

令和 5 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 <small>(字數制限の省略あり)</small>	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 kV·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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 次の文章は、水車の比速度に関する記述である。

比速度とは、任意の水車の形(幾何学的形状)と運転状態(水車内の流れの状態)とを (ア) 変えたとき、 (イ) で単位出力(1kW)を発生させる仮想水車の回転速度のことである。

水車では、ランナの形や特性を表すものとしてこの比速度が用いられ、水車の (ウ) ごとに適切な比速度の範囲が存在する。

水車の回転速度を n [min^{-1}]、有効落差を H [m]、ランナ1個当たり又はノズル1個当たりの出力を P [kW]とすれば、この水車の比速度 n_s は、次の式で表される。

$$n_s = n \frac{P^{\frac{1}{5}}}{H^{\frac{1}{4}}}$$

通常、ペルトン水車の比速度は、フランシス水車の比速度より (エ) 。

比速度の大きな水車を大きな落差で使用し、吸出し管を用いると、放水速度が大きくなって、 (オ) やすくなる。そのため、各水車には、その比速度に適した有効落差が決められている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	一定に保って有効落差を	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(2)	一定に保って有効落差を	単位落差(1 m)	種類	大きい	キャビテーションが生じ
(3)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(4)	相似に保って大きさを	単位落差(1 m)	種類	小さい	キャビテーションが生じ
(5)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	小さい	高い効率を得

問2 排熱回収形コンバインドサイクル発電方式と同一出力の汽力発電方式とを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方式の方が、熱効率が高い。
- (2) 汽力発電方式の方が、単位出力当たりの排ガス量が少ない。
- (3) コンバインドサイクル発電方式の方が、単位出力当たりの復水器の冷却水量が多い。
- (4) 汽力発電方式の方が大形所内補機が多く、所内率が大きい。
- (5) コンバインドサイクル発電方式の方が、最大出力が外気温度の影響を受けやすい。

問3 次の文章は、火力発電所に関する記述である。

火力発電所において、ボイラから煙道に出ていく燃焼ガスの余熱を回収するために、煙道に多数の管を配置し、これにボイラへの (ア) を通過させて加熱する装置が (イ) である。同じく煙道に出ていく燃焼ガスの余熱をボイラへの (ウ) 空気に回収する装置が、 (エ) である。

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)	給水	再熱器	燃焼用	過熱器
(2)	蒸気	節炭器	加熱用	過熱器
(3)	給水	節炭器	加熱用	過熱器
(4)	蒸気	再熱器	燃焼用	空気予熱器
(5)	給水	節炭器	燃焼用	空気予熱器

問4 1 kg のウラン燃料に 3.5 %含まれるウラン 235 が核分裂し、0.09 %の質量欠損が生じたときに発生するエネルギーと同量のエネルギーを、重油の燃焼で得る場合に必要な重油の量[kL]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、計算上の熱効率を 100 %、使用する重油の発熱量は 40 000 kJ/L とする。

- (1) 13 (2) 17 (3) 70 (4) 1.3×10^3 (5) 7.8×10^4

問5 風力発電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) 風力発電は、風の力で風力発電機を回転させて電気を発生させる発電方式である。風が得られれば燃焼によらずパワーを得ることができるため、発電するときにCO₂を排出しない再生可能エネルギーである。
- (2) 風車で取り出せるパワーは風速に比例するため、発電量は風速に左右される。このため、安定して強い風が吹く場所が好ましい。
- (3) 離島においては、風力発電に適した地域が多く存在する。離島の電力供給にディーゼル発電機を使用している場合、風力発電を導入すれば、そのディーゼル発電機の重油の使用量を減らす可能性がある。
- (4) 一般的に、風力発電では同期発電機、永久磁石式発電機、誘導発電機が用いられる。
- (5) 風力発電では、翼が風を切るため騒音を発生する。風力発電を設置する場所によっては、この騒音が問題となる場合がある。この騒音対策として、翼の形を工夫して騒音を低減している。

問6 配電線路の開閉器類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) 配電線路用の開閉器は、主に配電線路の事故時又は作業時に、その部分だけを切り離すために使用される。
- (2) 柱上開閉器には気中形、真空形、ガス形がある。操作方法は、手動操作による手動式と制御器による自動式がある。
- (3) 高圧配電方式には、放射状方式(樹枝状方式)、ループ方式(環状方式)などがある。ループ方式は結合開閉器を設置して線路を構成するので、放射状方式よりも建設費は高くなるものの、高い信頼度が得られるため負荷密度の高い地域に用いられる。
- (4) 高圧カットアウトは、柱上変圧器の一次側の開閉器として使用される。その内蔵の高圧ヒューズは変圧器の過負荷時や内部短絡故障時、雷サージなどの短時間大電流の通過時に直ちに熔断する。
- (5) 地中配電系統で使用するパッドマウント変圧器には、変圧器と共に開閉器などの機器が収納されている。

問7 次の文章は、変電所の計器用変成器に関する記述である。

計器用変成器は、(ア) と変流器とに分けられ、高電圧あるいは大電流の回路から計器や(イ) に必要な適切な電圧や電流を取り出すために設置される。変流器の二次端子には、常に(ウ) インピーダンスの負荷を接続しておく必要がある。また、一次端子のある変流器は、その端子を被測定線路に(エ) に接続する。

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)	主変圧器	避雷器	高	縦続
(2)	CT	保護継電器	低	直列
(3)	計器用変圧器	遮断器	中	並列
(4)	CT	遮断器	高	縦続
(5)	計器用変圧器	保護継電器	低	直列

問8 次に示す配電用機材(ア)～(エ)とそれに関係の深い語句(a)～(e)とを組み合わせたものとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

配電用機材	語句
(ア) ギャップレス避雷器	(a) 水トリー
(イ) ガス開閉器	(b) 鉄損
(ウ) CVケーブル	(c) 酸化亜鉛(ZnO)
(エ) 柱上変圧器	(d) 六ふつ化硫黄(SF ₆)
	(e) ギャロッピング

(1) (ア)－(c) (イ)－(d) (ウ)－(e) (エ)－(a)

(2) (ア)－(c) (イ)－(d) (ウ)－(a) (エ)－(e)

(3) (ア)－(c) (イ)－(d) (ウ)－(a) (エ)－(b)

(4) (ア)－(d) (イ)－(c) (ウ)－(a) (エ)－(b)

(5) (ア)－(d) (イ)－(c) (ウ)－(e) (エ)－(a)

問9 次の文章は、コロナ損に関する記述である。

送電線に高電圧が印加され、(ア)がある程度以上になると、電線からコロナ放電が発生する。コロナ放電が発生するとコロナ損と呼ばれる電力損失が生じる。コロナ放電の発生を抑えるには、電線の実効的な直径を(イ)するために(ウ)する、線間距離を(エ)する、などの対策がとられている。コロナ放電は、気圧が(オ)なるほど起こりやすくなる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	電流密度	大きく	単導体化	大きく	低く
(2)	電線表面の電界強度	大きく	多導体化	大きく	低く
(3)	電流密度	小さく	単導体化	小さく	高く
(4)	電線表面の電界強度	小さく	単導体化	大きく	低く
(5)	電線表面の電界強度	大きく	多導体化	小さく	高く

問 10 地中送電線路の線路定数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) 架空送電線路の場合と同様、一般に、導体抵抗、インダクタンス、静電容量を考える。
- (2) 交流の場合の導体の実効抵抗は、表皮効果及び近接効果のため直流に比べて小さくなる。
- (3) 導体抵抗は、温度上昇とともに大きくなる。
- (4) インダクタンスは、架空送電線路に比べて小さい。
- (5) 静電容量は、架空送電線路に比べてかなり大きい。

問 11 22(33)kV 配電系統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) 6.6 kV の配電線に比べ電圧対策や供給力増強対策として有効なので、長距離配電の必要となる地域や新規開発地域への供給に利用されることがある。
- (2) 電気方式は、地絡電流抑制の観点から中性点を直接接地した三相 3 線方式が一般的である。
- (3) 各種需要家への電力供給は、特別高圧需要家へは直接に、高圧需要家へは途中に設けた配電塔で 6.6 kV に降圧して高圧架空配電線路を用いて、低圧需要家へはさらに柱上変圧器で 200～100 V に降圧して、行われる。
- (4) 6.6 kV の配電線に比べ 33 kV の場合は、負荷が同じで配電線の線路定数も同じなら、電流は $\frac{1}{5}$ となり電力損失は $\frac{1}{25}$ となる。電流が同じであれば、送電容量は 5 倍となる。
- (5) 架空配電系統では保安上の観点から、特別高圧絶縁電線や架空ケーブルを使用する場合がある。

問 12 こう長 2 km の三相 3 線式配電線路が、遅れ力率 85 % の平衡三相負荷に電力を供給している。負荷の端子電圧を 6.6 kV に保ったまま、線路の電圧降下率が 5.0 % を超えないようにするための負荷電力 [kW] の最大値として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、1 km 1 線当たりの抵抗は 0.45Ω 、リアクタンスは 0.25Ω とし、その他の条件は無いものとする。なお、本問では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) 1023 (2) 1799 (3) 2117 (4) 3117 (5) 3600

問 13 一次側定格電圧と二次側定格電圧がそれぞれ等しい変圧器 A と変圧器 B がある。変圧器 A は、定格容量 $S_A=5\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$ ，パーセントインピーダンス% $Z_A=9.0\%$ (自己容量ベース)，変圧器 B は、定格容量 $S_B=1\,500\text{ kV}\cdot\text{A}$ ，パーセントインピーダンス% $Z_B=7.5\%$ (自己容量ベース) である。この変圧器 2 台を並行運転し、 $6\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$ の負荷に供給する場合、過負荷となる変圧器とその変圧器の過負荷運転状態[%] (当該変圧器が負担する負荷の大きさをその定格容量に対する百分率で表した値) の組合せとして、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

	過負荷となる変圧器	過負荷運転状態[%]
(1)	変圧器 A	101.5
(2)	変圧器 B	105.9
(3)	変圧器 A	118.2
(4)	変圧器 B	137.5
(5)	変圧器 A	173.5

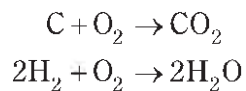
問 14 アモルファス鉄心材料を使用した柱上変圧器の特徴に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) けい素鋼帯を使用した同容量の変圧器に比べて、鉄損が大幅に少ない。
- (2) アモルファス鉄心材料は結晶構造である。
- (3) アモルファス鉄心材料は高硬度で、加工性があまり良くない。
- (4) アモルファス鉄心材料は比較的高価である。
- (5) けい素鋼帯を使用した同容量の変圧器に比べて、磁束密度が高くできないので、大形になる。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 石炭火力発電所が1日を通して定格出力600MWで運転されるとき, 燃料として使用される石炭消費量が150t/h, 石炭発熱量が34300kJ/kgで一定の場合, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 石炭の化学成分は重量比で炭素が70%, 水素が5%, 残りの灰分等は燃焼に影響しないものと仮定し, 原子量は炭素12, 酸素16, 水素1とする。燃焼反応は次のとおりである。



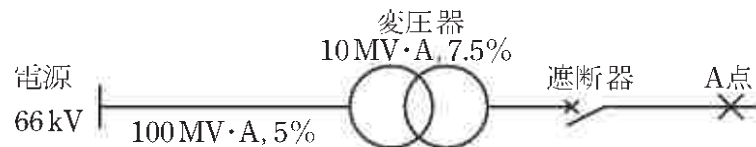
(a) 発電端効率の値[%]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 41.0 (2) 41.5 (3) 42.0 (4) 42.5 (5) 43.0

(b) 1日に発生する二酸化炭素の重量の値[t]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.8×10^2 (2) 2.5×10^3 (3) 3.8×10^3 (4) 9.2×10^3 (5) 1.3×10^4

問 16 図のように、定格電圧 66 kV の電源から三相変圧器を介して二次側に遮断器が接続された系統がある。この三相変圧器は定格容量 10 MV・A, 変圧比 66/6.6 kV, 百分率インピーダンスが自己容量基準で 7.5% である。変圧器一次側から電源側をみた百分率インピーダンスを基準容量 100 MV・A で 5% とするとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) 基準容量を 10 MV・A として、変圧器二次側から電源側をみた百分率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。

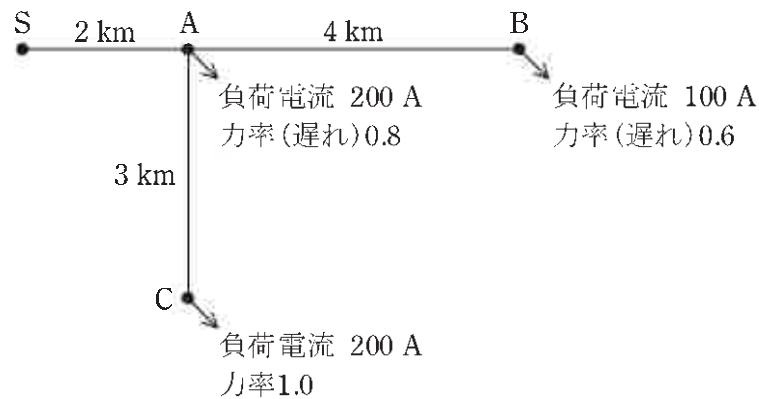
- (1) 2.5 (2) 5.0 (3) 7.0 (4) 8.0 (5) 12.5

(b) 図の A 点で三相短絡事故が発生したとき、事故電流を遮断できる遮断器の定格遮断電流の最小値[kA]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、変圧器二次側から A 点までのインピーダンスは無視するものとする。

- (1) 8 (2) 12.5 (3) 16 (4) 20 (5) 25

問 17 三相 3 線式高圧配電線の電圧降下について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

図のように、送電端 S 点から三相 3 線式高圧配電線で A 点、B 点及び C 点の負荷に電力を供給している。S 点の線間電圧は 6 600 V であり、配電線 1 線当たりの抵抗及びリアクタンスはそれぞれ $0.3 \Omega/\text{km}$ とする。



(a) S-A 間を流れる電流の値[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) 405 (2) 420 (3) 435 (4) 450 (5) 465

(b) A-B における電圧降下率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 4.9 (2) 5.1 (3) 5.3 (4) 5.5 (5) 5.7

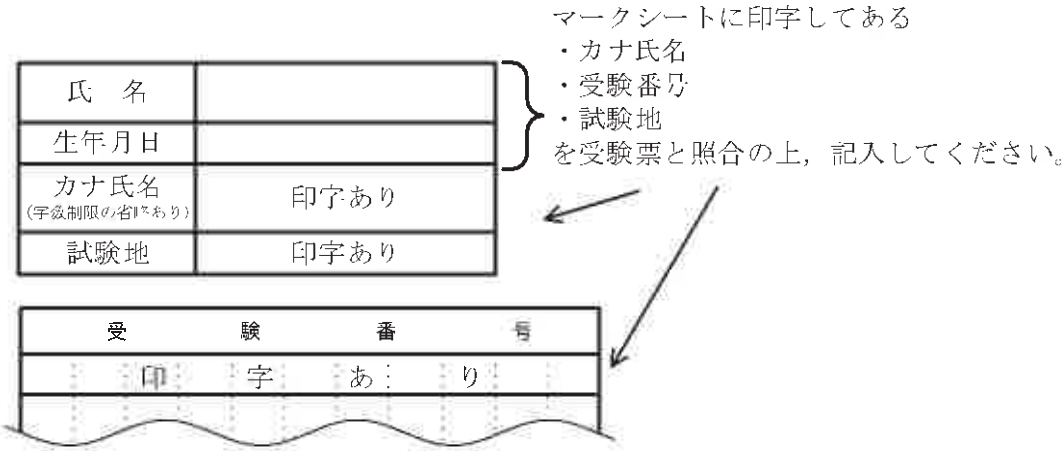
令和4年度 下期

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。



- 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 kV·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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 水力発電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) 水管を流れる水の物理的性質を示す式として知られるベルヌーイの定理は、エネルギー保存の法則に基づく定理である。
- (2) 水力発電所には、一般的に短時間で起動・停止ができる、耐用年数が長い、エネルギー変換効率が高等の特徴がある。
- (3) 水力発電は昭和30年代前半まで我が国の発電の主力であったが、現在ではエネルギーの安定供給と経済性及び地球環境への貢献の観点から多様な発電方式が運用されており、我が国における水力発電の近年の発電電力量の比率は20%程度である。
- (4) 河川の1日の流量を、年間を通して流量の多いものから順番に配列して描いた流況曲線は、発電電力量の計画において重要な情報となる。
- (5) 総落差から損失水頭を差し引いたものを一般に有効落差という。有効落差に相当する位置エネルギーが水車に動力として供給される。

問2 次の文章は、水車に関する記述である。

水圧管の先端がノズルになっていると、有効落差は全て (ア) エネルギーとなり、水は噴流となって噴出し、ランナのポケットにあたってランナを回転させる。このような水の力で回転する水車を (イ) 水車という。

代表的なものとして (ウ) 水車があり、(エ) で、流量の比較的少ない場所に用いられ、比速度は (オ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	運動	衝動	ペルトン	高落差	大きい
(2)	圧力	反動	フランシス	低落差	大きい
(3)	位置	反動	カプラン	高落差	大きい
(4)	圧力	衝動	フランシス	低落差	小さい
(5)	運動	衝動	ペルトン	高落差	小さい

問3 ガスタービン発電と汽力発電を組み合わせたコンバインドサイクル発電方式を、同一出力の汽力発電方式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) 熱効率が高い。
- (2) 起動・停止時間が短い。
- (3) 蒸気タービンの出力分担が小さいので、復水器の冷却水量が少ない。
- (4) 最大出力が外気温度の影響を受けやすい。
- (5) 大型所内補機が多いので、所内率が大きい。

問4 次の文章は、原子炉の型と特性に関する記述である。

軽水炉は、を原子燃料とし、冷却材とに軽水を用いた原子炉であり、我が国の商用原子力発電所に広く用いられている。この軽水炉には、蒸気を原子炉の中で直接発生する原子炉と蒸気発生器を介して蒸気を作る原子炉とがある。

軽水炉では、何らかの原因により原子炉の核分裂反応による熱出力が増加して、炉内温度が上昇した場合でも、燃料の温度上昇にともなってウラン238による中性子の吸収が増加するにより、出力が抑制される。このような働きを原子炉の固有の安全性という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	低濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果
(2)	高濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ボイド効果
(3)	プルトニウム	加速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(4)	低濃縮ウラン	減速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(5)	高濃縮ウラン	加速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果

問5 各種発電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) 太陽光発電は、太陽電池によって直流の電力を発生させる。需要地点で発電が可能、発生電力の変動が大きい、などの特徴がある。
- (2) 地熱発電は、地下から取り出した蒸気又は熱水の気化で発生させた蒸気によってタービンを回転させる発電方式である。発電に適した地熱資源を見つけるために、適地調査に多額の費用と長い期間がかかる。
- (3) バイオマス発電は、植物などの有機物から得られる燃料を利用した発電方式である。さとうきびから得られるエタノールや、家畜の糞から得られるメタンガスなどが燃料として用いられている。
- (4) 風力発電は、風のエネルギーによって風車で発電機を駆動し発電を行う。プロペラ型風車は羽根の角度により回転速度の制御が可能である。設定値を超える強風時には羽根の面を風向きに平行になるように制御し、ブレーキ装置によって風車を停止させる。
- (5) 燃料電池発電は、水素と酸素との化学反応を利用して直流の電力を発生させる。発電に伴って発生する熱を給湯などに利用できるが、発電時の振動や騒音が大きい。

問6 定格値が一次電圧 66 kV, 二次電圧 6.6 kV, 容量 30 MV・A の三相変圧器がある。一次側に換算した漏れリアクタンスの値が 14.5 Ω のとき, 百分率リアクタンスの値[%]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) 5.8 (3) 10.0 (4) 17.2 (5) 30.0

問7 次の文章は、変圧器の結線方式に関する記述である。

変圧器の一次側、二次側の結線にY結線及びΔ結線を用いる方式は、結線の組合せにより四つのパターンがある。このうち、(ア)結線はひずみ波の原因となる励磁電流の第3高調波が環流し、吸収される効果が得られるが、一方で中性点の接地が必要となる場合は適さない。(イ)結線は一次側、二次側とも中性点接地が可能という特徴を有する。(ウ)結線及び(エ)結線は第3高調波の環流回路があり、一次側若しくは二次側の中性点接地が可能である。(ウ)結線は昇圧用に、(エ)結線は降圧用に用いられることが多い。

特別高圧系統では変圧器中性点を各種の方法で接地することから、(イ)結線の変圧器が用いられるが、第3高調波の環流の効果を得る狙いから(オ)結線を用いた三次巻線を採用していることが多い。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。ただし、(ア)～(エ)の左側は一次側、右側は二次側の結線を表す。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	Y-Y	Δ-Δ	Y-Δ	Δ-Y	Δ
(2)	Δ-Δ	Y-Y	Δ-Y	Y-Δ	Δ
(3)	Δ-Δ	Y-Y	Y-Δ	Δ-Y	Δ
(4)	Y-Δ	Δ-Y	Δ-Δ	Y-Y	Y
(5)	Δ-Δ	Y-Y	Δ-Y	Y-Δ	Y

問 8 架空送電線路の構成要素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) アークホーン ㊦ がいしの両端に設けられた金属電極をいい、雷サージによるフラッシュオーバーの際生じるアークを電極間に生じさせ、がいし破損を防止するものである。
- (2) トーショナルダンパ ㊦ 着雪防止が目的で電線に取り付ける。風による振動エネルギーで着雪を防止し、ギャロッピングによる電線間の短絡事故などを防止するものである。
- (3) アーマロッド ㊦ 電線の振動疲労防止やアークスポットによる電線溶断防止のため、クランプ付近の電線に同一材質の金属を巻き付けるものである。
- (4) 相間スペーサ ㊦ 強風などによる電線相互の接近及び衝突を防止するため、電線相互の間隔を保持する器具として取り付けるものである。
- (5) 埋設地線 ㊦ 塔脚の地下に放射状に埋設された接地線、あるいは、いくつかの鉄塔を地下で連結する接地線をいい、鉄塔の塔脚接地抵抗を小さくし、逆フラッシュオーバーを抑止する目的等のため取り付けるものである。

問9 交流三相3線式1回線の送電線路があり、受電端に遅れ力率角 θ [rad]の負荷が接続されている。送電端の線間電圧を V_s [V]、受電端の線間電圧を V_r [V]、その間の相差角は δ [rad]である。

受電端の負荷に供給されている三相有効電力[W]を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、送電端と受電端の間における電線1線当たりの誘導性リアクタンスは X [Ω]とし、線路の抵抗、静電容量は無視するものとする。

- (1) $\frac{V_s V_r}{X} \sin \delta$ (2) $\frac{\sqrt{3} V_s V_r}{X} \cos \theta$ (3) $\frac{\sqrt{3} V_s V_r}{X} \sin \delta$
- (4) $\frac{V_s V_r}{X} \cos \delta$ (5) $\frac{V_s V_r}{X \sin \delta} \cos \theta$

問 10 地中送配電線の主な布設方式である直接埋設式、管路式及び暗きょ式について、各方式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) 直接埋設式は、他の方式と比較して工事費が少なく、工事期間が短い。
- (2) 管路式は、直接埋設式と比較してケーブル外傷事故の危険性が少なく、ケーブルの増設や撤去に便利である。
- (3) 管路式は、他の方式と比較して熱放散が良く、ケーブル条数が増加しても送電容量の制限を受けにくい。
- (4) 暗きょ式は、他の方式と比較して工事費が多くなり、工事期間が長い。
- (5) 暗きょ式は、他の方式と比較してケーブルの保守点検作業が容易であり、多条数の布設に適している。

問 11 次の文章は、電力の需要と供給に関する記述である。

電力の需要は1日の間で大きく変動し、一般に日中に需要が最大となる。一方で、の大量導入に伴って、日中の発電量が需要を上回る事例も報告されている。需要電力の平準化や、電力の需給バランスの確保のために、発電が用いられている。また近年では、電池などの電力貯蔵装置の技術が向上している。

天候の急変時や発電所の故障発生時にも周波数を標準周波数へと回復させるために、が確保されている。部分負荷運転中の水力発電機や発電機などがの対象となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	ベース供給力	流込み式	燃料	運転予備力	原子力
(2)	ベース供給力	揚水式	蓄	運転予備力	原子力
(3)	ベース供給力	流込み式	燃料	ミドル供給力	火力
(4)	太陽光発電	揚水式	燃料	ミドル供給力	火力
(5)	太陽光発電	揚水式	蓄	運転予備力	火力

問 12 次の文章は、配電線路の電圧調整に関する記述である。

配電線路より電力供給している需要家への供給電圧を適正範囲に維持するため、配電用変電所では、(ア) などによって、負荷変動に応じて変電所二次側母線電圧を調整している。高圧配電線路においては、柱上変圧器の(イ) によって低圧配電線路の電圧調整を行っていることが多い。また、高圧配電線路のこう長が長い場合や分散型電源が多く接続されている場合など、電圧変動が大きくなり、配電用変電所の(ア) や柱上変圧器の(イ) によっても供給電圧を許容範囲に抑えることが難しい場合は、(ウ) や、開閉器付電力用コンデンサなどを高圧配電線路に施設することがある。さらに、電線の(エ) によって電圧降下を軽減する対策をとることもある。

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)	負荷時電圧調整器	タップ調整	バランサ	細線化
(2)	計器用変成器	取替	ステップ式自動電圧調整器	細線化
(3)	負荷時電圧調整器	タップ調整	ステップ式自動電圧調整器	太線化
(4)	計器用変成器	タップ調整	ステップ式自動電圧調整器	細線化
(5)	負荷時電圧調整器	取替	バランサ	太線化

問 13 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)では、給電線である複数の特別高圧配電線路から、ネットワーク変圧器を経て、低圧配電線路に電力が供給される。低圧ネットワーク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) 一般的に、ネットワーク変圧器二次側に、保護装置としてネットワークプロテクタが設置されており、ネットワーク変圧器一次側の遮断器やヒューズを省略することができる。
- (2) 低圧配電線路を格子状に接続したネットワークから、各需要家に供給する。
- (3) 給電線のうちの一つに事故が発生すると、他の健全な給電線に供給系統を切り替える間、低圧配電線路が停電する。
- (4) 樹枝状配電線路と比較して電圧変動や電力損失を小さくすることができる。
- (5) 建設費が高くなるので、大都市のような需要家の多い地域で用いられる。

問 14 次の文章は、絶縁油の性質に関する記述である。

絶縁油は変圧器や OF ケーブルなどに使用されており、一般に絶縁破壊電圧は同じ圧力の空気と比べて高く、誘電正接が (ア) 絶縁油を用いることで絶縁油中の (イ) を抑えることができる。電力用機器の絶縁油として古くから (ウ) が一般的に用いられてきたが、より優れた低損失性や信頼性が求められる場合には (エ) が採用されている。

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)	大きい	部分放電	植物油	鉱油
(2)	小さい	発熱	鉱油	合成油
(3)	大きい	発熱	植物油	鉱油
(4)	小さい	部分放電	鉱油	合成油
(5)	小さい	発熱	植物油	合成油

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 復水器での冷却に海水を使用する汽力発電所が出力 600 MW で運転しており, 復水器冷却水量が $24 \text{ m}^3/\text{s}$, 冷却水の温度上昇が 7°C であるとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 海水の比熱を $4.02 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, 密度を $1.02 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$, 発電機効率を 98 % とする。

(a) 復水器で海水へ放出される熱量の値[kJ/s]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 4.25×10^4 (2) 1.71×10^5 (3) 6.62×10^5 (4) 6.89×10^5 (5) 8.61×10^5

(b) タービン室効率の値[%]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし, 条件を示していない損失は無視できるものとする。

(1) 41.5 (2) 46.5 (3) 47.0 (4) 47.5 (5) 48.0

問 16 電線 1 線の抵抗が $6\ \Omega$ ，誘導性リアクタンスが $4\ \Omega$ である三相 3 線式送電線について，次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

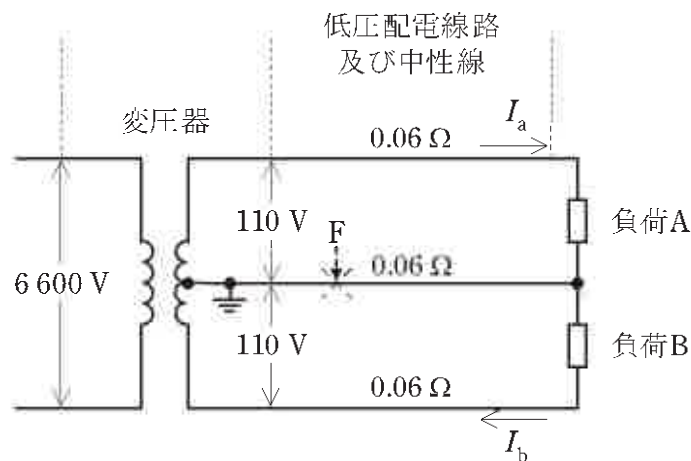
(a) 受電端電圧を $60\ \text{kV}$ ，送電線での電圧降下率を受電端電圧基準で $10\ \%$ に保つものとする。この受電端に，力率 $80\ \%$ (遅れ)の負荷を接続する。この場合，受電可能な三相皮相電力の値 $[\text{MV}\cdot\text{A}]$ として，最も近いものを次の (1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 28.9 (2) 42.9 (3) 50.0 (4) 60.5 (5) 86.6

(b) 受電端に接続する負荷の条件を，遅れ力率 $60\ \%$ ，三相皮相電力 $65\ \text{MV}\cdot\text{A}$ に変更することになった。この場合でも，受電端電圧を $60\ \text{kV}$ ，送電線での電圧降下率を受電端電圧基準で $10\ \%$ に保ちたい。受電端に設置された調相設備から系統に供給すべき無効電力の値 $[\text{Mvar}]$ として，最も近いものを次の (1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 12.0 (2) 20.5 (3) 27.0 (4) 31.5 (5) 47.1

問 17 図のように配電用変圧器二次側の単相 3 線式低圧配電線路に負荷 A 及び負荷 B が接続されている場合について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし、変圧器は、励磁電流、内部電圧降下及び内部損失などを無視できる理想変圧器で、一次電圧は 6 600 V、二次電圧は 110/220 V で一定であるものとする。また、低圧配電線路及び中性線の電線 1 線当たりの抵抗は 0.06Ω 、負荷 A 及び負荷 B は純抵抗負荷とし、これら以外のインピーダンスは考慮しないものとする。



(a) 変圧器の電流を測定したところ、一次電流が 5 A、二次電流 I_a と I_b の比が 2 : 3 であった。二次側低圧配電線路及び中性線における損失の合計値 [kW] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 2.59 (2) 2.81 (3) 3.02 (4) 5.83 (5) 8.21

(b) 低圧配電線路の中性線が点 F で断線した場合に負荷 A にかかる電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 88 (2) 106 (3) 123 (4) 127 (5) 138

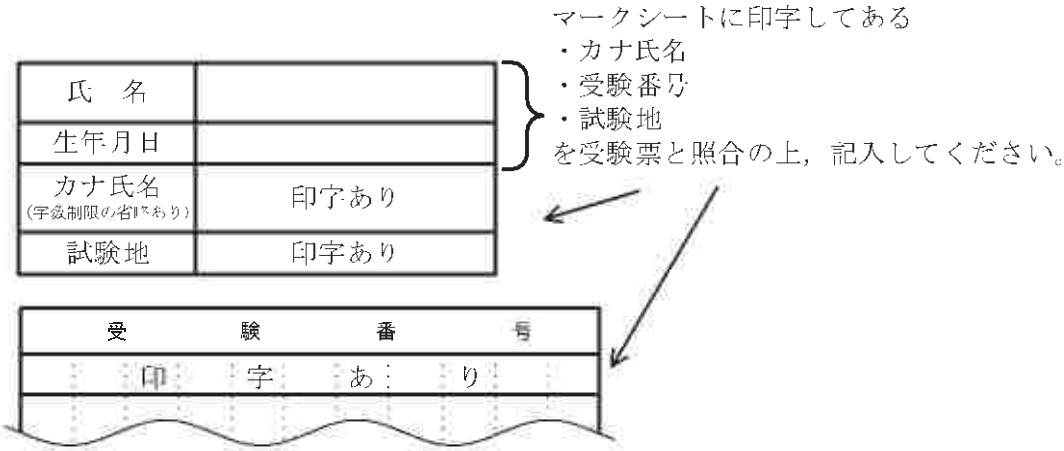
令和4年度 上期

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。



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 kV·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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 水力発電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) 水車発電機の回転速度は、汽力発電と比べて小さいため、発電機の磁極数は多くなる。
- (2) 水車発電機の電圧の大きさや周波数は、自動電圧調整器や調速機を用いて制御される。
- (3) フランシス水車やペルトン水車などで用いられる吸出し管は、水車ランナと放水面までの落差を有効に利用し、水車の出力を増加する効果がある。
- (4) 我が国の大部分の水力発電所において、水車や発電機の始動・運転・停止などの操作は遠隔監視制御方式で行われ、発電所は無人数化されている。
- (5) カプラン水車は、プロペラ水車の一種で、流量に応じて羽根の角度を調整することができるため部分負荷での効率の低下が少ない。

問2 次の文章は、火力発電所のタービン発電機に関する記述である。

火力発電所のタービン発電機は、2極の回轉界磁形三相 (ア) 発電機が広く用いられている。(イ) 強度の関係から、回轉子の構造は (ウ) で直径が (エ) 。発電機の大容量化に伴い冷却方式も工夫され、大容量タービン発電機の場合には密封形 (オ) 冷却方式が使われている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	同期	熱的	突極形	小さい	窒素
(2)	誘導	熱的	円筒形	大きい	水素
(3)	同期	機械的	円筒形	小さい	水素
(4)	誘導	機械的	突極形	大きい	窒素
(5)	同期	機械的	突極形	小さい	窒素

問3 ある汽力発電設備が、発電機出力 19 MW で運転している。このとき、蒸気タービン入口における蒸気の比エンタルピーが 3 550 kJ/kg、復水器入口における蒸気の比エンタルピーが 2 500 kJ/kg、使用蒸気量が 80 t/h であった。発電機効率が 95 % であるとする、タービン効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 71

(2) 77

(3) 81

(4) 86

(5) 90

問4 沸騰水型原子炉(BWR)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) 燃料には低濃縮ウランを、冷却材及び減速材には軽水を使用する。
- (2) 加圧水型原子炉(PWR)に比べて原子炉圧力が低く、蒸気発生器が無いので構成が簡単である。
- (3) 出力調整は、制御棒の抜き差しと再循環ポンプの流量調節により行う。
- (4) 制御棒は、炉心上部から燃料集合体内を上下することができる構造となっている。
- (5) タービン系統に放射性物質が持ち込まれるため、タービン等に遮へい対策が必要である。

問5 次の文章は、風力発電に関する記述である。

風力発電は、風のエネルギーによって風車で発電機を駆動し発電を行う。風車は回転軸の方向により水平軸風車と垂直軸風車に分けられ、大電力用には主に (ア) 軸風車が用いられる。

風がもつ運動エネルギーは風速の (イ) 乗に比例する。また、プロペラ型風車を用いた風力発電で取り出せる電力は、損失を無視すると風速の (ウ) 乗に比例する。風が得られれば電力を発生できるため、発電するときに二酸化炭素を排出しない再生可能エネルギーであり、また、出力変動の (エ) 電源とされる。

発電機には誘導発電機や同期発電機が用いられる。同期発電機を用いてロータの回転速度を可変とした場合には、発生した電力は (オ) を介して電力系統へ送電される。

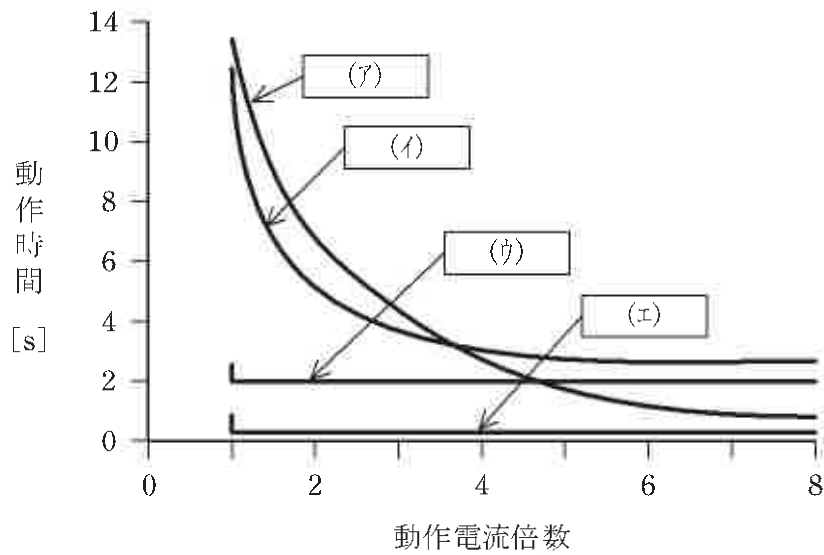
上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	水平	2	2	小さい	増速機
(2)	水平	2	3	大きい	電力変換装置
(3)	水平	3	3	大きい	電力変換装置
(4)	垂直	3	2	小さい	増速機
(5)	垂直	2	3	大きい	電力変換装置

問6 電力系統の電圧調整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) 線路リアクタンスが大きい送電線路では、受電端において進相コンデンサを
負荷に並列することで、受電端での進み無効電流を増加させ、受電端電圧を上
げることができる。
- (2) 送電線路において送電端電圧と受電端電圧が一定であるとすると、負荷の力
率が増加すれば受電端電力が増加する。このため、負荷が変動しても力率を調
整することによって受電端電圧を一定に保つことができる。
- (3) 送電線路での有効電力の損失は電圧に反比例するため、電圧調整により電圧
を高めに運用することが損失を減らすために有効である。
- (4) 進相コンデンサは無効電力を段階的にしか調整できないが、静止型無効電力
補償装置は無効電力の連続的な調整が可能である。
- (5) 電力系統の電圧調整には調相設備と共に、発電機の励磁調整による電圧調整
が有効である。

問7 図に示す過電流継電器の各種限時特性(ア)～(エ)に対する名称の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	反限時特性	反限時定限時特性	定限時特性	瞬時特性
(2)	反限時定限時特性	反限時特性	定限時特性	瞬時特性
(3)	反限時特性	定限時特性	瞬時特性	反限時定限時特性
(4)	定限時特性	反限時定限時特性	反限時特性	瞬時特性
(5)	反限時定限時特性	反限時特性	瞬時特性	定限時特性

問8 受電端電圧が 20 kV の三相 3 線式の送電線路において、受電端での電力が 2000 kW、力率が 0.9(遅れ)である場合、この送電線路での抵抗による全電力損失の値[kW]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、送電線 1 線当たりの抵抗値は $9\ \Omega$ とし、線路のインダクタンスは無視するものとする。

- (1) 12.3 (2) 37.0 (3) 64.2 (4) 90.0 (5) 111

問9 送電線路のフェランチ効果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) 受電端電圧の方が送電端電圧よりも高くなる現象である。
- (2) 短距離送電線路よりも、長距離送電線路の方が発生しやすい。
- (3) 無負荷や軽負荷の場合よりも、負荷が重い場合に発生しやすい。
- (4) フェランチ効果発生時の線路電流の位相は、電圧に対して進んでいる。
- (5) 分路リアクトルの運転により防止している。

問 10 次の文章は、架空送電線の振動に関する記述である。

架空送電線が電線と直角方向に毎秒数メートル程度の風を受けると、電線の後方に渦を生じて電線が上下に振動することがある。これを微風振動といい、
 (ア) 電線で、径間が (イ) ほど、また、張力が (ウ) ほど発生しやすい。
 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 を超えると激しくなる振動を (エ) 振動という。

また、その他の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 (オ) 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)～(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)	重い	長い	小さい	サブスパン	ギャロッピング
(2)	軽い	長い	大きい	サブスパン	ギャロッピング
(3)	重い	短い	小さい	コロナ	ギャロッピング
(4)	軽い	短い	大きい	サブスパン	スリートジャンプ
(5)	重い	長い	大きい	コロナ	スリートジャンプ

問 11 地中送電線路の故障点位置標定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) 故障点位置標定は、地中送電線路で地絡事故や断線事故が発生した際に、事故点の位置を標定して地中送電線路を迅速に復旧させるために必要となる。

(2) パルスレーダ法は、健全相のケーブルと故障点でのサージインピーダンスの違いを利用して、故障相のケーブルの一端からパルス電圧を入力してから故障点でパルス電圧が反射して戻ってくるまでの時間を計測し、ケーブル中のパルス電圧の伝搬速度を用いて故障点を標定する方法である。

(3) 静電容量測定法は、ケーブルの静電容量と長さが比例することを利用し、健全相と故障相のそれぞれのケーブルの静電容量の測定結果とケーブルのこう長から故障点を標定する方法である。

(4) マーレーループ法は、並行する健全相と故障相の2本のケーブルに対して電気抵抗計測に使われるブリッジ回路を構成し、ブリッジ回路の平衡条件とケーブルのこう長から故障点を標定する方法である。

(5) 測定原理から、地絡事故にはパルスレーダ法とマーレーループ法が適用でき、断線事故には静電容量測定法とマーレーループ法が適用できる。

問 12 次の文章は、配電線路に用いられる柱上変圧器に関する記述である。

柱上に設置される変圧器としては、容量 $\boxed{\text{(ア)}}$ のものが多く使用されている。

鉄心には、けい素鋼板が多く使用されているが、 $\boxed{\text{(イ)}}$ のために鉄心にアモルファス金属材料を用いた変圧器も使用されている。

また、変圧器保護のために、 $\boxed{\text{(ウ)}}$ を柱上変圧器に内蔵したのもも使用されている。

三相 3 線式 200 V に供給するときの結線には、 Δ 結線と V 結線がある。V 結線は単相変圧器 2 台によって構成できるため、 Δ 結線よりも変圧器の電柱への設置が簡素化できるが、同一容量の単相変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、同一容量の単相変圧器 3 台を使用した Δ 結線と比較して、出力は $\boxed{\text{(エ)}}$ 倍となる。

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)	10～100 kV・A	小型化	漏電遮断器	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
(2)	10～30 MV・A	低損失化	漏電遮断器	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
(3)	10～30 MV・A	低損失化	避雷器	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
(4)	10～100 kV・A	低損失化	避雷器	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
(5)	10～100 kV・A	小型化	避雷器	$\frac{\sqrt{3}}{2}$

問 13 高圧架空配電線路又は高圧地中配電線路を構成する機材として、使用されることのないものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 柱上開閉器
- (2) CV ケーブル
- (3) 中実がいし
- (4) DV 線
- (5) 避雷器

問 14 我が国の電力用設備に使用される SF₆ガス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) SF₆ガスは、大気中に排出されると、オゾン層への影響は無視できるガスであるが、地球温暖化に及ぼす影響が大きいガスである。
- (2) SF₆ガスは、圧力を高めることで絶縁破壊強度を高めることができ、同じ圧力の空気と比較して絶縁破壊強度が高い。
- (3) SF₆ガスは、液体、固体の絶縁媒体と比較して誘電率及び誘電正接が小さいため、誘電損が小さい。
- (4) SF₆ガスは、遮断器による電流遮断の際に、電極間でアーク放電を発生させないため、消弧能力に優れ、ガス遮断器の消弧媒体として使用されている。
- (5) SF₆ガスは、ガス絶縁開閉装置やガス絶縁変圧器の絶縁媒体として使用され、変電所の小型化の実現に貢献している。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 揚水発電所について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 水の密度を 1000 kg/m^3 , 重力加速度を 9.8 m/s^2 とする。

(a) 揚程 450 m , ポンプ効率 90% , 電動機効率 98% の揚水発電所がある。揚水により揚程及び効率は変わらないものとして, 下池から 1800000 m^3 の水を揚水するのに電動機が要する電力量の値 $[\text{MW}\cdot\text{h}]$ として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1500 (2) 1750 (3) 2000 (4) 2250 (5) 2500

(b) この揚水発電所において, 発電電動機が電動機入力 300 MW で揚水運転しているときの流量の値 $[\text{m}^3/\text{s}]$ として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 50.0 (2) 55.0 (3) 60.0 (4) 65.0 (5) 70.0

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 [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 [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 三相 3 線式 1 回線の専用配電線がある。変電所の送り出し電圧が 6 600 V、
末端にある負荷の端子電圧が 6 450 V、力率が遅れの 70 % であるとき、次の (a) 及
び (b) の間に答えよ。

ただし、電線 1 線当たりの抵抗は $0.45 \Omega/\text{km}$ 、リアクタンスは $0.35 \Omega/\text{km}$ 、線路
のこう長は 5 km とする。

(a) この負荷に供給される電力 P_1 の値 [kW] として、最も近いものを次の (1) ~ (5)
のうちから一つ選べ。

- (1) 180 (2) 200 (3) 220 (4) 240 (5) 260

(b) 負荷が遅れ力率 80 %、 P_2 [kW] に変化したが生路損失は変わらなかった。 P_2
の値 [kW] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 254 (2) 274 (3) 294 (4) 314 (5) 334

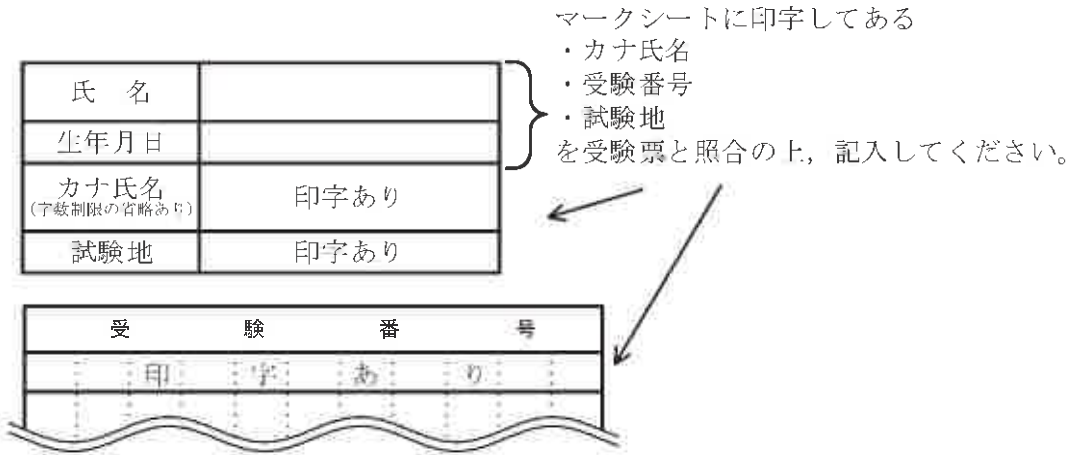
令和 3 年度

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、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。



- 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 kV·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 次の文章は、水力発電所の種類に関する記述である。

水力発電所は (ア) を得る方法により分類すると、水路式、ダム式、ダム水路式があり、 (イ) の利用方法により分類すると、流込み式、調整池式、貯水池式、揚水式がある。

一般的に、水路式はダム式、ダム水路式に比べ (ウ) 。貯水ができないので発生電力の調整には適さない。ダム式発電では、ダムに水を蓄えることで (イ) の調整ができるので、電力需要が大きいときにあわせて運転することができる。

河川の自然の流れをそのまま利用して発電する方式を (エ) 発電という。貯水池を持たない水路式発電所がこれに相当する。

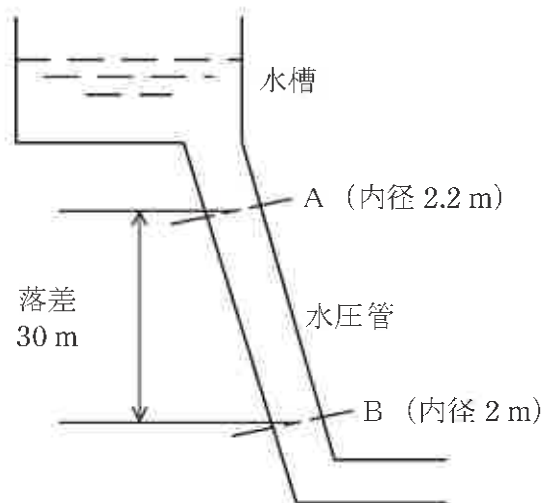
1 日又は数日程度の河川流量を調整できる大きさを持つ池を持ち、電力需要が小さいときにその池に蓄え、電力需要が大きいときに放流して発電する方式を (オ) 発電という。自然の湖や人工の湖などを用いてもっと長期間の需要変動に応じて河川流量を調整・使用する方式を貯水池式発電という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	落差	流速	建設期間が長い	調整池式	ダム式
(2)	流速	落差	建設期間が短い	調整池式	ダム式
(3)	落差	流量	高落差を得にくい	流込み式	揚水式
(4)	流量	落差	建設費が高い	流込み式	調整池式
(5)	落差	流量	建設費が安い	流込み式	調整池式

問2 図で、水圧管内を水が充満して流れている。断面Aでは、内径 2.2 m、流速 3 m/s、圧力 24 kPa である。このとき、断面Aとの落差が 30 m、内径 2 m の断面 B における流速[m/s]と水圧[kPa]の最も近い値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、重力加速度は 9.8 m/s^2 、水の密度は 1000 kg/m^3 、円周率は 3.14 とする。



	流速[m/s]	水圧[kPa]
(1)	3.0	318
(2)	3.0	316
(3)	3.6	316
(4)	3.6	310
(5)	4.0	300

問3 汽力発電におけるボイラ設備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) ボイラを水の循環方式によって分けると、自然循環ボイラ、強制循環ボイラ、貫流ボイラがある。
- (2) 蒸気ドラム内には汽水分離器が設置されており、蒸発管から送られてくる飽和蒸気と水を分離する。
- (3) 空気予熱器は、煙道ガスの余熱を燃焼用空気に回収することによって、ボイラ効率を高めるための熱交換器である。
- (4) 節炭器は、煙道ガスの余熱を利用してボイラ給水を加熱することによって、ボイラ効率を高めるためのものである。
- (5) 再熱器は、高圧タービンで仕事をした蒸気をボイラに戻して再加熱し、再び高圧タービンで仕事をさせるためのもので、熱効率の向上とタービン翼の腐食防止のために用いられている。

問4 次の文章は、電気集じん装置に関する記述である。

火力発電所で発生する灰じんなどの微粒子は、電気集じん装置により除去される。典型的な電気集じん装置は、集じん電極である (ア) の間に放電電極である (イ) を置いた構造である。電極間の (ウ) によって発生した (エ) 放電により生じたイオンで微粒子を帯電させ、クーロン力によって集じん電極で捕集する。集じん電極に付着した微粒子は一般的に、集じん電極 (オ) 取り除く。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	線電極	平板電極	高電圧	コロナ	に風を吹きつけて
(2)	線電極	平板電極	大電流	アーク	を槌でたたいて
(3)	平板電極	線電極	大電流	アーク	に風を吹きつけて
(4)	平板電極	線電極	高電圧	コロナ	を槌でたたいて
(5)	平板電極	線電極	大電流	コロナ	を槌でたたいて

問5 原子力発電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) 原子力発電は、原子燃料の核分裂により発生する熱エネルギーで水を蒸気に変え、その蒸気で蒸気タービンを回し、タービンに連結された発電機で発電する。
- (2) 軽水炉は、減速材に黒鉛、冷却材に軽水を使用する原子炉であり、原子炉圧力容器の中で直接蒸気を発生させる沸騰水型と、別置の蒸気発生器で蒸気を発生させる加圧水型がある。
- (3) 軽水炉は、天然ウラン中のウラン 235 の濃度を 3～5 %程度に濃縮した低濃縮ウランを原子燃料として用いる。
- (4) 核分裂反応を起こさせるために熱中性子を用いる原子炉を熱中性子炉といい、軽水炉は熱中性子炉である。
- (5) 沸騰水型原子炉の出力調整は、再循環ポンプによる冷却材再循環流量の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われ、加圧水型原子炉の出力調整は、一次冷却材中のほう素濃度の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われる。

問6 分散型電源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) 太陽電池で発生した直流の電力を交流系統に接続する場合は、インバータにより直流を交流に変換する。連系保護装置を用いると、系統の停電時などに電力の供給を止めることができる。
- (2) 分散型電源からの逆潮流による系統電圧上昇を抑制する手段として、分散型電源の出力抑制や、電圧調整器を用いた電圧の制御などが行われる。
- (3) 小水力発電では、河川や用水路などでの流込み式発電が用いられる場合が多い。
- (4) 洋上の風力発電所と陸上の系統の接続では、海底ケーブルによる直流送電が用いられることがある。ケーブルでの直流送電のメリットとして、誘電損を考慮しなくてよいことなどが挙げられる。
- (5) 一般的な燃料電池発電は、水素と酸素との吸熱反応を利用して電気エネルギーを作る発電方式であり、負荷変動に対する応答が早い。

問7 次の文章は、変電所の計器用変成器に関する記述である。

計器用変成器は、(ア) と変流器とに分けられ、高電圧あるいは大電流の回路から計器や(イ) に必要な適切な電圧や電流を取り出すために設置される。変流器の二次端子には、常に(ウ) インピーダンスの負荷を接続しておく必要がある。また、一次端子のある変流器は、その端子を被測定線路に(エ) に接続する。

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)	主変圧器	避雷器	高	縦続
(2)	CT	保護継電器	低	直列
(3)	計器用変圧器	遮断器	中	並列
(4)	CT	遮断器	高	縦続
(5)	計器用変圧器	保護継電器	低	直列

問8 変電所の断路器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) 断路器は消弧装置をもたないため、負荷電流の遮断を行うことはできない。
- (2) 断路器は機器の点検や修理の際、回路を切り離すのに使用する。断路器で回路を開く前に、まず遮断器で故障電流や負荷電流を切る必要がある。
- (3) 断路器を誤って開くと、接触子間にアークが発生し、焼損や短絡事故を生じることがある。
- (4) 断路器の種類によっては、短い線路や母線の地絡電流の遮断が可能な場合がある。
- (5) 断路器の誤操作防止のため、一般にインタロック装置が設けられている。

問9 1台の定格容量が20 MV・Aの三相変圧器を3台有する配電用変電所があり、その総負荷が55 MWである。変圧器1台が故障したときに、残りの変圧器の過負荷運転を行い、不足分を他の変電所に切り換えることにより、故障発生前と同じ電力を供給したい。この場合、他の変電所に故障発生前の負荷の何%を直ちに切り換える必要があるか、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、残りの健全な変圧器は、変圧器故障時に定格容量の120%の過負荷運転をすることとし、力率は常に95%(遅れ)で変化しないものとする。

- (1) 6.2 (2) 10.0 (3) 12.1 (4) 17.1 (5) 24.2

問 10 次の文章は、がいしの塩害とその対策に関する記述である。

風雨などによってがいし表面に塩分が付着すると、(ア)が発生することがあり、可聴雑音や電波障害、フラッシュオーバの原因となる。これをがいしの塩害という。がいしの塩害対策は、塩害の少ない送電ルートを選定、がいしの絶縁強化、がいしの洗浄、がいし表面への(イ)性物質の塗布が挙げられる。

懸垂がいしにおいて、絶縁強化を図るには、がいしを(ウ)に連結する個数を増やす方法や、がいしの表面漏れ距離を(エ)する方法が用いられる。

また、懸垂がいしと異なり、棒状磁器の両端に連結用金具を取り付けた形状の(オ)がいしは、雨洗効果が高く、塩害に対し絶縁性が高い。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	漏れ電流	はっ水	直列	長く	長幹
(2)	過電圧	吸湿	直列	短く	ピン
(3)	漏れ電流	吸湿	並列	短く	長幹
(4)	過電圧	はっ水	並列	長く	長幹
(5)	漏れ電流	はっ水	直列	短く	ピン

問 11 地中送電線路に使用される電力ケーブルの許容電流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) 電力ケーブルの絶縁体やシースの熱抵抗、電力ケーブル周囲の熱抵抗といった各部の熱抵抗を小さくすることにより、ケーブル導体の発熱に対する導体温度上昇量を低減することができるため、許容電流を大きくすることができる。
- (2) 表皮効果が大きいケーブル導体を採用することにより、導体表面側での電流を流れやすくして導体全体での電気抵抗を低減することができるため、許容電流を大きくすることができる。
- (3) 誘電率、誘電正接の小さい絶縁体を採用することにより、絶縁体での発熱の影響を抑制することができるため、許容電流を大きくすることができる。
- (4) 電気抵抗率の高い金属シース材を採用することにより、金属シースに流れる電流による発熱の影響を低減することができるため、許容電流を大きくすることができる。
- (5) 電力ケーブルの布設条数(回線数)を少なくすることにより、電力ケーブル相互間の発熱の影響を低減することができるため、1条当たりの許容電流を大きくすることができる。

問 12 単相 3 線式配電方式は、1 線の中性線と、中性線から見て互いに逆位相の電圧である 2 線の電圧線との 3 線で供給する方式であり、主に低圧配電線路に用いられる。100/200 V 単相 3 線式配電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) 電線 1 線当たりの抵抗が等しい場合、中性線と各電圧線の間には負荷を分散させることにより、単相 2 線式と比べて配電線の電圧降下を小さくすることができる。
- (2) 中性線と各電圧線の間には接続する各負荷の容量が不平衡な状態で中性線が切断されると、容量が大きい側の負荷にかかる電圧は低下し、反対に容量が小さい側の負荷にかかる電圧は高くなる。
- (3) 中性線と各電圧線の間には接続する各負荷の容量が不平衡であると、平衡している場合に比べて電力損失が増加する。
- (4) 単相 100 V 及び単相 200 V の 2 種類の負荷に同時に供給することができる。
- (5) 許容電流の大きさが等しい電線を使用した場合、電線 1 線当たりの供給可能な電力は、単相 2 線式よりも小さい。

問 13 次の文章は、我が国の高低圧配電系統における保護に関する記述である。

6.6 kV 高圧配電線に短絡や地絡などの事故が生じたとき、直ちに事故の発生した高圧配電線を切り離すために、 と保護継電器が配電用変電所の高圧配電線引出口に設置されている。

樹枝状方式の高圧配電線で事故が生じた場合、事故が発生した箇所の変電所側直近及び変電所から離れた側の 開閉器を開放することにより、事故が発生した箇所を高圧配電線系統から切り離す。

柱上変圧器には、変圧器内部及び低圧配電系統内での短絡事故による過電流保護のために高圧カットアウトが設けられているほか、落雷などによる外部異常電圧から保護するために、避雷器を変圧器に対して に設置する。

は低圧配電線から低圧引込線への接続点などに設けられ、低圧引込線で生じた短絡事故などを保護している。

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)	高圧ヒューズ	区分	直列	配線用遮断器
(2)	遮断器	区分	並列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)
(3)	遮断器	区分	直列	配線用遮断器
(4)	高圧ヒューズ	連系	並列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)
(5)	遮断器	連系	直列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)

問 14 送電線路に用いられる導体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) 導体の導電率は、温度が高くなるほど小さくなる傾向があり、20℃での標準軟銅の導電率を100%として比較した百分率で表される。
- (2) 導体の材料特性としては、導電率や引張強さが大きく、質量や線熱膨張率が小さいことが求められる。
- (3) 導体の導電率は、不純物成分が少ないほど大きくなる。また、単金属と比較して、同じ金属元素を主成分とする合金の方が、一般に導電率は小さくなるが、引張強さは大きくなる。
- (4) 地中送電ケーブルの銅導体には、伸びや可とう性に優れる軟銅より線が用いられ、架空送電線の銅導体には引張強さや耐食性の優れる硬銅より線が用いられている。一般に導電率は、軟銅よりも硬銅の方が大きい。
- (5) 鋼心アルミより線は、中心に亜鉛めっき鋼より線を配置し、その周囲に硬アルミより線を配置した構造を有している。この構造は、必要な導体の電気抵抗に対して、アルミ導体を使用する方が、銅導体を使用するよりも断面積が大きくなるものの軽量にできる利点と、必要な引張強さを鋼心で補強して得ることができる利点を活用している。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 ある火力発電所にて, 定格出力 350 MW の発電機が下表に示すような運転を行ったとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし, 所内率は2%とする。

発電機の運転状態

時刻	発電機出力 [MW]
0時～7時	130
7時～12時	350
12時～13時	200
13時～20時	350
20時～24時	130

(a) 0時から24時の間の送電端電力量の値[MW・h]として, 最も近いものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 4 660 (2) 5 710 (3) 5 830 (4) 5 950 (5) 8 230

(b) 0時から24時の間に発熱量 54.70 MJ/kg の LNG(液化天然ガス)を 770 t 消費したとすると, この間の発電端熱効率の値[%]として, 最も近いものを次の(1)

～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 44 (2) 46 (3) 48 (4) 50 (5) 52

問 16 支持点の高さが同じで径間距離 150 m の架空電線路がある。電線の質量による荷重が 20 N/m, 線膨張係数は 1 °Cにつき 0.000 018 である。電線の導体温度が -10°C のとき, たるみは 3.5 m であった。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし, 張力による電線の伸縮はないものとし, その他の条件は無視するものとする。

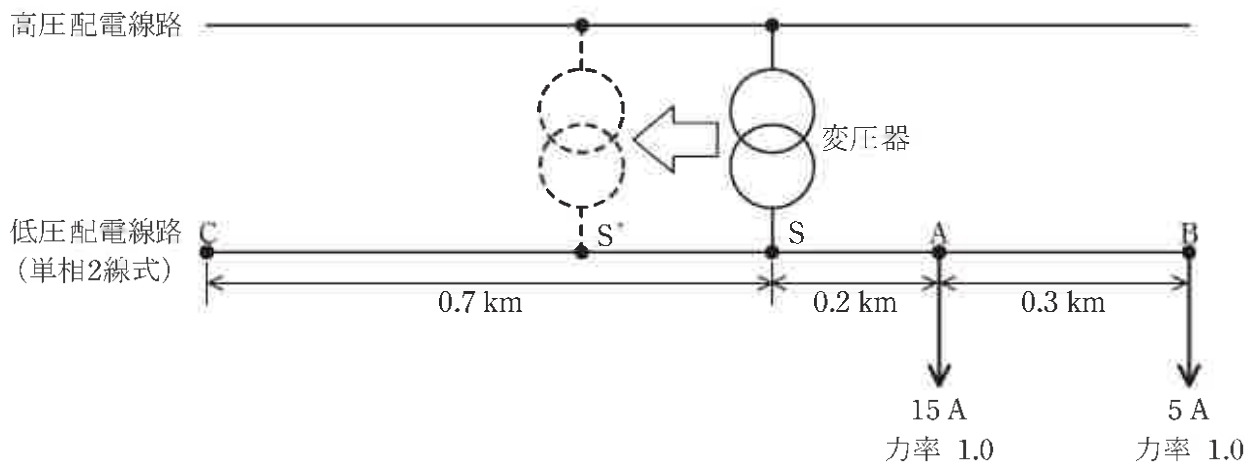
(a) 電線の導体温度が 35 °C のとき, 電線の支持点間の実長の値 [m] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 150.18 (2) 150.23 (3) 150.29 (4) 150.34 (5) 151.43

(b) (a) と同じ条件のとき, 電線の支持点間の最低点における水平張力の値 [N] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 6 272 (2) 12 863 (3) 13 927 (4) 15 638 (5) 17 678

問 17 図のように、高圧配電線路と低圧単相 2 線式配電線路が平行に施設された設備において、1 次側が高圧配電線路に接続された変圧器の 2 次側を低圧単相 2 線式配電線路の S 点に接続して、A 点及び B 点の負荷に電力を供給している。S 点における線間電圧を 107 V、電線 1 線当たりの抵抗及びリアクタンスをそれぞれ $0.3 \Omega/\text{km}$ 及び $0.4 \Omega/\text{km}$ としたとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。なお、計算においては各点における電圧の位相差が十分に小さいものとして適切な近似を用いること。



(a) B 点における S 点に対する電圧降下率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、電圧降下率は B 点受電端電圧基準によるものとする。

- (1) 1.57 (2) 3.18 (3) 3.30 (4) 7.75 (5) 16.30

(b) C 点に電流 20 A、力率 0.8(遅れ)の負荷が新設されるとき、変圧器を移動して単相 2 線式配電線路への接続点を S 点から S' 点に変更することにより、B 点及び C 点における線間電圧の値が等しくなるようにしたい。このときの S 点から S' 点への移動距離の値[km]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.213 (2) 0.296 (3) 0.325 (4) 0.334 (5) 0.528

令和2年度

第3種

電力

(第2時限目)

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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 ダム水路式発電所における水撃作用とサージタンク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) 発電機の負荷を急激に遮断又は急激に増やした場合は、それに応動して水車の使用水量が急激に変化し、流速が減少又は増加するため、水圧管内の圧力の急上昇又は急降下が起こる。このような圧力の変動を水撃作用という。
- (2) 水撃作用は、水圧管の長さが長いほど、水車案内羽根あるいは入口弁の閉鎖時間が短いほど、いずれも大きくなる。
- (3) 水撃作用の発生による影響を緩和する目的で設置される水圧調整用水槽をサージタンクという。サージタンクにはその構造・動作によって、差動式、小孔式、水室式などがあり、いずれも密閉構造である。
- (4) 圧力水路と水圧管との接続箇所に、サージタンクを設けることにより、水槽内部の水位の昇降によって、水撃作用を軽減することができる。
- (5) 差動式サージタンクは、負荷遮断時の圧力増加エネルギーをライザ(上昇管)内の水面上昇によってすばやく吸収し、そのあとで小穴を通してタンク内の水位をゆっくり通常のタンク内水位に戻す作用がある。

問2 次の文章は、汽力発電所の復水器の機能に関する記述である。

汽力発電所の復水器は蒸気タービン内で仕事を取り出した後の (ア) 蒸気を冷却して凝縮させる装置である。復水器内部の真空度を (イ) 保持してタービンの (ウ) 圧力を (エ) させることにより、(オ) の向上を図ることができる。なお、復水器によるエネルギー損失は熱サイクルの中で最も (カ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)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)	抽気	低く	上昇	熱効率	大きい
(2)	排気	高く	上昇	利用率	小さい
(3)	排気	高く	低下	熱効率	大きい
(4)	抽気	高く	低下	熱効率	小さい
(5)	排気	低く	停止	利用率	大きい

問3 次のa)～c)の文章は、汽力発電所の保護装置に関する記述である。

これらの文章の内容について、適切なものと不適切なものの組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- a) 蒸気タービンの回転速度が定格を超える一定値以上に上昇すると、自動的に蒸気止弁を閉じて、タービンを停止する非常调速機が設置されている。
- b) ボイラ水の循環が円滑に行われないうとき、水管の焼損事故を防止するため、燃料を遮断してバーナを消火させる燃料遮断装置が設置されている。
- c) 負荷の緊急遮断等によって、ボイラ内の蒸気圧力が一定限度を超えたとき、蒸気を放出させて機器の破損を防ぐため、蒸気加減弁が設置されている。
- d) 蒸気タービンの軸受油圧が異常低下したとき、タービンを停止させるトリップ装置が設置されている。
- e) 発電機固定子巻線の内部短絡を検出・保護するために、比率差動継電器が設置されている。

	a	b	c	d	e
(1)	適切	適切	不適切	適切	適切
(2)	不適切	不適切	不適切	不適切	適切
(3)	適切	適切	不適切	適切	不適切
(4)	不適切	適切	適切	不適切	適切
(5)	不適切	不適切	適切	適切	不適切

問4 次の文章は、原子燃料に関する記述である。

核分裂は様々な原子核で起こるが、ウラン235などのように核分裂を起こし、連鎖反応を持続できる物質を (ア) といい、ウラン238のように中性子を吸収して (イ) になる物質を (イ) という。天然ウラン中に含まれるウラン235は約 (ウ) %で、残りは核分裂を起こしにくいウラン238である。ここで、ウラン235の濃度が天然ウランの濃度を超えるものは、濃縮ウランと呼ばれており、濃縮度3%から5%程度の (エ) は原子炉の核燃料として使用される。

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)	核分裂性物質	親物質	1.5	低濃縮ウラン
(2)	核分裂性物質	親物質	0.7	低濃縮ウラン
(3)	核分裂生成物	親物質	0.7	高濃縮ウラン
(4)	核分裂生成物	中間物質	0.7	低濃縮ウラン
(5)	放射性物質	中間物質	1.5	高濃縮ウラン

問5 次の文章は、太陽光発電に関する記述である。

太陽光発電は、太陽電池の光電効果を利用して太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する。地球に降り注ぐ太陽光エネルギーは、 1m^2 当たり 1 秒間に約 (ア) kJ に相当する。太陽電池の基本単位はセルと呼ばれ、(イ) V 程度の直流電圧が発生するため、これを直列に接続して電圧を高めている。太陽電池を系統に接続する際は、(ウ) により交流の電力に変換する。

一部の地域では太陽光発電の普及によって (エ) に電力の余剰が発生しており、余剰電力は揚水発電の揚水に使われているほか、大容量蓄電池への電力貯蔵に活用されている。

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)	10	1	逆流防止ダイオード	日中
(2)	10	10	パワーコンディショナ	夜間
(3)	1	1	パワーコンディショナ	日中
(4)	10	1	パワーコンディショナ	日中
(5)	1	10	逆流防止ダイオード	夜間

問6 架空送電線路に関連する設備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) 電線に一樣な微風が吹くと、電線の背後に空気の渦が生じて電線が上下に振動するサブスパン振動が発生する。振動エネルギーを吸収するダンパを電線に取り付けることで、この振動による電線の断線防止が図られている。
- (2) 超高压の架空送電線では、スパーサを用いた多導体化により、コロナ放電の抑制が図られている。スパーサはギャロッピングの防止にも効果的である。
- (3) 架空送電線を鉄塔などに固定する絶縁体としてがいしが用いられている。アークホーンをがいしと併設することで、雷撃等をきっかけに発生するアーク放電からがいしを保護することができる。
- (4) 架空送電線への雷撃を防止するために架空地線が設けられており、遮へい角が小さいほど雷撃防止の効果が大きい。
- (5) 鉄塔又は架空地線に直撃雷があると、鉄塔から送電線へ逆フラッシュオーバが起ることがある。埋設地線等により鉄塔の接地抵抗を小さくすることで、逆フラッシュオーバの抑制が図られている。

問7 真空遮断器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) 真空遮断器は、高真空状態のバルブの中で接点を開閉し、真空の優れた絶縁耐力を利用して消弧するものである。
- (2) 真空遮断器の開閉サージが高いことが懸念される場合、避雷器等を用いて、真空遮断器に接続される機器を保護することがある。
- (3) 真空遮断器は、小形軽量で電極の寿命が長く、保守も容易である。
- (4) 真空遮断器は、消弧媒体としてSF₆ガスや油を使わない機器であり、多頻度動作にも適している。
- (5) 真空遮断器は経済性に優れるが、空気遮断器に比べて動作時の騒音が大きい。

問8 定格容量 $20\text{ MV}\cdot\text{A}$ 、一次側定格電圧 77 kV 、二次側定格電圧 6.6 kV 、百分率インピーダンス 10.6% (基準容量 $20\text{ MV}\cdot\text{A}$) の三相変圧器がある。三相変圧器の一次側は 77 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。三相変圧器の一次側から見た電源の百分率インピーダンスは、 1.1% (基準容量 $20\text{ MV}\cdot\text{A}$) である。抵抗分及びその他の定数は無視する。三相変圧器の二次側に設置する遮断器の定格遮断電流の値 [kA] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.5 (2) 2.6 (3) 6.0 (4) 20.0 (5) 260.0

問9 次の文章は、避雷器に関する記述である。

避雷器は、雷又は回路の開閉などに起因する過電圧の (ア) がある値を超えた場合、放電により過電圧を抑制して、電気施設の絶縁を保護する装置である。特性要素としては (イ) が広く用いられ、その (ウ) の抵抗特性により、過電圧に伴う電流のみを大地に放電させ、放電後は (エ) を遮断することができる。発電機用避雷器では、(イ) の優れた電圧－電流特性を利用し、放電耐量が大きく、放電遅れの少ない (オ) 避雷器が主に使用されている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	波頭長	SF ₆	非線形	続流	直列ギャップ付き
(2)	波高値	ZnO	非線形	続流	ギャップレス
(3)	波高値	SF ₆	線形	制限電圧	直列ギャップ付き
(4)	波高値	ZnO	線形	続流	直列ギャップ付き
(5)	波頭長	ZnO	非線形	制限電圧	ギャップレス

問 10 次の文章は、架空送電線路に関する記述である。

架空送電線路の線路定数には、抵抗、作用インダクタンス、作用静電容量、
 (ア) コンダクタンスがある。線路定数のうち、抵抗値は、表皮効果により
 (イ) のほうが増加する。また、作用インダクタンスと作用静電容量は、線間
 距離 D と電線半径 r の比 D/r に影響される。 D/r の値が大きくなれば、作用静電
 容量の値は (ウ) なる。

作用静電容量を無視できない中距離送電線路では、作用静電容量によるアドミ
 タンスを 1 か所又は 2 か所にまとめる (エ) 定数回路が近似計算に用いられ
 る。このとき、送電端側と受電端側の 2 か所にアドミタンスをまとめる回路を
 (オ) 形回路という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	漏れ	交流	小さく	集中	π
(2)	漏れ	交流	大きく	集中	π
(3)	伝達	直流	小さく	集中	T
(4)	漏れ	直流	大きく	分布	T
(5)	伝達	直流	小さく	分布	π

問 11 我が国における架空送電線路と比較した地中送電線路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) 地中送電線路は、同じ送電容量の架空送電線路と比較して建設費が高いが、都市部においては保安や景観などの点から地中送電線路が採用される傾向にある。
- (2) 地中送電線路は、架空送電線路と比較して気象現象に起因した事故が少なく、近傍の通信線に与える静電誘導、電磁誘導の影響も少ない。
- (3) 地中送電線路は、同じ送電電圧の架空送電線路と比較して、作用インダクタンスは小さく、作用静電容量が大きいため、充電電流が大きくなる。
- (4) 地中送電線路の電力損失では、誘電体損とシース損を考慮するが、コロナ損は考慮しない。一方、架空送電線路の電力損失では、コロナ損を考慮するが、誘電体損とシース損は考慮しない。
- (5) 絶縁破壊事故が発生した場合、架空送電線路では自然に絶縁回復することは稀であるが、地中送電線路では自然に絶縁回復して再送電できる場合が多い。

問 12 高圧架空配電線路を構成する機材とそ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) 支持物は、遠心成形でコンクリートを締め固めた鉄筋コンクリート柱が一般的に使用されている。
- (2) 電線に使用される導体は、硬銅線が用いられる場合もあるが、鋼心アルミ線なども使用されている。
- (3) 柱上変圧器は、単相変圧器 2 台を V 結線とし、200 V の三相電源として用い、同時に変圧器から中性線を取り出した単相 3 線式による 100/200 V 電源として使用するものもある。
- (4) 柱上開閉器は、気中形、真空形などがあり、手動操作による手動式と制御器による自動式がある。
- (5) 高圧カットアウトは、柱上変圧器の一次側に設けられ、形状は箱形の一種類のみである。

問 13 次の文章は、スポットネットワーク方式に関する記述である。

スポットネットワーク方式は、22 kV 又は 33 kV の特別高圧地中配電系統から 2 回線以上で受電する方式の一つであり、負荷密度が極めて高い都心部の高層ビルや大規模工場などの大口需要家の受電設備に適用される信頼度の高い方式である。

スポットネットワーク方式の一般的な受電系統構成を特別高圧地中配電系統側から順に並べると、(ア) ・ (イ) ・ (ウ) ・ (エ) ・ (オ) となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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) 断路器		ネットワーク 母線	プロテクタ 遮断器	プロテクタ ヒューズ	ネットワーク 変圧器
(2) ネットワー ク母線	ネットワーク 変圧器	ネットワーク 変圧器	プロテクタ ヒューズ	プロテクタ 遮断器	断路器
(3) プロテクタ 遮断器	プロテクタ ヒューズ	プロテクタ ヒューズ	ネットワーク 変圧器	ネットワーク 母線	断路器
(4) 断路器		プロテクタ 遮断器	プロテクタ ヒューズ	ネットワーク 変圧器	ネットワーク 母線
(5) 断路器		ネットワーク 変圧器	プロテクタ ヒューズ	プロテクタ 遮断器	ネットワーク 母線

問 14 我が国のコンデンサ，電力ケーブル，変圧器などの電力用設備に使用される絶縁油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) 絶縁油の誘電正接は，変圧器，電力ケーブルに使用する場合には小さいものが，コンデンサに使用する場合には大きいものが適している。
- (2) 絶縁油には，一般に熱膨張率，粘度が小さく，比熱，熱伝導率が大きいものが適している。
- (3) 電力用設備の絶縁油には，一般に古くから鉱油系絶縁油が使用されているが，難燃性や低損失性など，より優れた特性が要求される場合には合成絶縁油が採用されている。また，環境への配慮から植物性絶縁油の採用も進められている。
- (4) 絶縁油は，電力用設備内を絶縁するために使用される以外に，絶縁油の流動性を利用して電力用設備内で生じた熱を外部へ放散するために使用される場合がある。
- (5) 絶縁油では，不純物や水分などが含まれることにより絶縁性能が大きく影響を受け，部分放電の発生によって分解ガスが生じる場合がある。このため，電力用設備から採油した絶縁油の水分量測定やガス分析等を行うことにより，絶縁油の劣化状態や電力用設備の異常を検知することができる。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 ある河川のある地点に貯水池を有する水力発電所を設ける場合の発電計画について, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 流域面積を $15\,000\text{ km}^2$, 年間降水量 750 mm , 流出係数 0.7 とし, 年間の平均流量の値 [m^3/s] として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 25 (2) 100 (3) 175 (4) 250 (5) 325

(b) この水力発電所の最大使用水量を小問(a)で求めた流量とし, 有効落差 100 m , 水車と発電機の総合効率を 80% , 発電所の年間の設備利用率を 60% としたとき, この発電所の年間発電電力量の値 [$\text{kW}\cdot\text{h}$] に最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

年間発電電力量 [$\text{kW}\cdot\text{h}$]	
(1)	100 000 000
(2)	400 000 000
(3)	700 000 000
(4)	1 000 000 000
(5)	1 300 000 000

問 16 こう長 25 km の三相 3 線式 2 回線送電線路に、受電端電圧が 22 kV、遅れ力率 0.9 の三相平衡負荷 5 000 kW が接続されている。次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、送電線は 2 回線運用しており、与えられた条件以外は無視するものとする。

(a) 送電線 1 線当たりの電流の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、送電線は単導体方式とする。

- (1) 42.1 (2) 65.6 (3) 72.9 (4) 126.3 (5) 145.8

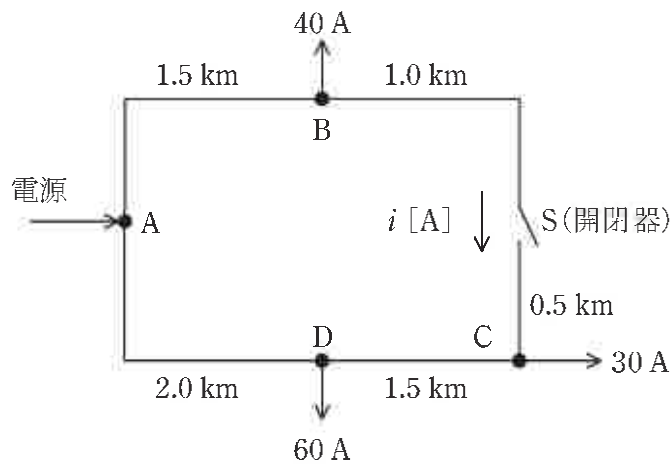
(b) 送電損失を三相平衡負荷に対し 5 %以下にするための送電線 1 線の最小断面積の値[mm²]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、使用電線は、断面積 1 mm²、長さ 1 m 当たりの抵抗を $\frac{1}{35} \Omega$ とする。

- (1) 31 (2) 46 (3) 74 (4) 92 (5) 183

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、電圧は相間電圧とする。

- (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