

令和 6 年度 上期

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、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受 験 番 号				
印	字	あ	り	

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 [m²])

(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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 水力発電所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) 衝動水車にはペルトン水車などがある。
- (2) ペルトン水車の水圧管の先端ノズル内にはニードル弁があり、通常運転時は出力変化に応じて流量調整を行う。
- (3) 故障発生時などでペルトン水車を急停止させるときは、ニードル弁でノズルから出る噴流を急速に止めると同時にデフレクタを停止位置にして噴流を完全に遮断する。
- (4) 小水力発電は、主に流れ込み式、水路式が多く、比較的小規模な発電設備で発電を行う。一般河川の水のエネルギーの利用だけでなく、農業用水、上下水道など低落差あるいは少流量の水のエネルギーも活用している。
- (5) クロスフロー水車は小水力発電で多く用いられ、円筒状のランナの軸に直角方向から流水が流入しランナ内を貫通して流出する水車である。ガイドベーンを有し低流量時でも効率低下が小さい。

問2 総落差 200 m, ポンプ水車・発電電動機 1 台よりなる揚水発電所がある。揚水時・発電時共に流量は $100 \text{ m}^3/\text{s}$, 損失水頭は揚水・発電共に総落差の 2.5 %, ポンプ効率・水車効率共に 85 %, 発電効率・電動機効率共に 98 % とし, 損失水頭及び上記 4 種の効率は, 揚程, 落差, 出力, 入力の変化によらず一定とする。

揚水時の電動機入力 [MW] と, 発電時の発電機出力 [MW] の組合せとして, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

	電動機入力 [MW]	発電機出力 [MW]
(1)	235	163
(2)	235	159
(3)	241	163
(4)	241	159
(5)	229	167

問3 一般的な排熱回収方式のガスタービンコンバインドサイクル発電を，同一出力の汽力発電と比較した記述として，誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) コンバインドサイクル発電の方が，始動・停止時間が短い。
- (2) コンバインドサイクル発電の方が，負荷変化に対する追従性が高い。
- (3) コンバインドサイクル発電の方が，熱効率が高い。
- (4) コンバインドサイクル発電の方が，外気温の最大出力に与える影響が小さい。
- (5) コンバインドサイクル発電の方が，温排水量が少ない。

問4 1gのウラン235が核分裂し、0.09%の質量欠損が生じたとき、発生するエネルギーを石炭に換算した値[kg]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、石炭の発熱量を25 000 kJ/kgとする。

- (1) 32 (2) 320 (3) 1 600 (4) 3 200 (5) 6 400

問5 燃料電池の原理と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) 燃料は外部から供給され，直接，交流電力を発生する。
- (2) 電解質により，りん酸形，熔融炭酸塩形，固体高分子形などに分類される。
- (3) 水の電気分解と逆の化学反応を利用した発電方式である。
- (4) 発電時の排熱を空調や給湯に活用できる。
- (5) 天然ガスやメタノールを改質して発生させた水素を燃料として利用できる。

問 6 次の文章は、ガス絶縁開閉装置 (GIS) に関する記述である。

ガス絶縁開閉装置 (GIS) は、金属容器に遮断器、断路器、母線などを収納し、絶縁耐力及び消弧能力の優れた (ア) を充填したもので、充電部を支持するスペーサなどの絶縁物には、主に (イ) が用いられる。また、気中絶縁の設備に比べて GIS には次のような特徴がある。

- ① コンパクトである。
- ② 充電部が密閉されており、安全性が高い。
- ③ 大気中の汚染物等の影響を受けないため、信頼性が (ウ) 。
- ④ 内部事故時の復旧時間が (エ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	SF ₆ ガス	エポキシ樹脂	低い	短い
(2)	SF ₆ ガス	エポキシ樹脂	高い	長い
(3)	窒素ガス	磁器がいし	低い	長い
(4)	窒素ガス	エポキシ樹脂	高い	短い
(5)	SF ₆ ガス	磁器がいし	高い	短い

問 7 配電線路の電圧維持に有効な対策として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 負荷時タップ切換変圧器や負荷時電圧調整器で変電所の送り出し電圧を調整する。
- (2) 力率改善用コンデンサを設置する。
- (3) 太い配電線に張り替える。
- (4) 配電線のこう長を延長する。
- (5) 柱上変圧器を負荷の中心に設置する。

問 8 架空送電線の振動の特徴と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) 送電線の上下配列にオフセットを設けて、電線どうしが接触しないようにする方法がある。
- (2) 電線に当たる一様な微風により、電線の背後に空気の渦が生じ、電線が上下に振動する現象を微風振動といい、これを抑制する方法としてダンパの取付けがある。
- (3) 電線に付着した氷雪の断面が非対称になり、これに風が当たることで発生する揚力の影響で、電線が振動する現象をギャロッピングといい、多導体では発生しにくい。
- (4) 多導体の送電線に風速 10 m/s を超える風が当たることで、多導体の素導体が不安定になり電線が振動する現象をサブスパン振動という。
- (5) 電線に付着した氷雪が脱落し、その反動で電線がはね上がる現象をスリートジャンプという。

問9 電力系統に現れる過電圧(異常電圧)はその発生原因により、外部過電圧と内部過電圧とに分類される。前者は、雷放電現象に起因するもので雷サージ電圧ともいわれる。後者は、電線路の開閉操作等に伴う開閉サージ電圧と地絡事故時等に発生する短時間交流過電圧とがある。

各種過電圧に対する電力系統の絶縁設計の考え方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。

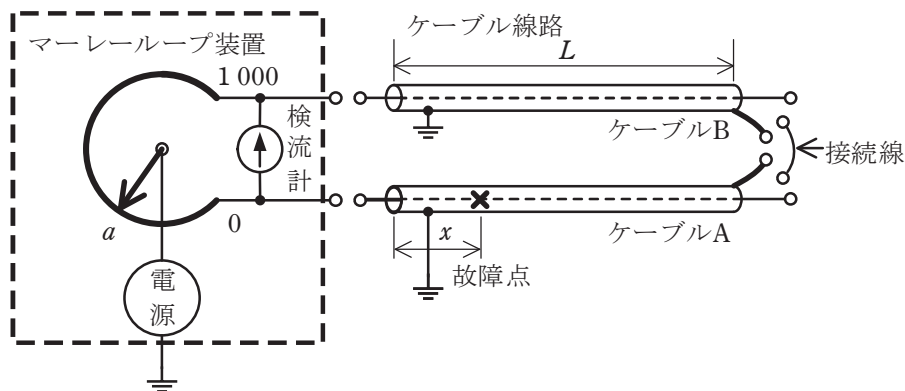
- (1) 絶縁協調とは、送電線路や発電所に設置される電力設備等の絶縁について、安全性と経済性のとれた絶縁設計を行うために、外部過電圧そのものの大きさを低減することである。
- (2) 避雷器は、過電圧の波高値がある値を超えた場合、特性要素に電流が流れることにより過電圧値を制限して電力設備の絶縁を保護し、かつ、続流を短時間のうちに遮断して原状に自復する機能を持った装置である。
- (3) 架空送電線路の絶縁は、外部過電圧に対しては、必ずしも十分に耐えるように設計されるとは限らない。
- (4) 送電線路の絶縁及び発電所に設置される電力設備等の絶縁は、いずれも原則として、内部過電圧に対しては十分に耐えるように設計される。
- (5) 発電所に設置される電力設備等の絶縁は、外部過電圧に対しては、避雷器によって保護されることを前提に設計される。その保護レベルは、避雷器の制限電圧に基づいて決まる。

問 10 次の文章は、マーレーループ法に関する記述である。

マーレーループ法はケーブル線路の故障点位置を標定するための方法である。この基本原理は (ア) ブリッジに基づいている。図に示すように、ケーブル A の一箇所においてその導体と遮へい層の間に地絡故障を生じているとする。この場合に故障点の位置標定を行うためには、マーレーループ装置を接続する箇所の逆側端部において、絶縁破壊を起こしたケーブル A と、これに並行する絶縁破壊を起こしていないケーブル B の (イ) どうしを接続して、ブリッジの平衡条件を求める。ケーブル線路長を L 、マーレーループ装置を接続した端部側から故障点までの距離を x 、ブリッジの全目盛を 1 000、ブリッジが平衡したときのケーブル A に接続されたブリッジ端子までの目盛の読みを a としたときに、故障点までの距離 x は (ウ) で示される。

なお、この原理上、故障点の地絡抵抗が (エ) ことがよい位置標定精度を得るうえで必要である。

ただし、ケーブル A、B は同一仕様、かつ、同一長とし、また、マーレーループ装置とケーブルの接続線、及びケーブルどうしの接続線のインピーダンスは無視するものとする。



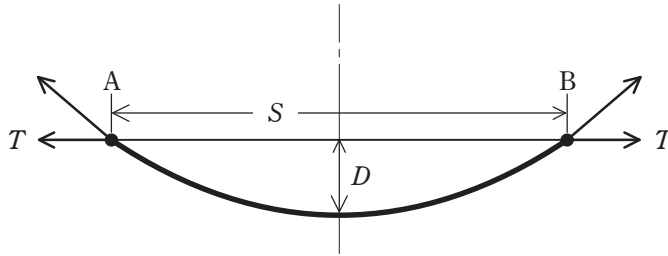
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	ホイトストン	遮へい層	$\frac{aL}{500}$	十分低い
(2)	シェーリング	導体	$2L - \frac{aL}{500}$	十分高い
(3)	シェーリング	遮へい層	$2L - \frac{aL}{500}$	十分高い
(4)	ホイトストン	導体	$\frac{aL}{500}$	十分低い
(5)	ホイトストン	導体	$\frac{aL}{500}$	十分高い

問 11 送配電方式として広く採用されている交流三相方式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) 電源側を Y 結線としたうえで、中性線を施設して三相 4 線式とすると、線間電圧と相電圧の両方を容易に取り出して利用できるようになる。
- (2) 同一材料の電線を使用して、同じ線間電圧で同じ電力を同じ距離に、同じ損失で送電する場合に必要な電線の総重量は、三相 3 線式でも単相 2 線式と同等である。
- (3) 回転磁界が容易に得られるため、動力源として三相誘導電動機の活用に便利である。
- (4) 三相回路が平衡している場合、三相交流全体の瞬時電力は時間に無関係な一定値となり、単相交流の場合のように脈動しないという利点がある。
- (5) 発電機では、同じ出力ならば、単相の場合に比べるとより小形に設計できて効率がよい。

問 12 図のように高低差のない支持点 A、B で、径間長 S の架空送電線において、架線の水平張力 T を調整してたるみ D を 10 % 小さくし、電線地上高を高くしたい。この場合の水平張力の値として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、両側の鉄塔は十分な強度があるものとする。



- (1) $0.9^2 T$ (2) $0.9T$ (3) $\frac{T}{\sqrt{0.9}}$ (4) $\frac{T}{0.9}$ (5) $\frac{T}{0.9^2}$

問 13 こう長 20 km の三相 3 線式 2 回線の送電線路がある。受電端で 33 kV, 6 600 kW, 力率 0.9 の三相負荷に供給する場合, 受電端電力に対する送電損失を 5 % 以下にするための電線の最小断面積の値[mm²]として, 計算値が最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし, 使用電線は, 断面積 1 mm², 長さ 1 m 当たりの抵抗を $\frac{1}{35} \Omega$ とし, その他の条件は無視する。

- (1) 14.3 (2) 23.4 (3) 24.7 (4) 42.8 (5) 171

問 14 電気絶縁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) 気体絶縁材料は、液体、固体絶縁材料と比較して、一般に電気抵抗率及び誘電率が低いため、固体絶縁材料内部にボイド(空隙、空洞)が含まれると、ボイド部での電界強度が高められやすい。
- (2) 気体絶縁材料は、液体、固体絶縁材料と比較して、一般に絶縁破壊強度が低いが、気圧を高めるか、真空状態とすることで絶縁破壊強度を高めることができる性質がある。
- (3) 内部にボイドを含んだ固体絶縁材料では、固体絶縁材料の絶縁破壊が生じなくても、ボイド内の気体が絶縁破壊することで部分放電が発生する場合がある。
- (4) 固体絶縁材料は、熱や電界、機械的応力などが長時間加えられることによって、固体絶縁材料内部に微小なボイドが形成されて、部分放電が発生する場合がある。
- (5) 固体絶縁材料内部で部分放電が発生すると、短時間に固体絶縁材料の絶縁破壊が生じることはなくとも、長時間にわたって部分放電が継続的又は断続的に発生することで、固体絶縁材料の絶縁破壊に至る場合がある。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 水車の種類, 回転速度と比速度の関係について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) ある水車を有効落差 200 m, 水車出力 85 000 kW で運転するときの水車の比速度が $100 \text{ m} \cdot \text{kW}$ であった。このときの水車の回転速度とこの水車に対し一般に用いられる水車の種類との組合せとして, 最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	水車の種類	回転速度 [min^{-1}]
(1)	フランシス水車	217
(2)	カプラン水車	217
(3)	カプラン水車	258
(4)	フランシス水車	258
(5)	ペルトン水車	258

- (b) この水車を同期発電機と直結し, 50 Hz の電力系統に接続して, 同様に有効落差 200 m, 水車出力 85 000 kW で運転する場合, 小問(a)の回転速度に最も近い回転速度で運転できる同期発電機の磁極数とそのときの回転速度による比速度の組合せとして, 最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	磁極数	比速度 [$\text{m} \cdot \text{kW}$]
(1)	28	83
(2)	28	97
(3)	26	89
(4)	24	83
(5)	24	97

問 16 定格容量 $80 \text{ MV}\cdot\text{A}$ 、一次側定格電圧 33 kV 、二次側定格電圧 11 kV 、百分率インピーダンス 18.3% (定格容量ベース) の三相変圧器 T_A がある。三相変圧器 T_A の一次側は 33 kV の電源に接続され、二次側は負荷のみが接続されている。電源の百分率内部インピーダンスは、 1.5% (系統基準容量ベース) とする。ただし、系統基準容量は $80 \text{ MV}\cdot\text{A}$ である。なお、抵抗分及びその他の定数は無視する。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 将来の負荷変動等は考えないものとする、変圧器 T_A の二次側に設置する遮断器の定格遮断電流の値 $[\text{kA}]$ として、最も適切なものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 5 (2) 8 (3) 12.5 (4) 20 (5) 25

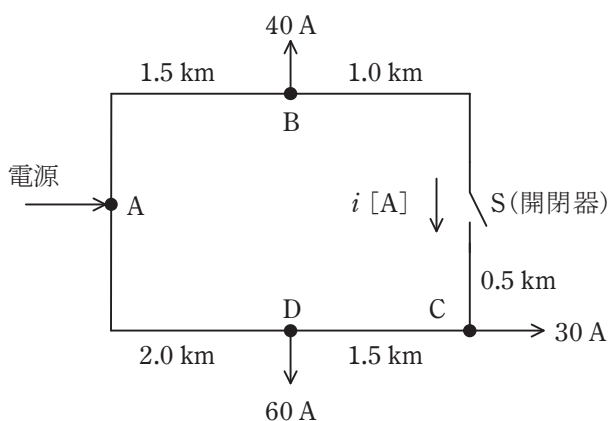
(b) 定格容量 $50 \text{ MV}\cdot\text{A}$ 、百分率インピーダンスが 12.0% (定格容量ベース) の三相変圧器 T_B を三相変圧器 T_A と並列に接続した。 40 MW の負荷をかけて運転した場合、三相変圧器 T_A の負荷分担の値 $[\text{MW}]$ として、最も近いものを次の (1) ～ (5) のうちから一つ選べ。ただし、三相変圧器群 T_A と T_B にはこの負荷のみが接続されているものとし、抵抗分及びその他の定数は無視する。

- (1) 15.8 (2) 19.5 (3) 20.5 (4) 24.2 (5) 24.6

問 17 図のような系統構成の三相 3 線式配電線路があり，開閉器 S は開いた状態にある。各配電線の B 点，C 点，D 点には図のとおり負荷が接続されており，各点の負荷電流は B 点 40 A，C 点 30 A，D 点 60 A 一定とし，各負荷の力率は 100 % とする。

各区間のこう長は A-B 間 1.5 km，B-S(開閉器)間 1.0 km，S(開閉器)-C 間 0.5 km，C-D 間 1.5 km，D-A 間 2.0 km である。

ただし，電線 1 線当たりの抵抗は $0.2 \Omega/\text{km}$ とし，リアクタンスは無視するものとして，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 電源 A 点から見た C 点の電圧降下の値[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，電圧は線間電圧とする。

- (1) 41.6 (2) 45.0 (3) 57.2 (4) 77.9 (5) 90.0

(b) 開閉器 S を投入した場合，開閉器 S を流れる電流 i の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 20.0 (2) 25.4 (3) 27.5 (4) 43.8 (5) 65.4