

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

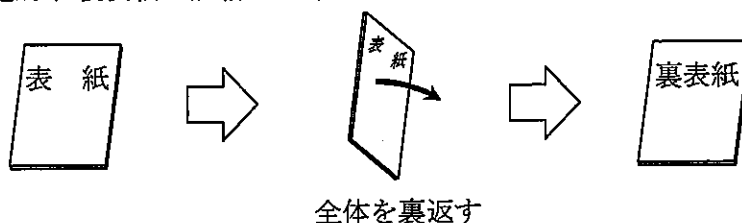
1～6 ページ

7～10 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。また、 及び に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。

負荷設備の特性を表す諸係数は、一般に以下の式で示される。

$$\text{需要率} = \frac{\text{最大需要電力}}{\text{1}} \times 100 [\%]$$

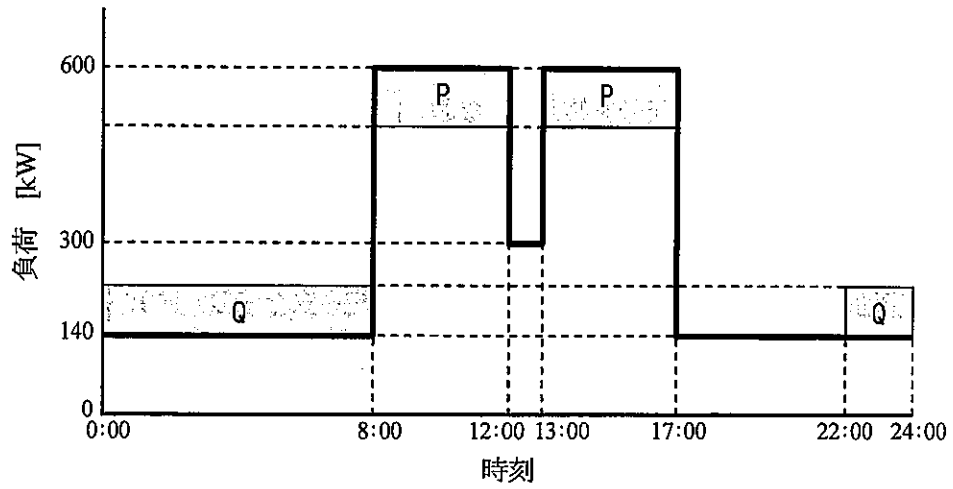
$$\text{負荷率} = \frac{\text{ある期間の 2}}{\text{その期間の最大需要電力}} \times 100 [\%]$$

$$\text{3} = \frac{\text{ある期間の電流の2乗の平均}}{\text{その期間の最大電流の2乗}}$$

特に負荷率は、省エネルギーや電力設備の有効活用の観点から重要であり、深夜時間帯への操業のシフト、 制御、負荷移行、蓄電・蓄熱などにより改善することができる。

ある工場の日負荷曲線が図の太線で示されている。この工場の1日の負荷率は [%] である。

この工場では、夜間に冷水(又は温水)を製造し、昼間に冷房用(又は暖房用)として使用する システムを空気調和設備に採用し、8:00から12:00と、13:00から17:00までの時間帯のPの部分の負荷を22:00から翌日の8:00までの時間帯のQの部分に移行することを計画した。システム導入前後で総消費電力量が変わらないものとするとき、1日の負荷率を60%に改善するために移行しなければならない電力量は [kW・h] である。ここで、蓄熱損失はないものとする。



< 1 ~ 5 の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|--------------|--------|
| ア 損失係数 | イ 不平衡率 | ウ 不等率 | エ 許容電流 |
| オ 最大電流 | カ 平均電力 | キ 最小電力 | ク 無効電力 |
| ケ 皮相電力 | コ 合計設備容量 | サ デマンド | シ 時間 |
| ス 蓄熱 | セ 力率制御 | ソ コージェネレーション | |

問題 7 の (2) は次の 3 頁にある

(2) 次の文章の [6] ~ [12] の中に入れるべき最も適切な字句を [6] ~ [12] の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[6]、[9]、[10] 及び [11] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

配電設備の維持管理に必要な事項としては保全管理や安全管理のほか、[6] や力率管理が重要である。[6] 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 [7] が最高回路電圧を超過せず、また、全負荷時の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。

力率の管理は、電流及び無効電力の低減、これらに伴う電力損失の減少、系統容量の増加や電圧の改善、更には [8] の低減などに大きく寄与するため、的確に行うことが重要である。一般に、工場では力率低下を防止するために進相用の [9] が設置されている。負荷の変動に応じて力率を管理するために、この [9] の投入・遮断を自動で効果的に行うことができる方法として、[10] を用いることが挙げられる。[10] には様々な制御方法がある。例えば、[11] 制御によるタイプは、回路の [11] を測定し、これと設定した値とを比較して、投入・遮断の制御を行うもので、あらかじめ投入・遮断すべき設備の容量を決めることができる。このほかに、回路の力率を測定し、あらかじめ設定した力率に対して遅れ側か、進み側かを判別して力率制御を行うタイプや、最も簡便な [12] 制御によるタイプがある。

< [6] ~ [12] の解答群 >

- | | | | |
|----------|---------|----------|----------|
| ア 負荷管理 | イ 電圧管理 | ウ 電流管理 | エ 電流 |
| オ 零相電圧 | カ 無負荷電圧 | キ 過渡電圧 | ク 無効電力 |
| ケ 有効電力 | コ 短絡容量 | サ 電気料金 | シ 故障率 |
| ス 時間 | セ タップ | ソ 抵抗 | タ リアクトル |
| チ コンデンサ | ツ 制限抵抗 | テ 力率調整装置 | ト 電圧調整装置 |
| ナ 昇圧用変圧器 | | | |

(工場配電)

問題 8 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の文章及び表の ～ 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。

太陽光発電設備は、発電源となる太陽電池、その電源から発生する直流電力を交流に変換する逆変換器部、及び系統事故時に逆変換器を速やかに停止させる連系保護装置部の三つの主要部分から構成され、太陽電池は材料と組成により次のように分類される。

太陽電池の材料と組成		主な特徴
シリコン	単結晶	高純度シリコンを使用 変換効率が低い
	<input type="text" value="1"/>	シリコンは高純度を要しない 変換効率はやや劣る 多数の単結晶群により形成される
	<input type="text" value="2"/>	変換効率は劣るが、製造コストが安い 10 μ m 程度の薄いシリコン層で形成される
化合物		銅、ガリウム、セレンなどの化合物を使用し、シリコンを使用しない

逆変換器部と連系保護装置部は合わせて と呼ばれ、逆変換回路には が一般に使用される。この設備に要求される機能としては連系保護に加え、制御として出力電流制御、太陽光発電を有効活用するための などがある。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|-------------|------------|--------------|
| ア UPS | イ VVVF | ウ パワーコンディショナ |
| エ 電流形インバータ | オ 電圧形インバータ | カ 電力回生制御 |
| キ 最大電力点追従制御 | ク アモルファス | ケ 色素増感 |
| コ 多結晶 | | |

問題 8 の (2) は次の 5 頁及び 6 頁にある

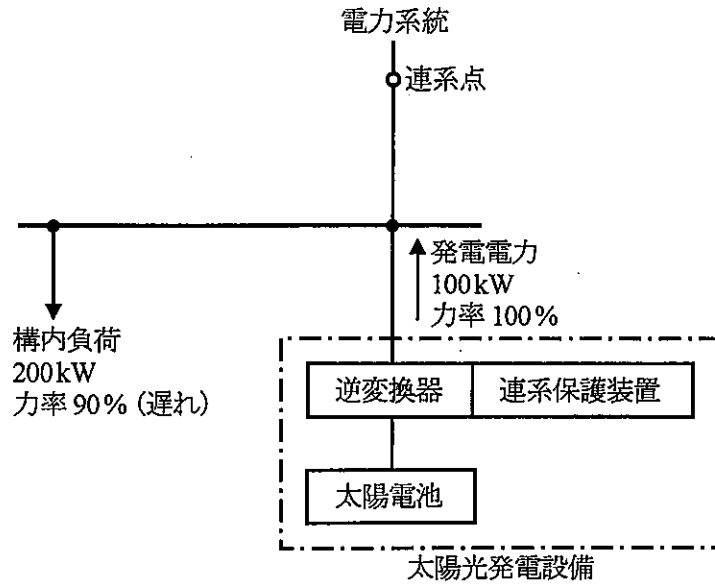
(2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述を
〈 ～ の解答群〉 から選び、その記号を答えよ。

1) 図は、太陽光発電設備を有し、一般電気事業者の電力系統の高圧配電線に連系する、ある工場の配電設備を示す。太陽光発電などの分散型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(平成16年資源エネルギー庁)」で定められた、 などの電力品質を確保していくための事項及び連絡体制についてその要件を満たす必要がある。

このガイドラインで定めている技術要件には次のようなものがある。

- ① 太陽光発電などの発電設備などを高圧配電線に連系するには、当該の技術要件を満たした上で、その電力容量が原則として [kW] 未満の設備とする。
- ② 高圧配電線は低圧需要家への配電線に接続している場合も多いが、発電設備などの連系によって低圧需要家の電圧が変動する可能性がある。高圧配電線への発電設備の連系による常時電圧変動対策として、低圧需要家の電圧を電気事業法第26条及び同法施行規則で定められているとおり、標準電圧100Vに対しては $101\text{V} \pm$ [V] 以内、標準電圧200Vに対しては $202\text{V} \pm 20\text{V}$ 以内に維持する必要がある。
- ③ 瞬時電圧変動対策として、逆変換器を介して系統に接続する際には、大きな突入電流が流れないように自動的に 機能を逆変換器に持たせるなどの対策が必要である。
- ④ 連系点の力率は原則として [%] 以上、かつ、系統から見て 力率にならないこととする。

2) 図のように、構内負荷が200kW、力率90%(遅れ)で、太陽光発電設備が100kW、力率100%で発電している場合、電力系統からの電力は [kW]、その力率は [%] となる。連系点での力率を電力系統から見て95%(遅れ)以上にするには、構内負荷の力率を [%] (遅れ)以上に改善する必要がある。



< 6 ~ 14 の解答群 >

- | | | | | |
|----------|--------|----------|-------|----------|
| ア 6 | イ 10 | ウ 12 | エ 72 | オ 82 |
| カ 85 | キ 99 | ク 100 | ケ 141 | コ 200 |
| サ 500 | シ 2000 | ス 5000 | セ 遅れ | ソ 進み |
| タ 停電防止 | | チ 電圧・周波数 | | ツ 短絡保護 |
| テ 電圧を下げる | | ト 負荷を下げる | | ナ 同期が取れる |

(電気機器)

問題9 次の各問に答えよ。(配点計50点)

- (1) 次の文章の [1] ~ [6] の中に入れるべき最も適切な字句を < [1] ~ [6] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

一次巻線と二次巻線とで構成される二巻線変圧器において、二次巻線が無負荷の状態では一次巻線に交流電圧を印加すると、一次巻線に励磁電流が流れる。励磁電流 i_0 [A] と一次巻線数 N_1 との積 ($i_0 \times N_1$) で表される [1] により、鉄心中には [2] 磁束 ϕ が生じる。変圧器の原理は、この磁束 ϕ によって一次及び二次の巻線に誘起される [3] に基づいている。交流電圧を印加すると、発生する磁束は印加される電圧と $\frac{\pi}{2}$ [rad] の位相差を有し、励磁電流としては磁束と同相の [4] 電流、及び印加電圧と同相の鉄損電流が流れる。

変圧器を交流電源回路に投入したとき、励磁電流が定格電流を超える値となり、定常値となるのに数秒間を要する場合がある。この励磁電流を励磁 [5] 電流と呼び、その大きさは、通常、鉄心中の残留磁束の大きさと、投入されるとき電源電圧位相で決まり、電源電圧の瞬時値が [6] となる位相で投入されたときに最大値となる。

< [1] ~ [6] の解答群 >

- | | | | | |
|---------|-------|---------|--------|--------|
| ア 鎖交 | イ 交流 | ウ 交番 | エ 銅損 | オ 負荷 |
| カ 突入 | キ 二次 | ク 磁束 | ケ 磁束密度 | コ 磁化 |
| サ 透磁率 | シ 起磁力 | ス 起電力 | セ 誘導電流 | ソ 平衡電圧 |
| タ 正の波高値 | チ 零 | ツ 負の波高値 | | |

- (2) 次の文章の [7] ~ [12] の中に入れるべき最も適切な字句を < [7] ~ [12] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

三相誘導電動機の回転速度を n [min^{-1}]、同期回転速度を n_0 [min^{-1}]、滑り $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$ とし、回転速度及びトルクと回転磁界が同方向の場合を正方向とすれば、滑り $s < 0$ となる領域では $n > n_0$ であり、[7] 発電機として電源にエネルギーを送り返す [8] 制動が可能である。

$s > 1$ となる領域では $n < 0$ であり、トルクが回転と逆方向に働き制動動作を行う範囲である。

$n [\text{min}^{-1}]$ で回転している状態で停止又は逆転を急速に行いたいときは、相回転の方向を逆にする(3相のうち2相を切り換える)と、新しい回転磁界の方向に対しては、 $[\text{min}^{-1}]$ で回転していることになり制動域に移る。この制動方法はとも呼ばれ、になるほど制動トルクは大きくなり、急速に停止ができるが、切り換えてから逆方向の運転速度に達するまで、大きな電流が流入する。

三相誘導電動機^{はんよう}の速度制御用に汎用インバータを使用する場合で、制動時の回生エネルギーが大きく、直流回路がになる恐れがあるときは、半導体スイッチと抵抗から成る制動回路を付加するか、電源へのエネルギー返還が可能な順変換回路が採用される。

〈 ~ の解答群〉

ア n_0	イ $-n$	ウ $3n$	エ 低速度	オ 定格速度
カ 高速度	キ 過速度	ク 回生	ケ 摩擦	コ 過電流
サ 過電圧	シ 不足電圧	ス 誘導	セ 単相	ソ 直流
タ プラッキング		チ ネガティブ		ツ ラピッド

(3) 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。

定格容量 $1500 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、電圧比 $6600 \text{ V}/210 \text{ V}$ の三相変圧器があり、高圧側を短絡し、低圧側から交流電圧 10.92 V を印加したとき低圧側が定格電流となった。また、このとき低圧側で測定された有効電力の値は 11.85 kW であった。

定格容量基準での短絡インピーダンスは、一方の巻線を短絡し、定格電流を流すように他方の巻線に印加した電圧を定格電圧で除した値を百分率で表したもので、前述の測定結果を用いて [%] と計算される。ここで、百分率抵抗降下 p は、短絡インピーダンス中の抵抗分で、定格容量に対する損失値として表されるので、 $\times 10^{-1}$ [%] となる。したがって、百分率リアクタンス降下 q は [%] となるので、遅れ力率 0.8 の負荷を接続して、定格容量で運転したときの電圧変動率 ε は簡略式を用いて [%] となる。

(電気機器)

問題 10 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の [1] ~ [10] の中に入れるべき最も適切な字句を < [1] ~ [10] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

誘導電動機は、回転子側の電流を固定子巻線からの電磁誘導作用によって発生させており、等価回路は変圧器と類似しているが、固定子と回転子の間にエアギャップがあるため磁路の磁気抵抗が [1] く、変圧器に比べ励磁電流が大きい。また、電磁氣的損失のほかには回転子の運動による摩擦損もあって、効率は一般に変圧器よりも低い。

近年、同期電動機の [2] 巻線の代わりに永久磁石を用いた永久磁石形同期電動機が注目され、三相誘導電動機に比較しても高効率、高力率、低騒音、省スペース、保守の容易さなどの特徴から、適用分野が広がってきている。永久磁石形同期電動機の発生トルクは、永久磁石の磁束とこれと直交する q 軸電流との [3] で表されるマグネットトルクと、磁氣的な [4] 性によって発生するリラクタンストルクから成る。永久磁石形同期電動機を可変速運転する場合には、インバータなどを用いて電動機に印加する電源の [5] を変化させる。永久磁石形同期電動機では回転速度に比例して誘導起電力が増減する。このため、高速領域で電動機に加える電圧が誘導起電力より低いとトルクを発生できなくなるので、電機子電流の誘導起電力に対する [6] を進み側に制御し、電機子反作用により合成磁束を [7] て運転範囲の拡大を図っている。

半導体電力変換装置はバルブデバイスのオン・オフにより動作するため、電流又は電圧の波形が方形波状の組合せとなり、[8] と無効電力を発生する。また、使用されるバルブデバイスは理想的なスイッチング素子ではなく、オン状態での [9] 方向電圧降下が発生し、オフ状態でのわずかな漏れ電流による損失が発生する。オフ状態からオン状態へ、あるいはその逆の切換に有限の時間を必要とすることによって発生する損失を [10] 損失といい、切換動作の繰り返し周期を短くすると増加する。

< [1] ~ [10] の解答群 >

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ア 小 | イ 大 | ウ 弱 | エ 強 | オ 和 | カ 積 |
| キ 逆 | ク 順 | ケ 対 | コ 界 | サ 電 | シ 突 |
| ス 高 | セ 搬 | ソ 低 | タ 周 | チ 位 | ツ 電 |
| テ 電 | ト 非 | ナ ス | | | |

(2) 次の文章の 11 ～ 13 の中に入れるべき最も適切な字句又は式を 11 ～ 13 の解答群から選び、その記号を答えよ。また、A a.bc ～ C 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。

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、 E_2 [V] は二次誘導起電力、 I_2 [A] は二次電流、また、 r_2 [Ω] は二次抵抗、 x_2 [Ω] 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、二次抵抗分は二次損失分と発生動力分に分割して表示している。この等価回路で、一次側からの二次入力 P_2 、二次回路の抵抗損 P_{c2} はそれぞれ次式で表される。

$$P_2 = \text{11} \text{ [W]}$$

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

また、発生動力 (機械出力) P_o は次式となる。

$$P_o = \text{12} \text{ [W]}$$

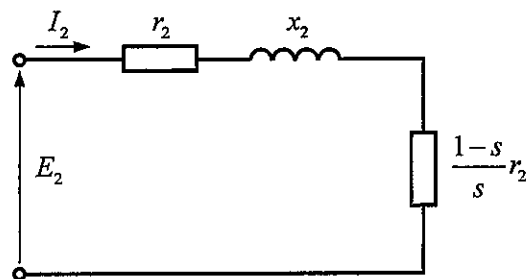
これらの関係から、

$$P_2 : P_{c2} : P_o = 1 : \text{13} : (1-s)$$

となる。

これらの式を用いると、滑りが 0.04 で運転されている三相誘導電動機の二次抵抗損 P_{c2} が 150 W であるときの電動機の発生動力 P_o は、A a.bc [kW] となる。

また、定格出力 250 kW、定格電圧 3000 V、周波数 50 Hz、8 極のかご形三相誘導電動機が、全負荷時の二次抵抗損 8 kW、機械損 5 kW である場合、全負荷時の滑りは B a.bc $\times 10^{-2}$ となり、回転速度は C abc [min^{-1}] となる。ただし、定格出力は定格負荷時の発生動力から機械損を差し引いたものに等しいものとする。



< 11 ～ 13 の解答群 >

ア $\frac{1}{s}$

イ s

ウ s^2

エ $E_2 \times I_2$

オ $E_2^2 \times \frac{1-s}{s} \times r_2$

カ $I_2^2 \times \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$

キ $I_2^2 \times \frac{r_2}{s}$

ク $I_2^2 \times \frac{1-s}{s} \times r_2$

ケ $I_2^2 \times (1-s) \times r_2$









(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)

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。
- (2)

A	a.bc
---	------

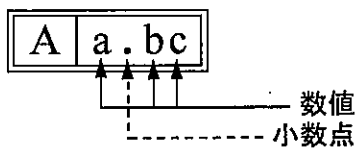
、

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。それぞれ a,b,c 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」を塗りつぶすこと。
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。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
↓ 四捨五入
6.83

(解答)

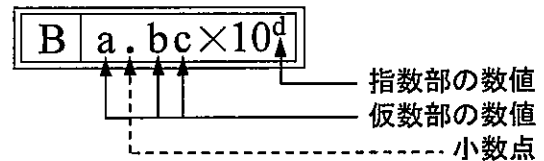
「6.83」に
マークする



		A		
		a	.	b c
①				0 0
②				1 1
③				2 2
④				3 3
⑤				4 4
⑥				5 5
⑦				6 6
⑧				7 7
⑨				8 8
	⑩			9 9

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183 × 10²
↓ 四捨五入
9.18 × 10²

(解答)

「9.18 × 10²」に
マークする



		B				
		a	.	b c	×10	d
①				0 0		0
②				1 1		1
③				2 2		2
④				3 3		3
⑤				4 4		4
⑥				5 5		5
⑦				6 6		6
⑧				7 7		7
⑨				8 8		8
⑩				9 9		9