

電気分野  
専門区分

課目Ⅲ 電気設備及び機器

試験時間 10:50～12:40 (110分)

2 時限

問題 7, 8 工場配電  
問題 9, 10 電気機器

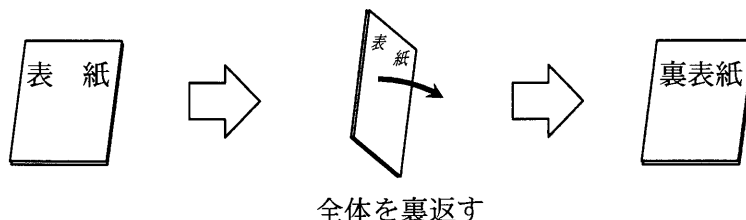
2～10 ページ

11～16 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。

(空 白)

(工場配電)

問題7 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

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

工場における自家用発電設備などの分散型電源を、電力会社の配電系統に連系する場合に留意すべき主な事項として、保安に関する要件が「電気設備の技術基準とその解釈」に、また、電力品質に関する要件が「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン(平成16年資源エネルギー庁)」に定められている。これらの中で、高圧配電線への連系を例にとると、次のようなことが定められている。

- ① 配電系統又は分散型電源が異常となったときは、 しなければならない。
- ② 受電点における力率は原則として  [%] 以上とし、かつ、進み力率とならないようにする。
- ③ 分散型電源の並解列時の瞬時電圧降下は、常時電圧の  [%] 以内とする。
- ④ 自家用発電設備を設置する需要家は、緊急時に備えて、常時、電力会社との連絡体制及び速やかな復旧体制を確保する。

<  ～  の解答群 >

- |               |     |      |      |                |      |      |
|---------------|-----|------|------|----------------|------|------|
| ア 3           | イ 5 | ウ 10 | エ 80 | オ 85           | カ 90 | キ 95 |
| ク 分散型電源の負荷を遮断 |     |      |      | ケ 分散型電源を自動的に解列 |      |      |
| コ 分散型電源を非常停止  |     |      |      |                |      |      |

問題7の(2)及び(3)は次の3頁～6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。

工場あるいは事業所の配電設備における電力損失は、変圧器の損失と、配電線路の抵抗損失が支配的となるので、省エネルギーの観点からは、これらの損失をできるだけ低減させることが必要である。

1) 変圧器による省エネルギー対策としては、次のようなものがある。

- ① 「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」に規定する  を満足する変圧器の採用
- ② 適正な容量の変圧器の選定
- ③ 無負荷時の変圧器停止や軽負荷時の変圧器負荷の切り替え
- ④ 負荷機器で適正な電圧が得られるための変圧器の  の選定

<  及び  の解答群 >

ア タップ          イ 位相                  ウ 基準エネルギー消費効率          工 規約効率  
オ 結線              カ 定格容量

2) 配電線路の設備面の省エネルギー対策としては、次のようなものがある。

① 配電電圧の昇圧による線路電流の低減

我が国の配電線路の公称電圧は、高圧回路では 3300V 及び  [V] であり、低圧回路では 100V、200V、 [V] などがある。例えば、低圧の 100V と 200V の電圧で比較すると、接続される負荷機器の出力、効率及び力率が等しく、また、回路方式及び線路インピーダンスが等しいとき、定格 200 V の機器を 200 V 回路で使用すると、定格 100 V の機器を 100V 回路で使用するのに対して、線路損失は  に低減できる。

② 変圧器を負荷近くに設置することによる負荷側線路こう長の短縮

変圧器を負荷の近くに設置することにより、低圧側の負荷の線路こう長を短くすることができ、配電損失を低減できる。

③ 適正な電線サイズの選定

電線サイズは、配電線路における電圧降下を許容値以下に抑えるよう、経済性も考慮して決められる。定格負荷電流が流れたときの電圧降下が、特殊な場合を除き、一般には、定格電圧の  [%] 程度以下になるように選定される。また、これにより配電線路における電力損失も抑えられる。

<  ~  の解答群 >

ア $\frac{1}{4}$	イ $\frac{1}{2}$	ウ $\frac{1}{\sqrt{3}}$	エ $\frac{1}{\sqrt{2}}$	オ 1
カ 2	キ 5	ク 300	ケ 400	コ 500
サ 4400	シ 5500	ス 6600		

3) 配電線路の運用面の省エネルギー対策としては、次のようなものがある。

① 三相が平衡となる負荷配分

単相負荷も接続される三相配電線路においては、供給回線の電圧及び電流ができるだけ平衡するように単相負荷を配分する。

② 高い力率の維持

力率改善用コンデンサなどを使用して負荷側の  を低減することにより、配電線路の抵抗損失を低減させる。

<  の解答群 >

ア 周波数変動	イ 静電容量	ウ 無効電力
---------	--------	--------

- (3) 次の文章の  $\boxed{A \mid abc}$  ～  $\boxed{C \mid ab}$  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位の一つ下の位で四捨五入すること。

図のように受電用変電所から A、B、C の 3 工場に供給する三相 3 線式の高圧配電線路がある。受電用変電所から A 工場までの 1 相当りのインピーダンスは  $0.07 + j0.1 \Omega$ 、A 工場から B 工場までの 1 相当りのインピーダンスは  $0.2 + j0.1 \Omega$ 、B 工場から C 工場までの 1 相当りのインピーダンスは  $0.2 + j0.15 \Omega$  であり、配電線路から各工場への引込線のインピーダンスは無視できるものとする。また、すべての電流は、A 工場の受電電圧の位相を基準として表すものとする。

A 工場の負荷電流  $i_A$ 、B 工場の負荷電流  $i_B$  及び C 工場の負荷電流  $i_C$  は、

$$i_A = 200 - j60 \text{ [A]} \text{ (遅れ)}$$

$$i_B = 100 - j100 \text{ [A]} \text{ (遅れ)}$$

$$i_C = 150 \text{ [A]}$$

である。なお、各負荷電流は三相平衡で、電圧のいかんにかかわらず一定であるものとし、各工場の受電電圧間の位相差は無視できるものとする。

このとき、受電用変電所から A 工場への分岐点までの高圧配電線路に流れる電流  $i_1$  [A] の大きさは、 $\boxed{A \mid abc}$  [A] であり、受電用変電所から C 工場までの高圧配電線路の全損失は、 $\boxed{B \mid abc}$  [kW] となる。

ここで、高圧配電線路の電力損失を低減する目的で、B 工場に 1 相当りの進み無効電流が 100 A の力率改善用コンデンサを設置した。このとき、受電用変電所から C 工場までの高圧配電線路の全損失は、力率改善用コンデンサを設置する前の  $\boxed{C \mid ab}$  [%] となる。

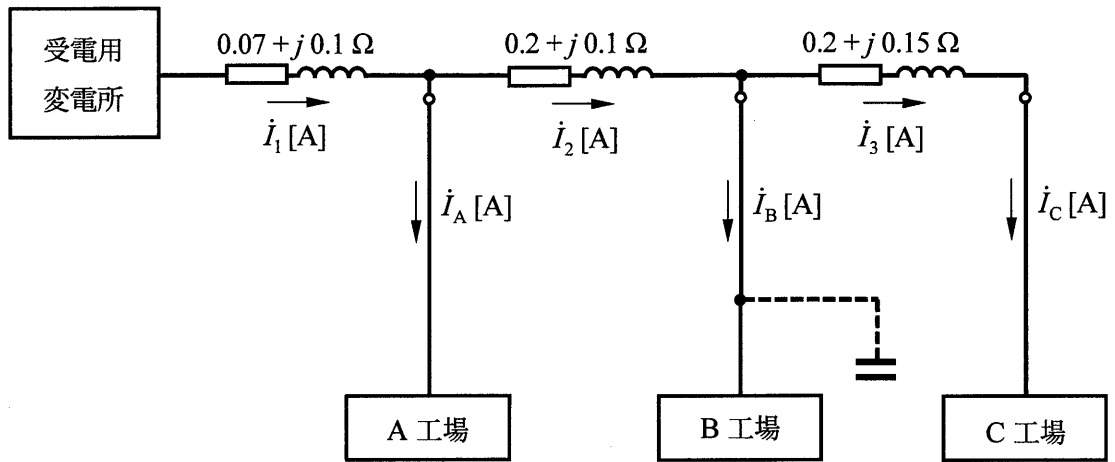


図 工場配電系統

(工場配電)

問題 8 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  ～  の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

1) 配電線にアーク炉のような変動負荷が接続されると、その負荷電流変動による電圧変動のため、線路の電圧が変動する。この電圧変動が頻繁に繰り返されると、白熱灯や蛍光灯などの明るさにちらつきが生じる。この現象を  といい、これが著しい場合は、人に不快感を与えることになる。

2) 負荷のインピーダンスが一定の場合、電圧が下がると負荷電流が小さくなり、配電線路の電力損失は小さくなる。しかし、近年電圧が下がると電流が増加し、電圧が上がると電流が減少する定電力特性を持った機器が増加している。このような機器の代表的なものに、 がある。

3) 工場配電における力率の向上は、線路における電力損失の低減のほかに、電圧低下の抑制、電気料金の低減などに効果がある。「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」の判断基準の基準部分は、受電端における力率を  [%] 以上にすることを求めている。

4) 工場の三相配電線路では、三相電圧が不平衡になると  電圧が生じ、電動機の回転子の過熱を引き起こしたり、電力損失を増大させたりする。このために、線路の電圧の不平衡を低減することが求められる。

5) 保全とは、生産効率の維持、向上を目的として設備の保守、点検及び改良を行うことをいい、その方法によっていくつかに分けられる。そのうち、一般に、保全に要する費用よりも故障や劣化による損失が大きい場合などに計画的に行うものを  という。

故障や劣化に起因した事故停電は、生産の停止、仕掛品の不良発生など電力原単位に影響を与え、工場全体に損害を与えることにつながる。さらに、事故が工場の外部に波及した場合は電力会社系統の停電を招くこともあるので、社会的責任からも十分な保安全管理が必要である。



< 1 ~ 5 の解答群 >

ア 85

イ 90

ウ 95

エ インバータ応用機器

オ 高効率三相誘導電動機

カ 高効率変圧器

キ フリッカ

ク 高調波

ケ 瞬時停電

コ 改良保全

サ 事後保全

シ 予防保全

ス 正相

セ 逆相

ソ 単相

問題 8 の (2) は次の 9 頁及び 10 頁にある

- (2) 次の各文章の 

A	abc
---	-----

 ～ 

F	a
---	---

 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。

図は、高圧配電線に連系する、ある工場の配電設備を示す。この工場の配電設備は、500kW で力率 90% (遅れ) の負荷 A、200kW で力率 85% (遅れ) の負荷 B、及び力率改善用コンデンサから構成されている。コンデンサ容量は、定格容量 50 kvar/台×5 台の構成で合計 250 kvar であり、力率調整装置によりそれぞれ独立して投入あるいは遮断が可能となっている。力率調整装置の設定値は、受電点において力率 98% (遅れ) に設定されており、力率がこの設定値より遅れとなる場合はコンデンサを投入し、進みとなる場合はコンデンサを遮断するものとする。ここで、配電線路のインピーダンスは無視するものとし、簡単のために、力率調整装置の設定値のヒステリシスは考えない。

- 1) 負荷 A と負荷 B の合計電力は 

A	abc
---	-----

 [kW] + j 

B	abc
---	-----

 [kvar] であり、力率調整装置の動作によりコンデンサ 5 台が投入されることで、受電点における力率は 

C	ab.c
---	------

 [%] (遅れ) まで改善される。ここで、無効電力の符号は、遅れを「+」とする。

- 2) 太陽光発電設備をこの工場に導入した場合における、コンデンサの投入台数について検討する。

出力 500kW、力率 100% の太陽光発電設備を連系した場合、負荷 A、負荷 B 及び太陽光発電設備による受電点の力率は 

D	ab.c
---	------

 [%] (遅れ) となる。ここで、受電点の力率を 98% (遅れ) まで改善させるには、定格容量 50 kvar のコンデンサが最低でも 

E	a
---	---

 [台] 必要であり、現状設備では不足が生じる。

- 3) 次に、太陽光発電設備の力率を変更した場合について検討する。

出力 500kW、力率 90% (系統から見て進み) の太陽光発電設備を連系した場合、負荷 A、負荷 B 及び太陽光発電設備による受電点の力率を 98% (遅れ) まで改善させるには、定格容量 50 kvar のコンデンサの最少必要台数が 

F	a
---	---

 [台] となるので、現状設備で力率の改善が可能となる。

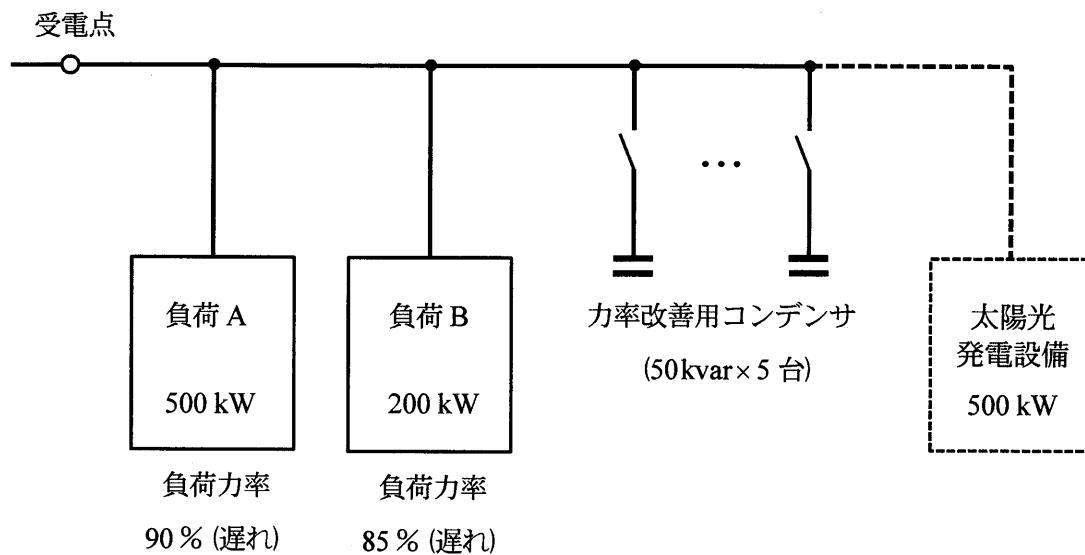


図 配電系統

(電気機器)

問題9 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 11 ] 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。

1) 変圧器の効率、負荷損が無負荷損と等しくなる負荷点において最大となる。鉄心材料の進歩により、最近の変圧器は無負荷損が減少し、最大効率の負荷点が [ 1 ] 側に移行する傾向にある。これは、変圧器のように常時使用状態に置かれている機器の省エネルギーには効果的である。

変圧器の鉄心材料の一つとして用いられるアモルファス磁性材料は、鉄、ニッケル、コバルトなどの [ 2 ] 元素と、ほう素やけい素などの半金属元素とで作られた [ 3 ] 状態の合金である。方向性けい素鋼帯に比べてヒステリシス損が少なく、抵抗率が高く、板厚を  $\frac{1}{10}$  程度にできるので、 [ 4 ] 損も低減できる。一方、方向性けい素鋼帯に比べて占積率が小さく、 [ 5 ] 磁束密度も低いので、変圧器の鉄心断面積は大きくなる傾向にある。

< [ 1 ] ~ [ 5 ] の解答群 >

ア 渦電流	イ 強磁性	ウ 反磁性	エ 非磁性	オ 軽負荷
カ 重負荷	キ 定格負荷	ク 漂遊負荷	ケ 残留	コ 単結晶
サ 多結晶	シ 非晶質	ス 飽和	セ 漏れ	ソ 誘電体

2) パワー半導体デバイスを用いて、直流電流を高頻度でオン・オフすることによって、交流を介することなく直流電圧を直接制御する回路は、直接直流変換装置あるいは直流チョッパと称される。

直流チョッパは、バルブデバイス  $S$ 、ダイオード  $D_F$ 、リアクトル  $L$  及びコンデンサ  $C$  などで構成され、それらの接続位置の相違により、基本的な3種類のチョッパ回路がある。

バルブデバイスがオン状態にある期間を  $t_{on}$ 、バルブデバイスがオフ状態にある期間を  $t_{off}$ 、1周期を  $T = t_{on} + t_{off}$  で表したとき、 $\alpha = \frac{t_{on}}{T}$  は1周期中でのオン時間比率であり、 [ 6 ] 率

と呼ばれる。ここで、電源電圧を  $E_s$ 、負荷電圧を  $v_d$  とし、その平均値を  $V_d$  とすると、3種類  
のチョッパ回路での出力電圧と電源電圧との関係を表す式は次のようになる。ただし、バルブ  
デバイス  $S$  には損失がないものとする。

降圧チョッパ  $V_d = \boxed{7} \times E_s$

昇圧チョッパ  $V_d = \boxed{8} \times E_s$

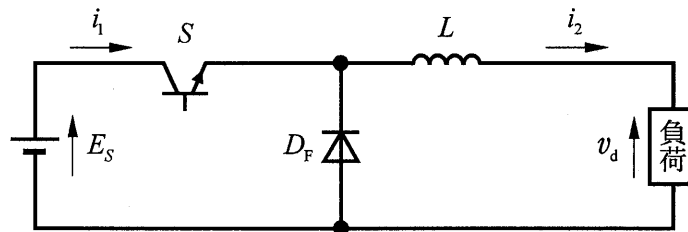
昇降圧チョッパ  $V_d = \frac{\alpha}{1-\alpha} \times E_s$

図は、これらのうちの  $\boxed{9}$  チョッパ回路である。

図の回路において、電源電流  $i_1$  の平均値を  $I_1$ 、負荷電流  $i_2$  の平均値を  $I_2$  とし、負荷電流の  
リップルが十分小さければ、 $i_1$  は 1 周期  $T$  で  $t_{on}$  の期間だけ流れるので、 $I_1$  と  $I_2$  の関係は、

$$I_2 = \boxed{10} \times I_1$$

で求められる。したがって、交流の変圧器と同様に  $\boxed{11}$  の関係式が成り立つ。



図

<  $\boxed{6}$  ~  $\boxed{11}$  の解答群 >

- |                               |                        |                             |                        |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| ア $\alpha$                    | イ $1+\alpha$           | ウ $1-\alpha$                | エ $\frac{1}{\alpha}$   |
| オ $\frac{1}{1+\alpha}$        | カ $\frac{1}{1-\alpha}$ | キ $\frac{1+\alpha}{\alpha}$ | ク $\frac{1}{\alpha^2}$ |
| ケ $\frac{1-\alpha^2}{\alpha}$ | コ $V_d E_s = I_1 I_2$  | サ $V_d I_1 = E_s I_2$       | シ $V_d I_2 = E_s I_1$  |
| ス 降圧                          | セ 昇圧                   | ソ 昇降圧                       | タ 周期                   |
| チ 通流                          | ツ 導電                   |                             |                        |

問題 9 の (2) は次の 13 頁にある

(2) 次の文章の A a.b ～ E abc 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。

定格容量  $300\text{kV}\cdot\text{A}$ 、定格一次電圧  $6600\text{V}$ 、定格二次電圧  $210\text{V}$ 、定格周波数  $60\text{Hz}$  の単相変圧器がある。二次端子を開放し、一次端子に定格電圧を印加する無負荷試験、及び二次端子を短絡し、二次回路に定格電流を流すように一次端子に電圧を印加する短絡試験を行って、次の結果が得られた。ただし、諸量は  $75\text{℃}$  に換算された値である。

試験名	一次電圧 [V]	一次電流 [A]	電力 [W]
無負荷試験	6 600	0.2	275
短絡試験	277.2	45.45	2 600

短絡試験の結果より、短絡インピーダンスは A a.b [ $\Omega$ ] と計算されるので、この値を、定格容量  $300\text{kV}\cdot\text{A}$  の変圧器の  $6600\text{V}$  基準での基準インピーダンス B abc.d [ $\Omega$ ] で除すと、この変圧器の短絡インピーダンスは C a.bc [%] となる。さらに、この短絡インピーダンスを抵抗分とリアクタンス分に分けると、抵抗分は  $0.867\%$ 、リアクタンス分は D a.bc [%] となる。この変圧器の定格容量は  $300\text{kV}\cdot\text{A}$  なので、JIS C 4304-2013 規格に基づく基準負荷率は  $40\%$  である。したがって、この変圧器のエネルギー消費効率 E abc [%] となる。

(空 白)

(電気機器)

問題 10 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) 現在、平均的な工場で使用されている年間消費電力量の  割強が電動機応用設備によって使用され、多量のエネルギーを消費する機器となっている。この傾向は諸外国においても同様であり、汎用的な三相誘導電動機を対象に、高効率化への対応が急がれる課題となっている。

一方、同期電動機では、高性能磁石を用いた永久磁石形同期電動機 (PMSM) が高効率電動機として注目されている。永久磁石形同期電動機は三相誘導電動機に比較しても、高効率、高 、低騒音、省スペース、保守の容易さなどの特徴があり、適用分野が広がってきている。永久磁石形同期電動機の回転子構造には、 磁石式と埋込磁石式とがあるが、産業用には主に後者が用いられており、発生トルクは、永久磁石の磁束と、これと直交する  $q$  軸電流との積によって発生する  トルクと、磁氣的な  性によるリラクタンストルクの両者を用いる。

埋込磁石式構造では、電流位相を適切な  に制御することにより、リラクタンストルクを有効利用することができ、特性が改善される。さらに、低速領域では、単位電流当たりのトルクを最大とする制御を行い、高速領域では  制御を行うことによって、運転領域を拡大できる。

<  ~  の解答群 >

- |           |         |       |         |
|-----------|---------|-------|---------|
| ア 5       | イ 7     | ウ 9   | エ $V/f$ |
| オ インダクタンス | カ マグネット | キ 遠心  | ク 円筒    |
| ケ 遅れ角     | コ 進み角   | サ 回転軸 | シ 重なり角  |
| ス 起磁力     | セ 機能    | ソ 対称  | タ 電流一定  |
| チ 突極      | ツ 能率    | テ 表面  | ト 弱め磁束  |
| ナ 力率      |         |       |         |



2) 半導体バルブデバイスは、オン状態では通電に伴う電圧降下があり、オフ状態ではわずかながら漏れ電流が発生するために電力損失が生じる。オン状態からオフ状態への切り換え、あるいはその逆の動作には有限な時間が必要で、スイッチング動作に伴う損失が発生する。この損失はスイッチング  を上げると増加する。

電力用半導体素子のうち、サイリスタとは一般に  三端子サイリスタを指す。これは pnpn の 4 層から構成されており、陽極と陰極、他に制御電流を加えるゲートを有している。

サイリスタの陰極と陽極間に  を印加した状態で制御電流を与えると、オフ状態からオン状態に移行する。一度オン状態になると、制御電流を取り去っても導通状態が維持される。ターンオフさせるには、外部回路により陽極電流を保持電流以下とするか、又は陽極と陰極間に一定時間以上  を加える必要がある。

<  ~  の解答群 >

- |        |       |          |       |
|--------|-------|----------|-------|
| ア 2方向性 | イ 電圧  | ウ パルス電圧  | エ 逆電圧 |
| オ 順電圧  | カ 電流  | キ 交流     | ク 直流  |
| ケ 逆阻止  | コ 逆導通 | サ 高周波パルス | シ 周波数 |

(2) 次の文章の   ~   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。

定格出力 15kW、定格周波数 50Hz で、4 極の三相かご形誘導電動機があり、定格回転速度が  $1440 \text{ min}^{-1}$ 、定格運転時の効率が 88.5% である。この電動機の定格運転時の滑り  $s$  は   [%] であり、定格出力時のトルクは   [N・m] となる。このとき、電動機の定格出力時の二次銅損は、滑り  $s$  と定格出力値から   [W] と計算される。また、この電動機の負荷損が銅損で代表され、銅損以外の負荷損が無視できるものとし、一次銅損と二次銅損は常に等しいものとする、この電動機の固定損は   [W] と計算される。ここで、 $\pi=3.14$  として計算すること。

(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、計算をとま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。

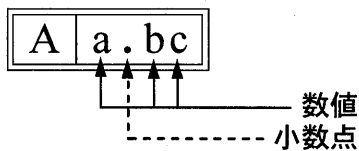
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

- (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 $\pi = 3.1415...$ 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)

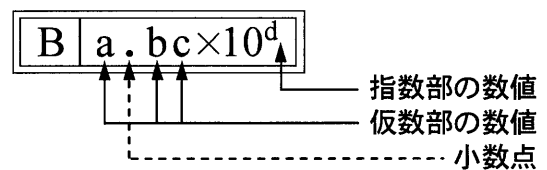
「6.83」に  
マークする



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)

$9.183 \times 10^2$   
↓ 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	×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