

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)

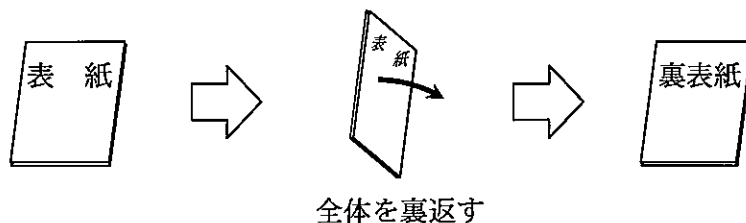
2 時限

問題 7, 8	工場配電	1～5 ページ
問題 9, 10	電気機器	7～13 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) 変圧器の短絡インピーダンスは、短絡電流を低減するためには 方が望ましいが、電圧降下を小さくするためにはその逆の方が良い。

2) 避雷器は、受電設備を雷害による過電圧から保護するため、受電設備の や必要に応じて変圧器の高圧及び特別高圧側に施設される。また、避雷器の制限電圧と被保護機器の絶縁強度との間では、 を図る必要があり、一般に、20 % 以上の裕度を持たせる。

3) 開閉装置のうち、遮断器は、負荷電流あるいは を迅速に遮断することができ、電路の投入、通電、遮断に用いられる。また、 は、点検、修理などのための回路の切離しや接続変更に用いられ、主として無負荷状態で開閉する装置である。

< ～ の解答群 >

ア 大きい	イ 小さい	ウ ない	エ 電源側
オ 負荷側	カ 電源側及び負荷側	キ 過電圧	ク 故障電流
ケ 迷走電流	コ 誘導電流	サ 断路器	シ 電力ヒューズ
ス 負荷開閉器	セ 絶縁協調	ソ 電圧協調	タ 電圧調整
チ 保護協調			

4) 調相設備には、進相用の電力用コンデンサ、遅相用の 、及び進相、遅相の両方に使用できる がある。

5) 計器用変成器は、計器を高圧回路から絶縁し、レベル変換を行い、計器と組み合わせて電気の諸計量を行うもので、計器用変圧器と変流器とがある。なお、変流器の を使用中に開放すると、鉄心内の磁束が急増し、機器が焼損したり、開放した回路に高電圧を誘起して危険である。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|-----------|-----------|---------------------------|
| ア 一次側 | イ 二次側 | ウ 筐体 <small>まほうたい</small> |
| エ 直列コンデンサ | オ 直列リアクトル | カ 分路リアクトル |
| キ 同期調相機 | ク 誘導調相機 | ケ 負荷時タップ切換変圧器 |

(2) 次の文章の [9] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句を < [9] ~ [14] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[11] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

分散型電源とは分散して配置される小規模電源のことであり、太陽光発電や風力発電のように自然エネルギーを積極的に利用するもの、燃料電池や内燃機関などを用いた [9] のように熱電併給による総合エネルギー効率の向上を図るもの、及び廃棄物発電などのように未利用エネルギーを積極的に活用していくものなどがある。

分散型電源のうちでも特に近年普及が著しい太陽光発電は、太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式で、この変換のために太陽電池が使用される。太陽電池には使用する原料、製造方法などにより各種のものがあるが、主としてシリコンを原料としたものは、単結晶太陽電池、多結晶太陽電池、[10] 太陽電池の3種類に分類される。太陽光発電は、太陽電池、その電源から発生する直流を交流に変換するインバータ部、及び系統事故時などにインバータ部を速やかに停止させる [11] 部の三つの主要部分から構成され、このうちインバータ部と [11] 部とを合わせて [12] と呼んでいる。

また、太陽光発電などの分散型電源を一般電気事業者の系統に連系するに当たっては、系統連系の技術要件を定めたガイドラインで基本的な考え方が、次のように定められている。

- ① 連系によって配電系統の供給信頼度(停電など)及び [13] (電圧、周波数、力率など)の面で悪影響を及ぼさないようにすること
- ② 連系によって公衆や作業者の [14]、配電系統の供給設備、連系された他の需要家設備の保全に悪影響を及ぼさないようにすること

< [9] ~ [14] の解答群 >

- | | | |
|----------|--------------|--------------|
| ア アモルファス | イ コージェネレーション | ウ パワーコンディショナ |
| エ UPS | オ VVVF | カ 化合物半導体 |
| キ 有機半導体 | ク 水力発電 | ケ 電圧変換装置 |
| コ 連系保護装置 | サ 電力品質 | シ 安全確保 |
| ス 系統安定度 | セ 作業効率 | |

(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。

力率の改善は、電気料金の低減、系統容量の増加、、及び電力損失の低減などに大きく影響するため、力率管理を的確に行う必要がある。力率改善には主にコンデンサが利用され、その調整方法としては 制御、無効電力制御、力率制御などがあるが、無効電力制御や力率制御を採用する場合には、コンデンサの投入と遮断が繰り返される 現象に対する配慮が必要である。

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 を一定値以下にとどめ、電力設備の効率的運転と省エネルギー化を推進する手法である。デマンド制御を行うことにより が高くなるので、受電設備や配電設備の効率的運用が可能となる。一方、電力量管理の目標は、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 を下げることである。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|----------|-----------|----------|
| ア タップ | イ 時間 | ウ ハンチング |
| エ フリッカ | オ 共振 | カ 周波数の改善 |
| キ 電圧の安定化 | ク 瞬時停電の抑制 | ケ 最大需要電力 |
| コ 平均電力 | サ 不等率 | シ 負荷率 |
| ス 電力原単位 | セ 生産量 | ソ 在庫 |

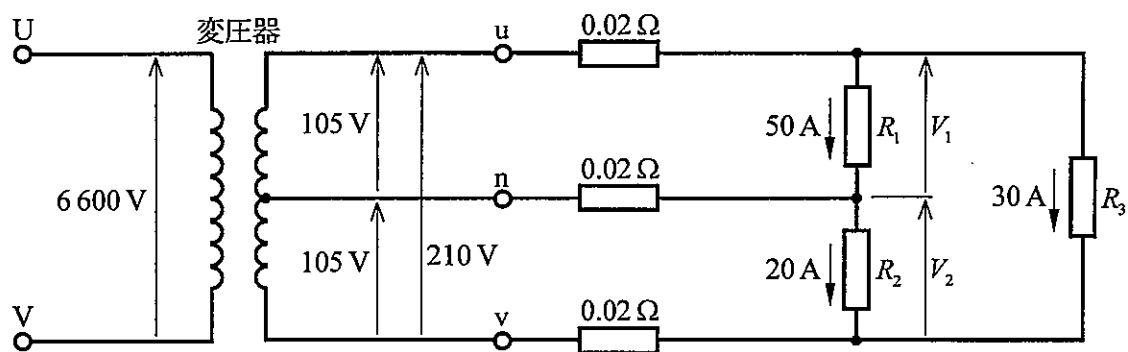
問題 8 の (2) は次の 5 頁にある

(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。

図に示すように、1台の単相変圧器から、負荷 R_1 、 R_2 及び R_3 に電力を供給する単相3線式配電線がある。 R_1 、 R_2 及び R_3 はいずれも抵抗負荷であり、 R_1 を流れる電流は50A、 R_2 を流れる電流は20A、 R_3 を流れる電流は30Aである。変圧器は一次電圧6600V、2次電圧210V及び105Vの理想変圧器とし、損失はないものとする。

配電線の1線当たりの抵抗をu線、n線及びv線のいずれも $0.02\ \Omega$ とすると、負荷 R_1 に加わる電圧 V_1 は [V] となり、負荷 R_2 に加わる電圧 V_2 は [V] となる。

また、配電線の損失は [W] となり、変圧器一次側を流れる電流は [A] となる。



(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、数値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) 三相電源に2台の単相変圧器を接続して、三相電力を供給する結線をV-V結線という。この結線方法と単相変圧器3台を Δ - Δ 結線に接続して三相電力を供給する場合との差異は次のようになる。

Δ - Δ 結線では、各相共に漏れインピーダンスによる が発生するのに対し、V-V結線では、一相分についてそれが発生しないので、二次側に平衡した負荷電流が流れた場合でも、 側の端子の電位に不平衡が発生する。ただし、各端子の電位差である線間電圧は平衡となる。

1台の単相変圧器の、二次側電圧を V 、二次側巻線を通る電流を I 、容量を VI として、力率1.0の平衡三相負荷に電力を供給することを考える。V-V結線では、変圧器から負荷への電流と巻線の電流とが等しい。したがって、変圧器バンクの三相出力は となる。これに対し、 Δ - Δ 結線の変圧器バンクの三相出力は となるので、 $\frac{V-V結線の出力}{\Delta-\Delta結線の出力}$ は となる。また、V-V結線の場合の変圧器の利用率は となる。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| ア $\frac{1}{2}$ | イ $\frac{1}{\sqrt{3}}$ | ウ $\frac{2}{3}$ | エ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| オ $\frac{2}{\sqrt{3}}$ | カ $\frac{3}{2}$ | キ $\frac{VI}{\sqrt{3}}$ | ク VI |
| ケ $\sqrt{2}VI$ | コ $\sqrt{3}VI$ | サ $2VI$ | シ $3VI$ |
| ス 一次 | セ 二次 | ソ 三次 | タ 短絡インピーダンス |
| チ 電圧降下 | ツ 不足電圧 | | |

2) かご形三相誘導電動機の世界速度制御には、現在、汎用インバータによる一次周波数制御が広く用いられている。これは一次周波数に比例して電動機の [7] が変化することを応用したものであり、通常、周波数に比例して電圧も変えて、電動機のアギャップ [8] をほぼ一定に保つようにしている。

汎用インバータの基本回路は、商用周波数の交流入力を一度直流に変換した後、所望の周波数の交流に再変換して出力する構成である。この回路において、順変換回路はダイオードを用いた三相 [9] 結線の整流回路、逆変換回路は、IGBTなどのオン機能及びオフ機能を有するパルプデバイスを用いた、[10] 形インバータ回路が一般的である。出力(電圧及び周波数)の制御はいずれも逆変換回路でなされ、この出力を制御するための変調方式は [11] が一般的である。

かご形誘導電動機は、全電圧で開閉器を投入すると、[12] 電流が定格電流の数倍となるが、汎用インバータを用いれば、その電流を定格電流に近い値以下にまで抑えることができ、また、多頻度の始動停止ができる。間欠運転に対しても、電動機の [13] 運転をやめ、回転速度制御を適用して負荷に応じて始動停止を行うことが、省エネルギー上好ましい。ただし、負荷の要求する始動特性との整合には注意を要する。

< [7] ~ [13] の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|----------|---------|
| ア ブリッジ | イ 混合ブリッジ | ウ 中間タップ | エ 電圧 |
| オ 電流 | カ 共振 | キ パルス幅変調 | ク 周波数変調 |
| ケ 振幅変調 | コ 磁束密度 | サ 磁路長 | シ 滑り |
| ス 同期速度 | セ 始動 | ソ 制動 | タ 転流 |
| チ 過熱 | ツ 過負荷 | テ 無負荷 | |

問題9の(2)は次の9頁にある

(2) 次の文章の

A	a.b
---	-----

 ~

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。

定格一次電圧 6 600 V、定格二次電圧 210 V、定格容量 300 kV·A、定格周波数 50 Hz の単相変圧器があり、一次巻線抵抗が 0.3Ω 、二次巻線抵抗が 0.0012Ω である。この変圧器の二次側を開放して無負荷試験を行ったところ、一次側に 1.1 A、力率 0.04 (遅れ) の電流が流れた。この無負荷試験結果から、この変圧器の無負荷損は

A	a.b
---	-----

 $\times 10^2$ [W] となる。この無負荷損のうち、一次巻線抵抗による損失は 0.363 W と計算されるので、計測された損失の大半が鉄損である。この変圧器に定格容量の負荷を接続したときの負荷損は

B	a.bc
---	------

 $\times 10^3$ [W] となるので、力率 1.0 で定格容量の負荷を接続したときの効率は

C	ab.c
---	------

 [%] となる。

この変圧器が最大効率となるのは

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

 [%] 負荷のときである。

(空 白)

(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) 誘導電動機の主要部分は と回転子の二つである。両者とも各部分の磁界が周期的に変化するので、鉄損を低減する目的で けい素鋼板を用いた 鉄心構造となっている。

かご形誘導電動機の二次巻線は、回転子のスロット内に収められた多数の銅、アルミニウム又はそれらの合金の棒状の導体を、鉄心の外側で これらを短絡する に接続したものである。

巻線形誘導電動機の回転子は、二次巻線が絶縁された三相巻線構成となっている。巻線のコイル終端部はリード線により、軸端に設けられた を経て、外部抵抗器へ接続される。

誘導電動機では、回転子が同期速度 $n_0[s^{-1}]$ からの滑り s で回転しているとき、回転磁界の進む方向を正として、この磁界の上に立って回転子を眺めるとすると、 の速さで回転子が回転磁界と に回っているように見える。

< ~ の解答群 >

ア n_0	イ sn_0	ウ $(1-s)n_0$	エ コロナリング
オ シールド	カ スリップリング	キ 固体	ク 固定子
ケ 軸受	コ 整流子	サ 整流片	シ 積層
ス 端絡環	セ 短絡片	ソ 巻線	タ 同方向
チ 逆方向	ツ 直角方向		

2) 同期電動機では、回転子が同期速度で回転しているときにのみ安定したトルクが発生する。大形の同期電動機では、始動時に通常の同期運転に引き入れるまでに次のような方法が用いられる。

自己始動法：回転子磁極面に施した 巻線を利用して、誘導電動機として始動し、同期速度付近で励磁を与えて、同期電動機としてのトルクを得て、同期速度に引き入れる方法

始動電動機法：同期電動機と機械的に結合した誘導電動機や直流電動機を始動用電動機として昇速し、運用回転速度付近で励磁を与えて同期速度に引き入れる方法

低周波始動法：同期電動機を、周波数が可変の別電源により低周波で を行い、電源周波数及び電圧を上昇させ加速した後、主電源に接続する方法

同期電動機が一定電圧、一定周波数の電源母線に接続され、一定の負荷を負って運転しているとき、励磁電流を増加させると、電機子電流の誘導起電力に対する位相がこれまでよりも 側に変化し、また、励磁電流を減少させると、位相はそれとは逆の方向に変化する挙動を示す。この特性を表したものを同期電動機の と呼んでいる。同期電動機を進み力率で運転して、同一母線に遅れ力率負荷を並列に接続すれば、母線の 変動が抑制されるとともに、電源から見た総合力率が改善されて省エネルギー効果が得られる。

一方、直流電動機では、半導体電力変換装置を用いた で電動機に加える電圧を制御し、可変速駆動することができる。従来の抵抗法により 電流や電機子電流を制御する方法に比べると、抵抗損失が低減できるので省エネルギー効果が期待できる。ただし、直流電動機は構造上整流子とブラシを必要とするため保守が煩雑となる。

< ~ の解答群 >

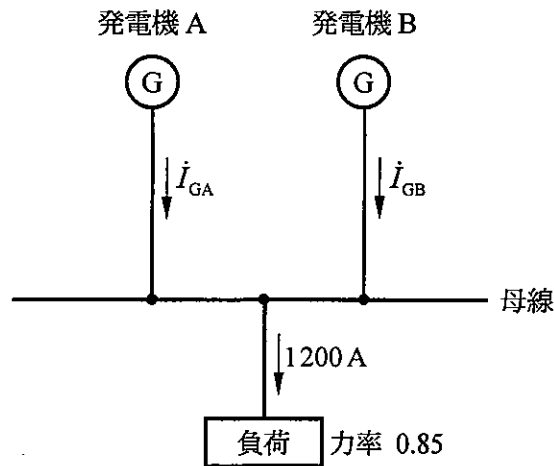
- | | | | |
|----------|----------|----------|--------|
| ア 電圧 | イ 電流 | ウ 抵抗 | エ 遅れ |
| オ 進み | カ 正相 | キ 直列 | ク 同調 |
| ケ 制動 | コ 調速 | サ 同期化 | シ V 曲線 |
| ス 短絡比 | セ 飽和特性 | ソ 界磁 | タ 補極 |
| チ チョップ制御 | ツ 二次抵抗制御 | テ 二次励磁制御 | |

問題 10 の (2) は次の 13 頁にある

(2) 次の文章の $\boxed{A \mid abc}$ ～ $\boxed{E \mid ab.c}$ 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。

同一定格の同期発電機 A 及び B があり、この 2 台の発電機を並行運転して遅れ力率 0.85 の負荷を接続したとき負荷電流が 1 200 A となった。発電機 A 及び B が負荷電流を均等に分担しているとすると、発電機 A の電流 $\dot{I}_{GA} (= \dot{I}_{GB})$ は $\boxed{A \mid abc} + j \boxed{B \mid abc}$ [A] となる。次に、母線電圧及び負荷電流を一定に維持しながら、発電機 A 及び B の励磁電流を調整したところ、発電機 A の電流の大きさ $|\dot{I}_{GA}|$ が 650 A に増加した。負荷電流に変化がないことにより、両発電機の有効分電流は変化しない。

このとき、発電機 A の無効分電流の大きさは $\boxed{C \mid abc}$ [A] となり、励磁電流調整前と調整後の無効分電流値の差が両機間の循環電流となる。この循環電流値を考慮すると、発電機 B の電流の大きさ $|\dot{I}_{GB}|$ は $\boxed{D \mid abc}$ [A] となり、発電機 B の力率は $\boxed{E \mid ab.c}$ [%] となる。



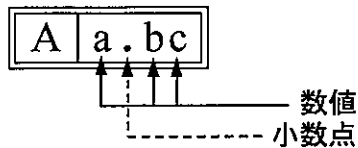
(表紙からの続き)

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) 、 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。
 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。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
 ↓ 四捨五入
 6.83

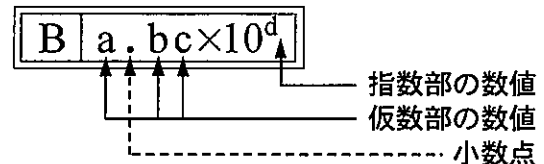
(解答)

「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)

9.183×10^2
 ↓ 四捨五入
 9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」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

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降はすべて「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。