

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 時限目

問題 7, 8 工場配電
問題 9, 10 電気機器

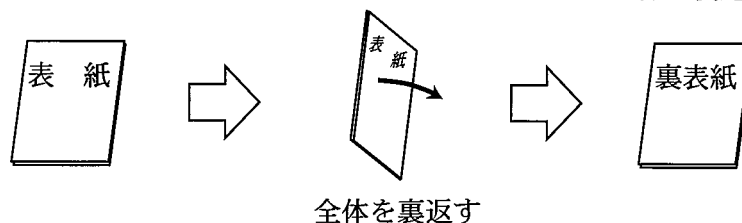
1～8 ページ

9～14 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。

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)

(1) 工場などの製造工程において、一定量の製品を製造するのに要する電力量を低減させるためには電力損失の低減が効果的である。中でも、電動機負荷が工場全体の設備容量の 60% 程度を占めていることから、電動機を効率的に運転する必要がある。

誘導電動機は、 において全負荷に近い状態で運転するのが効率的である。軽負荷運転で力率低下が予想されるときは、進相コンデンサ設備の設置を検討する。

進相コンデンサ設備の設置方法を大別すると「a. 変圧器の一次側あるいは二次側に一括して設置する」方法と「b. 各電動機に個別に設置する」方法とがあるが、配電線損失がより少なくなるのは の方法である。

なお、進相コンデンサには、回路電圧波形のひずみを低減させるとともに、投入時の を抑制する目的で を挿入することが一般的である。通常、 のインピーダンスは、進相コンデンサのインピーダンスの [%] の値が用いられる。

< ~ の解答群 >

ア 1	イ 3	ウ 6	エ a
オ b	カ 逆相電圧	キ 定格電圧	ク 短絡
ケ 直列リアクトル	コ 分路リアクトル	サ 抵抗	シ 同期速度
ス 突入電流	セ 誘導電流		

(2) 太陽光発電設備の主要部分は、発電源である太陽電池と交流電源へ接続するためのパワーコンディショナによって構成される。

太陽電池は、太陽の光エネルギーを吸収して直接電気に変換するエネルギー変換素子であり、一般的にp形半導体とn形半導体を接合した構造となっている。太陽電池に太陽光が照射されると、太陽光の持つ光エネルギーにより、接合部で正の電荷と負の電荷が発生し、このうち正の電荷は [6] 半導体の方に、負の電荷はもう一方の半導体の方に移動する。この状態で、電極間に負荷を接続すると電流が流れる。

太陽電池の原料としては、主に [7] を用いるものが主流となっており、[7] の結晶構造によって単結晶太陽電池、多結晶太陽電池、[8] 太陽電池に分類される。

パワーコンディショナは、太陽電池で発生する直流電力を交流電力に変換する [9] と、電力系統の事故時に [9] を速やかに停止させる等の機能を持った系統連系装置が一体となった装置である。

太陽光発電設備を電力系統に連系する場合の基本的な要求事項としては、

- ① 電力系統の供給信頼度及び電力品質（電圧、周波数、[10] など）に悪影響を及ぼさないこと
- ② 公衆や作業者の安全確保、供給設備、系統に接続する他の需要家設備に悪影響を及ぼさないこと

を遵守することが重要である。

これらは、「電気設備の技術基準」、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」としてまとめられている。

< [6] ~ [10] の解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|----------|---------|
| ア n形 | イ p形 | ウ アモルファス | エ インバータ |
| オ コンバータ | カ ガリウム | キ シリコン | ク ダイオード |
| ケ 色素増感 | コ 送配電損失率 | サ 炭素 | シ 歩留り |
| ス 力率 | | | |

問題7は次の頁に続く

(3) 図1のように、ある工場の受電用変電所から三相3線式配電線を経由して、a棟受電点に電圧6600Vで配電する系統があり、a棟内で最大負荷が2000kWの平衡三相負荷が接続されている。この負荷の日負荷曲線は図2に示すとおりであり、負荷は大きさにかかわらず常時遅れ力率90%で運転されている。また、年間の稼働日数は365日である。

このときの配電線路損失を求め、さらに日負荷曲線を図3のように平準化するとともに、力率改善した場合の配電線路損失を求める。

なお、変電所からa棟受電点までの配電線路の線路抵抗は1線当たり0.04Ωであり、線路抵抗以外のインピーダンスは無視する。また、a棟受電点の電圧は6600Vで一定であるものとする。

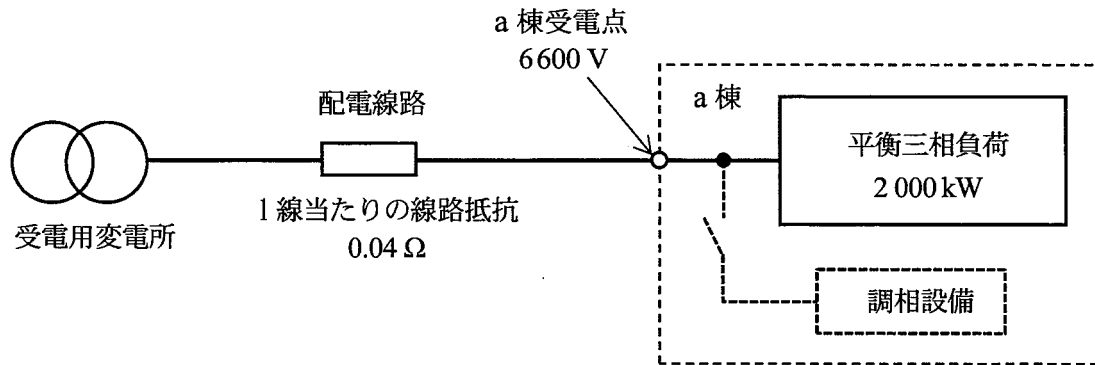


図1

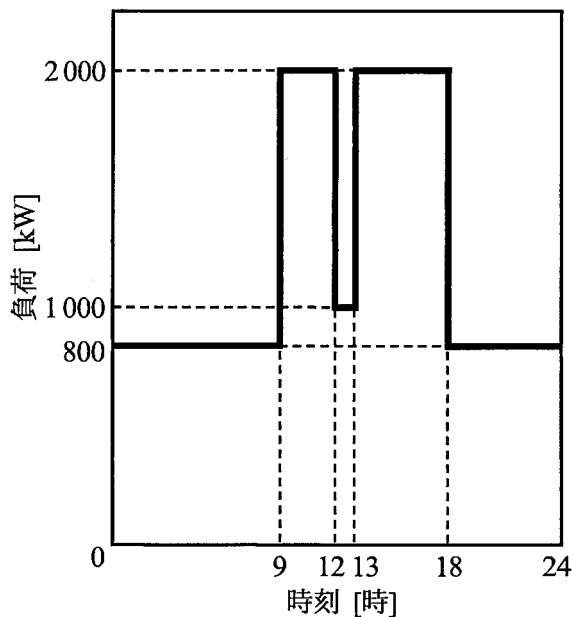


図2

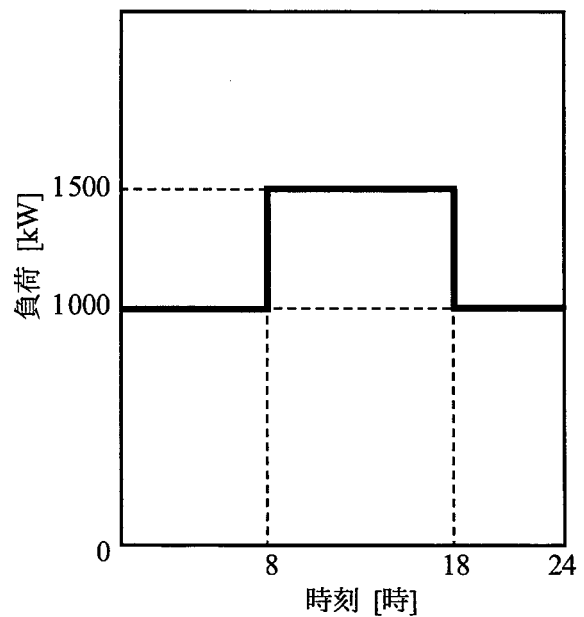


図3

- 1) 平衡三相負荷を2000kWで運転する場合、配電線路で発生する損失は $\boxed{A \mid a.bc}$ [kW]である。
- 2) 平衡三相負荷を、年間を通じて図2に示す日負荷曲線で運転しているものとする、配電線路で発生する年間の損失電力量は $\boxed{B \mid ab.c}$ [MW・h]となる。
- 3) 平衡三相負荷を移行し、年間を通じて図3に示す日負荷曲線で運転するとともに、a棟受電点に調相設備を設置して、常時の受電点力率を100%に改善する。この場合、調相設備が補償する進相無効電力は最大で $\boxed{C \mid abc}$ [kvar]であり、力率改善後の配電線路で発生する年間の損失電力量は、図3に示す日負荷曲線における力率改善前の損失電力量の $\boxed{D \mid ab}$ [%]となる。
- なお、平衡三相負荷の運転力率は、負荷移行の前後で変化しないものとする。

(工場配電)

問題8 次の各文章の [1] ~ [12] 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。なお、[10] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

また、[A | ab.c] ~ [C | 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。(配点計 50 点)

(1) 配電設備の維持管理に必要な事項としては、保安全管理や安全管理のほか電圧管理や負荷管理が重要である。電圧管理の具体的な事項としては、変圧器タップ電圧の適正選定や電圧変動抑制対策の実施などが挙げられる。変圧器タップ電圧は、一次側の電圧変動に応じて選定すると同時に、二次側の全電圧変動幅についても考慮し、二次側の無負荷電圧が [1] 、また、[2] 電圧が負荷設備の許容電圧変動幅内にあるように選定する。

工場負荷の負荷管理は、デマンド制御と電力量管理に分けることができる。

デマンド制御とは、電気使用の便益を損なうことなく最大需要電力を [3] 、負荷率の向上による電力設備(受電設備や配電設備など)の効率的運用と省エネルギー化を推進する手法である。従来は、デマンドメータを運転員が常時監視し、負荷を人為的に調整する措置が講じられてきたが、最近ではそれらを自動化するデマンド監視制御装置が多く使われている。いずれの場合も制御対象とする負荷の選択は [4] 順とするようにし、あらかじめ設定しておく。

一方、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 [5] を下げることである。電力量の低減を図る方法としては、不要時の機器の空転の防止、機器の高効率運転、設備改善などが挙げられる。

〈 [1] ~ [5] の解答群 〉

- | | | | |
|---------------|------------|---------------|-----------|
| ア 在庫 | イ 生産量 | ウ 電力原単位 | エ 全負荷時 |
| オ 昼間 | カ 夜間 | キ 重要度の低い | ク 負荷力率の低い |
| ケ 容量の小さい | コ 一定値以下に抑え | サ 最大化し | シ 集中化し |
| ス 最高回路電圧を超過せず | | セ 定格回路電圧を下回らず | |

(2) 工場配電設備での不測の停電は、生産機能の阻害・停止など、生産活動に大き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 [6] が重要となる。その一方で、工場内の系統に事故や故障が発生した際には、回路をできるだけ [7] 範囲で素早く遮断し、工場内の他の回路や構外へ影響を波及させない方策を講じることも求められている。そのため、工場内系統の各回路に設置する保護リレーは、検出感度と [8] を適切に整定することにより、回路間や電力会社の送配電線との保護協調をとらなければならない。一般的に、このような目的で用いられる保護リレーの方式としては [9] が採用される。

また、受電変圧器により電力系統と絶縁された工場内における [10] 事故については、絶縁された回路単位で考えればよい。なお、低圧配電回路における [10] 事故に関しては、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漏電遮断器が用いられる。

< [6] ~ [10] の解答群 >

- | | | | |
|-------------|-----------|--------|---------|
| ア 極性 | イ 欠相 | ウ 短絡 | エ 地絡 |
| オ 動作時限 | カ 工程管理 | キ 生産管理 | ク 保安全管理 |
| ケ 機械的保護継電方式 | コ 時限差継電方式 | サ 狭い | シ 広い |

問題 8 は次の頁に続く

(3) 表に示す定格を持つ変圧器 A 及び変圧器 B の 2 台の変圧器の並列運転によって、場内に電力を供給している工場がある。また、変圧器の過負荷運転はしないものとしている。この工場の負荷の合計設備容量は 250 kW であり、日負荷変動は図に示すとおりである。ただし、負荷の大きさにかわらず力率は 90 % で一定である。

表 変圧器仕様

項目	定格容量 [kV·A]	電圧 [V] (一次/二次)	短絡インピーダンス [%]	無負荷損 [kW]	定格負荷時の 負荷損 [kW]
変圧器 A	120	6600/210	5 (定格容量ベース)	0.3	1.5
変圧器 B	80	6600/210	5 (定格容量ベース)	0.2	1.2

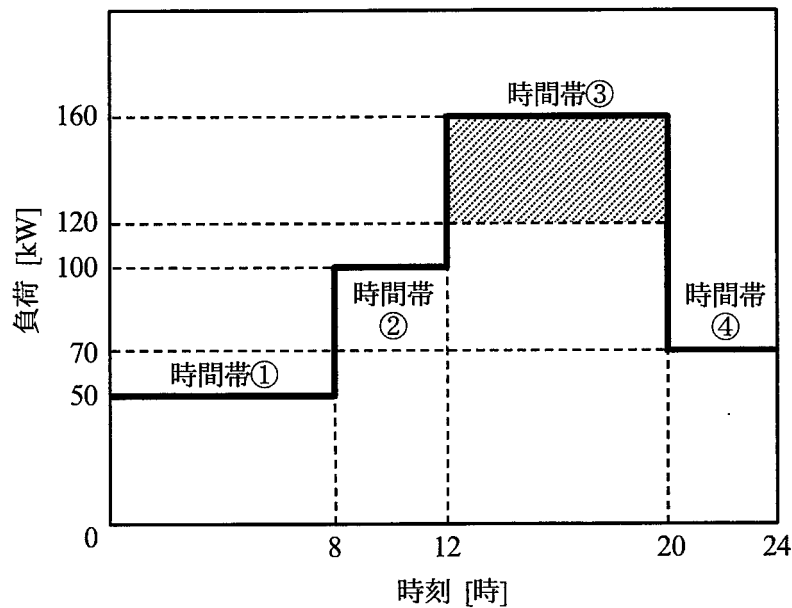


図 工場の日負荷変動

- 1) 12時から20時までの時間帯③において、変圧器A及び変圧器Bによって電力を供給するとき、変圧器Aが分担する負荷は [kW] である。
- 2) 8時から12時までの時間帯②において、変圧器Aが単独で電力を供給した場合の全電力損失は [kW] である。
- 3) 図に示す日負荷変動のとき、この工場の需要率は [%] となる。
- 4) 時間帯③の負荷である160 kWのうち、図の斜線部分で示す40 kWを、時間帯①、時間帯②又は時間帯④のいずれか一つの時間帯へシフトし、負荷平準化することで設備の合理化を検討する。このとき、需要率が最も小さくなるのは、 へシフトしたときである。また、シフトした結果、最大負荷時に最低限稼働しなければならない変圧器は、 となる。

< 及び の解答群 >

ア 時間帯①

イ 時間帯②

ウ 時間帯④

エ 変圧器A及び変圧器Bの両方

オ 変圧器Aのみ

カ 変圧器Bのみ

(電気機器)

問題9 次の各文章の [1] ~ [10] 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、[8] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

また、[A | a.bc] ~ [E | 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。(配点計 50 点)

(1) 理想的な変圧器では、巻線に正弦波電圧を加えたときに生じる誘導起電力は正弦波であり、この誘導起電力を生じさせるための主磁束も正弦波である。しかし、実際の電力用変圧器では、[1] として鉄心を用いており、この鉄心の磁化特性は一般に非直線性を示し、また [2] があるため、巻線に正弦波電圧を加えたときの励磁電流は、多くの高調波成分を含んだものとなる。

高調波成分のうち [3] 調波の含有率は特に大きい。二つの巻線を有する三相結線の変圧器で一次、二次の両方又は一方が Δ 結線であると、励磁電流中で含有率の大きなこの高調波は巻線中の循環電流となって存在し、Y結線の中性点が接地されていても線路に流出しない。磁束はひずまず、誘導起電力は正弦波となる。 Δ 結線がないと循環電流として流れる回路がないため、[4] がひずむ。これを避けるため、Y-Y結線の電力用変圧器では、通常 [5] (内蔵 Δ) を設ける。

< [1] ~ [5] の解答群 >

ア 第3	イ 第5	ウ 第7	エ ヒステリシス
オ 安定巻線	カ 補償巻線	キ 補助巻線	ク 渦電流
ケ 回転界磁回路	コ 磁気シールド回路	サ 磁路	シ 残留磁束
ス 零相磁束	セ 電圧波形	ソ 電流波形	

(2) 同期電動機は、負荷の大きさに関わらず常に一定の回転速度で運転することができる。また、[6] 電流を増減することによって力率を任意に調整することができ、極数の多い [7] でも高い効率を維持することができる。一般的には直流励磁回路を必要とするが、これを必要としない [8] 電動機も採用されるようになってきた。この [8] 電動機は励磁損失が発生せず、[9] も不要となるため、高効率、高力率、低騒音などの特徴を有する。

回転界磁型同期機の種類としては、回転子磁極の構造により突極機と非突極機がある。前者の代表は [10] や同期電動機、後者の代表は蒸気タービン発電機である。

〈 6 ～ 10 の解答群 〉

ア DCリンク	イ スリップリング	ウ 永久磁石式
エ 電磁石式	オ 界磁	カ 整流子
キ 電機子反作用	ク 二次抵抗	ケ 誘導
コ 高速機	サ 低速機	シ 直流機
ス ガスタービン発電機	セ 水車発電機	ソ 深溝かご形電動機

(3) 定格容量 300 kVA、定格電圧 6600V/210V、定格周波数 50 Hz で運転されている三相変圧器がある。この変圧器に、定格容量に等しく力率 1 の平衡三相負荷を接続したときの効率は、98.7% であった。次に、定格容量の 30% で力率 1 の平衡三相負荷を接続したときに最大効率を示した。

これらの条件から、無負荷損 P_i [W]、定格容量時の負荷損 P_c [W] 及び最大効率を求める。

1) 定格容量に等しい力率 1 の負荷を接続したときの効率から、変圧器の損失を求めると、

$$P_i + P_c = \boxed{A \mid a.bc} \times 10^3 \text{ [W]}$$

となる。

2) 定格容量の 30% で力率 1 の負荷を接続したときに最大効率となる、という条件より、 P_i と P_c の関係は、

$$P_i = \boxed{B \mid a.bc} \times 10^{-2} \times P_c \text{ [W]}$$

となる。

これらから、 P_i 及び P_c は次の値となる。

$$P_c = \boxed{C \mid a.bc} \times 10^3 \text{ [W]}$$

$$P_i = \boxed{D \mid a.bc} \times 10^2 \text{ [W]}$$

3) 最大効率は $\boxed{E \mid ab.c}$ [%] となる。

(電気機器)

問題 10 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。なお、 は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

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) 三相同期発電機の三つの特性曲線に関する記述である。

1) 無負荷飽和曲線は、同期発電機を にして無負荷で運転し、界磁電流を零から徐々に増加させたときの端子電圧と界磁電流との関係を表したものである。端子電圧は、界磁電流が小さい範囲では するが、界磁電流がさらに増加すると、 が生じて端子電圧は飽和特性を示す。

< ~ の解答群 >

ア 磁気共振

イ 磁気共鳴

ウ 磁気飽和

エ 定格回転速度

オ 定格出力

カ 定格力率

キ 界磁電流にほぼ比例

ク 界磁電流にほぼ反比例

ケ 界磁電流の平方根にほぼ比例

2) 三相短絡曲線は、同期発電機の電機子巻線の三相の出力端子を短絡し、定格回転速度で運転して、界磁電流を零から徐々に増加させたときの電機子電流と界磁電流との関係を表したものである。この関係は電機子反作用によって磁束が打ち消されるので飽和することなく、 となる。

3) 外部特性曲線は、同期発電機を定格回転速度で運転し、 を一定に保って、負荷力率を一定にして負荷電流を変化させた場合の端子電圧と負荷電流との関係を表したものである。この曲線は負荷力率によって形が変化する。

〈 及び の解答群 〉

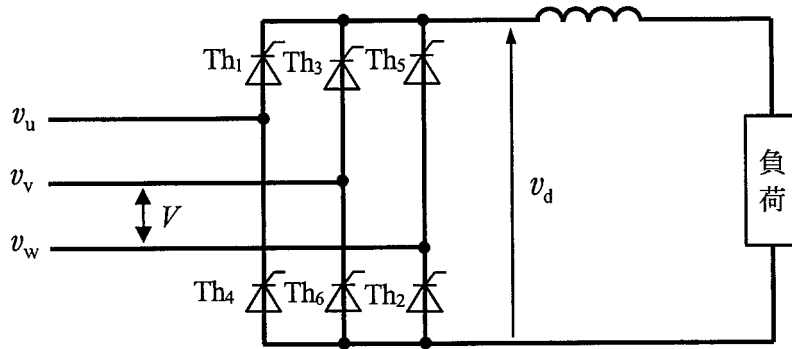
- | | | |
|--------|---------|--------|
| ア 界磁電流 | イ 電機子電流 | ウ 端子電圧 |
| エ ほぼ直線 | オ ほぼ半円形 | カ ほぼ零 |

4) 無負荷飽和曲線で無負荷定格電圧を発生するのに必要な界磁電流を I_{f1} 、三相短絡曲線で定格電流に等しい電流を発生するのに必要な界磁電流を I_{f2} とすると、両者の比 $K_s (= \frac{I_{f1}}{I_{f2}})$ は となる。同期発電機の K_s は、単位法で表した直軸 の逆数となる。

〈 及び の解答群 〉

- | | | |
|------------|-------------|--------|
| ア 過渡リアクタンス | イ 同期インピーダンス | ウ 同期化力 |
| エ 短絡比 | オ 変成比 | カ 利得 |

(2) 図はサイリスタを用いた三相ブリッジ整流回路である。交流電圧の相順は $u-v-w$ である。



図

1) サイリスタ Th_5 と Th_6 が 状態にあるときに、サイリスタ Th_1 に点弧信号を与える場合、 u 相電圧 v_u の値が w 相電圧 v_w の値より 範囲であれば、 Th_1 がターンオンして が行われ、 Th_5 がターンオフする。

< ~ の解答群 >

- ア オン イ オフ ウ 横流 エ 潮流 オ 転流 カ 平衡
 キ 位相が遅れる ク 高くなる ケ 低くなる

2) 横軸を位相角 θ とした三相ブリッジ整流動作波形において、 v_u と v_w の波形が交わる点からサイリスタ Th_1 に点弧信号を与えるまでの角度 α を制御 と呼ぶ。

3) 対称三相正弦波交流電源の線間電圧 (実効値) を V とし、転流リアクタンスによる電圧降下を無視した場合、直流電圧 v_d の平均値 V_d (直流平均電圧) は次式で与えられる。

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V \times \text{} \dots\dots\dots \text{①}$$

式①は、近似式 $V_d = 1.35 V \times \text{}$ が汎用的に用いられる。

< 及び の解答群 >

- ア $\cos \alpha$ イ $\sin \alpha$ ウ $(1 + \sin \alpha)$ エ 遅れ角 オ 進み角 カ 負荷角

(3) 定格出力 7.5kW、定格電圧 200V、定格周波数 60 Hz、8 極の三相誘導電動機があり、83 N·m のトルク一定の負荷を負って定格出力で運転している。

1) この電動機の同期速度は $\boxed{A \mid abc}$ [min^{-1}] であり、定格出力と負荷トルクの関係から、回転速度は $\boxed{B \mid abc}$ [min^{-1}] となるので、滑りは $\boxed{C \mid a.b} \times 10^{-2}$ となる。

2) この三相誘導電動機をインバータにより V/f 一定制御を行って、一次周波数を 40 Hz としたときの滑りは $\boxed{D \mid a.b} \times 10^{-2}$ となり、回転速度は $\boxed{E \mid abc}$ [min^{-1}] となる。ただし、滑り周波数は一次周波数にかかわらず常に一定の値に維持するものとする。

(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 ^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。

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。

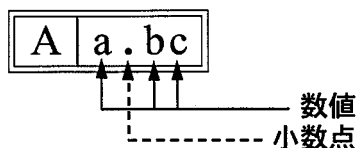
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

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

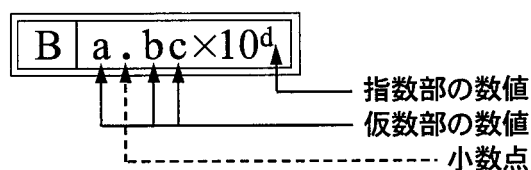
「683」を
塗りつぶす



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