

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

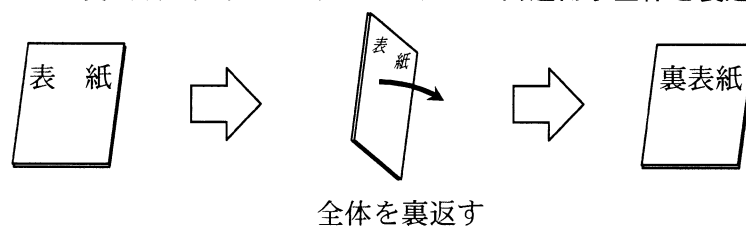
1～8 ページ

9～12 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) 次の文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句を  ～  の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

不意の停電は生産機能の阻害・停止、製品不良の発生など、生産活動に多大な影響を及ぼすため、事故や故障による停電を未然に防止する目的で行う  が重要となる。

その一方で、自家用構内の電気系統に事故や故障が発生した際には、事故や故障が発生した回路だけを狭い範囲で素早く遮断し、自家用構内の他の回路や自家用構外へ波及させない方を講じることも求められる。そのため、自家用構内系統の各回路に設置する保護リレーは、 と動作時限を適切に整定して、回路間や電力会社の送配電線との  をとらなければならない。

一般的に、自家用構内における短絡・地絡事故を構外へ波及させないため、受電設備の保護リレーには時限差継電方式が採用される。これは、電力会社の送配電線の遮断時間と比べて  時限で自家用構内の短絡・地絡事故点を遮断させるべく、受電設備の保護リレーを動作させる方式である。

また、受電変圧器により電力系統と絶縁された自家用構内における地絡事故については、絶縁された回路単位で考えればよい。例えば、配電用変圧器の二次側に接地工事が施された低圧配線回路における地絡事故に対しては、感電災害や火災を防止する観点から、一般に電流動作形の  が設置される。

<  ～  の解答群 >

- |         |          |          |         |
|---------|----------|----------|---------|
| ア 短い    | イ 同一の    | ウ 工程管理   | エ 負荷管理  |
| オ 保安全管理 | カ 過電流遮断器 | キ 限流ヒューズ | ク 漏電遮断器 |
| ケ 検出感度  | コ 保護協調   | サ 絶縁協調   | シ 絶縁強度  |

- (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  ～  の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

現在、工場や事業場に対する電力供給システムは、電力会社の大規模集中発電によるものが主流であるが、近年、電力の需要の平準化が求められる中で、次のような再生可能エネルギーなどを利用した分散電源の普及への期待が高まっている。

- 1) 太陽光発電は、地球上に到達する太陽の光エネルギーを利用している。我が国において、快晴の日に太陽に正対する面で受け取る太陽光エネルギーは、最大で約  [kW/m<sup>2</sup>] である。

太陽光発電は、このエネルギーを電気エネルギーに変換する発電方式で、変換のために太陽電池が使用される。太陽光エネルギーによる電力は  に比例する。

- 2) 風力発電は、風の運動エネルギーを、風車の回転運動エネルギーに変換して発電機を駆動することにより発電するもので、無尽蔵かつ排出物が無いクリーンな発電システムである。風車が受ける運動エネルギーは、風速の  乗に比例する。

- 3) 燃料電池は、化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置で、乾電池や蓄電池のように内部エネルギーとして保存するものではなく、外部から燃料と  を供給することにより、発電を行うものである。

- 4) 太陽光発電や風力発電などの分散電源を電力系統に連系する場合には、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」により、連系される系統の区分ごとに、電圧変動、短絡容量、力率、連絡体制などに関する技術要件が示されている。このガイドラインでは、連系点における力率を、原則として  [%] 以上とし、かつ系統から見て進み力率にならないよう求めている。

<  ～  の解答群 >

ア 還元剤	イ 酸化剤	ウ 中和剤	エ 日射の強さ	オ 日照時間
カ 誘電率	キ 0.1	ク 0.5	ケ 1	コ 2
サ 3	シ 5	ス 80	セ 85	ソ 90

**問題7の(3)は次の3頁及び4頁にある**

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

また、  及び   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。

1) 工場における負荷設備の電力使用状況を表す指標として、負荷に関する諸係数が用いられる。

ある期間中に最も多く使用した電力を最大需要電力、一定期間中の電力量をその期間中の総時間で除したものを平均電力といい、それらを用いて、負荷設備の特性を表す諸係数は、以下の式で表される。

$$\text{11} = \frac{\text{最大需要電力}}{\text{合計設備容量}} \times 100 [\%]$$

$$\text{負荷率} = \frac{\text{ある期間の平均電力}}{\text{最大需要電力}} \times 100 [\%]$$

$$\text{12} = \frac{\text{個々の負荷の最大需要電力の合計}}{\text{全負荷の最大需要電力}}$$

2) エネルギーを使用して事業を営む者は、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」により、電気の需要の平準化に資する措置を講ずることが求められている。

図は、空調熱源として電気が使用されている、ある工場の電力の日負荷曲線を示したものである。この工場において、電気の需要の平準化に資する措置として蓄熱空調方式を導入することを考える。

蓄熱空調方式により、最大需要電力の生じる 13 時から 17 時における空調熱源電力の一部を、電力負荷の少ない 22 時から 翌日 8 時に移行することで、電力の負荷率を改善することができる。負荷移行前の電力の負荷率は   [%] であるが、負荷率を 50% まで改善するためには、図のように 13 時から 17 時において、各時間均等に 4 時間の合計で   [kW・h] の電力量を 22 時から 翌日 8 時の間に移行すればよいことになる。ただし、負荷移行の前後で総消費電力量は変わらないものとする。

また、これにより電力会社との  の見直しが可能となり、電気料金の低減も図ることができる。

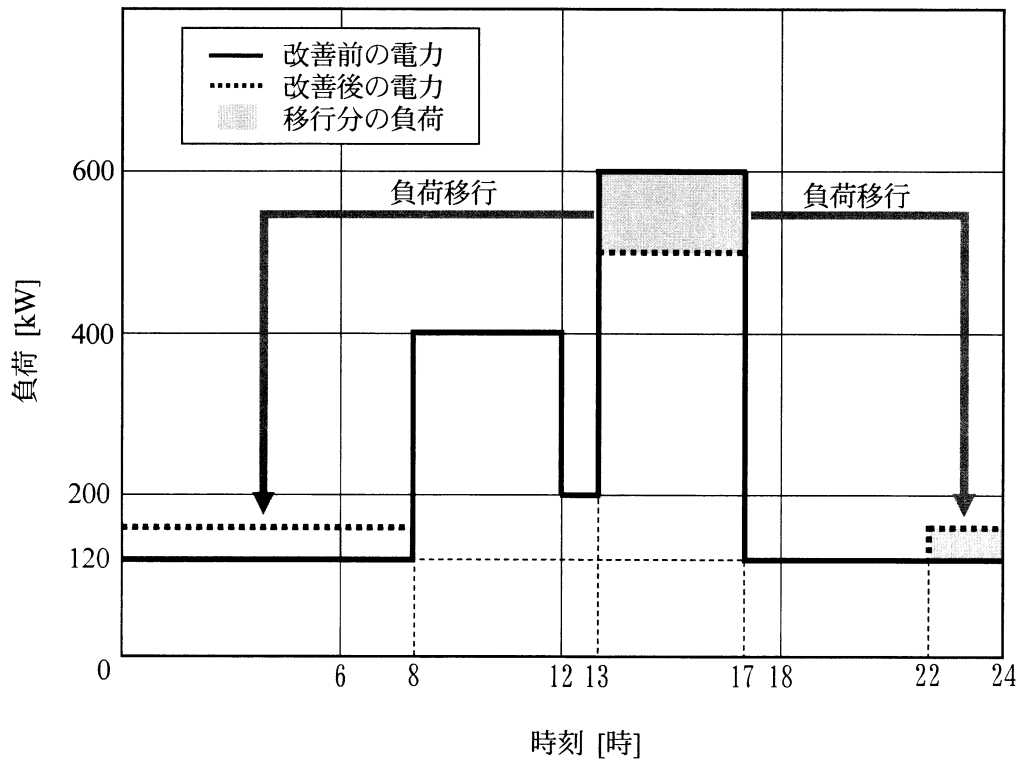


図 電力の日負荷曲線

< 11 ~ 13 の解答群 >

- |        |        |        |       |
|--------|--------|--------|-------|
| ア 契約期間 | イ 契約電力 | ウ 力率割引 | エ 安全率 |
| オ 需要率  | カ 不等率  | キ 不平衡率 | ク 利用率 |

(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 [ 1 ] ~ [ 7 ] 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) 工場や事業場の電力負荷設備の電力量管理は、維持管理にとって重要な管理手法の一つである。電力量管理の目的は、工場や事業場の生産活動や業務活動を円滑に遂行し、経済的で合理的に電力を使用することで電力量の低減を図り、製品の [ 1 ] を改善させることである。

電力量の低減を図る方法としては、無駄な電力消費の排除、機器の高効率運転などが挙げられる。無駄な電力消費を排除する対策としては、負荷に合わせて機器を整理統合し、台数を少なくして運転する方法がある。また、電気機器の効率は定格電圧付近で最高となる場合が多いので、変圧器の [ 2 ] や電圧調整装置などにより適正電圧に調整することも高効率運転に寄与する。

2) 電力系統への落雷、風雨、氷雪などで系統事故が発生すると、この異常を保護リレーなどが検知し、[ 3 ] により事故点を電力系統から切り離すが、切り離されるまでの間、事故電流により、事故点を中心に広範囲に電圧低下が発生する。このような、系統の電圧が瞬時的に低下する現象を瞬時電圧低下と呼んでいる。瞬時電圧低下により影響を受ける機器側で行う対策としては、一般に、電力変換装置と蓄電池から構成された [ 4 ] が使用される。

< [ 1 ] ~ [ 4 ] の解答群 >

ア 遮断器	イ 断路器	ウ 負荷開閉器	エ 高効率化
オ 台数調整	カ タップ切換	キ 電力原単位	ク 品質
ケ 歩留まり	コ PCS	サ UPS	シ VVVF

3) フリッカ抑制対策は、発生源であるアーク炉、溶接機などの運転条件の改善が基本であるが、その他の対策としては、発生源に  を取付ける方法や、フリッカが問題となる地点より電源側に直列コンデンサを挿入し、問題地点での見かけ上の短絡容量を増大させる方法などがある。なお、我が国でのフリッカは、電圧変動の周波数成分を、電圧変動によって起こる照明の照度変化に対して人間の目が最もちらつきを感じる  [Hz] の周波数成分に補正した数値で評価される。

4) 電気的环境基準の一つである「高調波環境目標レベル」では、高調波環境の目標値が示されており、例えば高圧配電系統における総合電圧ひずみ率は  [%] 以下に維持することとされている。さらに、資源エネルギー庁が制定した「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」においては、高調波対策を行う際の技術要件が定められている。

<  ~  の解答群 >

- |   |          |   |           |   |          |
|---|----------|---|-----------|---|----------|
| ア | パッシブフィルタ | イ | サイリスタ整流装置 | ウ | 無効電力補償装置 |
| エ | 3        | オ | 5         | カ | 7        |
| キ | 10       | ク | 20        | ケ | 50       |

問題 8 の (2) は次の 7 頁及び 8 頁にある

(2) 次の各文章の  $\boxed{A \mid ab.c}$  ～  $\boxed{D \mid ab}$  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。なお、 $\sqrt{2}=1.414$ 、 $\sqrt{3}=1.732$ 、 $\sqrt{5}=2.236$  とする。

図のような三相3線式2回線ループ配電線路がある。回線A、Bの線路インピーダンスは等しく平衡しており、電線1線当たりの抵抗は $0.06 \Omega$ でリアクタンスは無視できるものとする。また、工場a、bの負荷は定電流特性を有しており、1相当りの負荷電流は工場aで $200 \text{ A}$ （力率100%）、工場bで $160 - j120 \text{ [A]}$ （遅れ力率80%）である。ここで、すべての電流は、受電用変圧器の二次側電圧の位相を基準として表すものとする。

このときの線路損失について考える。ただし、線路は回線Aの $O \sim A_1$ 及び回線Bの $O \sim B_1$ のみについて考えることとし、それ以外の線路損失及び受電用変圧器のインピーダンスは無視できるものとする。

1) 開閉器Sが開いた状態における線路損失を求める。

回線Aと回線Bの線路損失の合計値は  $\boxed{A \mid ab.c}$  [kW] となる。

2) 開閉器Sを閉じてループ運転を行った場合の線路損失を求める。

開閉器Sを流れる電流の大きさは定常状態で  $\boxed{B \mid ab}$  [A] となる。ループ運転を行うことにより、回線Aと回線Bの線路損失の合計値は、ループ運転を行う前よりも  $\boxed{C \mid a.bc}$  [kW] 低減できる。

3) コンデンサを接続して線路損失を低減することを考える。

ループ運転を行う代わりに、開閉器Sが開いた状態で工場bにコンデンサを接続することで、回線Aと回線Bの線路損失の合計値をループ運転時の値まで低減させた場合、コンデンサに流れる電流は  $\boxed{D \mid ab}$  [A] となる。ただし、工場bにコンデンサを接続した後の回線Bに流れる電流は進み力率にさせないものとする。



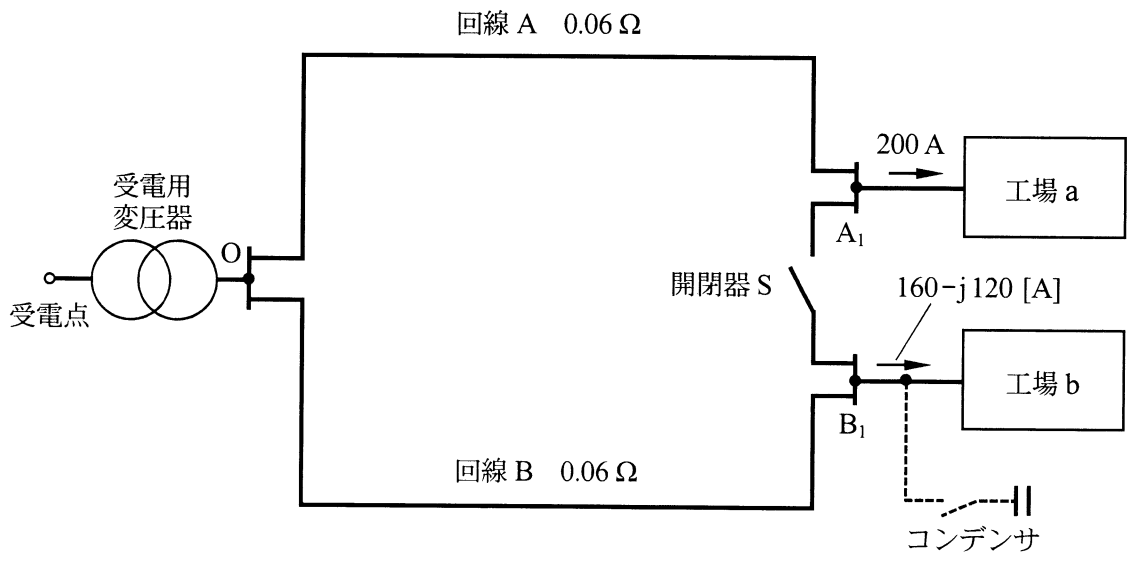


図 工場配電系統

(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をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[ 9 ] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

1) かご形誘導電動機の回転子は、二次巻線がスロット内に納められた多数の銅またはアルミニウムの棒状の [ 1 ] と、これらを接続する端絡環からなる。回転子の形状によって、普通かご形と特殊かご形がある。

特殊かご形誘導電動機は [ 2 ] を制限し、[ 3 ] を大きくするために二次巻線を特殊構造としたものであり、二重かご形電動機や深溝かご形電動機等がある。

巻線形誘導電動機においては、二次巻線は絶縁された三相巻線である。巻線はコイル終端部でリード線に接続され、リード線は軸内部を通過して軸端に設けられた [ 4 ] に接続され、[ 5 ] を経て、速度制御用の抵抗器に至る。

〈 [ 1 ] ~ [ 5 ] の解答群 〉

ア 永久磁石	イ 固定子	ウ 磁性体	エ 絶縁体
オ 導体	カ 残留磁束密度	キ 始動電流	ク 始動トルク
ケ 熱伝導率	コ 熱流束	サ 保持力	シ スリップリング
スハウジング	セ ブラシ	ソ ベアリング	

2) 汎用インバータの交流電源側にはダイオードを用いた三相ブリッジ結線の整流回路があり、負荷側(電動機側)にはインバータ部がある。通常、この組み合わせを一括してインバータと呼んでいる。インバータ部の直流側には [ 6 ] が接続され、直流 [ 7 ] を平滑化している。

汎用インバータにより電動機の色度制御を行う場合、速度検出器を用いることなく容易に速度制御を可能とする [ 8 ] 制御方式が多く用いられる。この方式では、電動機の色度は開ループ制御であり、誘導電動機の色度速度は必ずしもインバータ出力の [ 9 ] に比例関係になっていない。このため、加速時に [ 9 ] の立ち上げを急速に行うと、電動機の色度速度とインバータ出力に相当する [ 10 ] 速度との差が大きくなる。また、通常、制御機能として持っている

インバータ部の電流制限もあり、加速ができず失速状態となる。このように、誘導電動機が加速できずに最終的に静止してしまうことを  という。

〈  ～  の解答群 〉

ア 周波数	イ 滑り周波数	ウ 搬送周波数	エ 滑り
オ 制動	カ 相対	キ 同期	ク 電圧
ケ 電流	コ 電流脈動	サ 抵抗	シ コンデンサ
ス リアクトル	セ ストール	ソ スリップング	タ ベクトル
チ PWM 制御	ツ $V/f$		

(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。なお、円周率  $\pi=3.142$ 、 $\sqrt{3}=1.732$  とする。

4 極の誘導電動機が 50Hz で運転するときの同期回転速度は   [ $\text{min}^{-1}$ ] である。

定格電圧 200V、定格出力 2.2kW、定格周波数 50Hz で 4 極の三相誘導電動機があり、定格回転速度が  $1460\text{min}^{-1}$  であるとする、この電動機の滑り  $s$  は   [%] である。

この電動機を定格条件で運転しているときの電流が 9.5 A で、力率が 75% とすると、一次入力   [kW] であり、この電動機の効率は   [%] となる。

また、この電動機のトルクは   [N·m] となる。

(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) 変圧器の規約効率の算定に用いられる全損失は、鉄損と  などの和である無負荷損、及び  と漂遊負荷損の和である負荷損で構成される。無負荷損の大部分を占める鉄損は、ヒステリシス損と渦電流損に分けられる。ヒステリシス損は、鉄心の磁化ヒステリシス現象により生じる損失で、交番磁界のもとでは  の 1 乗と、 の 1.6～2 乗に比例するものとして表すことができる。また、渦電流損は、鉄心中で磁束の変化に起因して発生する  損である。

〈  ～  の解答群 〉

- |                         |        |          |        |
|-------------------------|--------|----------|--------|
| ア 機械損                   | イ 銅損   | ウ 補機損    | エ 誘電体損 |
| オ 風損                    | カ 印加電圧 | キ 最大磁束密度 | ク 残留磁束 |
| ケ コロナ                   | コ 高調波  | サ 抵抗     | シ 周波数  |
| ス <small>じわい</small> 磁歪 | セ 電流密度 | ソ 誘導起電力  |        |

2) 同期発電機が無負荷、定格回転速度で運転しているときの界磁電流と無負荷  (=誘導起電力)との関係を示す曲線を無負荷飽和曲線という。また、同期発電機の三相全端子を短絡し、定格回転速度で運転しているときに界磁電流を流し、界磁電流と  との関係を求めた曲線を三相短絡曲線という。三相短絡曲線は  となる。

無負荷飽和曲線上で定格電圧を発生するのに要する界磁電流を  $I_{f1}$ 、三相短絡曲線上で定格電流を発生するのに要する界磁電流を  $I_{f2}$  とすれば、短絡比  $K_s$  は次式で表される。

$$K_s = \text{  }$$

$K_s$  の大きな機械を鉄機械、小さな機械を銅機械という。鉄機械はリアクタンスが小さくて電圧変動率が小さく、安定度が良好で、線路  容量が大きい。また、同期電動機の場合では大きな  トルクを得ることができる。反面、機械の形状が大きく、鉄損及び機械損

が大きくて効率が低い。  $K_s$  の逆数が単位法で表した 12 インピーダンスとなる。

〈 6 ~ 12 の解答群 〉

ア 過渡	イ 始動	ウ 充電	エ 脱出
オ 地絡	カ 停動	キ 同期	ク 放電
ケ 過渡短絡電流	コ 電機子電流	サ 励磁電流	シ 端子電圧
ス 飽和電圧	セ 励磁電圧	ソ 直線	タ 放物線
チ 飽和曲線	ツ $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$	テ $\frac{I_{f2}}{I_{f1}}$	ト $\frac{I_{f1} \times I_{f2}}{I_{f1} + I_{f2}}$

- (2) 次の文章の A ab.c ~ 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。

定格容量  $200 \text{ kV}\cdot\text{A}$  の変圧器があり、無負荷損は  $710 \text{ W}$ 、定格時の負荷損は  $3370 \text{ W}$  である。この変圧器に遅れ力率  $0.8$  で、二次側に定格電流を流したときの電圧変動率が  $3.4\%$  であった。

この変圧器に定格容量で力率  $1.0$  の負荷を接続したときの効率  $\eta_{1.0}$  は A ab.c [%] である。この変圧器に、遅れ力率  $0.8$  の負荷を接続したとき、最大効率となるのは変圧器定格容量の B ab.c [%] の負荷を接続したときであり、その時の効率  $\eta_{0.8-\text{max}}$  は C ab.c [%] となる。

この変圧器の負荷損が  $3370 \text{ W}$  であることから、この変圧器の百分率抵抗降下  $p$  は、D a.bc [%] となる。また、遅れ力率  $0.8$  のときの電圧変動率が  $3.4\%$  であることから、百分率リアクタンス降下  $q$  は E a.bc [%] と計算される。したがって、この変圧器の短絡インピーダンス  $z$  は、F a.bc [%] となる。

(表紙からの続き)

## II 解答上の注意

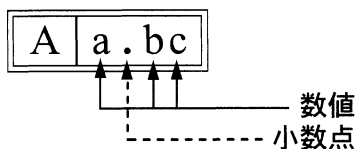
1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 、 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3. 、 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

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

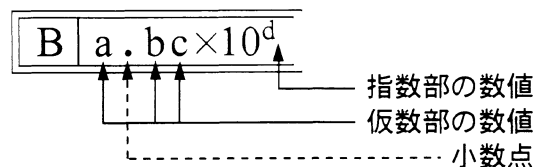
(解答)

「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	×10 <sup>d</sup>
①		①	①	①
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

(裏表紙)