

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

1～10 ページ

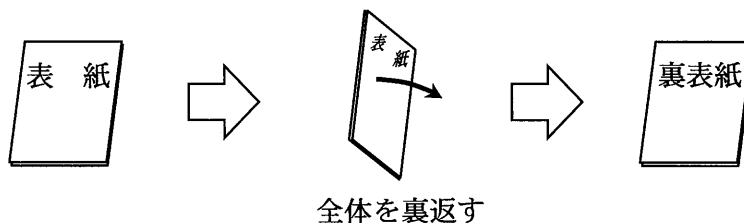
問題 9, 10 電気機器

11～18 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。

(工場配電)

問題7 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記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

一般に、電力負荷平準化対策を行うことにより、最大需要電力が抑制されるので、電気供給者がピーク時間に運転している熱効率の低い石油火力の稼働停止が可能となり、発電設備全体の効率が向上するなど、電力供給システム全体に大きな効果をもたらす。したがって、電気供給者側、需要家側双方に電力負荷の平準化への取組みが求められている。

- 1) 電気供給者側が電力システムで行う負荷平準化対策は  であり、その代表的なものが揚水発電である。これは、夜間電力を利用して下池から上池へと水をポンプアップし、ピーク時間にその水を利用して発電するものである。そのほか、 などの二次電池を利用したものがある。

〈  及び  の解答群 〉

- |             |         |        |
|-------------|---------|--------|
| ア ナトリウム硫黄電池 | イ 酸化銀電池 | ウ 燃料電池 |
| エ 広域運用      | オ 電力貯蔵  | カ 電力融通 |

- 2) 需要家側には、「工場等における電気の需要の平準化に資する措置に関する事業者の指針」により、電気需要平準化時間帯において、大きく次の①～③の措置の実施が求められている。

- ① 電気の使用から燃料又は熱の使用への転換
- ② 電気需要平準化時間帯以外の時間帯への電気を消費する機械器具を使用する時間の変更
- ③ その他事業者が取り組むべき電気需要平準化に資する措置

具体的検討対策としては、①では自家発電設備の導入、②では  の導入などが考えられる。③では、エネルギーの使用の合理化のために  装置を設置している場合は、それによって電気の使用量の監視機能の活用にも努めることや、需要家の電力が電気事業者との間で取り決めた  を超過する恐れがあるときに、優先度の低い負荷の停止などにより最大需要電力を抑制するために活用することが考えられる。また、近年電気事業者が導入を進めている

6 が普及すれば、需要家が電気使用状況を直接把握する手段としても利用できるので、電力負荷平準化や需要抑制に有効である。

なお、電気需要平準化の措置を講じるに当たっては、「エネルギー使用の合理化 7」  
とされている。

〈 3 ~ 7 の解答群 〉

- |                   |                         |             |
|-------------------|-------------------------|-------------|
| ア コージェネレーション設備    | イ 太陽光発電設備               | ウ 蓄熱式ヒートポンプ |
| エ スマートメータ         | オ 電力品質アナライザ             | カ 配電自動化システム |
| キ デマンド監視          | ク 電圧調整                  | ケ 力率調整      |
| コ 下限力率            | サ 契約電力                  | シ 時間帯電力     |
| ス に優先して実施すること     | セ を著しく妨げることのないように留意すること |             |
| ソ を妨げることがあってはならない |                         |             |

(2) 次の文章の 8 及び 9 の中に入れるべき最も適切な数値を 8 及び 9 の解答群 〉 から選び、その記号を答えよ。

低圧配電方式において、単相 2 線式の単相負荷、三相 3 線式の平衡三相負荷で、いずれも負荷電流が  $I$  [A] で力率を 100 % としたときの配電線路の電力損失について比較する。なお、配電線 1 線分の単位長さ当たりの抵抗  $R$  [ $\Omega$ /m] 及びこう長  $L$  [m] は、両配電方式で同一とする。

負荷電圧が 100 V で単相 2 線式の場合、その供給電力は  $100 I$  [W] であり、供給電力に対する配電線路の電力損失の割合は  $\left(\frac{2I^2 RL}{100I}\right)$  で表される。

ここで、100 V 単相 2 線式と、負荷電圧が 200 V の三相 3 線式の配電方式とを比較すると、三相 3 線式の供給電力は単相 2 線式の 8 倍となり、供給電力に対する配電線路の電力損失の割合は 9 倍となる。

〈 8 及び 9 の解答群 〉

- |                        |                        |                        |              |               |               |
|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|---------------|---------------|
| ア $\frac{\sqrt{3}}{4}$ | イ $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | ウ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | エ $\sqrt{3}$ | オ $2\sqrt{3}$ | カ $4\sqrt{3}$ |
|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|---------------|---------------|

問題 7 の (3) 及び (4) は次の 3 頁～5 頁にある

(3) 次の各文章の **A ab** 及び **B 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。

図1は、6.6 kV 三相3線式高圧配電の母線から6.6 kV 高圧配電線路を經由して、6.6 kV/210V 配電用変圧器、低圧配電線路、平衡三相負荷が接続されたある工場の配電系統を示している。それぞれの設備の仕様は図1に記載のとおりであり、変圧器の変圧比は一定で損失は無視できるものとする。

また、図2は、負荷平準化対策のため斜線部の負荷を夜間にシフトすることを計画したある1日の平衡三相負荷の日負荷曲線を示している。ただし、負荷平準化対策前後で総消費電力量は変わらないものとする。

この配電系統において、次の1)及び2)の対策をそれぞれ単独で実施することを考える。

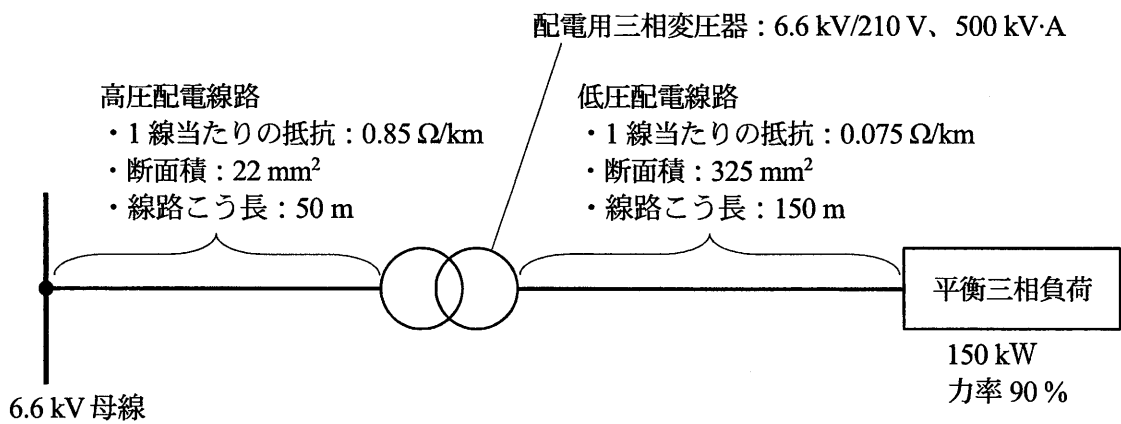


図1 配線系統

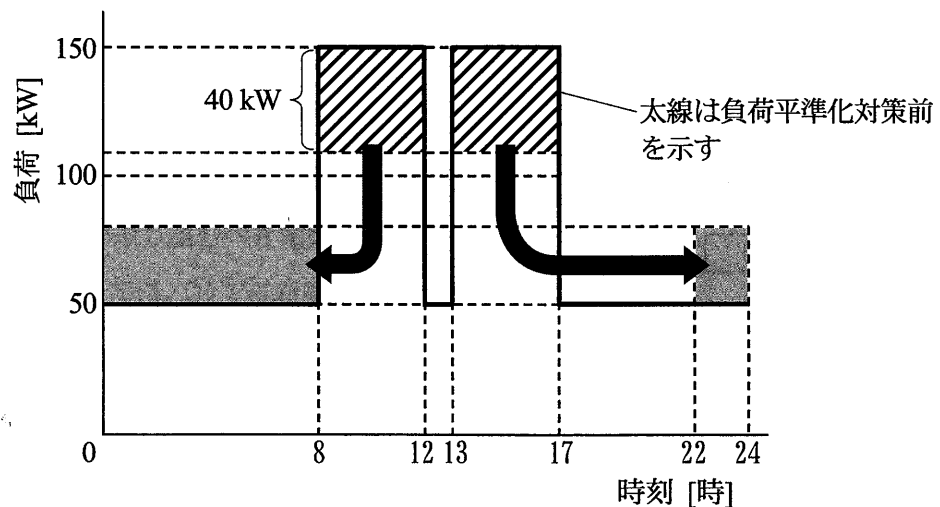


図2 平衡三相負荷の日負荷曲線

- 1) 図1の配電系統において、負荷平準化対策を実施して図2の斜線部に示すように、8時～12時及び13時～17時の負荷のうち40 kW分を夜間の22時～翌日の8時に均等にシフトすると、対策後の日負荷率は 

A	ab
---	----

 [%] となり、対策前と比較して負荷率は高くなる。
- 2) 図1の配電系統において、配電線路の電力損失の低減を図るため配電用変圧器を平衡三相負荷の近くに移動することにした。配電線路の全こう長は変えずに、高圧配電線路のこう長を150 m、低圧配電線路のこう長を50 mに変更した場合、図2の最大需要電力150 kWのときの電力損失は、線路のこう長を変更する前と比較して 

B	ab
---	----

 [kW] 低減できる。ただし、線路こう長を変更しても負荷端電圧は210 V、負荷力率は90 [%] で一定とする。

問題7の(4)は次の5頁にある

(4) 次の各文章の **C** ab 及び **D** 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3に示すように、受電設備から線路こう長  $L$  [m] で、電線の太さが均一の三相3線式の配電線により工場内に電力が供給される配電系統がある。この配電線には、図3に示した間隔で定電流負荷1～3が接続されている。1～3の定電流負荷は同一で、各負荷電流の大きさは電圧のいかんにかかわらず一定とする。また、配電線1線の単位長さ当たりのインピーダンスは抵抗分のみとし一定とする。

ここで、受電設備から  $\frac{3}{4}L$  の地点に、定電流負荷1つ分の電流を定格電流とする分散型電源を連系することを考える。

ただし、定電流負荷及び分散型電源の力率はいずれも100%とし、配電線から定電流負荷1～3への引込部分のインピーダンス、及び配電線と分散型電源の連系部分のインピーダンスは無視できるものとする。

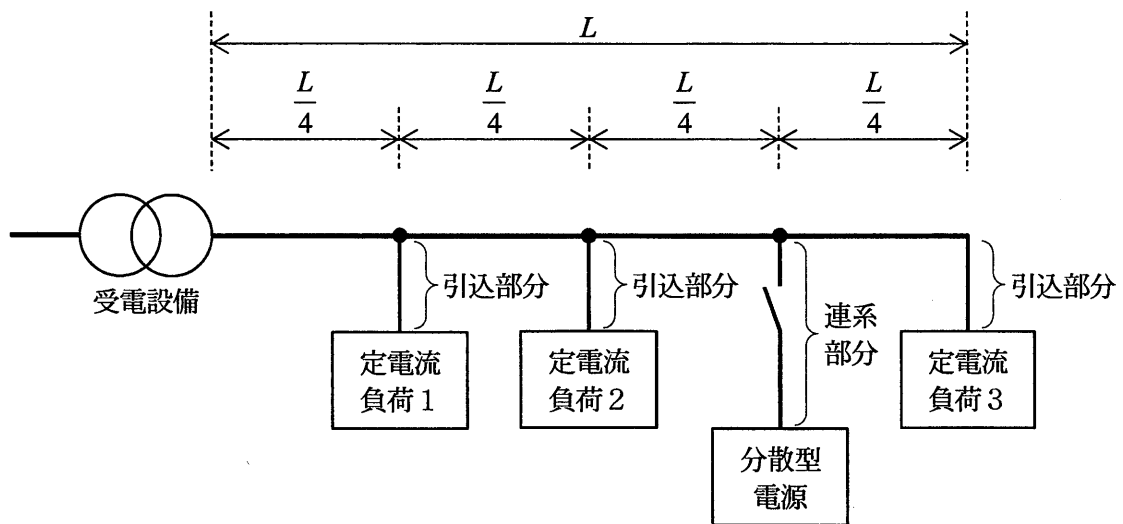


図3 配電系統

- 1) 分散型電源を連系し定格運転したとき、受電設備から分散型電源との接続点までの電圧降下は、分散型電源を連系していないときの値の **C** ab [%] となる。
- 2) 分散型電源を連系し定格運転したとき、受電設備から分散型電源との接続点までの配電線の電力損失は、分散型電源を連系していないときの値の **D** ab [%] となる。

(空 白)

(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。

1) 電力の力率向上は、電力損失の減少、電気料金の低減、、電圧の改善などに大きく寄与  
するので、力率管理を的確に行う必要がある。一般に、工場の力率は95%以上に保持できるよう  
進相コンデンサが設置されている。また、負荷の増減に応じた力率管理、調整を行う必要があり、  
そのために力率制御装置を用いる。その制御方式として代表的なものでは、力率の変動パターンが  
同じで周期的に繰り返される場合に用いられる  制御や、あらかじめ設定した整定値に  
基づいてコンデンサの投入・開放を行う  制御などがある。なお、 制御では、  
軽負荷時に必要な制御容量が、開放される単位コンデンサ容量より小さくなると、投入・遮断を  
繰り返す  現象を起こすので、制御幅は単位コンデンサ容量より若干大きくする必要が  
ある。

<  ~  の解答群 >

- |             |           |           |
|-------------|-----------|-----------|
| ア インバータ     | イ デマンド    | ウ ハンチング   |
| エ フェランチ     | オ フリッカ    | カ 位相      |
| キ 時間        | ク 周波数     | ケ 無効電力    |
| コ 系統容量の有効利用 | サ 周波数の安定化 | シ 瞬時停電の防止 |



2) 電気設備の事故を原因別に分類すると、設計ミス、製作・施工の不良、誤操作、機器や部品の経年劣化、保守の不備及び  などの自然災害に大別することができる。

自然災害による被害以外の事故は、施工後の検査とその後の  によって大きく低減できる。このうち、故障の兆候を早期に見付けて処置することや、経年劣化等による故障が予測される部品を故障前に計画的に交換する予防保全の方法がとられることが多い。

構内電気回路に短絡や地絡などの事故が発生した場合、速やかに事故を検出し、事故点に最も近い保護装置の作動により、事故の影響が他の健全な回路に波及しないように保護協調を行う必要がある。

一般に、高圧受電設備の配電系統における過電流保護では、過電流リレーによる  方式が採用され、受電設備の保護リレーは、その上流の送配電系統の保護リレーの  に対応して設定されている。

<  ~  の解答群 >

- |          |         |         |        |
|----------|---------|---------|--------|
| ア オゾン層破壊 | イ 干ばつ   | ウ 落雷    | エ 距離継電 |
| オ 区間保護   | カ 時限差継電 | キ 整定値   | ク 比率特性 |
| ケ 不感帯    | コ 調査や研究 | サ 点検や保守 | シ 防災訓練 |

**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 abcd ~ F a.bc 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。

図に示すように、6.6kV 三相 3 線式高圧配電線路に、負荷 A、負荷 B 及び負荷 C の三つの平衡三相負荷と力率改善用コンデンサが接続されている。各負荷の最大需要電力及び力率はそれぞれ表のとおりであり、力率は負荷変動によらず一定である。また、これらの負荷稼動時における不等率は 1.2 である。

ただし、配電線路について、受電変圧器から負荷母線までの 1 線当たりの線路インピーダンスは  $0.8 + j0.6 [\Omega]$  とし、負荷母線電圧は 6.6 kV で一定であるものとする。

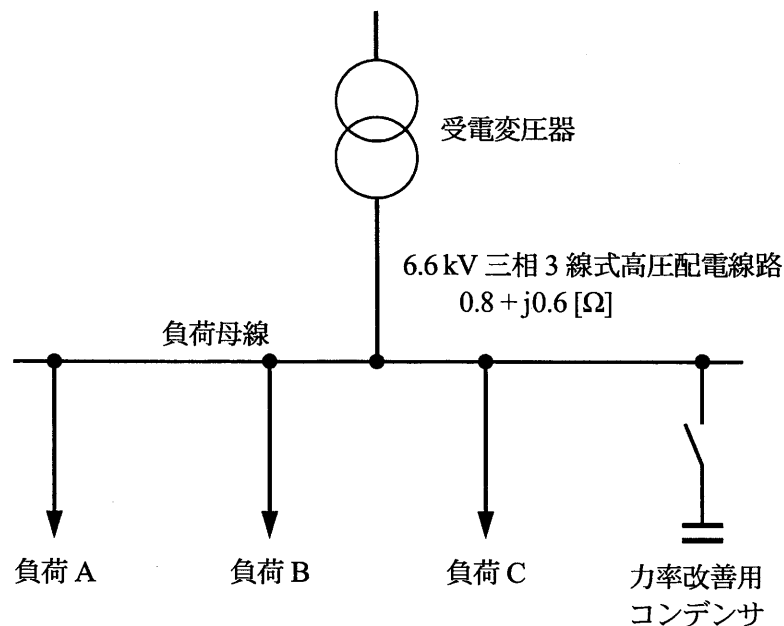


図 高圧配電系統

表 負荷の最大需要電力及び力率

	負荷 A	負荷 B	負荷 C
負荷の最大需要電力	550 kW	400 kW	850 kW
力率	90% (遅れ)	100%	80% (遅れ)

- 1) 負荷の合成最大需要電力は  $\boxed{A \mid abcd}$  [kW] である。
- 2) 合成最大需要電力が出現するときの各負荷の電力内訳は、負荷 A が 550 kW、負荷 C が 850 kW であり、残りが負荷 B であった。力率改善用コンデンサが投入されていない場合の全体の無効電力は  $\boxed{B \mid abc}$  [kvar]、総合力率は  $\boxed{C \mid ab}$  [%] である。
- 3) 合成最大需要電力が出現するときの力率を 95% (遅れ) まで改善するために必要な力率改善用コンデンサの容量は、 $\boxed{D \mid abc}$  [kvar] である。
- 4) 合成最大需要電力が出現するときの力率を 95% (遅れ) まで改善すると、受電変圧器から負荷母線までの線路電流は  $\boxed{E \mid abc}$  [A] となる。
- 5) 4) において、負荷母線の電圧を 6.6 kV 一定に保つためには、受電変圧器の送り出し電圧を  $\boxed{F \mid a.bc}$  [kV] とする必要がある。

ただし、三相 3 線式高圧配電線路の電圧降下  $\Delta V$  は、線路電流を  $I$  [A]、線路抵抗を  $R$  [ $\Omega$ ]、線路リアクタンスを  $X$  [ $\Omega$ ]、力率を  $\cos \varphi$  として、次の簡略式を用いて求めるものとする。

$$\Delta V = \sqrt{3}I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \text{ [V]}$$

(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  ~  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、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

図は単相二巻線変圧器の簡略図であり、(a) は負荷を接続しない状態、(b) は負荷を接続した状態について示したものである。

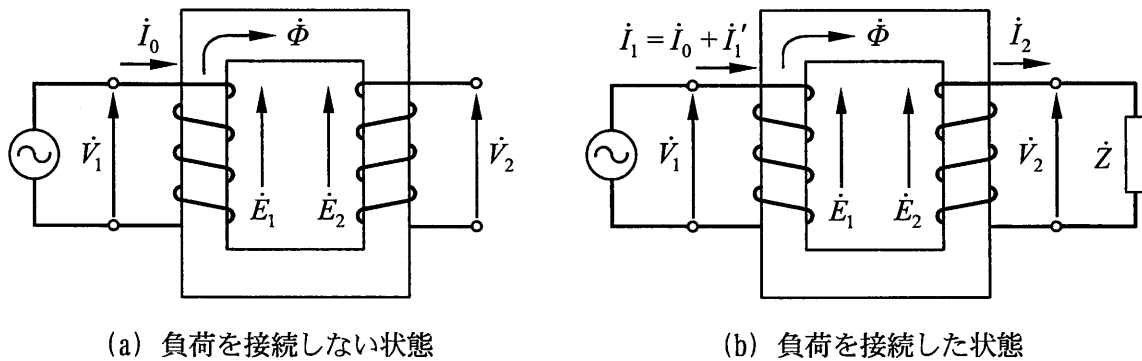


図 単相二巻線変圧器

- 1) 図 (a) に示すように、二次巻線に負荷を接続しない状態で、一次巻線に周波数が  $f$  [Hz] の交流電圧  $\dot{V}_1$  [V] を印加すると、一次巻線に  電流  $\dot{I}_0$  [A] が流れる。ここで、銅損、鉄損及び磁気飽和はなく、電流  $\dot{I}_0$  によって発生した交番磁束  $\dot{\Phi}$  [Wb] は全て鉄心中を通るものとする。交番磁束  $\dot{\Phi}$  によって一次巻線に  $\dot{E}_1$  [V] 及び二次巻線に  $\dot{E}_2$  [V] の誘導  が発生する。磁束の最大値を  $\Phi_m$  [Wb]、一次巻線の巻数を  $N_1$ 、二次巻線の巻数を  $N_2$  とすると、 $\dot{E}_1$  の大きさ  $E_1$  及び  $\dot{E}_2$  の大きさ  $E_2$  について、次式が成立する。

$$E_1 = \text{} \times f N_1 \Phi_m \text{ [V] (実効値)}$$

$$E_2 = \text{} \times f N_2 \Phi_m \text{ [V] (実効値)}$$

< 1 ~ 3 の解答群 >

- |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ア $\frac{\sqrt{2}}{2\pi}$ | イ $\frac{\sqrt{2}\pi}{2}$ | ウ $\frac{2\pi}{\sqrt{2}}$ |
| エ 起電力                     | オ 電流                      | カ 電力                      |
| キ 界磁                      | ク 励起                      | ケ 励磁                      |

2) 次に図 (b) のように、二次端子に負荷  $Z [\Omega]$  を接続すると二次電流  $I_2 [A]$  が流れる。これにより、 $N_2 I_2 [A]$  の 4 が生じ交番磁束  $\phi$  を減少させようとする。これに対し、最大磁束  $\phi_m$  を一定に保つように、一次側に 5 電流  $I_1' [A]$  が新たに流入し、前述の  $N_2 I_2 [A]$  を打ち消す。ここで、一次電流  $I_1 [A]$  は  $I_0$  と  $I_1' [A]$  を加えたものである。

3) 1) 及び 2) が変圧器の基本的な動作原理である。

しかし、実際の変圧器では銅損、鉄損及び磁気飽和がある。また、一次巻線あるいは二次巻線の電流による磁束のすべてが二次巻線又は一次巻線と鎖交するわけではない。これら、ほかの巻線と鎖交しない磁束を 6 と称し、これは短絡インピーダンス値を決定する主要な因子である。

< 4 ~ 6 の解答群 >

- |        |                            |            |
|--------|----------------------------|------------|
| ア 回転磁束 | イ <small>くうげき</small> 空隙磁束 | ウ 漏れ磁束     |
| エ 起磁力  | オ 磁束密度                     | カ 相互リアクタンス |
| キ 保護   | ク 保持                       | ケ 補償       |

問題 9 の (2) 及び (3) は次の 13 頁及び 14 頁にある

(2) 次の各文章の [ 7 ] ~ [ 12 ] 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。

電力用コンデンサ設備は、負荷力率の改善や適正電圧の維持などを主な目的として、電力系統に多く用いられる。

1) 我が国の電力用コンデンサ設備では、一般にリアクトルをコンデンサと直列に接続して使用している。直列リアクトルの使用目的は、電力系統に存在する高調波に対し、コンデンサ設備の合成リアクタンスが常に [ 7 ] となるようにして回路電圧波形のひずみの軽減を図り、併せてコンデンサ投入時の突入電流の抑制を図ることである。

2) 系統の高調波電流はコンデンサ設備に流入し易く、コンデンサ設備を構成する機器の過熱や焼損の原因となる。コンデンサ自体が発生する損失のほとんどは [ 8 ] で、その値が小さいために問題とはならず、過熱や焼損等の障害の多くは直列リアクトルで発生する。このため、JIS規格 (JIS C 4902-2:2010) では、%リアクタンスが6%の直列リアクトルについて、最大許容電流は、第5調波含有率35%以内のときは定格電流の [ 9 ] (許容電流種別Ⅰ)、第5調波含有率 [ 10 ] 以内のときは定格電流の130% (許容電流種別Ⅱ) の2種類を規定しており、電力会社の高圧配電系統に直接接続されるコンデンサ設備には、許容電流種別Ⅱの適用を推奨している。

< [ 7 ] ~ [ 10 ] の解答群 >

ア 45%    イ 50%    ウ 55%    エ 115%    オ 120%    カ 135%  
キ 共振性    ク 誘導性    ケ 容量性    コ 抵抗損    サ 誘電損    シ 励磁損

3) 三相回路の線間電圧が6 600 V、直列リアクトルのリアクタンスがコンデンサリアクタンスの6%のとき、コンデンサの定格設備容量を300 kvar とするために必要な三相コンデンサの定格電圧は [ 11 ] [V]、定格容量は [ 12 ] [kvar] である。

< [ 11 ] 及び [ 12 ] の解答群 >

ア 283    イ 300    ウ 319    エ 6 600    オ 6 900    カ 7 020

- (3) 次の各文章の 

A	a.bcd
---	-------

 ～ 

D	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。

定格容量 300kV・A、定格一次電圧 6600V、定格二次電圧 210V、定格周波数 60Hz の単相変圧器があり、定格容量で力率 100 % の負荷を接続したとき効率が 98.98 % であった。また、定格容量で力率 100 % における電圧変動率  $\varepsilon$  が 0.931 % であった。ここで、電圧変動率  $\varepsilon$  は、百分率抵抗降下を  $p$  [%]、百分率リアクタンス降下を  $q$  [%]、負荷の力率を  $\cos\phi$  としたとき、簡略式  $\varepsilon = p \cos\phi + q \sin\phi$  [%] で表すことができるものとする。

- 1) この変圧器が定格容量で力率 100 % の負荷のとき、効率が 98.98 % なので、この運転条件での全損失（無負荷損（ $P_1$ ）+ 負荷損（ $P_{cr}$ ））は、

A	a.bcd
---	-------

 [kW] となる。
  
- 2) 電圧変動率  $\varepsilon$  が 0.931 % であるとの条件より、定格容量で力率 100 % の負荷が接続されたときの負荷損  $P_{cr}$  は、

B	a.bcd
---	-------

 [kW] となる。
  
- 3) したがって、この変圧器の無負荷損  $P_1$  は 

C	abc
---	-----

 [W] と計算されるので、この変圧器が最大効率となるのは、定格容量の 

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

 [%] 負荷で運転したときである。

(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式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

1) 誘導電動機では、特別な始動方式を用いずに始動時に全電圧をかけると、始動電流は定格電流の 5～7 倍程度と大きくなるが、始動電流の  が大きく、始動トルクは定格の 1～2 倍程度に止まる。この場合、もし電源容量が小さいと始動電流による電源電圧変動が大きくなり、電動機の始動時間が長くなったり、周辺機器へ悪影響を及ぼしたりすることなどが懸念される。したがって、電源容量の大きさを加味してこの始動方式が適用できる誘導電動機容量を決定する必要がある。

汎用的に用いられるかご形誘導電動機においては、始動電流を抑え電源電圧変動を抑制するために、種々の始動方式がある。そのうち、リアクトル始動方式では、電圧を  $\frac{1}{a}$  に下げて始動すると、電動機の始動電流は  に低減できるが、始動トルクは  になり、トルクの低下が大きくなるので、電圧変動とのバランスに配慮する必要がある。また、インバータを用いて電動機を運転する場合には、始動時の  を定格運転時に近い値に保ち始動電流を定格値に近い値として始動できるので、電源に与える影響を軽減できる。

巻線形誘導電動機では、 により始動すれば、力率が良く、始動電流が小さくても大きなトルクが得られる。したがって、電源容量が比較的小さくても始動が可能である。

<  ～  の解答群 >

- |         |            |                 |                  |                        |                   |
|---------|------------|-----------------|------------------|------------------------|-------------------|
| ア $a$   | イ $a^2$    | ウ $\frac{1}{a}$ | エ $\frac{1}{2a}$ | オ $\frac{1}{\sqrt{a}}$ | カ $\frac{1}{a^2}$ |
| キ タップ   | ク コンデンサ始動法 | ケ スターデルタ始動法     |                  |                        |                   |
| コ 二次抵抗法 | サ 滑り       | シ 皮相分           |                  |                        |                   |
| ス 無効分   | セ 有効分      | ソ 有効電力          |                  |                        |                   |



2) 半導体バルブデバイスを用いた交流電力の周波数変換方式には、間接式と直接式がある。

間接式は、ある周波数の交流を  変換回路によって一度直流に変換した後、インバータによって別の周波数に変換する方式である。低い周波数から高い周波数まで  的に制御できる。

直接式は、中間に直流を介さず、ある周波数の三相交流を別の周波数の三相交流に直接変換する方式であり、代表的なものにサイクロコンバータと呼ばれる装置がある。

サイクロコンバータの一相分は、通常、 に接続された2組の三相サイリスタブリッジ回路で構成される。その形式は、非循環電流形と循環電流形の2種類がある。

サイクロコンバータの基本ブリッジ回路は、通常のブリッジ整流回路と同様であるが、ブリッジの出力側に任意の(入力側よりは低い)周波数の三相交流を得るために、位相制御角の  を行う点が異なる。

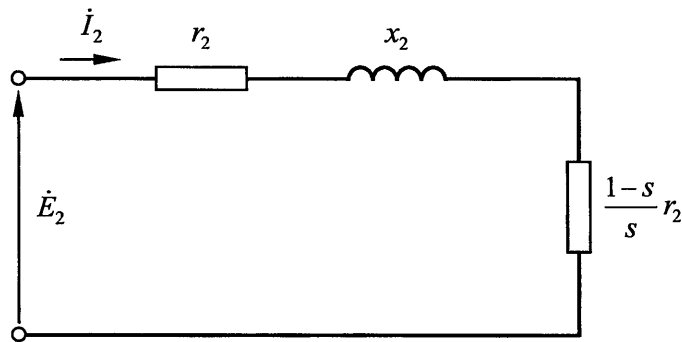
<  ~  の解答群 >

ア 階段	イ 相対	ウ 連続	エ 重畳
オ 変換	カ 変調	キ 順	ク 逆
ケ 直列	コ 並列	サ 逆並列	シ 並行

(2) 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な式を  ～  の解答群 から選び、その記号を答えよ。

また、 a.b ～  a.b.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。

図は、三相誘導電動機が滑り  $s$  で運転しているときの星形換算 1 相分の二次（回転子）等価回路を示している。図において、 $\dot{E}_2$  [V] は二次誘導起電力、 $\dot{I}_2$  [A] は二次電流、 $r_2$  [ $\Omega$ ] は二次抵抗、 $x_2$  [ $\Omega$ ] は一次周波数における二次リアクタンスで、いずれも星形一次換算値である。なお、二次回路の抵抗成分を銅損相当分と機械出力相当分に分割して表示している。



図

1) 図に示す二次等価回路において、二次回路への三相分の入力を  $P_2$  [W]、三相分の二次銅損を  $P_{c2}$  [W]、電動機の機械出力を  $P_0$  [W] とし、それらの算定式を示す。ここで、二次誘導起電力  $\dot{E}_2$  の大きさを  $E_2$  [V]、二次電流  $\dot{I}_2$  の大きさを  $I_2$  [A] で表すこととする。

i) 二次回路への三相分の入力  $P_2$  は二次電流と二次抵抗を用いて、次の式①で表すことができる。

$$P_2 = \text{10} \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

また、三相分の二次銅損  $P_{c2}$  は次の式②で表すことができる。

$$P_{c2} = 3 \times I_2^2 \times r_2 \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

さらに、電動機の機械出力  $P_0$  は、 $P_2$  から  $P_{c2}$  を差し引いた値として、次の式③で表すことができる。

$$P_0 = \text{11} \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

ii) 式①、式②及び式③から  $P_2$ 、 $P_{c2}$  及び  $P_0$  の関係は、滑り  $s$  のみを用いて次のように表すことができる。

$$P_2 : P_{c2} : P_0 = 1 : s : \boxed{12}$$

〈  $\boxed{10}$  ~  $\boxed{12}$  の解答群 〉

ア $1 - s$	イ $s^2$	ウ $\frac{1}{s}$
エ $3 \times E_2 \times I_2$	オ $3 \times E_2^2 \times \frac{1-s}{s} r_2$	カ $3 \times I_2^2 \times (1-s) \times r_2$
キ $3 \times I_2^2 \times \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$	ク $3 \times I_2^2 \times \frac{r_2}{s}$	ケ $3 \times I_2^2 \times \frac{1-s}{s} r_2$

2) ここで、次の条件で運転している電動機について考える。

定格周波数が 50 Hz で 4 極の三相誘導電動機が負荷を負って  $1455 \text{ min}^{-1}$  で運転しており、1 相当りの二次電流  $I_2$  が 20A、1 相当りの二次抵抗  $r_2$  が  $0.21 \Omega$ 、1 相当りの鉄損が 30W である。

また、一次銅損は二次銅損の 1.5 倍とし、電動機の軸出力  $P$  [W] は機械出力  $P_0$  から機械損を差し引いたものとし、機械損分として 128 W を見込むこととする。

i) この電動機の滑り  $s$  は  $\boxed{A \mid a.b}$  [%] である。

ii) 機械出力  $P_0$  は式③を用いて求めることができ、これから機械損を差し引いたものが軸出力となるので、軸出力  $P$  の値は三相分で  $\boxed{B \mid abcd}$  [W] となる。

iii) この運転状態における一次入力を  $P_1$  とすると、 $P_1$  は軸出力  $P$  と各種損失の関係から三相分で  $\boxed{C \mid abcd}$  [W] となるので、この電動機の効率  $\eta = \frac{P \times 100}{P_1}$  は  $\boxed{D \mid ab.c}$  [%] となる。

(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。

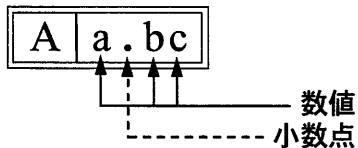
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

(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)

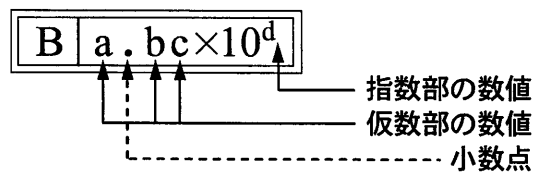
「6.83」に  
マークする



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