

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

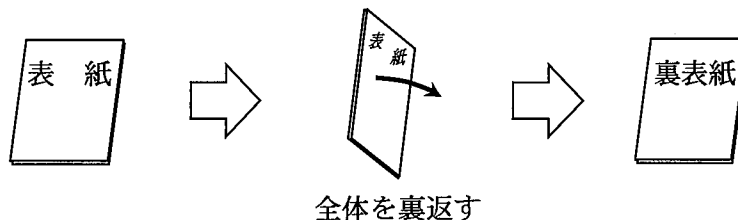
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

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		17～19 ページ
選択	問題16	空気調和		21～24 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、、、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 電動機で負荷を駆動する際の省エネルギーの方法は負荷の種類によって異なる。

1) ポンプや送風機では、一般に負荷トルクが回転速度のべき乗で増加するため、 を行い、負荷に応じた適切な出力とすることで、大幅な省エネルギーを実現できる。これらの用途では、厳密な速度制御やトルク制御は必要とされない場合が多く、図1に示すような汎用インバータによる誘導電動機(図中のIM)の V/f 制御が広く用いられている。

V/f 制御では、インバータから誘導電動機に供給する電圧の大きさと周波数の関係を予め設定しておき、インバータ周波数を上げ下げすることで を実現するものである。インバータ周波数が一定の条件で、負荷が重くなれば回転速度がわずかに下がり、 が増え、負荷が軽くなれば回転速度がわずかに上がり、 が減ることで、誘導電動機のトルクが自動的に調整され、回転子周波数はインバータ周波数から大きく外れることはなく運転が継続される。 V/f 制御において、厳密な速度制御が必要ない場合、制御は ループで行えるため、速度検出器が不要であり、また、1台のインバータで複数台の電動機を駆動できるなど、経済性に優れる特徴がある。

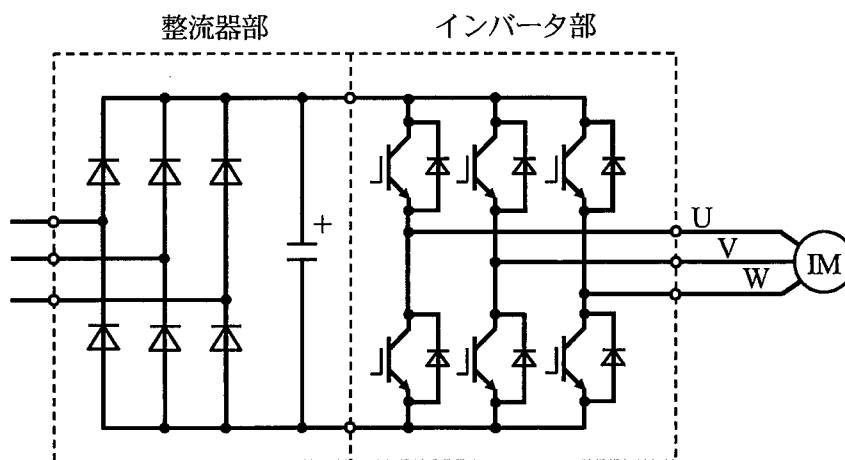


図1 汎用インバータによる誘導電動機駆動システム

〈 1 ~ 3 の解答群 〉

- | | | | |
|--------|-----------|-----------|---------|
| ア オープン | イ クローズド | ウ フィードバック | エ 可変速運転 |
| オ 定速運転 | カ 可変トルク運転 | キ 定トルク運転 | ク 滑り |
| ケ 電圧 | コ 同期速度 | サ 励磁電流 | |

2) 搬送機やエレベータなど慣性負荷で高頻度な加減速運転を行う場合には、負荷の運動エネルギーを電源側に返す回生運転を行うことで、系統全体として省エネルギーを実現できる。これらの用途では、整流回路を通常用いられるダイオード整流回路に代えて、図2に示すようなPWM整流回路とする必要がある。

PWM整流回路は、ダイオードの代わりに自己消弧能力を持つスイッチングデバイスである 4 などを用いることで、交流・直流双方向の電力変換が可能となる。また、加えて、回生運転時の整流器出力電圧 \dot{V}_{rec} の 5 を任意に変化させることができるため、図3に示すように、電源電圧 \dot{V}_{line} が一定であれば、リアクトルに印加される電圧 \dot{V}_L を任意に制御できる。これにより、電源電流 \dot{I}_{line} の 5 を任意に制御し、負荷から回生した 6 を電源に返すことができる。また、加えて 7 の制御も可能であり、7 補償装置の機能も同時に具備できる。

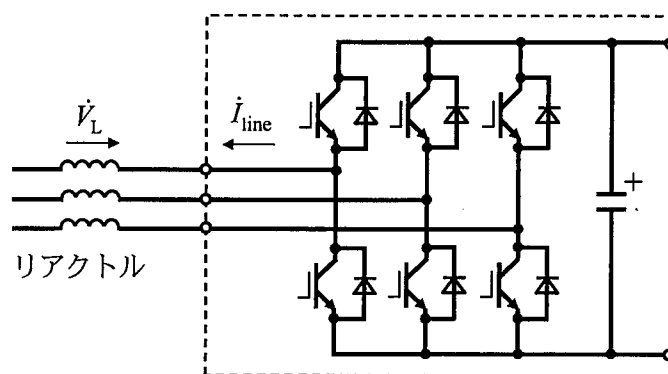


図2 PWM 整流回路

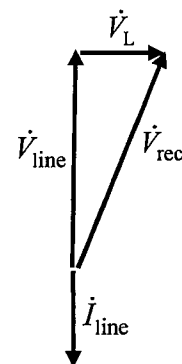


図3 電源側フェーザ図

〈 4 ~ 7 の解答群 〉

- | | | | |
|---------|----------|---------|--------|
| ア IGBT | イ SiC | ウ サイリスタ | エ 周波数 |
| オ 振幅と位相 | カ 振幅と周波数 | キ 制動抵抗 | ク 皮相電力 |
| ケ 無効電力 | コ 有効電力 | サ 高調波電流 | |

問題 11 の (2) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(2) 搭載バッテリーに蓄えられた電気エネルギーで動力をまかなう電気自動車に関して、走行に要する電気エネルギーと運動エネルギーの授受について考える。乗員を含めた車体の全質量が1200kgの電気自動車を図4に示す速度パターンで水平な直線走行路上を走行させる。時刻0sでの停止状態から等加速度で走り始め、10s後に速度10m/sに到達する。その後20s間は速度10m/sのまま等速走行し、走行開始後30sから負の等加速度で減速して、減速を始めてから10s後に停止する。なお、減速時には機械制動を用いずに電動機の回生運転を行い、走行する自動車の持つ運動エネルギーを電気エネルギーへ変換させる。

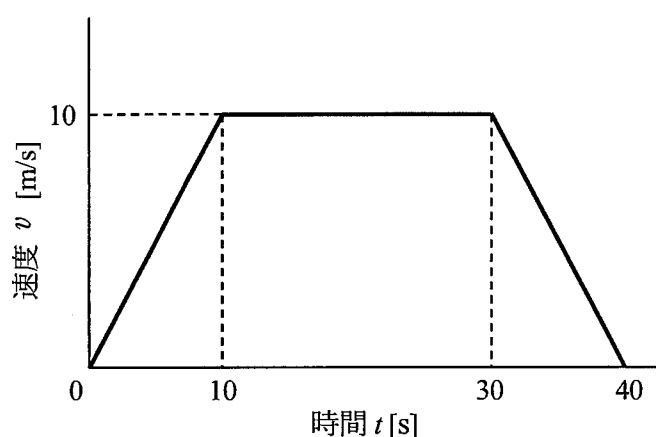


図4 電気自動車の速度パターン

1) 図4の速度パターンで走行するとき、走行開始から10sまでの水平方向の加速度は [m/s²]、その間の走行距離は [m] である。また、走行開始から40sまでの全走行距離は [m] である。

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| ア $\frac{1}{2}$ | イ 1 | ウ 2 | エ 5 | オ 20 |
| カ 50 | キ 100 | ク 200 | ケ 300 | コ 400 |

2) 走行開始から 30s までの間に使用される電気エネルギーを算出する。

図 4 の速度パターンで走行開始後 10 s までの間に使用される電気エネルギーは、自動車を得た運動エネルギーと走行抵抗によるエネルギー損失を加えたものとなる。走行抵抗によるエネルギー損失の値を 5kJ とすると、自動車の全質量が 1200 kg であることから、この 10 s 間に使用される電気エネルギーの値は [kJ] となる。ただし、タイヤ、車軸、電動機などの回転エネルギーは考えないものとする。

同様に、走行開始後 10 s から 30 s までの間の等速走行時の走行抵抗によるエネルギー損失の値を 20 kJ とすると、この 20 s 間に使用される電気エネルギーの値は 20 kJ となる。

< の解答群 >

ア 55

イ 65

ウ 115

エ 125

3) 走行開始後 30 s から 40 s までの間に回生される電気エネルギーを算出する。

走行開始後 30 s から 40 s までの間は、減速時に電動機の回生運転を行う。このとき、走行開始後 30 s の時点で自動車が有する運動エネルギーは、効率 100% で電気エネルギーに変換できるものと仮定する。

減速時にも走行抵抗によるエネルギー損失 5kJ が生じるとすれば、回生される電気エネルギーの値は [kJ] となる。

4) 回生された電気エネルギーは搭載バッテリーに再び蓄えられるとすると、40 s 間の走行全体で消費したバッテリーの電気エネルギーの値は、加速・等速走行に用いた分と走行抵抗で失った分から回生した分を差し引いて、 [kJ] となる。ただし、タイヤや車軸及び電動機などの回転エネルギーは考えないものとする。

< 及び の解答群 >

ア 0

イ 10

ウ 30

エ 40

オ 55

カ 65

キ 95

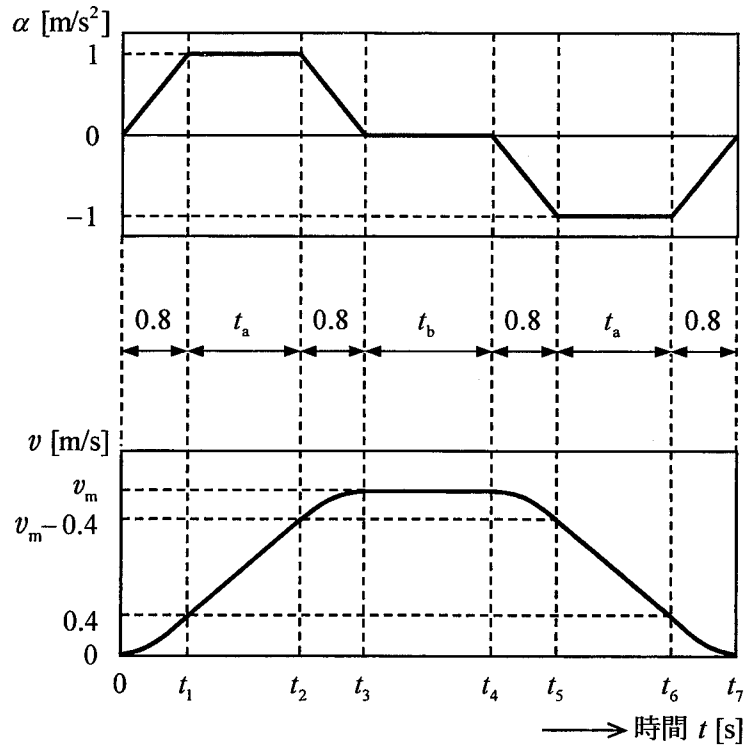
ク 105

(電動力応用)

問題 12 次の各文章及び表の 1 ~ 6 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。

また、A ab.c ~ G a.b 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) ロープトラクション式エレベータを、図に示す加速度 α 及び速度 v のパターンで運転する場合の走行時間について検討する。



図

1) 図では、時刻 $t = 0$ [s] におけるかごの停止位置を基準とし、かごの上昇距離を x [m]、速度を $v = \frac{dx}{dt}$ [m/s]、加速度を $a = \frac{dv}{dt}$ [m/s²] とする。また、乗り心地や安全性の観点から、加速度の最大値（絶対値）を 1 m/s^2 、加速度の最大変化率（絶対値）を 1.25 m/s^3 に制限し、加速度を最大に維持する時間を t_a [s]、加速度を 0 m/s^2 として速度を最大値 v_m [m/s] に維持する時間を t_b [s] とする。

$0 \leq t \leq t_3$ の期間で加速度を積分すると、 $t = t_3$ での速度 v_m となることから、次の式①が成り立つ。

$$v_m = t_a + 0.8 \text{ [m/s]} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

また、停止するまでの上昇距離 x_m は、 $0 \leq t \leq t_7$ の期間で速度を積分することにより、次の式②で求められる。

$$x_m = (t_a + t_b + 1.6) \times v_m \text{ [m]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

したがって、 $t_a = t_b = 0$ [s] の場合の上昇距離 x_{m0} は 1.28 m と計算でき、 $x_m \geq x_{m0}$ であれば図のパターンが利用できる。また、 $t_b = 0$ の場合、式①を使って式②から t_a を消去し、 x_m を v_m の関数として表すと次の式③が得られる。

$$x_m = \boxed{1} \text{ [m]} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

したがって、 v_m がエレベータの定格速度 v_N [m/s] になるためには、上昇距離が式③で $v_m = v_N$ とした値 x_{mN} [m] 以上であることが必要である。また、 $x_m \geq x_{mN}$ の場合には、 $v_m = v_N$ とし、図のパターンで t_b を調整することになる。これらの結果から、上昇距離により、図の t_a 、 t_b を次の式④及び式⑤のように調整することが分かる。

$$x_{m0} \leq x_m \leq x_{mN} : t_a = -1.2 + \sqrt{(1.2)^2 + (x_m - x_{m0})} \text{ [s]}, t_b = 0 \text{ [s]} \quad \dots\dots\dots \text{④}$$

$$x_m \geq x_{mN} : t_a = v_N - 0.8 \text{ [s]}, t_b = \boxed{2} \text{ [s]} \quad \dots\dots\dots \text{⑤}$$

< $\boxed{1}$ 及び $\boxed{2}$ の解答群 >

- | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| ア $(v_m + 0.8) \times v_m$ | イ $(v_m + 1.6) \times v_m$ | ウ $\frac{(v_m + 0.8) \times v_m}{2}$ |
| エ $\frac{(v_m + 1.6) \times v_m}{2}$ | オ $\frac{x_m}{v_N} - v_N - 0.8$ | カ $\frac{x_m}{v_N} - v_N + 0.8$ |
| キ $\frac{x_m}{2v_N} - v_N - 0.8$ | ク $\frac{x_m}{2v_N} - v_N + 0.8$ | |

問題 12 の (1) 2) 及び (2) は次の 7 頁及び 8 頁にある

2) 一例として20階建のオフィスビルに設置されているエレベータを考える。なお、定格速度 v_N は 4 m/s (分速240m) で、移動距離は1階当たり5 mである。

この場合、式③より x_{mN} は [m] となり、これ以下の移動距離では v_N 以下の v_m となる。表は、移動階数に対し必要な走行時間 $t_7 = 2t_a + t_b + 3.2$ [s] を計算した結果である。

この結果より、1階から20階までの所要時間を考える。各階に停止する場合は走行時間が $19 \times 5.34 = 101$ [s] となり、直行の場合の約4倍、各階での停止時間も含めた所要時間は直行の場合の数倍以上となる。従って、利用者の待ち時間を短くするためには、停止回数を減らすことが重要であり、複数のエレベータが設置されている中・高層ビルでは、低層階と高層階を分離するなど、エレベータ毎に停止階数を調整する運行管理が行われている。

表

移動階数	移動距離 x_m [m]	t_a [s]	t_b [s]	速度 v_m [m/s]	走行時間 $t_7 = 2t_a + t_b + 3.2$ [s]
1	5	1.07	0	1.87	5.34
2	10	<input type="text" value="4"/>	0	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>
5	25	3.20	1.45	4.00	11.05
19	95	3.20	18.95	4.00	28.55

< ~ の解答群 >

ア 1.99 イ 2.07 ウ 2.18 エ 2.79 オ 2.87 カ 2.98
 キ 7.17 ク 7.34 ケ 7.56 コ 9.60 サ 19.2 シ 22.4

- (2) ある送風機を、1日24時間のうち連続した一定時間について、定格点(風量調整ダンパは全開)における定格風量で運転し、それ以外の時間を定格の $\frac{1}{2}$ の風量で運転することを考える。

この送風機の風圧-風量特性、送風機効率、風路の送風抵抗曲線は次式で近似できるものとする。

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

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

$$r = q^2$$

ただし、 h [p.u.]は風圧、 n [p.u.]は回転速度、 q [p.u.]は風量、 η [p.u.]は送風機効率、 r [p.u.]は送風抵抗で、いずれも送風機の定格点での値で正規化したものとする。

ここで、定格点における送風機出力が10 kWで送風機効率が75% ($\eta = 1.0$ [p.u.])の送風機について、ダンパ制御により風量を調節する場合とインバータを用いた速度制御により風量を調節する場合の消費電力を比較する。

- 1) ダンパ制御により風量を調節する場合 ($n = 1.0$ [p.u.])

ダンパを全開にして定格風量で運転する場合、電動機効率を90%とすると、消費電力は14.8 kWとなる。

一方、ダンパ制御により定格の $\frac{1}{2}$ の風量で運転する場合、軸動力は

A	ab.c
---	------

 [kW]となる。

電動機効率を90%とすると、消費電力は

B	ab.c
---	------

 [kW]となる。

- 2) インバータを用いた速度制御により風量を調節する場合 (ダンパ全開)

インバータを用いた速度制御により定格風量で運転する場合、電動機効率を90%、インバータ効率を95%とすると、消費電力は15.6 kWとなる。

一方、インバータを用いた速度制御により定格の $\frac{1}{2}$ の風量で運転する場合、その風圧は

$$h = \text{table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;">| | |
| --- | --- |
| C | a.bc |
 $\times 10^{-1}$ [p.u.]、送風機効率は $\eta = \text{table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;">| | |
| --- | --- |
| D | a.bc |
 [p.u.]、軸動力は

E	a.bc
---	------

 [kW]$$$

となる。この運転点での電動機効率を85%、インバータ効率を95%とすると、消費電力は

F	a.bc
---	------

 [kW]となる。

- 3) ダンパ制御とインバータを用いた速度制御の比較

1日24時間のうち、定格の $\frac{1}{2}$ の風量で運転する時間が

G	a.b
---	-----

 [h]以上となるとき、インバータ

を用いた速度制御を導入することによる省エネルギー効果が見込まれる。

(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、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。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

(1) 誘導加熱方式の加熱原理について考える。

1) 誘導加熱は、導電性被加熱材の中に電磁誘導作用により交番磁束を生じさせると、この被加熱材の内部で発生する がジュール熱を引き起こし、この熱で加熱する方式である。

2) この の密度は、被加熱材の表面から内部に進むに従って に減衰する。この密度が表面から $\frac{1}{e}$ ($=0.368$ 、 e は自然対数の底) に減衰したところまでの深さを 深さと呼ぶ。この減衰特性は、被加熱材の抵抗率 し、また、生じている交番磁束の周波数と被加熱材の比透磁率の積 するので、加熱目的、被加熱材の材質、形状、寸法により適切な周波数を選定しなければならない。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------|----------|-----------|------------------------|
| ア 渦電流 | イ 過電流 | ウ 漏れ電流 | エ 電流浸透 |
| オ 電力半減 | カ 表皮浸透 | キ ステップ状 | ク 指数関数的 |
| ケ 直線的 | コ の2乗に比例 | サ の2乗に反比例 | シ の $\frac{1}{2}$ 乗に比例 |
| ス の $\frac{1}{2}$ 乗に反比例 | セ に比例 | ソ に反比例 | |

(2) 誘電加熱方式及びマイクロ波加熱方式の加熱原理について考える。

1) 誘電加熱もマイクロ波加熱も、共に 性の被加熱材の加熱に用いられる加熱方式であり、被加熱材を構成している物質の が、電磁波の交番電界によって運動することにより、誘電体損失が発生して発熱する誘電（電磁波）加熱方式である。誘電体損失による発熱量は、被加熱材の に比例する。

< ~ の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------|---|----|---|-------|---|-------|
| ア | イオン | イ | 磁界 | ウ | 電界の強さ | エ | 電気双極子 |
| オ | 電子 | カ | 導電 | キ | 非導電 | ク | 誘導 |
| ケ | 誘電損率 | | | | | | |

2) 誘電加熱では、高周波電圧を印加する電極板間に被加熱材を挿入するが、損失係数が比較的 ときは電極板を用いた方法での加熱は難しい。そのような被加熱材を加熱するときには、マイクロ波加熱が広く応用されている。

なお、加熱装置をはじめとする工業分野において、高周波利用設備を汎用的に使用できるようにするために、電波障害等への規制が緩やかな周波数帯として、 が国際的に許容されている。

< 及び の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-------|---|--------|---|--------|---|-----|
| ア | AMバンド | イ | ISMバンド | ウ | ガンマ線帯域 | エ | 大きい |
| オ | 小さい | | | | | | |

問題 13 の (3) は次の 13 頁にある

(3) 比熱が $435 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の被加熱材 400 kg を、処理時間 10 分間で $30 \text{ }^\circ\text{C}$ から $800 \text{ }^\circ\text{C}$ まで昇温している電気式加熱炉がある。この炉は、熱的定常状態で運転されており、そのときの全電気効率は加熱炉設備電源入力端において 90% 、炉からの熱損失は 50 kW で、いずれも一定であるものとする。

1) この被加熱材が加熱により得た正味の熱量は、 $\times 10^3$ [kJ] である。

2) この炉に必要となる電力は、加熱炉設備電源入力端で [kW] であり、電力損失は [kW] である。

3) 2) で求めた電源入力端での電力を 10% 増加させて運転した場合、全電気効率及び炉からの熱損失は変わらないので、加熱処理時間が [分] 短縮できる。その結果、加熱炉設備電源入力端での電力原単位は [%] 低減する。

< ~ の解答群 >

ア 0.9	イ 1.0	ウ 1.1	エ 1.3	オ 2.0
カ 10	キ 27.3	ク 30.4	ケ 33.8	コ 119
サ 134	シ 304	ス 507	セ 837	ソ 1830

(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。

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) 電池は、化学反応で生じるエネルギーを に直接変換する装置である。主に正極、負極及び電解質から構成されており、その種類は、充電できない一次電池と充電可能な二次電池に大別できる。

一次電池には、マンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池などがあるが、近年主流となっているのは、アルカリマンガン乾電池である。アルカリマンガン乾電池の活物質として正極には が用いられている。また、構成要素の正極、負極及び電解質のうち、マンガン乾電池とアルカリマンガン乾電池で異なった材料を用いているのは である。

二次電池である鉛蓄電池の活物質として、正極には が用いられている。鉛蓄電池が放電したとき、電解質である硫酸の濃度は 。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|--------|
| ア マンガン | イ 二酸化マンガン | ウ 亜鉛 | エ 鉛 |
| オ 二酸化鉛 | カ 正極 | キ 負極 | ク 電解質 |
| ケ 電気エネルギー | コ 熱エネルギー | サ 光エネルギー | シ 高くなる |
| ス 低くなる | セ 変わらない | | |

(2) 電極電位は、 を0Vとして定義されている。二つの電極反応を組み合わせた電気化学システムにおいて、自発的に反応が進行するのは電位の低い方の電極の反応が に進む。電池の起電力は二つの電極の開回路における電極電位の差であり、電極電位のイオンの活量依存性は で求めることができる。

電極反応において、反応速度を大きくするためには の絶対値を大きくすればよい。また、触媒活性を高くすれば電極反応は速やかに進行する。この電極触媒能を表す重要な因子は である。

< ~ の解答群 >

- | | | | | | |
|---|---------|---|----------|---|---------|
| ア | ターフェルの式 | イ | ファラデーの法則 | ウ | ネルンストの式 |
| エ | 過電圧 | オ | 還元方向 | カ | 酸化方向 |
| キ | 吸熱方向 | ク | 限界電流密度 | ケ | 交換電流密度 |
| コ | 電極面積 | サ | 内部抵抗 | シ | 平衡電位 |
| ス | 標準水素電極 | セ | 飽和カロメル電極 | ソ | 飽和塩化銀電極 |

(3) リチウムイオン電池があり、その公称電圧が3.70Vであるとする。ここで、Liの原子量は7、Coの原子量は59、Oの原子量は16とし、ファラデー定数は27 A·h/molとする。

1) 公称電圧でこの電池を充電して、正極活物質のLiCoO₂ 25gに含まれるLiをすべて脱離したときに要する充電電気量は [abc] [A·h]、電気エネルギーは [abc] [W·h]である。

2) この電池を、前述の条件で電流0.5Aで充電したときにLiをすべて脱離するために要する時間は [abc] [h]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、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。

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。なお、円周率 π は 3.14 とする。

(配点計 50 点)

(1) 最近の一般照明用の光源について考える。

1) LED ランプは、一般照明用の光源として着実に市場に浸透しており、従来光源の蛍光ランプと比べて大きな利点は、発光効率が高く、 ことである。青色 LED と蛍光体の組み合わせ方式による 120lm/W の白色 LED ランプを考えた場合、消費電力の約 [%] が光に変換されている。最近の電球形 LED ランプは、放熱構造が簡素化してきているが、これは主に によるものである。

< ~ の解答群 >

ア 35

イ 65

ウ 99

エ 演色性も高い

オ 寿命も長い

カ 相関色温度も高い

キ LED 自体が発熱しないこと

ク LED の熱損失の低下

ケ LED を実装する基板の耐熱性の向上

2) 最近の LED 照明器具では、調光だけでなく調色も行えるものが多く市場に出回っている。
一般的には、相関色温度 [K] 程度の電球色から 5000 ~ 6500K 程度の白色域までの
混光をリモコンなどの操作によって簡単に制御することが可能である。

光色は人の好みもあるが、低照度の場合は一般的に相関色温度の 光が好まれる傾向
にある。また、人の睡眠ホルモンの分泌に照明光が影響することが明らかになっており、
の成分が多く含まれる光の方が、睡眠ホルモンの分泌抑制効果が大きいとされている。このような
生理的な理由から、就寝前の光は相関色温度を下げるのが望ましいと考えられる。

< ~ の解答群 >

ア 800	イ 1800	ウ 2800	エ 青色
オ 緑色	カ 赤外放射	キ 高い	ク 低い

3) 一般照明用の光源として、最近では新たに有機 EL (エレクトロ・ルミネッセンス) パネルも
注目されている。この光源は一般的にガラスや透明樹脂基板上に電極材料や発光材料などが
蒸着等の工法で成形され、完成したパネルの厚みも数 mm 程度と非常に薄い面光源である。
面光源は高輝度点光源と比較して という特徴がある。いま、一辺の長さが 12 cm の
正方形の発光部を持つ有機 EL パネルを片側面発光の均等拡散面光源と仮定し、4 000 cd/m² の
輝度で点灯しているとする、全光束はおおよそ [lm] となる。なお、現在のところ実用化
された多くの有機 EL パネルの発光効率、一般的な LED より低く、100 lm/W には到達して
いない。

< 及び の解答群 >

ア 60	イ 90	ウ 180
エ グレアを抑えられる	オ 演色性が高い	カ 配光角度が広い

問題 15 の (2) は次の 19 頁にある

(2) 次の 1) ~ 5) の照明計算を行う。

1) 一般家庭で使用されているダウンライトの光源を、白熱電球 (60W、寿命 1000 時間) から電球形蛍光ランプ (12W、寿命 6000 時間) に交換した。交換するランプ (電球) の価格を含めた 3 年間のコストを比較すると、電球形蛍光ランプは白熱電球の $\boxed{A \mid ab}$ [%] となる。

ただし、1 年間の点灯時間が 2000 時間で電気代が 23 円/(kW·h)、白熱電球 1 個の価格を 150 円、蛍光ランプ 1 台の価格を 1800 円とする。

2) 間口 8m、奥行き 10m、高さ 3m の事務所に蛍光ランプ 10 台を取り付けた。このとき、天井面の平均照度は 100 lx で反射率が 80%、壁面の平均照度は 200 lx で反射率が 70%、床面の平均照度は 350 lx で反射率が 30% であり、蛍光ランプの器具効率 は 80% であった。このときの蛍光ランプ 1 台の全光束は $\boxed{B \mid abc} \times 10^3$ [lm] である。

3) 半径 1m、反射率 0.1、吸収率 0.1 の均等拡散性の乳白色ガラス板がある。このガラス板に対しある光源から光束が一様に入射しているとき、裏面の輝度が 250 cd/m² となった。このときの入射光束は、 $\boxed{C \mid abc} \times 10^3$ [lm] である。

4) 直径 40 cm の完全拡散性の半球を用いて平均輝度 3000 cd/m² のシーリングライトを作りたい。器具効率を 0.8 とすれば、設置する光源の光束は $\boxed{D \mid abc} \times 10^3$ [lm] のものを選べばよい。

5) 間口 20 m、奥行 30 m、作業面から天井までの高さ 2.4 m の作業場で、蛍光ランプ 2 灯用 (ランプ 1 灯当たりの全光束が 4500 lm) を使用し、平均照度を 500 lx 以上としたい。このとき、最も台数が少なくすむ光源の配置を求めると、8 台 $\times \boxed{E \mid ab}$ [台] の配列となる。ただし、照明器具の照明率は 0.54、保守率は 0.66 とする。

(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、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) 空調用の熱源機器としてヒートポンプを用いる意義は、そのままでは利用しにくい自然エネルギーや低温の排熱などを、冷熱源あるいは温熱源として有効利用できるという点にある。

1) 一般に利用されるヒートポンプの熱源としては、、井水、河川水、太陽熱、地熱などの自然エネルギーと、工場の生産工程で発生する低温の排熱、冷暖房により生じる排熱などのいわゆる排熱がある。

2) 井水は自然エネルギー熱源として最も安定しており、一年中ほぼ一定温度で冷熱源や温熱源として利用できるが、オープンループで使用する場合、たとえば、下水道等への放流式などでは の問題があり、それを回避するために還元式としても、地下水環境に影響を与えないように配慮することが必要である。

< 及び の解答群 >

- | | | | |
|--------|-------|------|--------|
| ア 雨水 | イ 大気 | ウ 風力 | エ 水質汚濁 |
| オ 地盤沈下 | カ 熱汚染 | | |

3) ヒートポンプを用いる例として、低温熱源から温熱を汲み上げて有効利用する場合の熱の流れを、図 1 の概念図のように考える。ここで、 Q_1 [W] を高温熱源に汲み上げられる熱量、 Q_2 [W] を低温熱源から汲み上げられる熱量、 W [W] をヒートポンプの入力仕事率 (動力) とすると、理論的には式 が成り立つ。

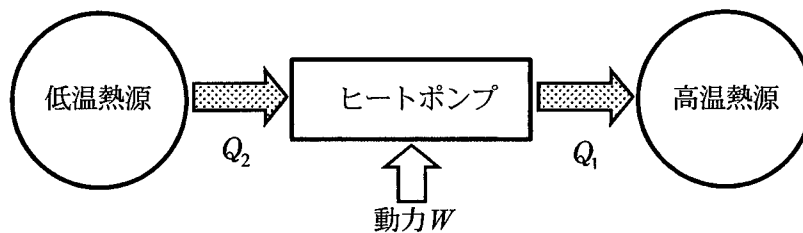


図 1

〈 3 の解答群 〉

ア $Q_1 = Q_2$ イ $Q_1 = W + Q_2$ ウ $\frac{Q_1}{Q_2} = W$

4) 自然エネルギーの太陽熱を集熱して暖房に利用するとき、ヒートポンプを用いて太陽熱の利用効率の向上を図ることができる。太陽熱は、直接集熱器で暖房に必要な温度まで昇温して使う方法が一般的であるが、集熱器の効率は集熱温度に大きく依存し、温度が高いほど集熱効率は低下する。したがって、低温で集熱することで集熱効率を極力高め、ヒートポンプで暖房に必要な温度まで昇温して使えば利用効率を高くできる。

例えば、集熱温度を 15～25℃ 程度として集熱効率を最大限に高め、さらにヒートポンプの出口温度を 4 にすれば、ヒートポンプの成績係数も相対的に高く保つことが可能となる。

図2は太陽熱利用のヒートポンプシステムの一例を示すものであり、この図でAは 5、Bは 6、Cは 7、Dは 8 である。太陽熱を集熱しながら蓄熱槽経由で熱を利用することができ、融通性がより高いシステムとなっている。ただし、このシステム図は概念を示すものであり、ポンプその他の機器で省略されているものがある。

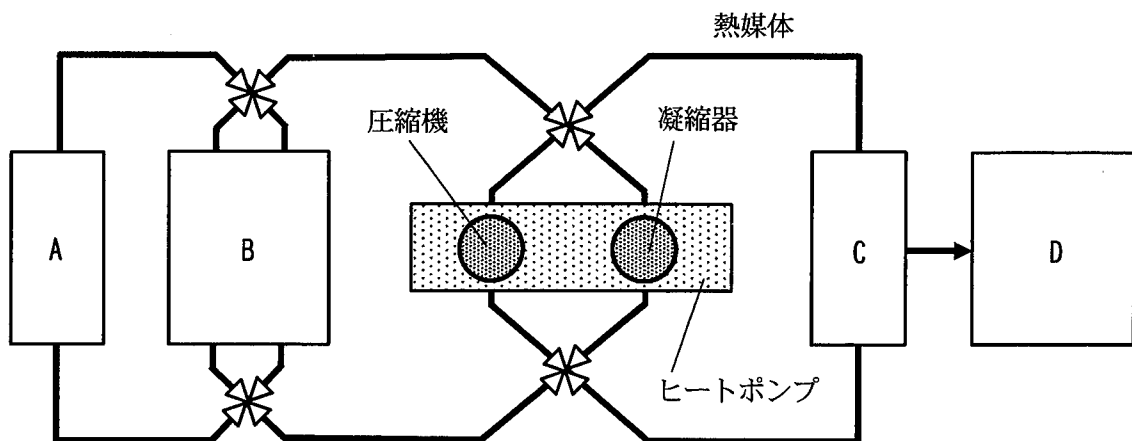


図2

〈 4 ～ 8 の解答群 〉

- ア 空調機 イ 対象室 ウ 太陽熱集熱器 エ 蓄熱槽 オ 冷却塔
 カ 空調機の効率を考慮してできるだけ高温 キ 制御せずに自由
 ク 暖房に支障のない範囲でできるだけ低温

問題 16 の (2) は次の 23 頁及び 24 頁にある

(2) 空調用の送風機（ファン）は、空調機、冷却塔、ファンコイルユニット、一般の換気など多くの用途に用いられ、求められる運転特性に応じて機種が選択される。

1) 送風機の機種としては、空調機の送風用などとして が最も汎用的に用いられ、その他効率の良い翼型断面羽根を持つターボファンなども用いられる。

< の解答群 >

ア クロスフローファン

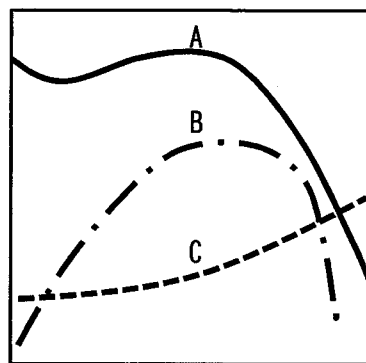
イ シロッコファン

ウ 軸流ファン

2) 図3 (a) 及び (b) は、送風機の運転特性、運転状態等の概略を表す図で、横軸は風量、縦軸は圧力、効率、軸動力、抵抗を示している。

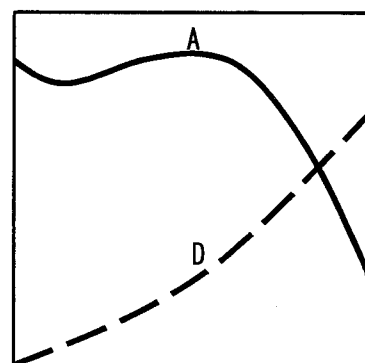
図3において、送風機の使用回転速度における特性は、風量と、送風機全圧を示す曲線 、軸動力を示す曲線 、及び効率を示す曲線 との関係で表される。

また、ある送風システムにおける送風機の運転状態点は、送風システムの抵抗を示す曲線 と送風機全圧との交点で決まる。ここで、送風システムの抵抗は、一般に風量の 乗に比例する。



風量

(a)



風量

(b)

図3

3) 送風機の風量制御には多くの方法があるが、図4 (a)～(c)はその中からそれぞれ、吐出しダンパ制御、吸い込みベーン制御、回転速度制御のいずれかについての概念を示したものである。

このうち吐出しダンパ制御は、ダンパ開閉によって装置抵抗を変化させる方法で、図4の 15 に示すように、送風機の圧力曲線上で風量を制御する。また、軸動力も動力曲線上を変化し、ダンパ抵抗分は損失となるため、風量低減による動力低減効果は比較的小さい。

一方、回転速度制御は、図4の 16 に示すように、必要な風量に応じた回転速度に設定することで風量を調整する方法である。効率低下がなく、理論的には回転速度の比の 17 乗に比例して動力低減ができ、最も省エネルギー性に優れた制御方法である。

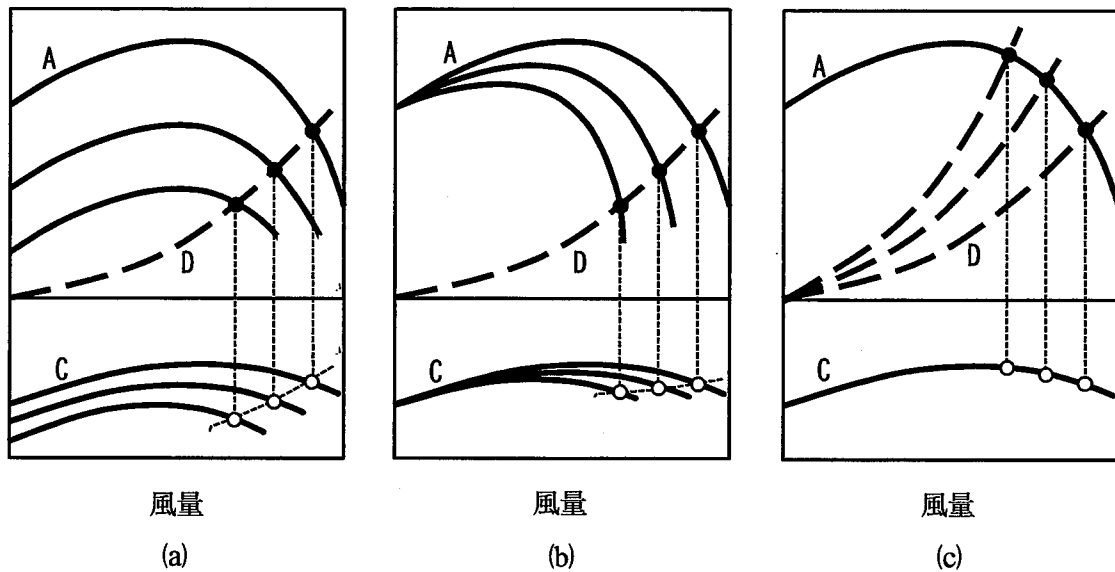


図4

< 10 ~ 17 の解答群 >

- | | | | | | |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|-----|
| ア $\frac{1}{2}$ | イ 1 | ウ 2 | エ 3 | オ A | カ B |
| キ C | ク D | ケ (a) | コ (b) | サ (c) | |

(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. 、 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. 、 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。

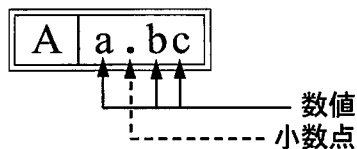
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

- (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、「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 $\pi = 3.1415...$ 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)

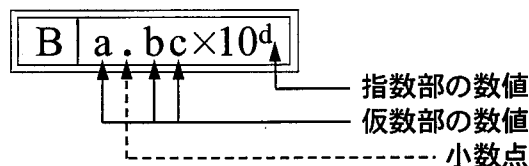
「6.83」に
マークする



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

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2

↓ 四捨五入

9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする



B				
a	b c	×10	d	
0	0	0	0	
1	1	1	1	
2	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	8	
9	9	9	9	

(裏表紙)