

令和元年度

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：0141A01234Aの場合）

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

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  $R$ [ $\Omega$ ] 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 我が国の水力発電所(又は揚水発電所)に用いられる水車(又はポンプ水車)及び発電機(又は発電電動機)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) ガイドベーン(案内羽根)は、その開度によってランナに流入する水の流量を変え、水車の出力を調整することができる水車部品である。
- (2) 同一出力のフランシス水車を比較すると、一般に落差が高い地点に適用する水車の方が低い地点に適用するものより比速度が小さく、ランナの形状が扁平になる。
- (3) 揚水発電所には、別置式、タンデム式、ポンプ水車式がある。発電機と電動機を共用し、同一軸に水車とポンプをそれぞれ直結した方式がポンプ水車式であり、水車の性能、ポンプの性能をそれぞれ最適に設計できるため、国内で建設される揚水発電所はほとんどこの方式である。
- (4) 水車発電機には突極形で回転界磁形の三相同期発電機が主に用いられている。落差を有効に利用するために、水車を発電機の下方に直結した立軸形にすることも多い。
- (5) 調速機は水車の回転速度を一定に保持する機能を有する装置である。また、自動電圧調整器は出力電圧の大きさを一定に保持する機能を有する装置である。

問2 次の文章は、水車の構造と特徴についての記述である。

〔ア〕を持つ流水がランナに流入し、ここから出るときの反動力により回転する水車を反動水車という。〔イ〕は、ケーシング(渦形室)からランナに流入した水がランナを出るときに軸方向に向きを変えるように水の流れをつくる水車である。一般に、落差40m～500mの中高落差用に用いられている。

プロペラ水車ではランナを通過する流水が軸方向である。ランナには扇風機のような羽根がついている。流量が多く低落差の発電所で使用される。〔ウ〕はプロペラ水車の羽根を可動にしたもので、流量の変化に応じて羽根の角度を変えて効率がよい運転ができる。

一方、水の落差による〔ア〕を〔エ〕に変えてその流水をランナに作用させる構造のものが衝動水車である。〔オ〕は、水圧管路に導かれた流水が、ノズルから噴射されてランナバケットに当たり、このときの衝動力でランナが回転する水車である。高落差で流量の比較的少ない地点に用いられる。

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)	圧力水頭	フランシス水車	カプラン水車	速度水頭	ペルトン水車
(2)	速度水頭	ペルトン水車	フランシス水車	圧力水頭	カプラン水車
(3)	圧力水頭	カプラン水車	ペルトン水車	速度水頭	フランシス水車
(4)	速度水頭	フランシス水車	カプラン水車	圧力水頭	ペルトン水車
(5)	圧力水頭	ペルトン水車	フランシス水車	速度水頭	カプラン水車

問3 汽力発電所における熱効率向上方法として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) タービン入口蒸気として、極力、温度が低く、圧力が低いものを採用する。
- (2) 復水器の真空度を高くすることで蒸気はタービン内で十分に膨張して、タービンの羽根車に大きな回転力を与える。
- (3) 節炭器を設置し、排ガス温度を上昇させる。
- (4) 高圧タービンから出た湿り飽和蒸気をボイラで再熱させないようにする。
- (5) 高圧及び低圧のタービンから蒸気の一部取り出し、給水加熱器に導いて給水を加熱させ、復水器に捨てる熱量を増加させる。

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、これにより発生するエネルギーと同じだけの熱量を得るのに必要な石炭の質量の値[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、石炭の発熱量は $2.51 \times 10^4$  kJ/kgとし、光速は $3.0 \times 10^8$  m/sとする。

- (1) 16            (2) 80            (3) 160            (4) 3200            (5) 48000

問5 ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル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) 燃焼用空気は、空気圧縮機、燃焼器、ガスタービン、排熱回収ボイラ、蒸気タービンを経て、排ガスとして煙突から排出される。
- (2) ガスタービンを用いない同容量の汽力発電に比べて、起動停止時間が短く、負荷追従性が高い。
- (3) ガスタービンを用いない同容量の汽力発電に比べて、復水器の冷却水量が少ない。
- (4) ガスタービン入口温度が高いほど熱効率が低い。
- (5) 部分負荷に対応するための、単位ユニットの運転台数の増減が可能のため、部分負荷時の熱効率の低下が小さい。

問6 ガス絶縁開閉装置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) ガス絶縁開閉装置の充電部を支持するスペーサにはエポキシ等の樹脂が用いられる。
- (2) ガス絶縁開閉装置の絶縁ガスは、大気圧以下のSF<sub>6</sub>ガスである。
- (3) ガス絶縁開閉装置の金属容器内部に、金属異物が混入すると、絶縁性能が低下することがあるため、製造時や据え付け時には、金属異物が混入しないよう、細心の注意が払われる。
- (4) 我が国では、ガス絶縁開閉装置の保守や廃棄の際、絶縁ガスの大部分は回収されている。
- (5) 絶縁性能の高いガスを用いることで装置を小形化でき、気中絶縁の装置を用いた変電所と比較して、変電所の体積と面積を大幅に縮小できる。

問7 次の文章は、変電所の主な役割と用途上の分類に関する記述である。

変電所は、主に送電効率向上のための昇圧や需要家が必要とする電圧への降圧を行うが、進相コンデンサや  などの調相設備や、変圧器のタップ切り換えなどを用い、需要地における負荷の変化に対応するための  調整の役割も担っている。また、送変電設備の局所的な過負荷運転を避けるためなどの目的で、開閉装置により系統切り換えを行って  を調整する。さらに、送電線において、短絡又は地絡事故が生じた場合、事故回線を切り離すことで事故の波及を防ぐ系統保護の役割も担っている。

変電所は、用途の面から、送電用変電所、配電用変電所などに分類されるが、東日本と西日本との間の連系に用いられる  や北海道と本州との間の連系に用いられる  も変電所の一種として分類されることがある。

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。

(選択肢は右側に記載)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	分路リアクトル	電圧	電力潮流	周波数変換所	電気鉄道用変電所
(2)	負荷開閉器	周波数	無効電力	自家用変電所	中間開閉所
(3)	分路リアクトル	電圧	電力潮流	周波数変換所	交直変換所
(4)	負荷時電圧調整器	周波数	無効電力	自家用変電所	電気鉄道用変電所
(5)	負荷時電圧調整器	周波数	有効電力	中間開閉所	交直変換所

問8 図1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三相平衡系統がある。三相変圧器は定格容量 7.5 MV・A，変圧比 66 kV/6.6 kV，百分率インピーダンスが自己容量基準で 9.5 % である。また，三相変圧器一次側から電源側をみた百分率インピーダンスは基準容量 10 MV・A で 1.9 % である。過電流継電器(OCR)は変流比 1 000 A/5 A の計器用変流器(CT)の二次側に接続されており，整定タップ電流値 5 A，タイムレバー位置 1 に整定されている。図1の F 点で三相短絡事故が発生したとき，過電流継電器の動作時間[s]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，三相変圧器二次側から F 点までのインピーダンス及び負荷は無視する。また，過電流継電器の動作時間は図2の限時特性に従い，計器用変流器の磁気飽和は考慮しないものとする。

- (1) 0.29                      (2) 0.34                      (3) 0.38                      (4) 0.46                      (5) 0.56

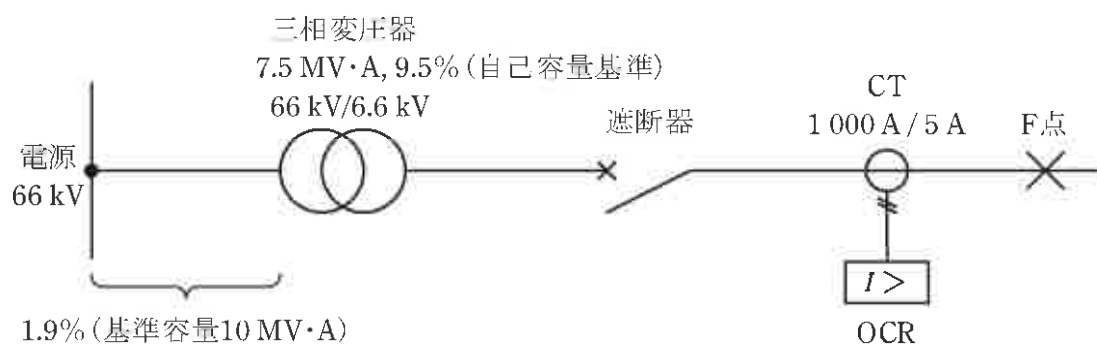


図1 系統図

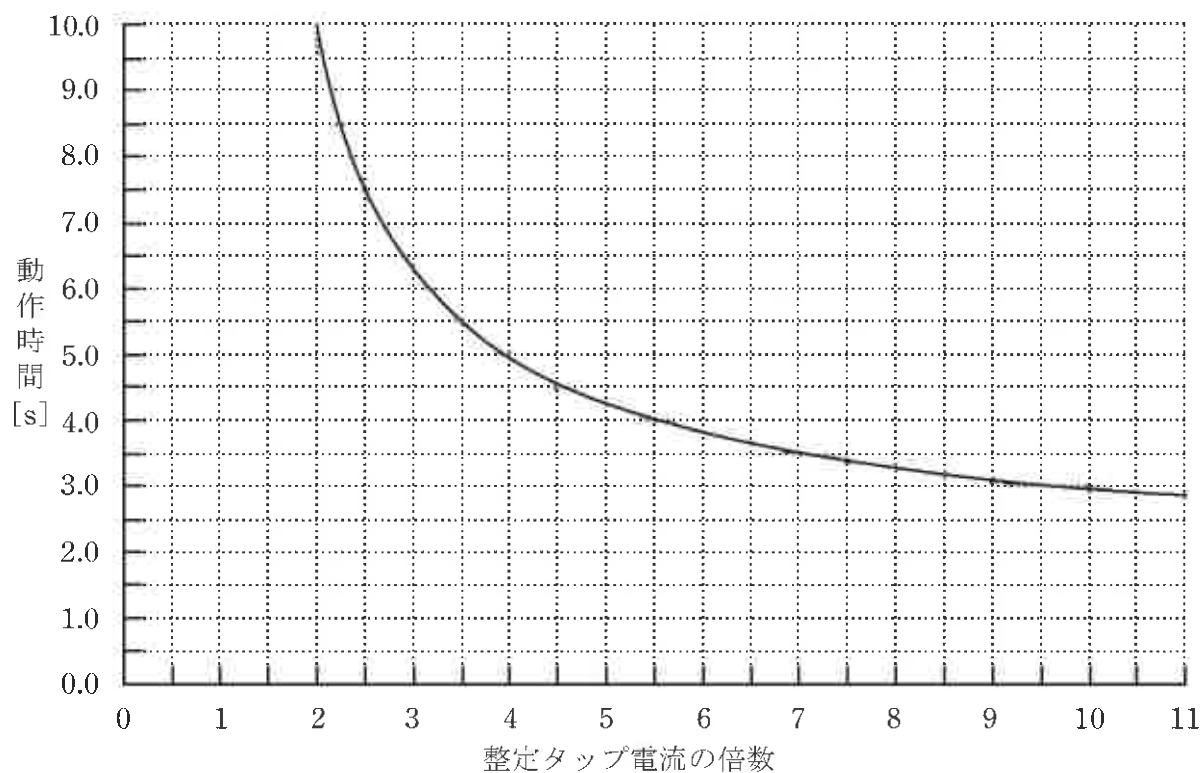


図2 過電流継電器の限時特性(タイムレバー位置 10)

問9 架空送電線路の構成部品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) 鋼心アルミより線は、アルミ線を使用することで質量を小さくし、これによる強度の不足を、鋼心を用いることで補ったものである。
- (2) 電線の微風振動やギャロッピングを抑制するために、電線にダンバを取り付け、振動エネルギーを吸収する方法がとられる。
- (3) がいしは、電線と鉄塔などの支持物との間を絶縁するために使用する。雷撃などの異常電圧による絶縁破壊は、がいし内部で起こるように設計されている。
- (4) 送電線やがいしを雷撃などの異常電圧から保護するための設備に架空地線がある。架空地線には、光ファイバを内蔵し電力用通信線として使用されるものもある。
- (5) 架空送電線におけるねん架とは、送電線各相の作用インダクタンスと作用静電容量を平衡させるために行われるもので、ジャンパ線を用いて電線の配置を入れ替えることができる。

問 10 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。そこで、コロナ放電の発生を抑えるために、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)、(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)	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 11 我が国の電力ケーブルの布設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) 直接埋設式には、掘削した地面の溝に、コンクリート製トラフなどの防護物を敷き並べて、防護物内に電力ケーブルを引き入れてから埋設する方式がある。
- (2) 管路式には、あらかじめ管路及びマンホールを埋設しておき、電力ケーブルをマンホールから管路に引き入れ、マンホール内で電力ケーブルを接続して布設する方式がある。
- (3) 暗きょ式には、地中に洞道を構築し、床上や棚上あるいはトラフ内に電力ケーブルを引き入れて布設する方式がある。電力、電話、ガス、上下水道などの地下埋設物を共同で収容するための共同溝に電力ケーブルを布設する方式も暗きょ式に含まれる。
- (4) 直接埋設式は、管路式、暗きょ式と比較して、工事期間が短く、工事費が安い。そのため、将来的な電力ケーブルの増設を計画しやすく、ケーブル線路内での事故発生に対して復旧が容易である。
- (5) 管路式、暗きょ式は、直接埋設式と比較して、電力ケーブル条数が多い場合に適している。一方、管路式では、電力ケーブルを多条数布設すると送電容量が著しく低下する場合があります、その場合には電力ケーブルの熱放散が良好な暗きょ式が採用される。

問 12 配電線路に用いられる電気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) 単相 2 線式は、一般住宅や商店などに配電するのに用いられ、低圧側の 1 線を接地する。

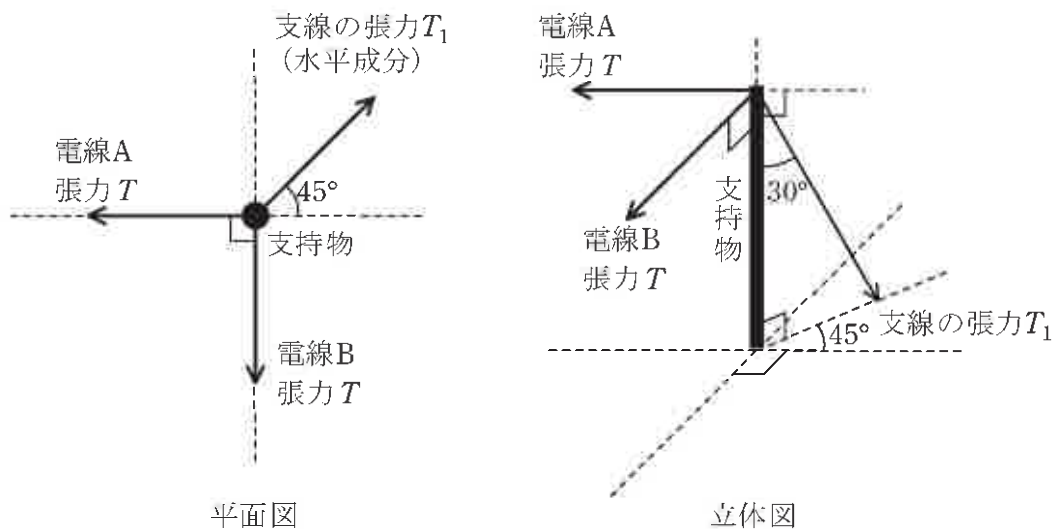
(2) 単相 3 線式は、変圧器の低圧巻線の両端と中点から合計 3 本の線を引き出して低圧巻線の両端から引き出した線の一方を接地する。

(3) 単相 3 線式は、変圧器の低圧巻線の両端と中点から 3 本の線で 2 種類の電圧を供給する。

(4) 三相 3 線式は、高圧配電線路と低圧配電線路のいずれにも用いられる方式で、電源用変圧器の結線には一般的に  $\Delta$  結線と V 結線のいずれかが用いられる。

(5) 三相 4 線式は、電圧線の 3 線と接地した中性線の 4 本の線を用いる方式である。

問 13 図に示すように、電線 A、B の張力を、支持物を介して支線で受けている。  
 電線 A、B の張力の大きさは等しく、その値を  $T$  とする。支線に加わる張力  $T_1$  は電線張力  $T$  の何倍か。最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。  
 なお、支持物は地面に垂直に立てられており、各電線は支線の取付け高さと同じ高さに取付けられている。また、電線 A、B は地面に水平に張られているものとし、電線 A、B 及び支線の自重は無視する。



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

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可能性がある。
- (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可能性がある。
- (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ても、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可能性がある。

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 復水器の冷却に海水を使用し, 運転している汽力発電所がある。このときの復水器冷却水流量は  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , 復水器冷却水が持ち去る毎時熱量は  $3.1 \times 10^9 \text{ kJ/h}$ , 海水の比熱容量は  $4.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 海水の密度は  $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , タービンの熱消費率は  $8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$  である。

この運転状態について, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし, 復水器冷却水が持ち去る熱以外の損失は無視するものとする。

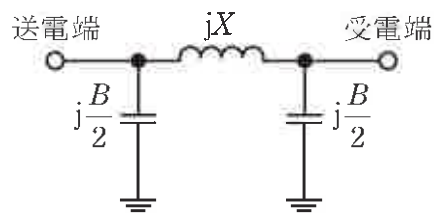
(a) タービン出力の値[MW]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 350            (2) 500            (3) 700            (4) 800            (5) 1000

(b) 復水器冷却水の温度上昇の値[K]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) 4.7            (3) 5.3            (4) 6.5            (5) 7.9

問 16 送電線のフェランチ現象に関する問である。三相 3 線式 1 回線送電線の一相が図の  $\pi$  形等価回路で表され、送電線路のインピーダンス  $jX=j200\ \Omega$ 、アドミタンス  $jB=j0.800\ \text{mS}$  とし、送電端の線間電圧が  $66.0\ \text{kV}$  であり、受電端が無負荷のとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) 受電端の線間電圧の値[kV]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 66.0      (2) 71.7      (3) 78.6      (4) 114      (5) 132

(b) 1 線当たりの送電端電流の値[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) 15.2      (2) 16.6      (3) 28.7      (4) 31.8      (5) 55.1

問 17 三相 3 線式配電線路の受電端に遅れ力率 0.8 の三相平衡負荷 60 kW(一定)が接続されている。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、三相負荷の受電端電圧は 6.6 kV 一定とし、配電線路のこう長は 2.5 km、電線 1 線当たりの抵抗は  $0.5 \Omega/\text{km}$ 、リアクタンスは  $0.2 \Omega/\text{km}$  とする。なお、送電端電圧と受電端電圧の位相角は十分小さいものとして得られる近似式を用いて解答すること。また、配電線路こう長が短いことから、静電容量は無視できるものとする。

(a) この配電線路での抵抗による電力損失の値[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) 22            (2) 54            (3) 65            (4) 161            (5) 220

(b) 受電端の電圧降下率を 2.0 %以内にする場合、受電端でさらに増設できる負荷電力(最大)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、負荷の力率(遅れ)は変わらないものとする。

- (1) 476            (2) 536            (3) 546            (4) 1280            (5) 1340

平成 30 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：0141C01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	A	
●					●	0	0	0	0	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②	●	②	②	●	②	②	●	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	L
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		

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  $R$ [ $\Omega$ ] 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、タービン発電機の水素冷却方式の特徴に関する記述である。

水素ガスは、空気に比べ  が大きいため冷却効率が高く、また、空気に比べ  が小さいため風損が小さい。

水素ガスは、 であるため、絶縁物への劣化影響が少ない。水素ガス圧力を高めると大気圧の空気よりコロナ放電が生じ難くなる。

水素ガスと空気を混合した場合は、水素ガス濃度が一定範囲内になると爆発の危険性があるので、これを防ぐため自動的に水素ガス濃度を  以上に維持している。

通常運転中は、発電機内の水素ガスが軸に沿って機外に漏れないように軸受の内側に  によるシール機能を備えており、機内からの水素ガスの漏れを防いでいる。

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)	比熱	比重	活性	90 %	窒素ガス
(2)	比熱	比重	活性	60 %	窒素ガス
(3)	比熱	比重	不活性	90 %	油膜
(4)	比重	比熱	活性	60 %	油膜
(5)	比重	比熱	不活性	90 %	窒素ガス

問2 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  $n$  [ $\text{min}^{-1}$ ]、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。

$$n_s = n \frac{P^{\frac{1}{5}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

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)、(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)	一定に保って有効落差を	単位流量(1 m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /s)	出力	小さい	高い効率を得

問3 汽力発電所の蒸気タービン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) 衝動タービンは、蒸気が回転羽根(動翼)に衝突するとき生じる力によって回転させるタービンである。

(2) 調速装置は、蒸気加減弁駆動装置に信号を送り、蒸気流量を調整することで、タービンの回転速度制御を行う装置である。

(3) ターニング装置は、タービン停止中に高温のロータが曲がることを防止するため、ロータを低速で回転させる装置である。

(4) 反動タービンは、固定羽根(静翼)で蒸気を膨張させ、回転羽根(動翼)に衝突する力と回転羽根(動翼)から排気するときの力を利用して回転させるタービンである。

(5) 非常調速装置は、タービンの回転速度が運転中に定格回転速度以下となり、一定値以下まで下降すると作動して、タービンを停止させる装置である。

問4 次の文章は、我が国の原子力発電所の蒸気タービンの特徴に関する記述である。

原子力発電所の蒸気タービンは、高圧タービンと低圧タービンから構成され、くし形に配置されている。

原子力発電所においては、原子炉又は蒸気発生器によって発生した蒸気が高圧タービンに送られ、高圧タービンにて所定の仕事をを行った排気は、 分離器に送られて、排気に含まれる  を除去した後に低圧タービンに送られる。

高圧タービンの入口蒸気は、 であるため、火力発電所の高圧タービンの入口蒸気に比べて、圧力・温度ともに  ，そのため、原子力発電所の熱効率は、火力発電所と比べて  なる。また、原子力発電所の高圧タービンに送られる蒸気量は、同じ出力に対する火力発電所と比べて  。

低圧タービンの最終段翼は、35～54 インチ(約 89 cm～137 cm)の長大な翼を使用し、 による翼の浸食を防ぐため翼先端周速度を減らさなければならぬので、タービンの回転速度は  としている。

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)	空気	過熱蒸気	高く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は 1 800 min <sup>-1</sup>
(2)	湿分	飽和蒸気	低く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は 1 800 min <sup>-1</sup>
(3)	空気	飽和蒸気	低く	多い	750 min <sup>-1</sup> 又は 900 min <sup>-1</sup>
(4)	湿分	飽和蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は 900 min <sup>-1</sup>
(5)	空気	過熱蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は 900 min <sup>-1</sup>

問5 ロータ半径が 30 m の風車がある。風車が受ける風速が 10 m/s で、風車のパワー係数が 50 % のとき、風車のロータ軸出力 [kW] に最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、空気の密度を  $1.2 \text{ kg/m}^3$  とする。ここでパワー係数とは、単位時間あたりにロータを通過する風のエネルギーのうちで、風車が風から取り出せるエネルギーの割合である。

- (1) 57      (2) 85      (3) 710      (4) 850      (5) 1700

問6 次の文章は、保護リレーに関する記述である。

電力系統において、短絡事故や地絡事故が発生した場合、事故区間は速やかに系統から切り離される。このとき、保護リレーで異常を検出し、を動作させる。架空送電線は特に距離が長く、事故発生件数も多い。架空送電線の事故の多くはによる気中フラッシュオーバに起因するため、事故区間を高速に遮断し、フラッシュオーバを消滅させれば、絶縁は回復し、架空送電線は通電可能な状態となる。このため、事故区間の遮断の後、一定時間(長くて1分程度)を経て、が行われる。一般に、主保護の異常に備え、保護が用意されており、動作の確実性を期している。

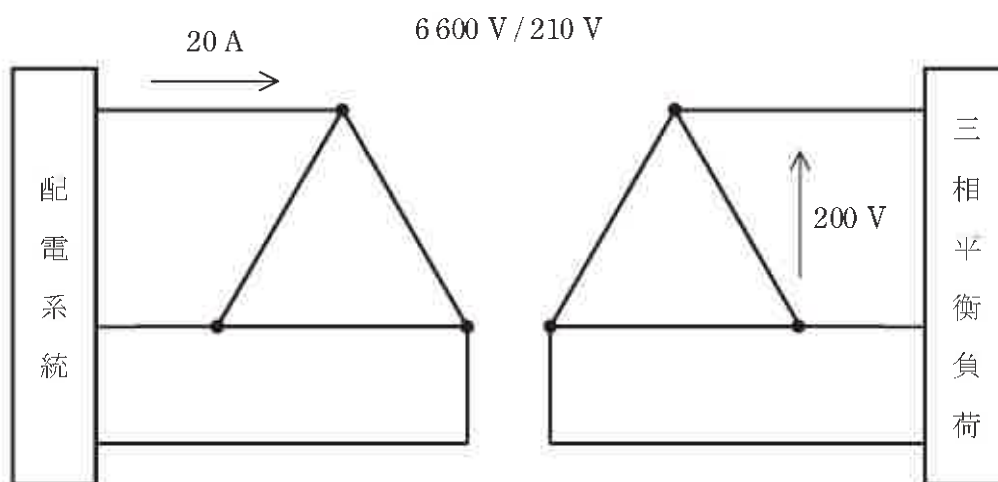
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1) 遮断器	落雷	保守	常備
(2) 断路器	落雪	再閉路	常備
(3) 変圧器	落雷	点検	後備
(4) 断路器	落雪	点検	後備
(5) 遮断器	落雷	再閉路	後備

問7 変圧器の保全・診断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) 変圧器の予防保全は、運転の維持と事故の防止を目的としている。
- (2) 油入変圧器の絶縁油の油中ガス分析は内部異常診断に用いられる。
- (3) 部分放電は、絶縁破壊が生じる前ぶれである場合が多いため、異常診断技術として、部分放電測定が用いられることがある。
- (4) 変圧器巻線の絶縁抵抗測定と誘電正接測定は、鉄心材料の経年劣化を把握することを主な目的として実施される。
- (5) ガasketの経年劣化に伴う漏油の検出には、日視点検に加え、油面計が活用される。

問8 図のように、単相の変圧器3台を一次側、二次側ともに $\Delta$ 結線し、三相对称電源とみなせる配電系統に接続した。変圧器の一次側の定格電圧は6600V、二次側の定格電圧は210Vである。二次側に三相平衡負荷を接続したときに、一次側の線電流20A、二次側の線間電圧200Vであった。負荷に供給されている電力[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、負荷の力率は0.8とする。なお、変圧器は理想変圧器とみなすことができ、線路のインピーダンスは無視することができる。



- (1) 58            (2) 101            (3) 174            (4) 218            (5) 302

問9 次の文章は、架空送電線の多導体方式に関する記述である。

送電線において、1相に複数の電線を  を用いて適度な間隔に配置したものを多導体と呼び、主に超高圧以上の送電線に用いられる。多導体を用いることで、電線表面の電位の傾きが  なるので、コロナ開始電圧が  なり、送電線のコロナ損失、雑音障害を抑制することができる。

多導体は合計断面積が等しい単導体と比較すると、表皮効果が  。また、送電線の  が減少するため、送電容量が増加し系統安定度の向上につながる。

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) スペーサ	大きく	低く	大きい	インダクタンス	
(2) スペーサ	小さく	高く	小さい	静電容量	
(3) シールドリング	大きく	高く	大きい	インダクタンス	
(4) スペーサ	小さく	高く	小さい	インダクタンス	
(5) シールドリング	小さく	低く	大きい	静電容量	

問 10 送配電系統における過電圧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) 鉄塔又は架空地線が直撃雷を受けたとき、鉄塔の電位が上昇し、逆フラッシュオーバーが起きることがある。
- (2) 直撃でなくても電線路の近くに落雷すれば、電磁誘導や静電誘導で雷サージが発生することがある。これを誘導雷と呼ぶ。
- (3) フェランチ効果によって生じる過電圧は、受電端が開放又は軽負荷のとき、進み電流が線路に流れることによって起こる。この現象は、送電線のこう長が長いほど著しくなる。
- (4) 開閉過電圧は、遮断器や断路器などの開閉操作によって生じる過電圧である。
- (5) 送電線の1線地絡時、健全相に現れる過電圧の大きさは、地絡場所や系統の中性点接地方式に依存する。直接接地方式の場合、非接地方式と比較すると健全相の電圧上昇倍率が低く、地絡電流を小さくすることができる。

問 11 地中送電線路に使用される各種電力ケーブ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) OF ケーブルは、絶縁体として絶縁紙と絶縁油を組み合わせた油浸紙絶縁ケーブルであり、油通路が不要であるという特徴がある。給油設備を用いて絶縁油に大気圧以上の油圧を加えることでボイドの発生を抑制して絶縁強度を確保している。
- (2) POF ケーブルは、油浸紙絶縁の線心 3 条をあらかじめ布設された防食鋼管内に引き入れた後に、絶縁油を高い油圧で充てんしたケーブルである。地盤沈下や外傷に対する強度に優れ、電磁遮蔽効果が高いという特徴がある。
- (3) CV ケーブルは、絶縁体に架橋ポリエチレンを使用したケーブルであり、OF ケーブルと比較して絶縁体の誘電率、熱抵抗率が小さく、常時導体最高許容温度が高いため、送電容量の面で有利である。
- (4) CVT ケーブルは、ビニルシースを施した単心 CV ケーブル 3 条をより合わせたトリプレックス形 CV ケーブルであり、3 心共通シース形 CV ケーブルと比較してケーブルの熱抵抗が小さいため電流容量を大きくできるとともに、ケーブルの接続作業性がよい。
- (5) OF ケーブルや POF ケーブルは、油圧の常時監視によって金属シースや鋼管の欠陥、外傷などに起因する漏油を検知できるので、油圧の異常低下による絶縁破壊事故の未然防止を図ることができる。

問 12 変圧器の V 結線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) 単相変圧器 2 台で三相が得られる。
- (2) 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、 $\Delta$ 結線変圧器と比較して、出力は  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  倍となる。
- (3) 同一の変圧器 2 台を使用して三相平衡負荷に供給している場合、変圧器の利用率は  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  となる。
- (4) 電灯動力共用方式の場合、共用変圧器には電灯と動力の電流が加わって流れるため、一般に動力専用変圧器の容量と比較して共用変圧器の容量の方が大きい。
- (5) 単相変圧器を用いた  $\Delta$ 結線方式と比較して、変圧器の電柱への設置が簡素化できる。

問 13 三相 3 線式高圧配電線で力率  $\cos \phi_1=0.76$  (遅れ), 負荷電力  $P_1$  [kW] の三相平衡負荷に電力を供給している。三相平衡負荷の電力が  $P_2$  [kW], 力率が  $\cos \phi_2$  (遅れ) に変化したが生路損失は変わらなかった。  $P_1$  が  $P_2$  の 0.8 倍であったとき, 負荷電力が変化した後の力率  $\cos \phi_2$  (遅れ) 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, 負荷の端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 0.61    (2) 0.68    (3) 0.85    (4) 0.90    (5) 0.95

問 14 変圧器に使用され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。

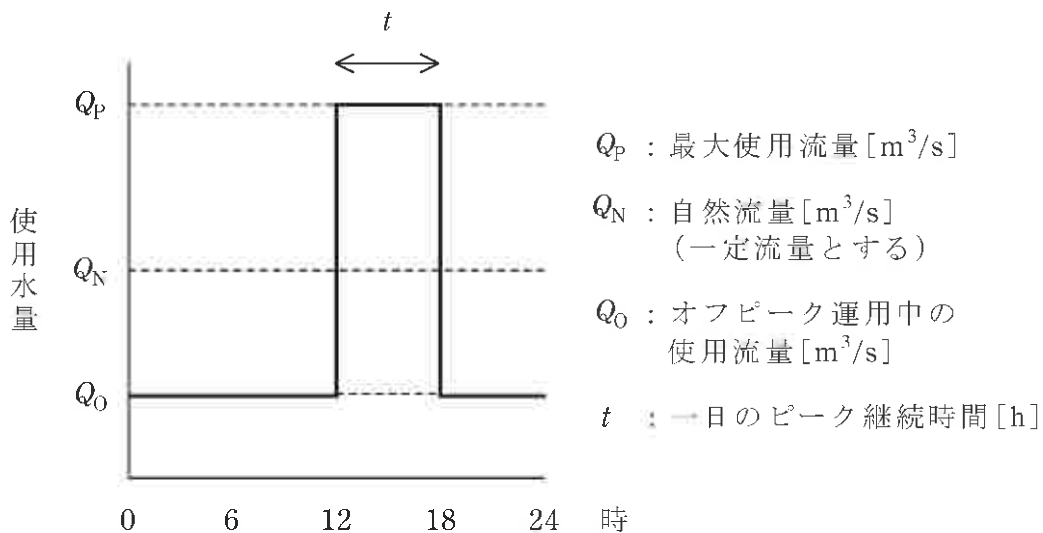
- (1) 鉄は、炭素の含有量を低減させることにより飽和磁束密度及び透磁率が増加し、保磁力が減少する傾向があるが、純鉄や低炭素鋼は電気抵抗が小さいため、一般に交流用途の鉄心材料には適さない。
- (2) 鉄は、けい素含有量の増加に伴って飽和磁束密度及び保磁力が減少し、透磁率及び電気抵抗が増加する傾向がある。そのため、けい素鋼板は交流用途の鉄心材料に広く使用されているが、けい素含有量の増加に伴って加工性や機械的強度が低下するという性質もある。
- (3) 鉄心材料のヒステリシス損は、ヒステリシス曲線が囲む面積と交番磁界の周波数に比例する。
- (4) 厚さの薄い鉄心材料を積層した積層鉄心は、積層した鉄心材料間で電流が流れないように鉄心材料の表面に絶縁被膜が施されており、鉄心材料の積層方向(厚さ方向)と磁束方向とが同一方向となるときに顕著な渦電流損の低減効果が得られる。
- (5) 鉄心材料に用いられるアモルファス磁性材料は、原子配列に規則性がない非結晶構造を有し、結晶構造を有するけい素鋼材と比較して鉄損が少ない。薄帯形状であることから巻鉄心形の鉄心に適しており、柱上変圧器などに使用されている。

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 調整池の有効貯水量  $V$  [ $\text{m}^3$ ], 最大使用水量  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  であって, 発電機1台を有する調整池式発電所がある。

図のように, 河川から調整池に取水する自然流量  $Q_N$  は  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  で一日中一定とする。この条件で, 最大使用水量  $Q_P = 10 \text{ m}^3/\text{s}$  で6時間運用(ピーク運用)し, それ以外の時間は自然流量より低い一定流量で運用(オフピーク運用)して, 一日の自然流量分を全て発電運用に使用するものとする。

ここで, この発電所の一日の運用中の使用水量を変化させても, 水車の有効落差, 水車効率, 発電機効率は変わらず, それぞれ  $100 \text{ m}$ ,  $90\%$ ,  $96\%$  で一定とする。



調整池式発電所の日調整運用

この条件において, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

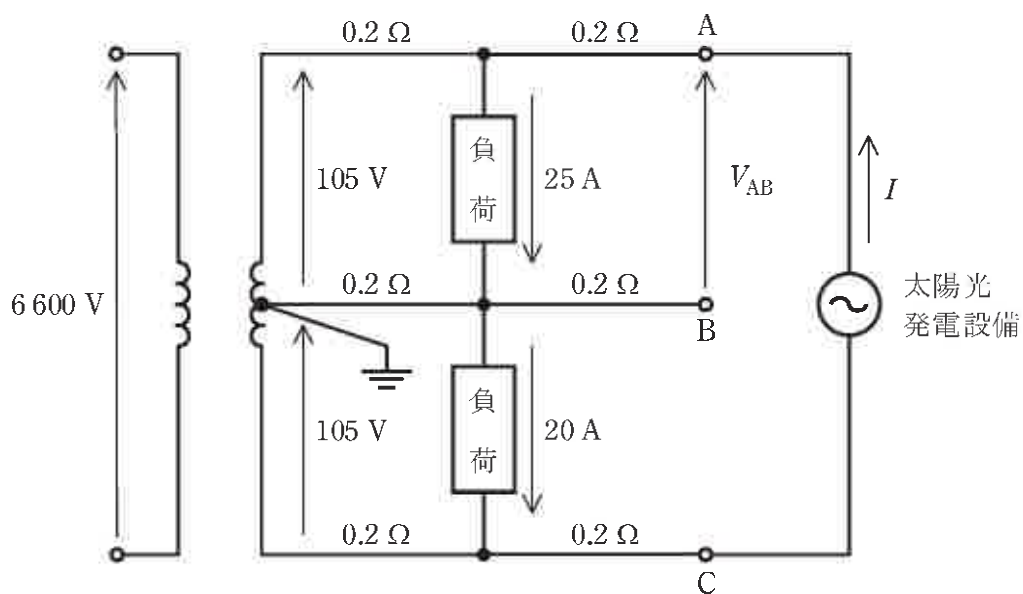
(a) このときの運用に最低限必要な有効貯水量  $V$  [m<sup>3</sup>]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 86 200    (2) 86 400    (3) 86 600    (4) 86 800    (5) 87 000

(b) オフピーク運用中の発電機出力[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) 2 000    (2) 2 500    (3) 3 000    (4) 3 500    (5) 4 000

問 16 図のように、電圧線及び中性線の各部の抵抗が  $0.2\ \Omega$  の単相 3 線式低圧配電線路において、末端の AC 間に太陽光発電設備が接続されている。各部の電圧及び電流が図に示された値であるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし、負荷は定電流特性で力率は 1、太陽光発電設備の出力(交流)は電流  $I$  [A]、力率 1 で一定とする。また、線路のインピーダンスは抵抗とし、図示していないインピーダンスは無視するものとする。



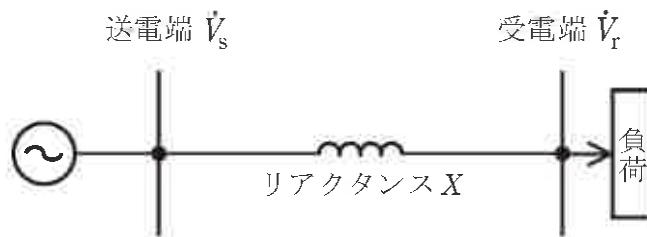
(a) 太陽光発電設備を接続する前の AB 間の端子電圧  $V_{AB}$  の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 96      (2) 99      (3) 100      (4) 101      (5) 104

(b) 太陽光発電設備を接続したところ、AB 間の端子電圧  $V_{AB}$  [V] が 107 V となった。このときの太陽光発電設備の出力電流(交流) $I$ 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) 5      (2) 15      (3) 20      (4) 25      (5) 30

問 17 図のように、抵抗を無視できる一回線短距離送電線路のリアクタンスと送電電力について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、一相分のリアクタンス  $X=11\ \Omega$ 、受電端電圧  $V_r$  は  $66\ \text{kV}$  で常に一定とする。



(a) 基準容量を  $100\ \text{MV}\cdot\text{A}$ 、基準電圧を受電端電圧  $V_r$  としたときの送電線路のリアクタンスをパーセント法で示した値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.4      (2) 2.5      (3) 25      (4) 40      (5) 400

(b) 送電電圧  $V_s$  を  $66\ \text{kV}$ 、相差角(送電端電圧  $V_s$  と受電端電圧  $V_r$  の位相差)  $\delta$  を  $30^\circ$  としたとき、送電電力  $P_s$  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) 22      (2) 40      (3) 198      (4) 343      (5) 3960

平成 29 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：0141B01234Aの場合）

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

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  $R$ [ $\Omega$ ] 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 水力発電所に用いられるダムの種類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) 重力ダムとは、コンクリートの重力によって水圧などの外力に耐えられるようにしたダムであって、体積が大きくなるが構造が簡単で安定性が良い。我が国では、最も多く用いられている。
- (2) アーチダムとは、水圧などの外力を兩岸の岩盤で支えるようにアーチ型にしたダムであって、兩岸の幅が狭く、岩盤が丈夫なところに作られ、コンクリートの量を節減できる。
- (3) ロックフィルダムとは、岩石を積み上げて作るダムであって、内側には、砂利、アスファルト、粘土などが用いられている。ダムは大きくなるが、資材の運搬が困難で建設地付近に岩石や砂利が多い場所に適している。
- (4) アースダムとは、土壌を主材料としたダムであって、灌漑用の池などを作るのに適している。基礎の地質が、岩などで強固な場合にのみ採用される。
- (5) 取水ダムとは、水路式発電所の水路に水を導入するため河川に設けられるダムであって、ダムの高さは低く、越流形コンクリートダムなどが用いられている。

問2 次の文章は、水車のキャビテーションに関する記述である。

運転中の水車の流水経路中のある点で  が低下し、そのときの  以下になると、その部分の水は蒸発して流水中に微細な気泡が発生する。その気泡が  の高い箇所に到達すると押し潰され消滅する。このような現象をキャビテーションという。水車にキャビテーションが発生すると、ランナやガイドベーンの壊食、効率の低下、 の増大など水車に有害な現象が現れる。

吸出し管の高さを  することは、キャビテーションの防止のため有効な対策である。

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)	流速	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(2)	流速	最低流速	吸出し管水圧	高く
(3)	圧力	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(4)	圧力	最低流速	振動や騒音	高く
(5)	圧力	飽和水蒸気圧	振動や騒音	低く

問3 火力発電所の環境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) 接触還元法は、排ガス中にアンモニアを注入し、触媒上で窒素酸化物を窒素と水に分解する。
- (2) 湿式石灰石(石灰)－石こう法は、石灰と水との混合液で排ガス中の硫黄酸化物を吸収・除去し、副産品として石こうを回収する。
- (3) 二段燃焼法は、燃焼用空気を二段階に分けて供給し、燃料過剰で一次燃焼させ、二次燃焼域で不足分の空気を供給し燃焼させ、窒素酸化物の生成を抑制する。
- (4) 電気集じん器は、電極に高電圧をかけ、コロナ放電で放電電極から放出される負イオンによってガス中の粒子を帯電させ、分離・除去する。
- (5) 排ガス混合(再循環)法は、燃焼用空気に排ガスの一部を再循環、混合して燃焼温度を上げ、窒素酸化物の生成を抑制する。

問4 原子力発電に用いられる  $M$ [g]のウラン 235 を核分裂させたときに発生するエネルギーを考える。ここで想定する原子力発電所では、上記エネルギーの30%を電力量として取り出すことができるものとし、この電力量をすべて使用して、揚水式発電所で揚水できた水量は  $90\,000\text{ m}^3$ であった。このときの  $M$ の値[g]として、最も近い値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、揚水式発電所の揚程は 240 m、揚水時の電動機とポンプの総合効率は84%とする。また、原子力発電所から揚水式発電所への送電で生じる損失は無視できるものとする。

なお、計算には必要に応じて次の数値を用いること。

核分裂時のウラン 235 の質量欠損 0.09 %

ウランの原子番号 92

真空中の光の速度  $3.0 \times 10^8$  m/s

- (1) 0.9      (2) 3.1      (3) 7.3      (4) 8.7      (5) 10.4

問5 次の文章は、地熱発電及びバイオマス発電に関する記述である。

地熱発電は、地下から取り出した (ア) によってタービンを回して発電する方式であり、発電に適した地熱資源は (イ) に多く存在する。

バイオマス発電は、植物や動物が生成・排出する (ウ) から得られる燃料を利用する発電方式である。燃料の代表的なものには、木くずから作られる固形化燃料や、家畜の糞から作られる (エ) 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) 蒸気	火山地域	有機物	液体燃料
(2) 熱水の流れ	平野部	無機物	気体燃料
(3) 蒸気	火山地域	有機物	気体燃料
(4) 蒸気	平野部	有機物	気体燃料
(5) 熱水の流れ	火山地域	無機物	液体燃料

問6 電力系統で使用される直流送電系統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) 直流送電系統は、交流送電系統のように送電線のリアクタンスなどによる発電機間の安定度の問題がないため、長距離・大容量送電に有利である。
- (2) 一般に、自励式交直変換装置では、運転に伴い発生する高調波や無効電力の対策のために、フィルタや調相設備の設置が必要である。一方、他励式交直変換装置では、自己消弧形整流素子を用いるため、フィルタや調相設備の設置が不要である。
- (3) 直流送電系統では、大地帰路電流による地中埋設物の電食や直流磁界に伴う地磁気測定への影響に注意を払う必要がある。
- (4) 直流送電系統では、交流送電系統に比べ、事故電流を遮断器により遮断することが難しいため、事故電流の遮断に工夫が行われている。
- (5) 一般に、直流送電系統の地絡事故時の電流は、交流送電系統に比べ小さいため、がいしの耐アーク性能が十分な場合、がいし装置からアークホーンを省くことができる。

問7 次の文章は、変圧器のY-Y結線方式の特徴に関する記述である。

一般に、変圧器のY-Y結線は、一次、二次側の中性点を接地でき、1線地絡などの故障に伴い発生する (ア) の抑制、電線路及び機器の絶縁レベルの低減、地絡故障時の (イ) の確実な動作による電線路や機器の保護等、多くの利点がある。

一方、相電圧は (ウ) を含むひずみ波形となるため、中性点を接地すると、(ウ) 電流が線路の静電容量を介して大地に流れることから、通信線への (エ) 障害の原因となる等の欠点がある。このため、(オ) による三次巻線を設けて、これらの欠点を解消する必要がある。

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)	異常電流	避雷器	第二調波	静電誘導	Δ結線
(2)	異常電圧	保護リレー	第三調波	電磁誘導	Y結線
(3)	異常電圧	保護リレー	第三調波	電磁誘導	Δ結線
(4)	異常電圧	避雷器	第三調波	電磁誘導	Δ結線
(5)	異常電流	保護リレー	第二調波	静電誘導	Y結線

問8 支持点間が 180 m, たるみが 3.0 m の架空電線路がある。

いま架空電線路の支持点間を 200 m にしたとき, たるみを 4.0 m にしたい。電線の最低点における水平張力をもとの何[%]にすればよいか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし, 支持点間の高低差はなく, 電線の単位長当たりの荷重は変わらないものとし, その他の条件は無視するものとする。

- (1) 83.3      (2) 92.6      (3) 108.0      (4) 120.0      (5) 148.1

問9 次の文章は、架空送電に関する記述である。

鉄塔などの支持物に電線を固定する場合、電線と支持物は絶縁する必要がある。その絶縁体として代表的なものに懸垂がいしがあり、 に応じて連結数が決定される。

送電線への雷の直撃を避けるために設置される  を架空地線という。架空地線に直撃雷があった場合、鉄塔から電線への逆フラッシュオーバを起こすことがある。これを防止するために、鉄塔の  を小さくする対策がとられている。

発電所や変電所などの架空電線の引込口や引出口には避雷器が設置される。避雷器に用いられる酸化亜鉛素子は  抵抗特性を有し、雷サージなどの異常電圧から機器を保護する。

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)	送電電圧	裸電線	接地抵抗	非線形
(2)	送電電圧	裸電線	設置間隔	線形
(3)	許容電流	絶縁電線	設置間隔	線形
(4)	許容電流	絶縁電線	接地抵抗	非線形
(5)	送電電圧	絶縁電線	接地抵抗	非線形

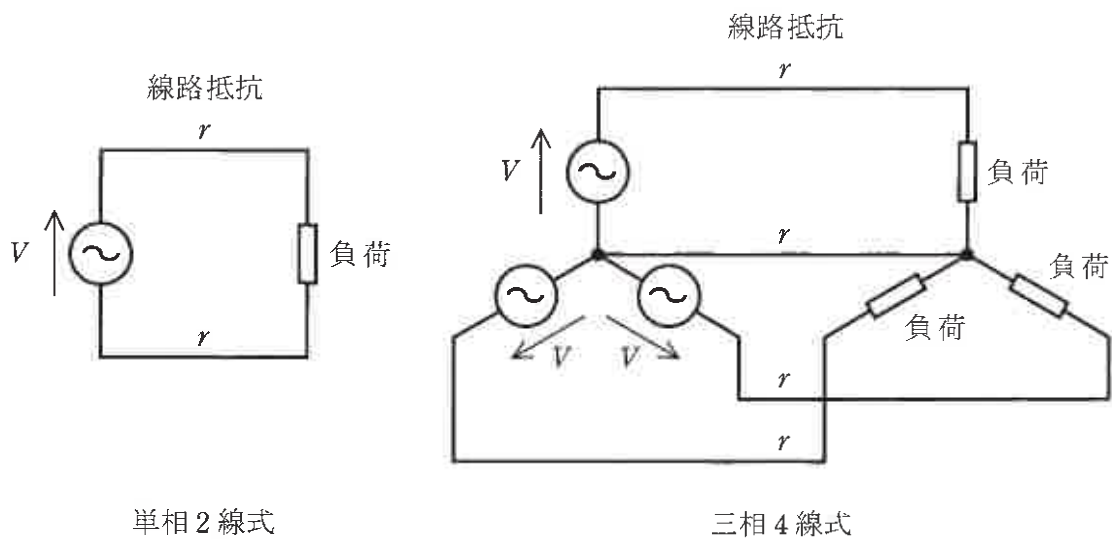
問 10 交流の地中送電線路に使用される電力ケーブルで発生する損失に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電力ケーブルの許容電流は、ケーブル導体温度がケーブル絶縁体の最高許容温度を超えない上限の電流であり、電力ケーブル内での発生損失による発熱量や、ケーブル周囲環境の熱抵抗、温度などによって決まる。
- (2) 交流電流が流れるケーブル導体中の電流分布は、表皮効果や近接効果によって偏りが生じる。そのため、電力ケーブルの抵抗損では、ケーブルの交流導体抵抗が直流導体抵抗よりも増大することを考慮する必要がある。
- (3) 交流電圧を印加した電力ケーブルでは、電圧に対して同位相の電流成分がケーブル絶縁体に流れることにより誘電体損が発生する。この誘電体損は、ケーブル絶縁体の誘電率と誘電正接との積に比例して大きくなるため、誘電率及び誘電正接の小さい絶縁体の採用が望まれる。
- (4) シース損には、ケーブルの長手方向に金属シースを流れる電流によって発生するシース回路損と、金属シース内の渦電流によって発生する渦電流損とがある。クロスボンド接地方式の採用はシース回路損の低減に効果があり、導電率の高い金属シース材の採用は渦電流損の低減に効果がある。
- (5) 電力ケーブルで発生する損失のうち、最も大きい損失は抵抗損である。抵抗損の低減には、導体断面積の大サイズ化のほかに分割導体、素線絶縁導体の採用などの対策が有効である。

問 11 回路図のような単相 2 線式及び三相 4 線式のそれぞれの低圧配電方式で、抵抗負荷に送電したところ送電電力が等しかった。

このときの三相 4 線式の線路損失は単相 2 線式の何[%]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 4 線式の結線は Y 結線で、電源は三相对称、負荷は三相平衡であり、それぞれの低圧配電方式の 1 線当たりの線路抵抗  $r$ 、回路図に示す電圧  $V$  は等しいものとする。また、線路インダクタンスは無視できるものとする。



- (1) 16.7      (2) 33.3      (3) 50.0      (4) 57.8      (5) 66.7

問 12 次の文章は、我が国の高低圧配電系統における保護について述べた文章である。

6.6 kV 高圧配電線路は、60 kV 以上の送電線路や送電用変圧器に比べ、電線路や変圧器の絶縁が容易であるため、故障時に健全相の電圧上昇が大きくなっても特に問題にならない。また、1 線地絡電流を  するため  方式が採用されている。

一般に、多回線配電線路では地絡保護に地絡方向継電器が用いられる。これは、故障時に故障線路と健全線路における地絡電流が  となることを利用し、故障回線を選択するためである。

低圧配電線路で短絡故障が生じた際の保護装置として  が挙げられるが、これは、通常、柱上変圧器の  側に取り付けられる。

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)	大きく	非接地	逆位相	高圧カットアウト	二次
(2)	大きく	接地	逆位相	ケッチヒューズ	一次
(3)	小さく	非接地	逆位相	高圧カットアウト	一次
(4)	小さく	接地	同位相	ケッチヒューズ	一次
(5)	小さく	非接地	同位相	高圧カットアウト	二次

問 13 次の文章は、配電線路の電圧調整に関する記述である。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 太陽電池発電設備を系統連系させたときの逆潮流による配電線路の電圧上昇を抑制するため、パワーコンディショナには、電圧調整機能を持たせているものがある。
- (2) 配電用変電所においては、高圧配電線路の電圧調整のため、負荷時電圧調整器(LRA)や負荷時タップ切換装置付変圧器(LRT)などが用いられる。
- (3) 低圧配電線路の力率改善をより効果的に実施するためには、低圧配電線路ごとに電力用コンデンサを接続することに比べて、より上流である高圧配電線路に電力用コンデンサを接続した方がよい。
- (4) 高負荷により配電線路の電圧降下が大きい場合、電線を太くすることで電圧降下を抑えることができる。
- (5) 電圧調整には、高圧自動電圧調整器(SVR)のように電圧を直接調整するもののほか、電力用コンデンサや分路リアクトル、静止形無効電力補償装置(SVC)などのように線路の無効電力潮流を変化させて行うものもある。

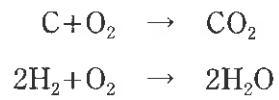
問 14 電気絶縁材料に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) ガス遮断器などに使用されている  $\text{SF}_6$  ガスは、同じ圧力の空気と比較して絶縁耐力や消弧能力が高く、反応性が非常に小さく安定した不燃性のガスである。しかし、 $\text{SF}_6$  ガスは、大気中に排出されると、オゾン層破壊への影響が大きいガスである。
- (2) 変圧器の絶縁油には、主に鉱油系絶縁油が使用されており、変圧器内部を絶縁する役割のほかに、変圧器内部で発生する熱を対流などによって放散冷却する役割がある。
- (3) CVケーブルの絶縁体に使用される架橋ポリエチレンは、ポリエチレンの優れた絶縁特性に加えて、ポリエチレンの分子構造を架橋反応により立体網目状分子構造とすることによって、耐熱変形性を大幅に改善した絶縁材料である。
- (4) がいしに使用される絶縁材料には、一般に、磁器、ガラス、ポリマの3種類がある。我が国では磁器がいしが主流であるが、最近では、軽量性や耐衝撃性などの観点から、ポリマがいしの利用が進んでいる。
- (5) 絶縁材料における絶縁劣化では、熱的要因、電氣的要因、機械的要因のほかに、化学薬品、放射線、紫外線、水分などが要因となり得る。

**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600MW, 定格出力時の発電端熱効率42%の汽力発電所がある。重油の発熱量は44000kJ/kgで, 潜熱の影響は無視できるものとして, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 重油の化学成分は質量比で炭素85%, 水素15%, 水素の原子量を1, 炭素の原子量を12, 酸素の原子量を16, 空気の酸素濃度を21%とし, 重油の燃焼反応は次のとおりである。



(a) 定格出力にて、1日運転したときに消費する燃料質量の値[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) 117      (2) 495      (3) 670      (4) 1403      (5) 2805

(b) そのとき使用する燃料を完全燃焼させるために必要な理論空気量<sup>\*</sup>の値[m<sup>3</sup>]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 mol の気体標準状態の体積は 22.4 L とする。

※理論空気量：燃料を完全に燃焼するために必要な最小限の空気量(標準状態における体積)

- (1)  $6.8 \times 10^6$     (2)  $9.2 \times 10^6$     (3)  $32.4 \times 10^6$     (4)  $43.6 \times 10^6$     (5)  $87.2 \times 10^6$

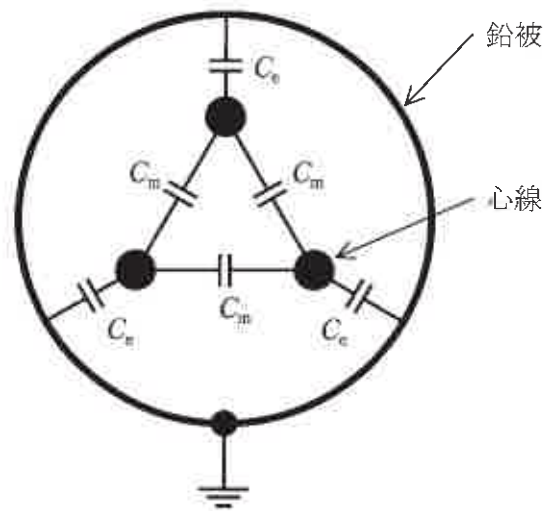
問 16 図に示すように、対地静電容量  $C_e$ [F]、線間静電容量  $C_m$ [F] からなる定格電圧  $E$ [V] の三相 1 回線のケーブルがある。

今、受電端を開放した状態で、送電端で三つの心線を一括してこれと大地間に定格電圧  $E$ [V] の  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍の交流電圧を加えて充電すると全充電電流は 90 A であった。

次に、二つの心線の受電端・送電端を接地し、受電端を開放した残りの心線と大地間に定格電圧  $E$ [V] の  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍の交流電圧を送電端に加えて充電するとこの心線に流れる充電電流は 45 A であった。

次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、ケーブルの鉛被は接地されているとする。また、各心線の抵抗とインダクタンスは無視するものとする。なお、定格電圧及び交流電圧の周波数は、一定の商用周波数とする。



(a) 対地静電容量  $C_e$ [F]と線間静電容量  $C_m$ [F]の比  $\frac{C_e}{C_m}$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5      (2) 1.0      (3) 1.5      (4) 2.0      (5) 4.0

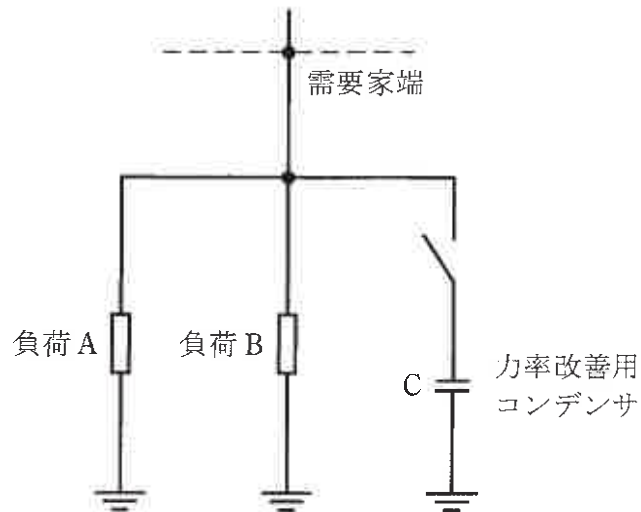
(b) このケーブルの受電端を全て開放して定格の三相電圧を送電端に加えたときに1線に流れる充電電流の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 52.5      (2) 75      (3) 105      (4) 120      (5) 135

問 17 特別高圧三相 3 線式専用 1 回線で、6 000 kW(遅れ力率 90 %)の負荷 A と 3 000 kW(遅れ力率 95 %)の負荷 B に受電している需要家がある。

次の(a)及び(b)の間に答えよ。

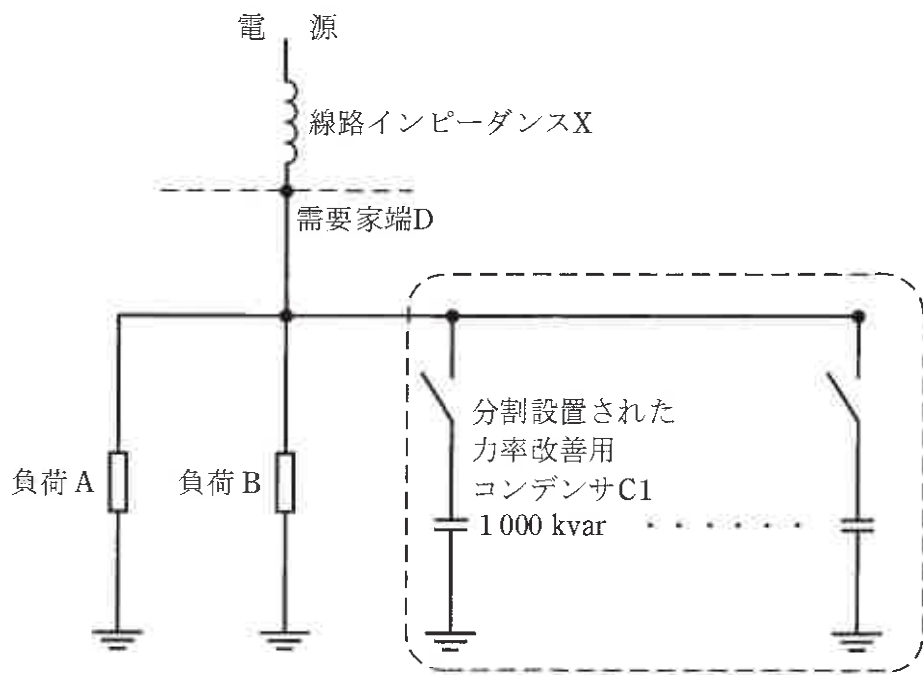
(a) 需要家全体の合成力率を 100 %にするために必要な力率改善用コンデンサの総容量の値[kvar]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 1 430      (2) 2 900      (3) 3 550      (4) 3 900      (5) 4 360

(b) 力率改善用コンデンサの投入・開放による電圧変動を一定値に抑えるために力率改善用コンデンサを分割して設置・運用する。下図のように分割設置する力率改善用コンデンサのうちの1台(C1)は容量が1000 kvarである。C1を投入したとき、投入前後の需要家端Dの電圧変動率が0.8%であった。需要家端Dから電源側を見たパーセントインピーダンスの値[%](10 MV・A ベース)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、線路インピーダンスXはリアクタンスのみとする。また、需要家構内の線路インピーダンスは無視する。



- (1) 1.25      (2) 8.00      (3) 10.0      (4) 12.5      (5) 15.0

平成 28 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：0141A01234Aの場合）

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

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  $R$ [ $\Omega$ ] 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

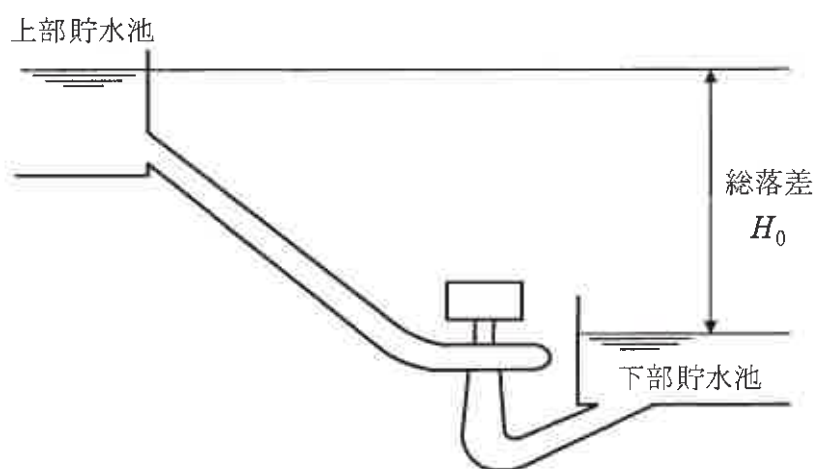
## A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 下記の諸元の揚水発電所を, 運転中の総落差が変わらず, 発電出力, 揚水入力ともに一定で運転するものと仮定する。この揚水発電所における発電出力の値 [kW], 揚水入力の値 [kW], 揚水所要時間の値 [h] 及び揚水総合効率の値 [%] として, 最も近い値の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

揚水発電所の諸元

総落差	$H_0 = 400 \text{ m}$
発電損失水頭	$h_G = H_0$ の3%
揚水損失水頭	$h_P = H_0$ の3%
発電使用水量	$Q_G = 60 \text{ m}^3/\text{s}$
揚水量	$Q_P = 50 \text{ m}^3/\text{s}$
発電運転時の効率	発電機効率 $\eta_G$ × 水車効率 $\eta_T = 87 \%$
ポンプ運転時の効率	電動機効率 $\eta_M$ × ポンプ効率 $\eta_P = 85 \%$
発電運転時間	$T_G = 8 \text{ h}$

(選択肢は右側に記載)



	発電出力 [kW]	揚水入力 [kW]	揚水所要時間 [h]	揚水総合効率 [%]
(1)	204 600	230 600	9.6	74.0
(2)	204 600	230 600	10.0	71.0
(3)	198 500	237 500	9.6	71.0
(4)	198 500	237 500	10.0	69.6
(5)	198 500	237 500	9.6	69.6

問2 次の文章は、発電所に用いられる同期発電機である水車発電機とタービン発電機の特徴に関する記述である。

水力発電所に用いられる水車発電機は直結する水車の特性からその回転速度はおおむね  $100 \text{ min}^{-1} \sim 1\,200 \text{ min}^{-1}$  とタービン発電機に比べ低速である。したがって、商用周波数50/60 Hzを発生させるために磁極を多くとれる (ア) を用い、大形機では据付面積が小さく落差を有効に使用できる立軸形が用いられることが多い。タービン発電機に比べ、直径が大きく軸方向の長さが短い。

一方、火力発電所に用いられるタービン発電機は原動機である蒸気タービンと直結し、回転速度が水車に比べ非常に高速なため2極機又は4極機が用いられ、大きな遠心力に耐えるように、直径が小さく軸方向に長い横軸形の (イ) を採用し、その回転子の軸及び鉄心は一体の鍛造軸材で作られる。

水車発電機は、電力システムの安定度の面及び負荷遮断時の速度変動を抑える点から発電機の経済設計以上のはずみ車効果を要求される場合が多く、回転子直径がより大きくなり、鉄心の鉄量が多い、いわゆる鉄機械となる。

一方、タービン発電機は、上述の構造のため界磁巻線を施す場所が制約され、大きな出力を得るためには電機子巻線の導体数が多い、すなわち銅量が多い、いわゆる銅機械となる。

鉄機械は、体格が大きく重量が重く高価になるが、短絡比が (ウ) ，同期インピーダンスが (エ) となり、電圧変動率が小さく、安定度が高く、(オ) が大きくなるといった利点をもつ。

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。

(選択肢は右側に記載)

	(7)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	突極機	円筒機	大きく	小さく	線路充電容量
(2)	円筒機	突極機	大きく	小さく	線路充電容量
(3)	突極機	円筒機	大きく	小さく	部分負荷効率
(4)	円筒機	突極機	小さく	大きく	部分負荷効率
(5)	突極機	円筒機	小さく	大きく	部分負荷効率

問3 汽力発電所のボイラ及びその付属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) 蒸気ドラムは、内部に蒸気部と水部をもち、気水分離器によって蒸発管からの気水を分離させるものであり、自然循環ボイラ、強制循環ボイラに用いられるが貫流ボイラでは必要としない。
- (2) 節炭器は、煙道ガスの余熱を利用してボイラ給水を飽和温度以上に加熱することによって、ボイラ効率を高める熱交換器である。
- (3) 空気予熱器は、煙道ガスの排熱を燃焼用空気に回収し、ボイラ効率を高める熱交換器である。
- (4) 通風装置は、燃焼に必要な空気をボイラに供給するとともに発生した燃焼ガスをボイラから排出するものである。通風方式には、煙突だけによる自然通風と、送風機を用いた強制通風とがある。
- (5) 安全弁は、ボイラの使用圧力を制限する装置としてドラム、過熱器、再熱器などに設置され、蒸気圧力が所定の値を超えたときに弁体が開く。

問4 次の文章は、原子力発電における核燃料サイクルに関する記述である。

天然ウランには主に質量数235と238の同位体があるが、原子力発電所の燃料として有用な核分裂性物質のウラン235の割合は、全体の0.7%程度にすぎない。そこで、採鉱されたウラン鉱石は製錬、転換されたのち、遠心分離法などによって、ウラン235の濃度が軽水炉での利用に適した値になるように濃縮される。その濃度は  %程度である。さらに、その後、再転換、加工され、原子力発電所の燃料となる。

原子力発電所から取り出された使用済燃料からは、  によってウラン、プルトニウムが分離抽出され、これらは再び燃料として使用することができる。プルトニウムはウラン238から派生する核分裂性物質であり、ウランとプルトニウムとを混合した  を軽水炉の燃料として用いることをプルサーマルという。

また、軽水炉の転換比は0.6程度であるが、高速中性子によるウラン238のプルトニウムへの変換を利用した  では、消費される核分裂性物質よりも多くの量の新たな核分裂性物質を得ることができる。

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)	3～5	再処理	MOX燃料	高速増殖炉
(2)	3～5	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(3)	3～5	再加工	イエローケーキ	新型転換炉
(4)	10～20	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(5)	10～20	再加工	MOX燃料	新型転換炉

問5 各種の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) 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。化学反応で発生する熱は給湯などに利用できる。
- (2) 貯水池式発電は水力発電の一種であり、季節的に変動する河川流量を貯水して使用することができる。
- (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。風力発電で取り出せる電力は、損失を無視すると、風速の2乗に比例する。
- (5) 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。

問6 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7 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) 遮断器は、送電線路の運転・停止、故障電流の遮断などに用いられる。
- (2) 遮断器では一般的に、電流遮断時にアークが発生する。ガス遮断器では圧縮ガスを吹き付けることで、アークを早く消弧することができる。
- (3) ガス遮断器で用いられる六ふっ化硫黄(SF<sub>6</sub>)ガスは温室効果ガスであるため、使用量の削減や回収が求められている。
- (4) 電圧が高い系統では、真空遮断器に比べてガス遮断器が広く使われている。
- (5) 直流電流には電流零点がないため、交流電流に比べ電流の遮断が容易である。

問8 次の文章は、誘導障害に関する記述である。

架空送電線路と通信線路とが長距離にわたって接近交差していると、通信線路に対して電圧が誘導され、通信設備やその取扱者に危害を及ぼすなどの障害が生じる場合がある。この障害を誘導障害といい、次の2種類がある。

- ① 架空送電線路の電圧によって、架空送電線路と通信線路間の (ア) を介して通信線路に誘導電圧を発生させる (イ) 障害。
- ② 架空送電線路の電流によって、架空送電線路と通信線路間の (ウ) を介して通信線路に誘導電圧を発生させる (エ) 障害。

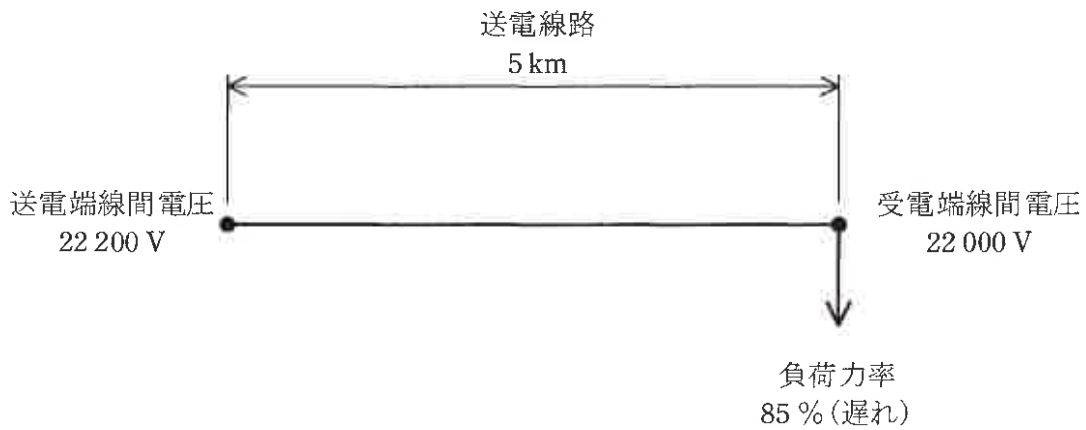
架空送電線路が十分にねん架されていれば、通常は、架空送電線路の電圧や電流によって通信線路に現れる誘導電圧はほぼ0Vとなるが、架空送電線路で地絡事故が発生すると、電圧及び電流は不平衡になり、通信線路に誘導電圧が生じ、誘導障害が生じる場合がある。例えば、一線地絡事故に伴う (エ) 障害の場合、電源周波数を $f$ 、地絡電流の大きさを $I$ 、単位長さ当たりの架空送電線路と通信線路間の (ウ) を $M$ 、架空送電線路と通信線路との並行区間長を $L$ としたときに、通信線路に生じる誘導電圧の大きさは (オ) で与えられる。誘導障害対策に当たっては、この誘導電圧の大きさを考慮して検討の要否を考える必要がある。

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)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$
(2)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$\pi fMLI$
(3)	キャパシタンス	電磁誘導	相互インダクタンス	静電誘導	$\pi fMLI$
(4)	相互インダクタンス	電磁誘導	キャパシタンス	静電誘導	$2\pi fMLI$
(5)	相互インダクタンス	静電誘導	キャパシタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$

問9 図のように、こう長5 kmの三相3線式1回線の送電線路がある。この送電線路における送電端線間電圧が22 200 V、受電端線間電圧が22 000 V、負荷力率が85 % (遅れ) であるとき、負荷の有効電力 [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、1 km当たりの電線1線の抵抗は $0.182 \Omega$ 、リアクタンスは $0.355 \Omega$ とし、その他の条件はないものとする。なお、本問では、送電端線間電圧と受電端線間電圧との位相角は小さいとして得られる近似式を用いて解答すること。



- (1) 568      (2) 937      (3) 2 189      (4) 3 277      (5) 5 675

問10 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) マーレーループ法は、並行する健全相と故障相の2本のケーブルにおける一方の導体端部間にマーレーループ装置を接続し、他方の導体端部間を短絡してブリッジ回路を構成することで、ブリッジ回路の平衡条件から故障点を標定する方法である。
- (2) パルスレーダ法は、故障相のケーブルにおける健全部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、同位置で故障点からの反射パルスが返ってくる時間を測定することで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て、健全相と故障相のケーブルの静電容量をそれぞれ測定することで故障点を標定する方法である。
- (4) 測定原理から、マーレーループ法は地絡事故に、静電容量測定法は断線事故に、パルスレーダ法は地絡事故と断線事故の双方に適用可能である。
- (5) 各故障点位置標定法での測定回路で得た測定値に加えて、マーレーループ法では単位長さ当たりのケーブルの導体抵抗が、静電容量測定法ではケーブルのこう長が、パルスレーダ法ではケーブル中のパルス電圧の伝搬速度がそれぞれ与えられれば、故障点の位置標定ができる。

問11 地中配電線路に用いられる機器の特徴に関する記述 a ～ e について、誤っているものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- a 現在使用されている高圧ケーブルの主体は、架橋ポリエチレンケーブルである。
- b 終端接続材料のがい管は、磁器製のほか、EPゴムやエポキシなど樹脂製のものもある。
- c 直埋変圧器(地中変圧器)は、変圧器孔を地下に設置する必要があり、設置コストが大きい。
- d 地中配電線路に用いられる開閉器では、ガス絶縁方式は採用されない。
- e 高圧需要家への供給用に使用される供給用配電箱には、開閉器のほかに供給用の変圧器がセットで収納されている。

- (1) a
- (2) b, e
- (3) c, d
- (4) d, e
- (5) b, c, e

問12 次の文章は、低圧配電システムの構成に関する記述である。

放射状方式は、 ごとに低圧幹線を引き出す方式で、構成が簡単で保守が容易なことから我が国では最も多く用いられている。

バンキング方式は、同一の特別高圧又は高圧幹線に接続されている2台以上の配電用変圧器の二次側を低圧幹線で並列に接続する方式で、低圧幹線の, 電力損失を減少でき、需要の増加に対し融通性がある。しかし、低圧側に事故が生じ、1台の変圧器が使用できなくなった場合、他の変圧器が過負荷となりヒューズが次々と切れ広範囲に停電を引き起こす という現象を起こす可能性がある。この現象を防止するためには、連系箇所には、連系箇所に設ける区分ヒューズの動作時間が変圧器一次側に設けられる高圧カットアウトヒューズの動作時間より なるよう保護協調をとる必要がある。

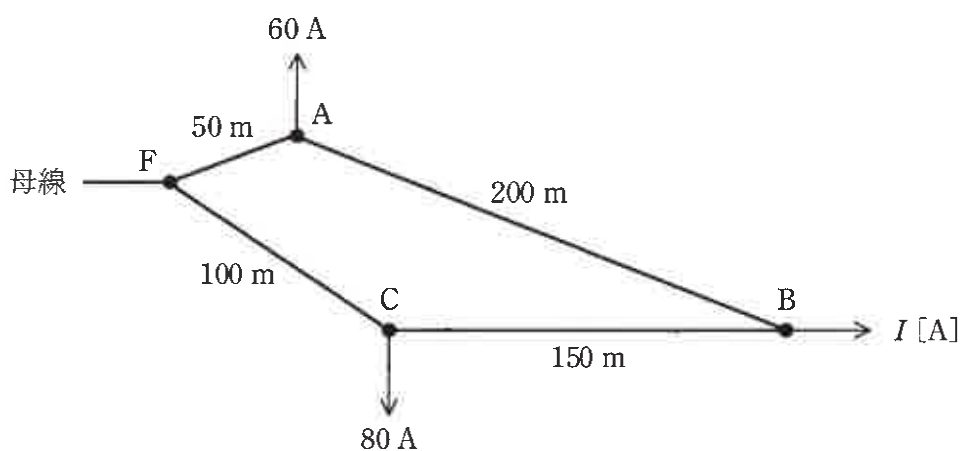
低圧ネットワーク方式は、複数の特別高圧又は高圧幹線から、ネットワーク変圧器及びネットワークプロテクタを通じて低圧幹線に供給する方式である。特別高圧又は高圧幹線側が1回線停電しても、低圧の需要家側に無停電で供給できる信頼度の高い方式であり、大都市中心部で実用化されている。

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)	配電用変電所	電圧降下	ブラックアウト	長く
(2)	配電用変電所	フェラランチ効果	ブラックアウト	長く
(3)	配電用変圧器	電圧降下	カスケーディング	短く
(4)	配電用変圧器	フェラランチ効果	カスケーディング	長く
(5)	配電用変圧器	フェラランチ効果	ブラックアウト	短く

問13 図のような単相2線式線路がある。母線F点の線間電圧が107Vのとき、B点の線間電圧が96Vになった。B点の負荷電流 $I$  [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、使用する電線は全て同じものを用い、電線1条当たりの抵抗は、1km当たり $0.6\Omega$ とし、抵抗以外は無視できるものとする。また、全ての負荷の力率は100%とする。



- (1) 29.3      (2) 54.3      (3) 84.7      (4) 102.7      (5) 121.3

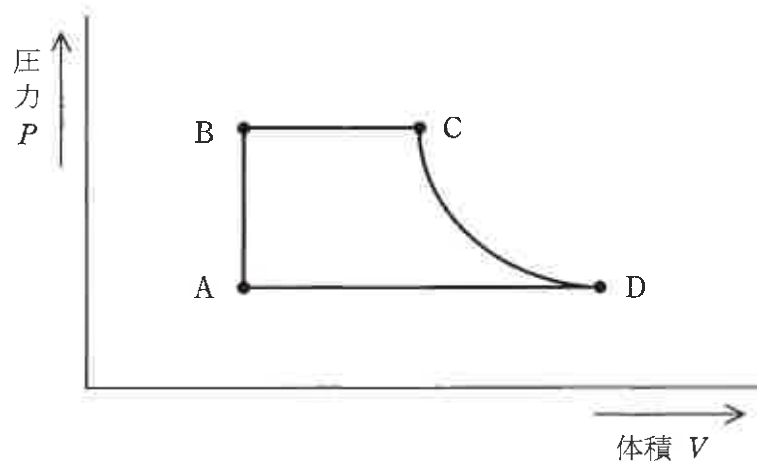
問 14 送電線路に用いられる導体に関する記述として、誤っているものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 導体の特性として、一般に導電率は高く引張強さが大きいこと、質量及び線熱膨張率が小さいこと、加工性及び耐食性に優れていることなどが求められる。
- (2) 導体には、一般に銅やアルミニウム又はそれらの合金が用いられ、それらの導体の導電率は、温度や不純物成分、加工条件、熱処理条件などによって異なり、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。
- (3) 地中ケーブルの銅導体には、一般に軟銅が用いられ、硬銅と比べて引張強さは小さいが、伸びや可とう性に優れ、導電率が高い。
- (4) 鋼心アルミより線は、中心に亜鉛めっき鋼より線、その周囲に軟アルミ線をより合わせた電線であり、アルミの軽量かつ高い導電性と、鋼の強い引張強さをもつ代表的な架空送電線である。
- (5) 純アルミニウムは、純銅と比較して導電率が $\frac{2}{3}$ 程度、比重が $\frac{1}{3}$ 程度であるため、電気抵抗と長さが同じ電線の場合、アルミニウム線の質量は銅線のおよそ半分である。

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図は, あるランキンサイクルによる汽力発電所の $P$ - $V$ 線図である。この発電所が, A点の比エンタルピー  $140 \text{ kJ/kg}$ , B点の比エンタルピー  $150 \text{ kJ/kg}$ , C点の比エンタルピー  $3380 \text{ kJ/kg}$ , D点の比エンタルピー  $2560 \text{ kJ/kg}$ , 蒸気タービンの使用蒸気量  $100 \text{ t/h}$ , 蒸気タービン出力  $18 \text{ MW}$ で運転しているとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



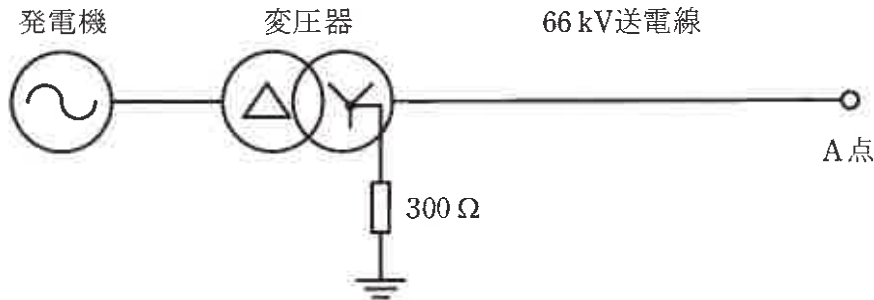
(a) タービン効率の値 [%] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 58.4      (2) 66.8      (3) 79.0      (4) 95.3      (5) 96.7

(b) この発電所の送電端電力  $16 \text{ MW}$ , 所内比率  $5\%$  のとき, 発電機効率の値 [%] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 84.7      (2) 88.6      (3) 88.9      (4) 89.2      (5) 93.6

問16 図に示すように、発電機、変圧器と公称電圧 66 kV で運転される送電線からなる系統があるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし、中性点接地抵抗は図の変圧器のみに設置され、その値は  $300 \Omega$  とする。



(a) A点で  $100 \Omega$  の抵抗を介して一線地絡事故が発生した。このときの地絡電流の値 [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、発電機、発電機と変圧器間、変圧器及び送電線のインピーダンスは無視するものとする。

- (1) 95            (2) 127            (3) 165            (4) 381            (5) 508

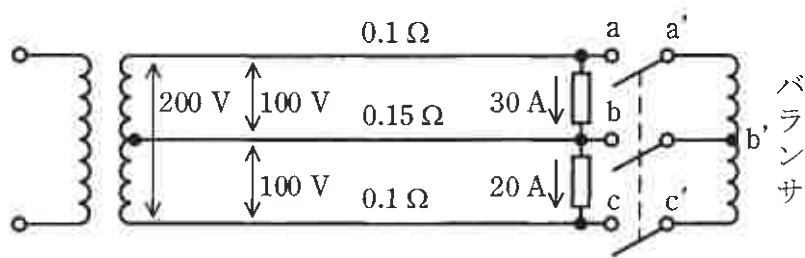
(b) A点で三相短絡事故が発生した。このときの三相短絡電流の値 [A] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、発電機の容量は  $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、出力電圧  $6.6 \text{ kV}$ 、三相短絡時のリアクタンスは自己容量ベースで  $25\%$ 、変圧器容量は  $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、変圧比は  $6.6 \text{ kV}/66 \text{ kV}$ 、リアクタンスは自己容量ベースで  $10\%$ 、 $66 \text{ kV}$  送電線のリアクタンスは、 $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$  ベースで  $5\%$  とする。なお、発電機と変圧器間のインピーダンスは無視する。また、発電機、変圧器及び送電線の抵抗は無視するものとする。

- (1) 33            (2) 219            (3) 379            (4) 656            (5) 3019

問17 図のような、線路抵抗をもった100/200 V単相3線式配電線路に、力率が100%で電流がそれぞれ30 A及び20 Aの二つの負荷が接続されている。この配電線路にバランサを接続した場合について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし、バランサの接続前後で負荷電流は変化しないものとし、線路抵抗以外のインピーダンスは無視するものとする。



(a) バランサ接続後a'-b'間に流れる電流の値[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) 5            (2) 10            (3) 20            (4) 25            (5) 30

(b) バランサ接続前後の線路損失の変化量の値[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) 20            (2) 65            (3) 80            (4) 125            (5) 145

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				記号		
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	N	
●					●	○	○	○	○	A	
○	●	○	●		○	●	○	○	○	B	
○	○	○	○	●	○	○	●	○	○	C	
○	○	○	○		○	○	○	●	○	K	
○	○	●	○		○	○	○	○	●	L	
○	○		○		○	○	○	○	○	M	
○	○		○		○	○	○	○	○	●	N
○					○	○	○	○	○		
○					○	○	○	○	○		
○					○	○	○	○	○		

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  $R$  [ $\Omega$ ] 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  $P = \rho g Q H$  と表される。ここで  $H$  [m] は有効落差,  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] は流量,  $g$  は重力加速度  $= 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho$  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。

$P = \rho g Q H$  の単位は  $\rho$ ,  $g$ ,  $Q$ ,  $H$  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。これを変形すると,  $\boxed{\text{(ア)}} \cdot \text{m/s}$  となるが,  $\boxed{\text{(ア)}}$  は力の単位  $\boxed{\text{(イ)}}$  と等しい。すなわち  $P = \rho g Q H$  の単位は  $\boxed{\text{(イ)}} \cdot \text{m/s}$  となる。ここで  $\boxed{\text{(イ)}} \cdot \text{m}$  は仕事 (エネルギー) の単位である  $\boxed{\text{(ウ)}}$  と等しいことから  $P = \rho g Q H$  の単位は  $\boxed{\text{(ウ)}} / \text{s}$  と表せ, これは仕事率 (動力) の単位である  $\boxed{\text{(エ)}}$  と等しい。ゆえに, 理論水力  $P = \rho g Q H$  の単位は  $\boxed{\text{(エ)}}$  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  $P = 9.8 Q H$  [  $\boxed{\text{(オ)}}$  ] 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 <sup>2</sup>	Pa	J	W	kW
(3)	kg・m	N	J	W	kW
(4)	kg・m/s <sup>2</sup>	N	W	J	kJ
(5)	kg・m/s <sup>2</sup>	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、がいし表面へのはっ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の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線式と单相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、单相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1000 MW, 速度調定率5%のタービン発電機と, 定格出力300 MW, 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(60 Hz)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)の問に答えよ。

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。

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

$P_1$ : 初期出力 [MW]

$n_1$ : 出力  $P_1$  における回転速度 [ $\text{min}^{-1}$ ]

$P_2$ : 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 [ $\text{min}^{-1}$ ]

$P_n$ : 定格出力 [MW]

$n_n$ : 定格回転速度 [ $\text{min}^{-1}$ ]

(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

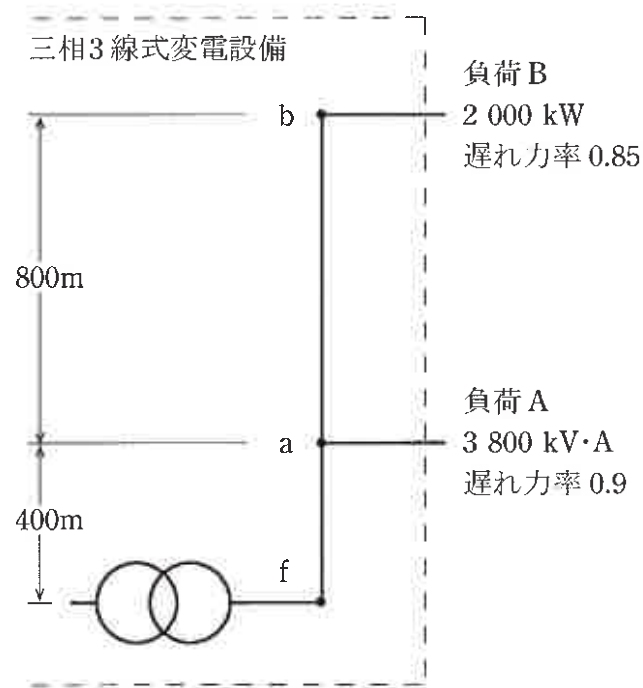
(b) 出力を変化させ、安定した後の水車発電機の出力の値 [MW] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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  $3800 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、遅れ力率  $0.9$  の負荷 A と、b点から  $2000 \text{ kW}$ 、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  $22000 \text{ V}$  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  $400 \text{ m}$ 、a点とb点の間は  $800 \text{ m}$  で、電線1条当たりの抵抗とリアクタンスは  $1 \text{ km}$  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。

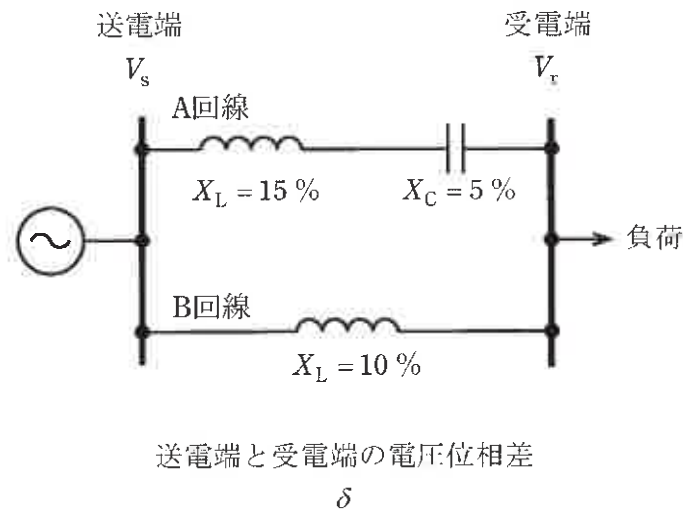
- (1) 2710      (2) 2900      (3) 3080      (4) 4880      (5) 5120

(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  $\delta$  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