

平成 27 年度

第 3 種
電 力

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141C01234Nの場合）

受 験 番 号											
数 字		記号		数 字		数 字		数 字		記号	
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	N	
●					●	○	○	○	○	○	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	①	B
②	②	②	②	●	②	②	●	②	②	②	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	③	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	④	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題 番号	選 択 肢 番 号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問題文で単位を付す場合

① 数字と組み合わせる場合は、数字と単位の間をあける。

(例： 350 W $f=50$ Hz 670 k V · A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例： I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

第 3 種

電 力

A問題 (配点は1問題当たり5点)

問1 水力発電所の理論水力 P は位置エネルギーの式から $P = \rho gQH$ と表される。ここで H [m] は有効落差, Q [m^3/s] は流量, g は重力加速度 $= 9.8 \text{ m/s}^2$, ρ は水の密度 $= 1000 \text{ kg/m}^3$ である。以下に理論水力 P の単位を検証することとする。なお, Pa は「パスカル」, N は「ニュートン」, W は「ワット」, J は「ジュール」である。

$P = \rho gQH$ の単位は ρ , g , Q , H の単位の積であるから, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ となる。これを变形すると, $\square(ア)$ $\cdot \text{m/s}$ となるが, $\square(ア)$ は力の単位 $\square(イ)$ と等しい。すなわち $P = \rho gQH$ の単位は $\square(イ)$ $\cdot \text{m/s}$ となる。ここで $\square(イ)$ $\cdot \text{m}$ は仕事 (エネルギー) の単位である $\square(ウ)$ と等しいことから $P = \rho gQH$ の単位は $\square(ウ)$ /s と表せ, これは仕事率 (動力) の単位である $\square(エ)$ と等しい。ゆえに, 理論水力 $P = \rho gQH$ の単位は $\square(エ)$ となるが, 重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ と水の密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ の数値 9.8 と 1000 を考慮すると $P = 9.8QH$ [$\square(オ)$] と表せる。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	kg・m	Pa	W	J	kJ
(2)	kg・m/s ²	Pa	J	W	kW
(3)	kg・m	N	J	W	kW
(4)	kg・m/s ²	N	W	J	kJ
(5)	kg・m/s ²	N	J	W	kW

問2 汽力発電所における再生サイクル及び再熱サイクルに関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 再生サイクルは、タービン内の蒸気の一部を抽出して、ボイラの給水加熱を行う熱サイクルである。
- (2) 再生サイクルは、復水器で失う熱量が減少するため、熱効率を向上させることができる。
- (3) 再生サイクルによる熱効率向上効果は、抽出する蒸気の圧力、温度が高いほど大きい。
- (4) 再熱サイクルは、タービンで膨張した湿り蒸気をボイラの過熱器で加熱し、再びタービンに送って膨張させる熱サイクルである。
- (5) 再生サイクルと再熱サイクルを組み合わせた再熱再生サイクルは、ほとんどの大容量汽力発電所で採用されている。

問3 定格出力 10 000 kW の重油燃焼の汽力発電所がある。この発電所が 30 日間連続運転し、そのときの重油使用量は 1 100 t、送電端電力量は 5 000 MW・h であった。この汽力発電所のボイラ効率の値 [%] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

なお、重油の発熱量は 44 000 kJ/kg、タービン室効率は 47 %、発電機効率は 98 %、所内率は 5 %とする。

- (1) 51 (2) 77 (3) 80 (4) 85 (5) 95

問4 次の文章は、原子力発電の設備概要に関する記述である。

原子力発電で多く採用されている原子炉の型式は軽水炉であり、主に加圧水型と沸騰水型に分けられるが、いずれも冷却材と に軽水を使用している。

加圧水型は、原子炉内で加熱された冷却材の沸騰を により防ぐとともに、一次冷却材ポンプで原子炉、 に冷却材を循環させる。 で熱交換を行い、タービンに送る二次系の蒸気を発生させる。

沸騰水型は、原子炉内で冷却材を加熱し、発生した蒸気を直接タービンに送るため、系統が単純になる。

それぞれに特有な設備には、加圧水型では ， ，一次冷却材ポンプがあり、沸騰水型では がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	減速材	加圧器	蒸気発生器	再循環ポンプ
(2)	減速材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(3)	減速材	加圧器	蒸気発生器	給水ポンプ
(4)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(5)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	給水ポンプ

問5 分散型電源の配電系統連系に関する記述として、誤っているものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 分散型電源からの逆潮流による系統電圧の上昇を抑制するために、受電点の力率は系統側から見て進み力率とする。
- (2) 分散型電源からの逆潮流等により他の低圧需要家の電圧が適正値を維持できない場合は、ステップ式自動電圧調整器（SVR）を設置する等の対策が必要になることがある。
- (3) 比較的大容量の分散型電源を連系する場合は、専用線による連系や負荷分割等配電系統側の増強が必要になることがある。
- (4) 太陽光発電や燃料電池発電等の電源は、電力変換装置を用いて電力系統に連系されるため、高調波電流の流出を抑制するフィルタ等の設置が必要になることがある。
- (5) 大規模太陽光発電等の分散型電源が連系した場合、配電用変電所に設置されている変圧器に逆向きの潮流が増加し、配電線の電圧が上昇する場合がある。

問6 保護リレーに関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 保護リレーは電力系統に事故が発生したとき、事故を検出し、事故の位置や種類を識別して、事故箇所を系統から直ちに切り離す指令を出して遮断器を動作させる制御装置である。
- (2) 高圧配電線路に短絡事故が発生した場合、配電用変電所に設けた過電流リレーで事故を検出し、遮断器に切り離し指令を出し事故電流を遮断する。
- (3) 変圧器の保護に最も一般的に適用される電気式リレーは、変圧器の一次側と二次側の電流の差から異常を検出する差動リレーである。
- (4) 後備保護は、主保護不動作や遮断器不良など、何らかの原因で事故が継続する場合に備え、最終的に事故除去する補完保護である。
- (5) 高圧需要家に構内事故が発生した場合、同需要家の保護リレーよりも先に配電用変電所の保護リレーが動作して遮断器に切り離し指令を出すことで、確実に事故を除去する。

問7 次の文章は、避雷器とその役割に関する記述である。

避雷器とは、大地に電流を流すことで雷又は回路の開閉などに起因する
 □(ア)□ を抑制して、電気施設の絶縁を保護し、かつ、□(イ)□ を短時間のうちに遮断して、系統の正常な状態を乱すことなく、原状に復帰する機能をもつ装置である。

避雷器には、炭化けい素 (SiC) 素子や酸化亜鉛 (ZnO) 素子などが用いられるが、性能面で勝る酸化亜鉛素子を用いた酸化亜鉛形避雷器が、現在、電力設備や電気設備で広く用いられている。なお、発電電所用避雷器では、酸化亜鉛形□(ウ)□ 避雷器が主に使用されているが、配電用避雷器では、酸化亜鉛形□(エ)□ 避雷器が多く使用されている。

電力系統には、変圧器をはじめ多くの機器が接続されている。これらの機器を異常時に保護するための絶縁強度の設計は、最も経済的かつ合理的に行うとともに、系統全体の信頼度を向上できるように考慮する必要がある。これを□(オ)□ という。このため、異常時に発生する□(ア)□ を避雷器によって確実にある値以下に抑制し、機器の保護を行っている。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	過電圧	続流	ギャップレス	直列ギャップ付き	絶縁協調
(2)	過電流	電圧	直列ギャップ付き	ギャップレス	電流協調
(3)	過電圧	電圧	直列ギャップ付き	ギャップレス	保護協調
(4)	過電流	続流	ギャップレス	直列ギャップ付き	絶縁協調
(5)	過電圧	続流	ギャップレス	直列ギャップ付き	保護協調

問8 次の文章は、架空送電線の振動に関する記述である。

多導体の架空送電線において、風速が数～20 m/s で発生し、10 m/s を超えると振動が激しくなることを 振動という。

また、架空電線が、電線と直角方向に穏やかで一様な空気の流れを受けると、電線の背後に空気の渦が生じ、電線が上下に振動を起こすことがある。この振動を防止するために を取り付けて振動エネルギーを吸収させることが効果的である。この振動によって電線が断線しないように が用いられている。

その他、架空送電線の振動には、送電線に氷雪が付着した状態で強い風を受けたときに発生する や、送電線に付着した氷雪が落下したときにその反動で電線が跳ね上がる現象などがある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	コロナ	スパイラルロッド	スペーサ	スリートジャンプ
(2)	サブスパン	ダンパ	スペーサ	スリートジャンプ
(3)	コロナ	ダンパ	アーマロッド	ギャロッピング
(4)	サブスパン	スパイラルロッド	スペーサ	スリートジャンプ
(5)	サブスパン	ダンパ	アーマロッド	ギャロッピング

問9 架空送電線路のがいしの塩害現象及びその対策に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) がいし表面に塩分等の導電性物質が付着した場合、漏れ電流の発生により、可聴雑音や電波障害が発生する場合がある。
- (2) 台風や季節風などにより、がいし表面に塩分が急速に付着することで、がいしの絶縁が低下して漏れ電流の増加やフラッシュオーバーが生じ、送電線故障を引き起こすことがある。
- (3) がいしの塩害対策として、がいしの洗浄、がいし表面への水性物質の塗布の採用や多導体方式の適用がある。
- (4) がいしの塩害対策として、雨洗効果の高い長幹がいし、表面漏れ距離の長い耐霧がいしや耐塩がいしが用いられる。
- (5) 架空送電線路の耐汚損設計において、がいしの連結個数を決定する場合には、送電線路が通過する地域の汚損区分と電圧階級を加味する必要がある。

問10 電圧 66 kV，周波数 50 Hz，こう長 5 km の交流三相 3 線式地中電線路がある。ケーブルの心線 1 線当たりの静電容量が $0.43 \mu\text{F}/\text{km}$ ，誘電正接が 0.03 % であるとき，このケーブル心線 3 線合計の誘電体損の値 [W] として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 141 (2) 294 (3) 883 (4) 1324 (5) 2648

問11 次の文章は、地中配電線路の得失に関する記述である。

地中配電線路は、架空配電線路と比較して、 が良くなる、台風等の自然災害発生時において による事故が少ない等の利点がある。

一方で、架空配電線路と比較して、地中配電線路は高額な建設費用を必要とするほか、掘削工事を要することから需要増加に対する が容易ではなく、またケーブルの対地静電容量による の影響が大きい等の欠点がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	都市の景観	他物接触	設備増強	フェランチ効果
(2)	都市の景観	操業者過失	保護協調	フェランチ効果
(3)	需要率	他物接触	保護協調	電圧降下
(4)	都市の景観	他物接触	設備増強	電圧降下
(5)	需要率	操業者過失	設備増強	フェランチ効果

問12 スポットネットワーク方式及び低圧ネットワーク方式（レギュラーネットワーク方式ともいう）の特徴に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 一般的に複数回線の配電線により電力を供給するので、1回線が停電しても電力供給を継続することができる配電方式である。
- (2) 低圧ネットワーク方式では、供給信頼度を高めるために低圧配電線を格子状に連系している。
- (3) スポットネットワーク方式は、負荷密度が極めて高い大都市中心部の高層ビルなど大口需要家への供給に適している。
- (4) 一般的にネットワーク変圧器の一次側には断路器が設置され、二次側には保護装置（ネットワークプロテクタ）が設置される。
- (5) スポットネットワーク方式において、ネットワーク変圧器二次側のネットワーク母線で故障が発生したときでも受電が可能である。

問13 三相3線式と単相2線式の低圧配電方式について、三相3線式の最大送電電力は、単相2線式のおよそ何%となるか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、三相3線式の負荷は平衡しており、両低圧配電方式の線路こう長、低圧配電線に用いられる導体材料や導体量、送電端の線間電圧、力率は等しく、許容電流は導体の断面積に比例するものとする。

- (1) 67 (2) 115 (3) 133 (4) 173 (5) 260

問14 変圧器の鉄心に使用されている鉄心材料に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 鉄心材料は、同じ体積であれば両面を絶縁加工した薄い材料を積層することで、ヒステリシス損はほとんど変わらないが、渦電流損を低減させることができる。
- (2) 鉄心材料は、保磁力と飽和磁束密度がともに小さく、ヒステリシス損が小さい材料が選ばれる。
- (3) 鉄心材料に使用されるけい素鋼材は、鉄にけい素を含有させて透磁率と抵抗率とを高めた材料である。
- (4) 鉄心材料に使用されるアモルファス合金材は、非結晶構造であり、高硬度であるが、加工性に優れず、けい素鋼材と比較して高価である。
- (5) 鉄心材料に使用されるアモルファス合金材は、けい素鋼材と比較して透磁率と抵抗率はともに高く、鉄損が少ない。

B問題 (配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 定格出力1000MW, 速度調定率5%のタービン発電機と, 定格出力300MW, 速度調定率3%の水車発電機が周波数調整用に電力系統に接続されており, タービン発電機は80%出力, 水車発電機は60%出力をとって, 定格周波数(60Hz)にてガバナフリー運転を行っている。

系統の負荷が急変したため, タービン発電機と水車発電機は速度調定率に従って出力を変化させた。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, このガバナフリー運転におけるガバナ特性は直線とし, 次式で表される速度調定率に従うものとする。また, この系統内で周波数調整を行っている発電機はこの2台のみとする。

$$\text{速度調定率} = \frac{\frac{n_2 - n_1}{P_1 - P_2}}{P_n} \times 100 \text{ [\%]}$$

P_1 : 初期出力 [MW]

n_1 : 出力 P_1 における回転速度 [min^{-1}]

P_2 : 変化後の出力 [MW]

n_2 : 変化後の出力 P_2 における回転速度 [min^{-1}]

P_n : 定格出力 [MW]

n_n : 定格回転速度 [min^{-1}]

(a) 出力を変化させ、安定した後のタービン発電機の出力は 900 MW となった。
このときの系統周波数の値 [Hz] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 59.5 (2) 59.7 (3) 60 (4) 60.3 (5) 60.5

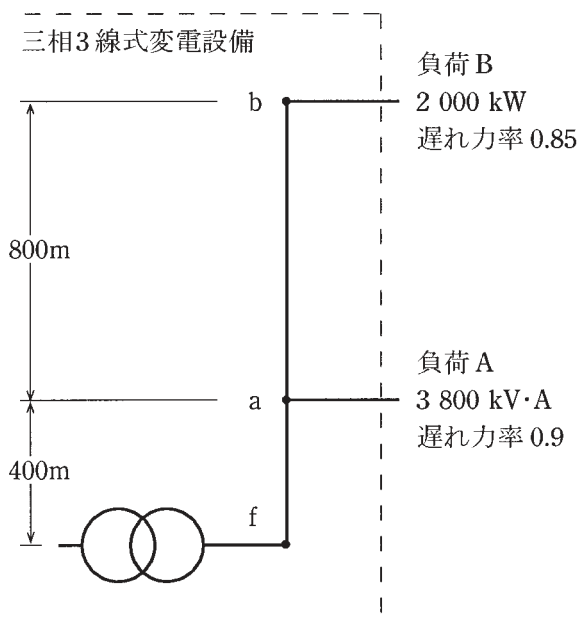
(b) 出力を変化させ、安定した後の水車発電機の出力の値 [MW] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 130 (2) 150 (3) 180 (4) 210 (5) 230

問16 図は、三相3線式変電設備を単線図で表したものである。

現在、この変電設備は、a点から $3\,800\text{ kV}\cdot\text{A}$ 、遅れ力率 0.9 の負荷 A と、b点から $2\,000\text{ kW}$ 、遅れ力率 0.85 の負荷 B に電力を供給している。b点の線間電圧の測定値が $22\,000\text{ V}$ であるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

なお、f点とa点の間は 400 m 、a点とb点の間は 800 m で、電線1条当たりの抵抗とリアクタンスは 1 km 当たり $0.24\ \Omega$ と $0.18\ \Omega$ とする。また、負荷は平衡三相負荷とする。



(a) 負荷 A と負荷 B で消費される無効電力の合計値 [kvar] として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

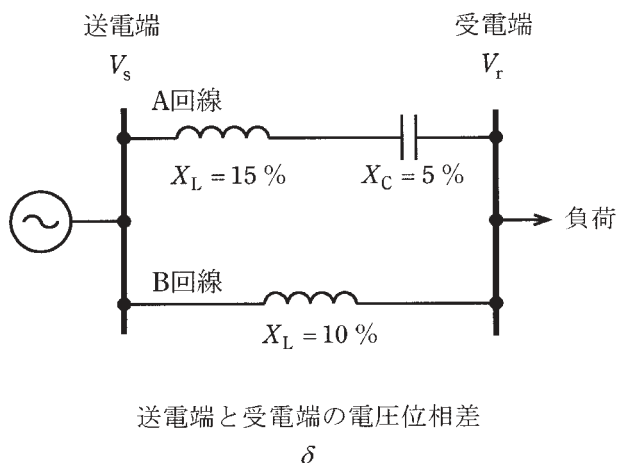
- (1) 2710 (2) 2900 (3) 3080 (4) 4880 (5) 5120

(b) f-b 間の線間電圧の電圧降下 V_{fb} の値 [V] として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし, 送電端電圧と受電端電圧との相差角が小さいとして得られる近似式を用いて解答すること。

- (1) 23 (2) 33 (3) 59 (4) 81 (5) 101

問17 図に示すように、線路インピーダンスが異なる A, B 回線で構成される 154 kV 系統があったとする。A 回線側にリアクタンス 5 %の直列コンデンサが設置されているとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。なお、系統の基準容量は、10 MV・A とする。



(a) 図に示す系統の合成線路インピーダンスの値 [%] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 3.3 (2) 5.0 (3) 6.0 (4) 20.0 (5) 30.0

(b) 送電端と受電端の電圧位相差 δ が 30 度であるとき、この系統での送電電力 P の値 [MW] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
ただし、送電端電圧 V_s 、受電端電圧 V_r は、それぞれ 154 kV とする。

- (1) 17 (2) 25 (3) 83 (4) 100 (5) 152