の解答群 〉

- ア $M_C + 0.5 M_{PM}$ イ $M_C - 0.5 M_{PM}$ ウ $M_{PM} - 0.5 M_C$
 エ $(k + 0.5) M_{PM} + M_C$ オ $(k + 0.5) M_{PM} + 2 M_C$ カ $(k - 0.5) M_{PM} + 2 M_C$

- 2) ここで、 M_{PM} が 1000 kg、 M_C が 1050 kg、 M_W が 1550 kg の場合を例に、 $\alpha = \pm 1 \text{ m/s}^2$ で乗車率 k を 0 ～ 1.0 まで変化させた場合の F の変化について次表に示す。表から、 k により F が大きく異なること、 $k = 0.5$ のときは $M_2 = 0$ となり、 M_1 を加減速する力のみとなることが分かる。

表 乗車率 k による巻上機が供給する力 F の変化

乗車率 k	M_1 [kg]	M_2 [kg]	巻上機が供給する力 F [kN]	
			$\alpha = 1$ のとき	$\alpha = -1$ のとき
1.0	3 600	500	8.5	1.3
0.75	3 350	250	5.8	3
0.5	3 100	0	3.1	-3.1
0.25	2 850	-250	4	-5.3
0	2 600	-500	-2.3	-7.5

- 3) 可変速エレベータシステムは、不平衡荷重が大きな $k = 0$ あるいは 1 では定格速度で運転し、荷重が $k = 0.5$ の平衡状態に近づくに従い速度を徐々に上げ、 $k = 0.5$ で定格の 2 倍程度の速度にするものである。

ここでは、前述のエレベータで k に応じて v_m を変化させた場合の巻上機の瞬時動力を比較する。時刻 t_2 ($\alpha = 1$ 、 $v = v_m - 0.4$) における瞬時動力は、 $k = 1$ で v_m が 1.0 m/s のときは [kW] であり、 $k = 0.5$ のときは、 v_m を 2 倍の 2.0 m/s としても [kW] に^{とど}まることが分かる。

〈 ～ の解答群 〉

- ア -1.1 イ -1.0 ウ -0.9 エ 0.3 オ 0.4 カ 0.5
 キ 4.96 ク 5.10 ケ 5.26 コ 5.40

問題 12 は次の頁に続く

(2) 定格出力 15kW、定格点での効率が 60% の送風機の省エネルギー運転について考える。送風機の特性和、ダンパを含めた管路の送風抵抗曲線が次式で与えられている。

$$h = 1.1 n^2 + 0.5 n q - 0.6 q^2$$

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

$$r = k q^2$$

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.] は送風抵抗、 η [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。電動機の効率は 90% とする。また、簡単のためダンパ全開時は $k=1$ が成り立つものとする。図 3 は送風機の風量-風圧特性である。

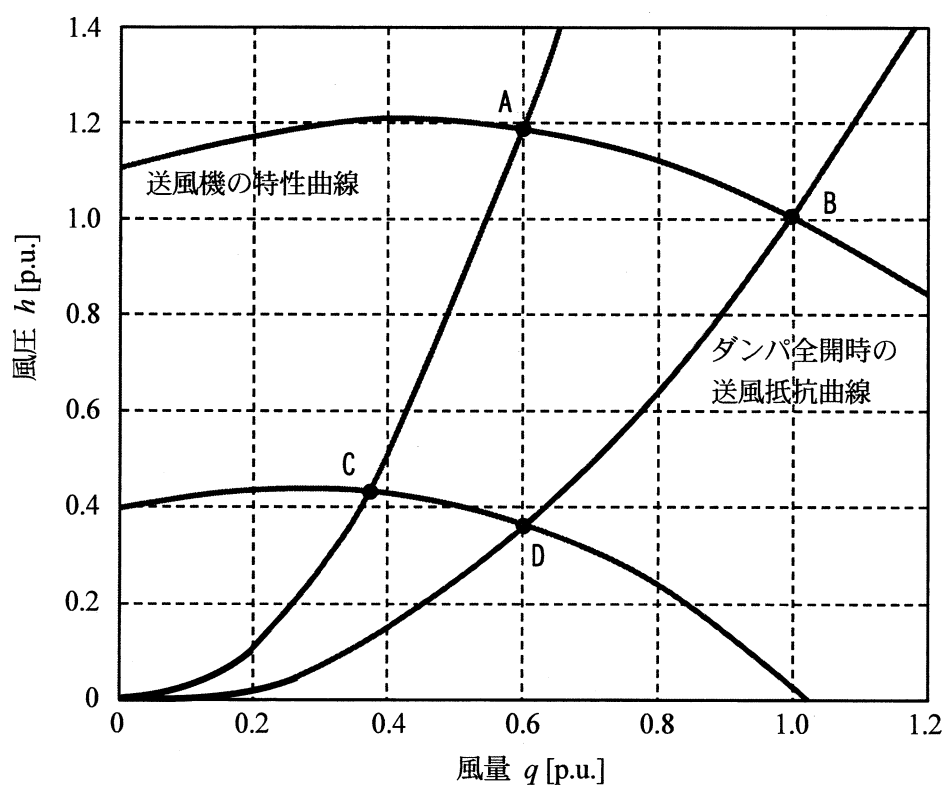


図 3 送風機の風量-風圧特性

1) ダンパを全開にして送風機を定格風量・定格風圧で運転するとき、必要な軸動力は [kW] であり、必要な電動機入力 [kW] である。このときの送風機の運転点は図中の である。

2) ダンパ制御により定格の 60 % の風量で運転するとき、風圧は [p.u.] となり、必要な電動機入力 [kW] となる。このときの送風機の運転点は図中の である。

3) 回転速度制御により同じく定格の 60 % の風量で運転するとき、風圧は [p.u.] となる。インバータ効率を 95 % とすると、必要な電力は [kW] となる。このときの送風機の運転点は、図中の である。

＜ ～ の解答群 ＞

ア	0.360	イ	0.426	ウ	0.600	エ	0.841	オ	1.18	カ	6.32
キ	7.52	ク	15.0	ケ	16.7	コ	23.5	サ	25.0	シ	27.8
ス	A	セ	B	ソ	C	タ	D				

(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。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) 各種の電気加熱の方式について考える。

1) 熱の移動と電気の伝導との間には相似性があり、熱移動現象を電気回路として取り扱えることが多い。そのとき、熱系の温度は電気系の に、また、熱系の熱量は電気系の に対応する。

〈 及び の解答群 〉

ア 磁束

イ 静電容量

ウ 電位

エ 電荷

オ 電界

カ 電気抵抗

2) マイクロ波加熱と 加熱の加熱原理は、基本的には同じである。電界の周波数がマイクロ波の帯域にあるとき、マイクロ波加熱と呼ばれる。 加熱が、平行した平板電極間に被加熱材を挿入して加熱するのに対し、マイクロ波加熱はアプリータと呼ばれる加熱室内で、被加熱材に を照射する形をとる。

〈 及び の解答群 〉

ア プラズマ

イ 低周波

ウ 電磁波

エ 赤外

オ 誘電

カ 誘導

3) 間接抵抗加熱の熱源として用いられる発熱体には、合金発熱体、単体金属発熱体及び非金属発熱体があり、使用温度や使用雰囲気などにより適正な材料が選択される。

合金発熱体として、主に温度の上限が1200～1300℃程度までの大気中（酸化雰囲気中）で用いられるものには 系などがある。

また、単体金属発熱体として、主に高温用に用いられるものにはタングステン、タンタル、モリブデンなどがある。これらはすべて酸化雰囲気では使用に適さないが、この中で還元雰囲気でも使用できないのは である。

＜ 及び の解答群 ＞

ア アルミ・シリカ	イ タングステン	ウ タンタル
エ ニッケル・クロム	オ モリブデン	カ ランタン・クロマイト

4) 誘導加熱では、被加熱材内に誘導される渦電流密度は、表面から内部に進むに従い指数関数的に減少する。この現象を 効果という。その電流密度が、表面の密度の 倍となった位置までの深さを と呼ぶ。誘導加熱においては、加熱目的、被加熱材の材質、形状、寸法に応じて、 が適切となるように、電源の を選定しなければならない。

＜ ～ の解答群 ＞

ア 0.368	イ 0.632	ウ 0.736
エ インピーダンス	オ 周波数	カ 電圧
キ ゼーバック	ク ペルチェ	ケ 表皮
コ 侵入限界	サ 電流浸透深さ	シ 到達距離

問題13は次の頁に続く

(2) 次に示す電気加熱の計算を行う。

なお、ここで用いる全電気効率は、
$$\frac{\text{被加熱材が得る正味の熱 [kW]} + \text{熱損失 [kW]}}{\text{入力電力 [kW]}} \times 100 [\%]$$

で求められる。

1) 質量 10kg の鉄を、10 分間で 20℃ から 500℃ に温度上昇させるために必要な加熱炉の入力は、
11 [kW] である。ただし、鉄の比熱は 435J/(kg·K) であり、熱損失は無視できるものとし、
加熱炉は熱的定常状態にあつて、そのときの炉の全電気効率は 90 % とする。

2) 入力 100 kW の抵抗炉で、100 kg の被加熱材が 30 分間で熱処理されている。この熱処理の
入力端における電力原単位は 12 [kW·h/kg] である。また、抵抗炉が熱的定常状態にあり、
炉の全電気効率が 90 %、熱損失が 50 kW である場合、この熱処理に必要な正味熱量（電力量）は
13 [kW·h] となる。

< 11 ~ 13 の解答群 >

ア 0.5 イ 1.0 ウ 2.0 エ 2.3 オ 3.1 カ 3.9
キ 20 ク 45 ケ 71

3) 入力電圧が三相 400 V、発熱量が 5 kW の抵抗炉がある。この装置の力率を 80 % から 90 % に
改善する方法として、発熱体の抵抗値のみを変更することを考える。発熱体以外の回路の抵抗及び
リアクタンスは無視できるものとする、力率改善のためには抵抗値を元の値の 14 [%] に
変更する必要がある。抵抗値の変化により炉の発熱量が変わるため、被加熱材が変更前と同じ
熱量を得るための加熱時間は、変更前の加熱時間の 15 [%] となることが分かる。ただし、
炉の発熱に対して被加熱材が得る熱の割合を熱効率とすると、熱効率、抵抗炉の全電気効率
及び入力電圧は抵抗値の変更前後で変わらないものとする。

< 14 及び 15 の解答群 >

ア 80 イ 111 ウ 122 エ 130 オ 155 カ 212

(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題 14 次の各文章の 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) 電気化学システムにおける化学反応速度について考える。

- 1) 化学反応速度は、通常、濃度と温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。

〈 1 の解答群 〉

ア 抵抗

イ 伝導率

ウ 電流

- 2) 電極反応の反応速度を小さくするには 2 の絶対値を 3。

〈 2 及び 3 の解答群 〉

ア 過電圧

イ 電気量

ウ 平衡電位

エ 大きくする

オ 小さくする

カ 変えない

- 3) 外部から観測できる電流が零になるときは、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、電極反応の促進にかかわる 5 を表す重要な因子である。

〈 4 及び 5 の解答群 〉

ア 移動係数

イ 限界拡散電流

ウ 交換電流密度

エ 電極触媒能

オ 電流効率

カ 濃度勾配

(2) リチウムイオン電池について考える。

- 1) リチウムイオン電池は充放電が可能な 電池である。また、セル当たりの公称電圧は [V] 程度である。

〈 及び の解答群 〉

- | | | | |
|-------|------|------|-------|
| ア 1.2 | イ 2 | ウ 3 | エ 3.6 |
| オ 一次 | カ 二次 | キ 三次 | |

- 2) 電解液はリチウム塩と からなり、充放電反応はリチウムイオンの によって行われる。このとき、電解液の は変化しないのでロッキングチェア形と呼ばれている。

〈 ～ の解答群 〉

- | | | | |
|---------|------|-------|---------|
| ア 圧力 | イ 温度 | ウ 濃度 | エ 移動 |
| オ 蒸発 | カ 発生 | キ 水溶液 | ク 無機電解質 |
| ケ 有機電解質 | | | |

- 3) 実用化されている電池の正極には 、負極には が多く用いられている。
この電池の充電時、放電時に関与する電子数はリチウムイオン1個当たり である。

〈 ～ の解答群 〉

- | | | | |
|------------------|---------|--------------------|----------|
| ア 1 | イ 2 | ウ 3 | エ Pb |
| オ PbO_2 | カ Li-Al | キ LiCoO_2 | ク ポリピロール |
| ケ 炭素材料 | | | |

(照明 — 選択問題)

問題 15 次の文章の ～ 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.bc ～ 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)

(I) 照明用の光源を選択する際に、省エネ性に最も関係の深い特性はランプ効率である。トンネル照明でよく用いられてきた低圧ナトリウムランプのランプ効率は約 [lm/W] と、LED を除くと最も高い。ただし、低圧ナトリウムランプは、波長が の輝線スペクトルによるオレンジ色の発光をしており、演色性が極めて悪く、。そのため、基本的には屋内照明に用いられることはない。

< ～ の解答群 >

- ア 100 イ 175 ウ 250 エ 254 nm オ 365 nm カ 589 nm
キ 色の識別ができない
ク 平均演色評価数 R_a が 50 程度である
ケ グレアが発生しやすい

(2) 図1に示すような、全光束が3 800 lm の直管LEDランプ器具の配光図を図2に示す。配光図の0°はランプの直下方向を、180°は直上方向を示す。また、図2の配光曲線の①～③は、図1のA-A断面、B-B断面あるいはC-C断面のいずれかの特性を示している。

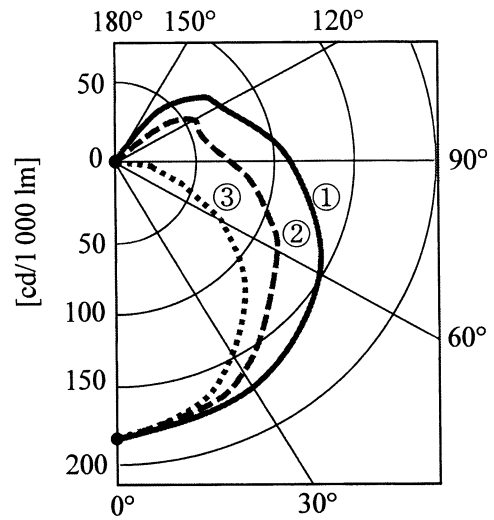
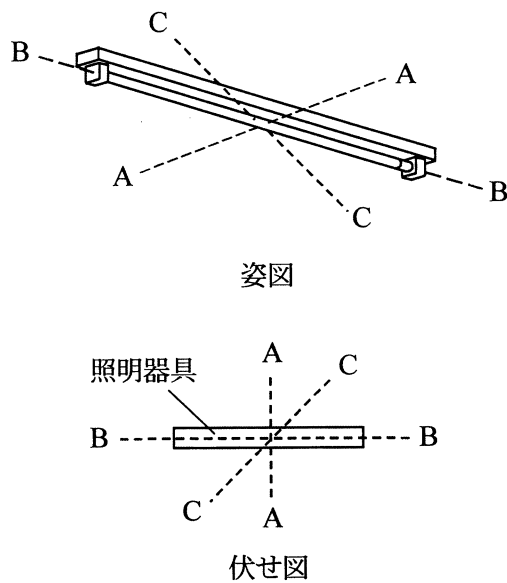


図1 直管LEDランプ器具の姿図と伏せ図 図2 直管LEDランプ器具と鉛直配光曲線

1) A-A断面の配光曲線は、グラフの中の の線である。

2) この器具中央の直下2.5 m地点の水平面照度は、約 [lx] である。

< 及び の解答群 >

ア 110

イ 180

ウ 680

エ ①

オ ②

カ ③

問題15は次の頁に続く

- (3) オフィスなどで使われる、昼白色のLED一体形の照明器具に関し、固有エネルギー消費効率が150lm/W、照明器具全体の消費電力が28W、そのうちLED素子での消費電力が24Wとする。
また、LEDによる光放射の視感度（光放射1W当たりの光束値）が300lm/Wであるとする。

1) この照明器具の全光束は [lm] である。

2) LED素子からの光束と照明器具光束が等しいとした場合、LED素子部における熱損失は [W] である。

〈 及び の解答群 〉

ア 4 イ 10 ウ 12 エ 3 600 オ 4 200 カ 7 200

(4) 次の照明計算を行う。ただし、円周率は3.14とする。

- 1) 面積 A が 0.04 m^2 、透過率 τ が 62.8% の乳白色ガラスの上面が、ある光源によって一様に照らされている。

その乳白色ガラスの下面の輝度 L が 2500 cd/m^2 であるとき、その光束発散度 M は次の値となる。

$$M = \boxed{\text{A} \mid \text{a.bc}} \times 10^3 [\text{lm/m}^2]$$

また、乳白色ガラスに照射している光源の光束 Φ は次の値となる。

$$\Phi = \boxed{\text{B} \mid \text{a.b}} \times 10^2 [\text{lm}]$$

- 2) 間口 X が 8 m 、奥行き Y が 12 m 、天井高さ H が 2.8 m 、作業面の平均照度 E が 750 lx の事務室がある。その天井面に設置された光源には、 $40 \text{ W} \times 2$ 灯用の蛍光灯器具が 24 台（器具1台当たり：光束 6000 lm 、消費電力 82 W ）使用されている。なお、平均照度は光束法により求めた値とし、保守率 0.75 を考慮したものとする。

- i) このときの照明率 U は次の値となる。

$$U = \boxed{\text{C} \mid \text{a.b}} \times 10^{-1}$$

- ii) この事務室で、光源を1灯用のLED器具（器具1台当たり：光束 3200 lm 、消費電力 21 W ）に変更した。平均照度を維持するための器具の最低台数は $\boxed{\text{D} \mid \text{ab}}$ [台] である。ただし、LED器具の照明率は蛍光灯ランプに対して 1.2 倍で、保守率は等しいものとする。

また、この最低台数での総消費電力は、蛍光灯器具の総消費電力の $\boxed{\text{E} \mid \text{ab}}$ [%] になる。

(空調調和 － 選択問題)

問題 16 次の各文章及び表の ～ 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、 は複数箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

(1) 蓄熱システムとは、蓄熱した冷熱や温熱を空調の熱源として利用するシステムをいい、熱源機器の小容量化、部分負荷運転の回避、及び電気熱源の場合には電気の需要の最適化などに有効である。蓄熱媒体としては、水及び氷が代表的なものである。

1) 水蓄熱槽には建物の基礎梁間のピット空間などを利用するものや、建物内に躯体を利用して積極的に水槽を構築するものなどがある。

i) 水蓄熱槽を有効に利用するには、例えば次の①や②の型式のように「蓄熱槽効率」の高い構造とすることが望ましい。

① 型蓄熱槽：多数の槽で構成される型式の蓄熱槽

② 型蓄熱槽：縦方向の温度差による密度差を利用する型式の蓄熱槽

ここで「蓄熱槽効率」とは、蓄熱槽の容積から理論的に考えて蓄熱できるはずの熱量に対して、実際に蓄熱して利用できる熱量の割合を示す指標である。

＜ 及び の解答群 ＞

ア 温度成層

イ 拡散層流

ウ 連結完全混合

ii) i) における①と②の蓄熱槽の「蓄熱槽効率」を比較すると、一般に 。

＜ の解答群 ＞

ア ①の方が高い

イ ②の方が高い

ウ ①と②は同程度である

iii) 基本的には蓄熱時には、冷凍機と蓄熱槽の間は 制御による冷凍機の定格容量でのオンオフ運転で効率を維持し、負荷側では、利用温度差を大きくとることや、負荷変動に応じた 制御を行うことが省エネルギー上望ましい。

〈 及び の解答群 〉

ア 定流量

イ 変流量

ウ 連動

2) 氷蓄熱槽は槽内の水の一部を凍結させるもので、氷の潜熱と冷水の顕熱を共に利用でき、容積当たりの蓄熱量は大きくなる。氷蓄熱では負荷側への送水温度を低くすることができ、利用温度差を大きくとれるので、冷水循環量が減少しポンプ動力も小さくなる。しかし、冷凍機は蒸発温度が低くなるため、氷蓄熱の場合より単位冷熱製造量当たりの消費電力が増加する。

i) 蓄熱槽の製氷前の全水量に対する製氷後の氷量の割合を示す値を という。

ii) 例えば、二次側への冷水供給温度を 5℃、利用温度差を 5K とした場合、氷蓄熱槽の $\frac{1}{12}$ の容積で氷蓄熱槽と同等の冷熱を蓄熱できる氷蓄熱槽の の値は、約 [%] である。

〈 及び の解答群 〉

ア 30

イ 60

ウ 90

エ APF

オ IMP

カ IPF

問題 16 は次の頁に続く

- (2) 室内空気を清浄に保つためには、汚染物質を含む室内空気を排出し外部から新鮮空気を導入する換気が重要であり、環境基準値を満たすように法により定められている。また、換気の方法には、大きく分けて機械換気と自然換気がある。

1) 機械換気は、送風機などの機械設備を用いる換気方式である。

i) 機械換気的方式は、表に示すように第一種から第三種機械換気に分類され、それぞれの方式の室圧及び適用室の例は表に示すとおりである。

表 機械換気の種類

	室圧	適用される室用途の例
第一種機械換気設備	8	大規模な空気調和空間
第二種機械換気設備	9	(記載は省略)
第三種機械換気設備	(記載は省略)	10

< 8 ～ 10 の解答群 >

- ア クリンルーム イ トイレ ウ 手術室
エ 正圧 オ 負圧 カ 正圧又は負圧

ii) 機械換気は給気、排気のどちらに機械換気を用いるかによって分類されており、それによって室圧も決まる。例えば第三種機械換気は、11 に機械設備を用いる換気方式である。

この第一種から第三種機械換気の中で、最も安定的に大きな風量を確保できる機械換気は第一種機械換気である。

< 11 の解答群 >

- ア 給気のみ イ 排気のみ ウ 給気及び排気

iii) 機械換気で風量制御を行うときの制御方法には、吐出ダンパ制御、吸込みベーン制御、回転速度制御などがあるが、省エネルギー性に優れている順に並べると 12 となる。

〈 12 の解答群 〉

- ア 回転速度制御 > 吸込みベーン制御 > 吐出ダンパ制御
- イ 回転速度制御 > 吐出ダンパ制御 > 吸込みベーン制御
- ウ 吸込みベーン制御 > 回転速度制御 > 吐出ダンパ制御
- エ 吐出ダンパ制御 > 回転速度制御 > 吸込みベーン制御

2) 自然換気には、風力換気と温度差換気があり、風や温度差によって生じる圧力差を利用するため機械・動力を必要としないという利点がある。たとえば温度差換気では、室内温度が一定のとき「上下の開口部間の垂直距離」及び「内外温度差」の積の 13 乗に比例し、「相当開口面積」に比例する換気量が動力不要で得られる。

その一方で換気量は不安定であり、ときには弊害にもなりうる。例えば、14 時の高層ビルにおいて、いわゆる煙突効果で低層部、特に玄関などの開口部から大量の外気が流入する恐れがあるのも温度差換気によるものであり、室内温熱環境やエネルギー消費の観点で注意を要する。

〈 13 及び 14 の解答群 〉

- ア $\frac{1}{2}$ イ 1 ウ 2 エ 3 オ 暖房 カ 冷房

3) 建築基準法及び建築物衛生法で定められている、居室の二酸化炭素濃度は 15 [ppm] 以下、浮遊粉塵濃度は 0.15 mg/m^3 以下である。ここで、ある居室の室内粉塵発生量が 50 mg/h 、外気の粉塵濃度が 0.05 mg/m^3 である場合、換気のみによって粉塵濃度を法で定める基準値以下に抑えるために必要な外気取り入れ量は、16 [m^3/h] と計算される。

〈 15 及び 16 の解答群 〉

- ア 100 イ 200 ウ 250 エ 300 オ 500 カ 1000

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

Ⅲ 試験中に使用する物品・機器に関する注意事項

1. 試験中、机の上に置いてよいのは以下のものとする。それ以外のものは鞆等にしまい、鞆の口を閉めておくこと。机の棚板や衣服のポケットにはしまわないこと。
受験票、HBの鉛筆又はシャープペンシル、鉛筆削、替芯、プラスチック製消しゴム、時計、電卓1台（使用禁止ではないもの）、眼鏡、拡大鏡
2. 試験中、携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ルーペ等の電子機器・通信機器の使用は禁止する。
3. 通信機能を有する全ての機器（時計、眼鏡、補聴器等を含む）は、試験中は使用を禁止する。通信機能を有する機器を使用できないことによる事態には一切配慮しない。通信機能を有しない代替品、例えば、スマートウォッチの代わりに時計機能のみの時計を使用すること。
4. 使用禁止電卓は、関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できるもの、プログラム機能を有するものである。

Ⅳ 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 ^d
---	----------------------

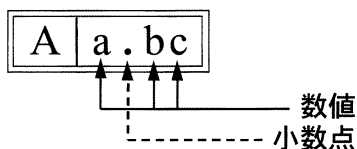
などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,dなどのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」（ただし、aは0以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0を塗りつぶすこと。

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 $\pi=3.1415\cdots$ 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)

6.795...

↓ 四捨五入

6.80

(解答)

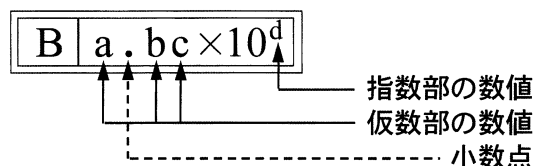
「680」を
塗りつぶす



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

「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	9