

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 (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 [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 変えたとき、 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 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。

$$n_s = n \cdot \frac{P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

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 。

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、 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、熱効率が低い。
- (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溶断する。
- (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) 6.6kV 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 6.6kV 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 200～100V に降圧して、行われる。
- (4) 6.6kV の配電線に比べ 33kV 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、線路の電圧低下率が 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) 1 023 (2) 1 799 (3) 2 117 (4) 3 117 (5) 3 600

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

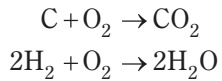
問 14 アモルファス鉄心材料を使用した柱上変圧器の特徴に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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600 MWで運転されるとき, 燃料として使用される石炭消費量が150 t/h, 石炭発熱量が34 300 kJ/kgで一定の場合, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

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。



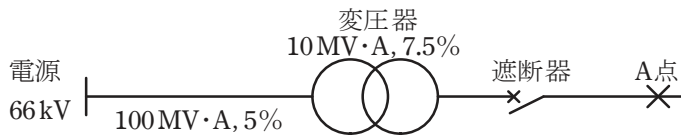
(a) 発電端効率の値[%]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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。

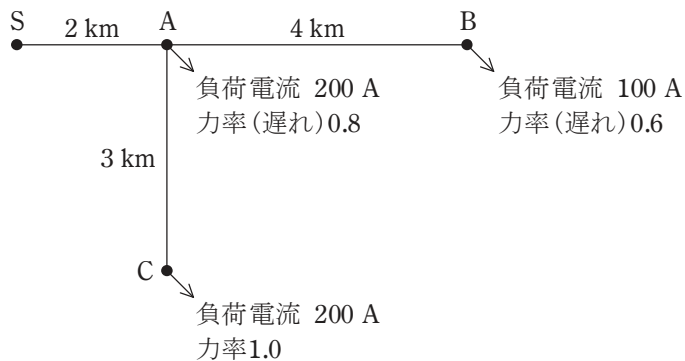
- (1) 2.5 (2) 5.0 (3) 7.0 (4) 8.0 (5) 12.5

(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