

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

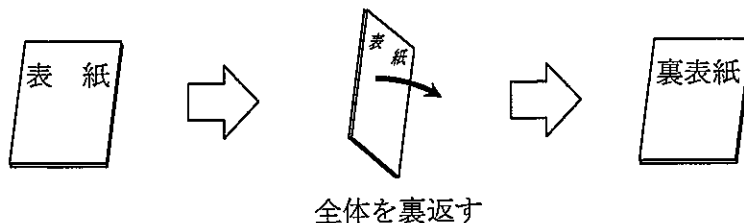
1～4 ページ

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。なお、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

電気設備の事故を原因別に分類すると、設計・製作・施工などの不完全、保守の不完全、機器や部品の  、誤操作及び、落雷や風雨、氷雪などの自然災害による被害、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  や保守によって、大きく低減できる。このうち、故障の兆候を早期に見つけて処置したり、故障前に予測される不具合部品を交換する方法が採られることが多い。これを  と呼ぶ。

構内電気回路に短絡などの事故が発生した場合、高速に事故を検出し、事故の範囲をその回路に局所化し高速に遮断して、損傷部分をできるだけ軽微にとどめるとともに、他の部分にその影響が  することを防止するためには、 を採ることが重要である。一般に短絡  としては、例えば高圧系統では  差継電方式が採用される。

<  ～  の解答群 >

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ア 電流   | イ 電圧   | ウ 時限   | エ 連動   |
| オ 波及   | カ 依存   | キ 分析   | ク 点検   |
| ケ 更新   | コ 保守協調 | サ 保護協調 | シ 保護連携 |
| ス 環境変化 | セ 経年劣化 | ソ 事後保全 | タ 予防保全 |

(2) 次の文章の 7 ～ 9 の中に入れるべき最も適切な字句又は記述を 7 ～ 9 の解答群> から選び、その記号を答えよ。

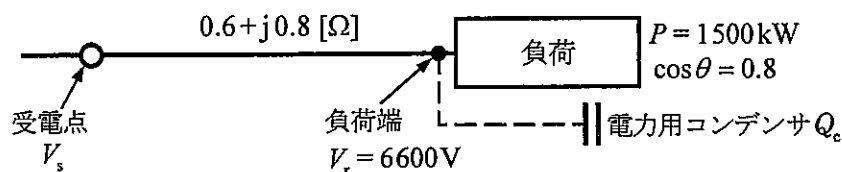
また、A abcd ～ E a.bc に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

図のように、受電点から、高圧三相3線式の配電線で接続された平衡三相負荷がある。この負荷電力 $P$ は1500 kW、力率 $\cos \theta$ は遅れ0.8とし、簡単のために負荷端の電圧 $V_r$ は6600 Vで一定とする。このときの負荷の皮相電力 $S$ は A abcd [kV·A]、無効電力 $Q$ は B abcd [kvar] であり、電流 $I$ は C abc [A] である。

配電線1相当りの抵抗 $R$ が $0.6 \Omega$ 、リアクタンス $X$ が $0.8 \Omega$ である場合、受電点の電圧 $V_s$ は D a.bc  $\times 10^3$  [V] である。ここで、 $V_s - V_r = \sqrt{3} I (R \cos \theta + X \sin \theta)$  の近似式が成り立つものとする。

この負荷端に、力率を改善するために電力用コンデンサ $Q_c$ を設置することとした。負荷端における力率を1とするためには、この負荷が消費する無効電力 $Q$ と同容量のコンデンサを設置する必要がある。このコンデンサを設置することにより、受電点の電圧 $V_s$ は E abc  $\times 10^3$  [V] となり、線路電流及び線路損失は、共に 7 。

次に、電力用コンデンサ $Q_c$ を接続したまま、負荷電力が500 kW (力率は遅れ0.8)まで減少した場合、受電点から負荷側を見た力率は進み力率となり、その線路インピーダンスにより、負荷端の電圧 $V_r$ は受電点の電圧 $V_s$ と 8 なる。このように進み力率になることで、 $V_s$ と $V_r$ との間に発生する現象は、電力系統でしばしば見られ、これを 9 効果と呼ぶ。



< 7 ～ 9 の解答群 >

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ア 減少する  | イ 変化しない | ウ 増加する  |
| エ 比べて低く | オ 同じに   | カ 比べて高く |
| キ ファラデー | ク フェランチ | ケ ホール   |

(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。

高調波の発生源は、主に、電力変換装置における、整流動作や半導体バルブデバイスの  によるもの、アーク炉などにおける放電現象によるもの、変圧器や電動機などの鉄心の  やヒステリシスによるものに分類される。

一方、発生した高調波によって過電流、誘導障害、電圧波形ひずみが引き起こされ、これらが様々な障害の要因となる。変圧器や電動機など鉄心を有する機器では、 の増大による過熱や異常音、振動が発生する。また、計算機、制御装置、計測器などの電子機器では、 や電源電圧の波形ひずみなどが誤動作やノイズの原因となる。位相制御を行う電力変換装置では、高調波により誤動作や不安定動作が引き起こされる。

高調波による障害を防止するには、発生源側で高調波の発生を抑える方法と、影響を受ける側で対策する方法とがある。影響を受ける機器は多様であるが、電力用コンデンサ設備に直列リアクトルを挿入する場合には、高調波に対する  を考慮する必要がある。

<  ～  の解答群 >

- |         |          |        |        |
|---------|----------|--------|--------|
| ア ハンチング | イ スイッチング | ウ 減磁動作 | エ 磁気飽和 |
| オ 電磁誘導  | カ 絶縁劣化   | キ 誘電損  | ク 鉄損   |
| ケ 放電    | コ フリッカ   | サ 共振   |        |

(2) 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。

電力系統への落雷や風雨、氷雪などにより電力系統を構成する送電線で系統故障が発生すると、この異常を  などが検知し、遮断器により故障点を電力系統から除去するが、故障が除去されるまでの間、事故電流により故障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。

この瞬時電圧低下が発生すると、その電圧低下の率と継続時間によっては需要家の機器類に悪影響を与えることになり、工場のプロセス制御や FA システム、OA システムに使われる  のデータ消失やプログラムの誤作動の発生、電動機の運転・停止用  の開放、高圧放電ランプの消灯などの問題が起きる。

このような瞬時電圧低下の対策としては、電力系統側で行うものと、影響を受ける機器側で行うものがある。電力系統側では、雷害事故の防護、故障点の高速除去による継続時間の低減、電源側の高インピーダンス化による電圧低下の抑制などの方法がある。また、影響を受ける機器側の対策としては、順逆変換装置と蓄電池から構成された  の設置が推奨されている。そのほか、NAS 電池、フライホイールなどの  を瞬時電圧低下対策用として採用する方法などもある。

<  ～  の解答群 >

- |          |          |            |
|----------|----------|------------|
| ア VVVF   | イ コンピュータ | ウ サーボモータ   |
| エ インバータ  | オ 保護継電器  | カ 電磁接触器    |
| キ 避雷器    | ク 断路器    | ケ 進相用コンデンサ |
| コ 力率調整装置 | サ 電圧調整装置 | シ 無停電電源装置  |
| ス 電力貯蔵装置 | セ 電力変換装置 |            |

(空 白)

(空 白)

(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をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を2回以上使用してもよい。

1) 一般に電気機器は、電圧に関していえば、機器に表示された定格電圧で使用する場合に最も効率が良い。工場において大きな電圧変動や電圧降下は、機器の効率低下をもたらすだけでなく、生産能率の低下や製品不良の原因ともなる。変圧器における電圧調整は、巻線にタップを設けて  を切り換えることによってなされる。タップ切換方式には大別して、無電圧タップ切換と負荷時タップ切換とがあり、負荷時タップ切換には直接式と間接式とがある。直接式は、外部回路に接続された巻線の  電流が負荷時タップ切換器を直接流れるように結線する方式であり、間接式は、直列変圧器の  巻線を通る電流が負荷時タップ切換器を流れるように結線する方式である。直接式ではタップ切換器は通常、三相変圧器の  側に設けられる。また、間接式のタップ切換器は、巻線の  レベルが非常に高い場合や電流が極めて大きい場合などに採用される。

<  ～  の解答群 >

- |            |       |       |        |
|------------|-------|-------|--------|
| ア 短絡       | イ 負荷  | ウ 磁化  | エ 界磁   |
| オ 励磁       | カ 直列  | キ 中性点 | ク 高圧線路 |
| ケ 低圧線路     | コ 温度  | サ 保護  | シ 絶縁   |
| ス インピーダンス比 | セ 短絡比 | ソ 変圧比 |        |

2) 2台以上の同期発電機を安定に並行運転させるためには、各発電機は、起電力の周波数及び大きさが等しく、起電力の位相がほぼ一致していて  が等しく、また、その波形が等しいことが必要である。これらの必要条件の中で、起電力の大きさと位相に焦点を当て、条件が満足されない状態で並行運転した場合に発生する現象は次のようになる。

起電力の大きさが異なる場合には、発電機間に  電流が流れる。この電流は、起電力の大きい発電機では遅れ電流であるので界磁を  、起電力の小さい発電機では進み電流で



あるので界磁を  る作用をする。

位相が一致しない場合には、発電機間に  電流が流れる。この電流により、発電機間に有効電力の授受が生じ、並行運転を行う発電機間の相差角変化を元に戻すように作用する。

<  ~  の解答群 >

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ア 相回転  | イ 極座標  | ウ 同期化  | エ 角変位  |
| オ 脱調   | カ 電力動揺 | キ 直流過  | ク 無効循環 |
| ケ 零相循環 | コ 飽和させ | ク 維持させ | シ 消滅させ |
| ス 強め   | セ 弱め   |        |        |

(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。

一次側電圧 6600 V、二次側電圧 210 V の単相変圧器の無負荷試験と短絡試験(二次側定格電流時)を行い、次の結果を得た。

無負荷試験結果 : 一次側電圧 6600 V、一次側電流 0.053 A、一次側入力電力 36 W

短絡試験結果 : 一次側供給電圧 165 V、一次側電流 1.515 A、一次側入力電力 168 W

これらの試験結果から、この変圧器に定格容量の 50 % 容量の負荷を接続したときの全損失(無負荷損+負荷損)は   [W] である。また、この変圧器の定格容量基準の短絡インピーダンスは   [%] であり、これは短絡試験時に供給した電圧値と、そのとき得られた電流値との関係から、一次換算のオーム値で   [ $\Omega$ ] となる。一方、短絡試験時の損失から、一次換算の巻線抵抗は   [ $\Omega$ ] と計算されるので、一次換算漏れリアクタンスは 80.65  $\Omega$  となる。これらの数値から、この変圧器に、定格容量と同じ容量で力率が 0.8 の負荷を接続したとき、簡略式を用いた電圧変動率  $\varepsilon$  は   [%] と計算される。

(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。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

1) 普通かご形誘導電動機を全電圧始動すると、二次巻線を  した変圧器と同様な現象が発生する。二次(回転子)回路抵抗は小さく、抵抗に比してリアクタンスが大きい。このため、力率は悪く、大電流の割に、トルクを発生させる  電流成分は少ない。この欠点を改善し、二次回路の実効抵抗が始動時には自動的に大きくなり、定格運転時には小さくなるような構造としたものが特殊かご形誘導電動機であり、定格出力 5.5kW 以上の誘導電動機に採用されている。特殊かご形誘導電動機には、深溝かご形と  かご形の 2 種類がある。

誘導電動機の始動時は二次回路周波数が高い。特殊かご形誘導電動機では、二次回路の同一スロット内に納められた導体内での  は、スロット底部に近い部分ほど多くの磁束と鎖交するので、インダクタンスが大きくなる。このため、 により導体内の電流密度分布が不均一となり、導体全体としては電流が上部ほど大きくなって二次回路の実効抵抗が増加することで始動電流が抑制され、大きな始動トルクを得ることができる。電動機の回転速度の上昇に従って滑り  $s$  が小さくなる。したがって、一次回路の周波数を  $f$  とすると、二次回路の周波数  も小さくなることで、二次回路導体のリアクタンスが減少し、導体内での電流分布も均一となり、二次導体は低抵抗導体として作用するので損失の増大が抑制される。

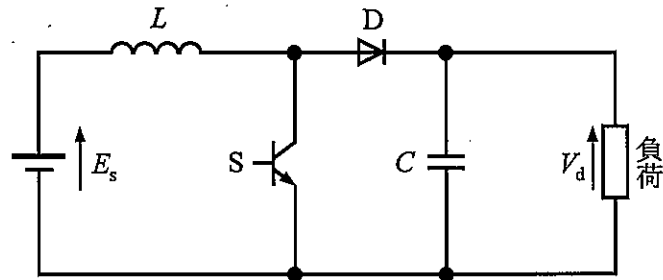
<  ～  の解答群 >

- |            |         |        |       |        |
|------------|---------|--------|-------|--------|
| ア $(1-s)f$ | イ $sf$  | ウ 有効   | エ 無効  | オ 同相   |
| カ 短絡       | キ 開放    | ク 二層   | ケ 二重  | コ 漏れ磁束 |
| カ 鎖交磁束     | シ ピンチ効果 | ス 表皮効果 | セ 導電率 | ソ 透磁率  |

2) 直流チョッパとは、半導体パルプデバイスを高頻度にオン・オフすることによって、中間に交流を介することなく、直流電圧を直接制御する回路である。直流チョッパには、3種類の基本回路がある。図に示す回路は  形チョッパ回路である。

この回路の定常状態におけるダイオードDの作用と、それに伴うエネルギーの授受は、次のようになる。スイッチSがオンの期間( $t_{on}$ )には、DはコンデンサCの電圧によって逆バイアスされて、非導通となる。この期間、負荷の消費電力はCによって供給され、電源電圧 $E_s$ はリアクトルLにのみエネルギーを供給する。次に、スイッチSがオフの期間( $t_{off}$ )には、 $t_{on}$ の期間にLに蓄えられたエネルギーがDを通して放出されるので、この期間は、Lの放出エネルギーと電源からの供給エネルギーとによってCの充電エネルギーと負荷の消費エネルギーが供給される。ここで、Dは  ダイオードと呼ばれる。また、 $T = t_{on} + t_{off}$  はチョップの周期であり、 $\alpha = \frac{t_{on}}{T}$  は  と呼ばれる。負荷に掛かる電圧 $V_d$ と、電源電圧 $E_s$ との関係は、 $\alpha$ を用いて次式で示される。

$$V_d = \frac{1}{\text{10}} E_s$$



<  ~  の解答群 >

- |              |              |              |        |
|--------------|--------------|--------------|--------|
| ア $1-\alpha$ | イ $\alpha-1$ | ウ $1+\alpha$ | エ ツェナー |
| オ 転流         | カ 環流         | キ 降圧         | ク 昇圧   |
| ケ 昇降圧        | コ 通電時間       | サ 通流率        | シ 導電率  |

(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、円周率  $\pi = 3.14$  とし、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 7.5 kW、定格周波数 50 Hz、4 極の三相かご形誘導電動機が、定格運転時、滑り 4% で運転されているとき、回転角速度  $\omega$  は    $\times \pi \times (1 - 0.04)$  [rad/s] となる。このときのトルク  $T$  は   [N·m] となる。この誘導電動機の無負荷損が 400 W で、L 形等価回路での、星形 1 相一次換算の、一次抵抗値を  $0.35 \Omega$ 、二次抵抗値を  $0.24 \Omega$  とすると、定格運転時の二次電流 (一次換算値)  $I_2$  は   [A] となる。したがって、定格時の銅損  $P_c$  は   [W] と計算され、定格運転時の効率  $\eta$  は   [%] となる。









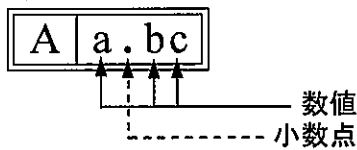
(表紙からの続き)

## 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) 、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)  、 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)

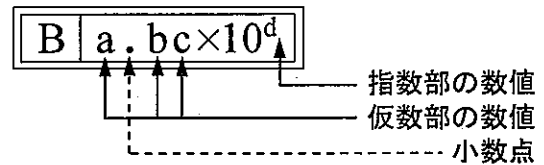
「6.83」に  
マークする



A			
a	.	b	c
		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 <sup>d</sup>
		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