令和 8 年度

第 1 種

電力・管理

（第 1 時限目）

第 1 種

電 力 ・ 管 理

答案用紙記入上の注意事項

1．答案用紙（記述用紙）について

O　答案用紙は機械で読み取るため，新たな折り曲げや破るのは禁止です。

O　シール票は本人のものであることを受験票と照合してください。

O　記入にはＨＢの鉛筆またはシャープペンシルを使用してください。薄いと採点されないので，見えづらければＨＢより濃いＢや２Ｂを使用してください。

O　指示がありましたら答案用紙４枚を引き抜き，４枚とも直ちに受験番号及び生年月日を記入し，受験番号シールを貼付してください。氏名は記入不要です。

O　答案用紙は１問につき１枚です。追加支給はありません。

O　答案用紙にはページ番号を付しており，(2)～(3)ページに記述します。(4)ページは，図表等の問題に使用するもので，使用する場合は問題文で指定します。

2．試験問題について

（計算問題）**解に至る過程を簡潔に記入**してください。

O　導出過程が不明瞭な答案は，0 点となる場合があります。

O　計算問題において，簡略式を用いても算出できる場合もありますが，問題文中に明記がある場合を除き，**簡略式は使用しないでください。**

O　答は，問題文で指定がない限り，３桁（４桁目を四捨五入）です。なお，解答以外の数値の桁数は，誤差が出ないよう多く取ってください。

例：線電流 I は，$I=\dfrac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta}=\dfrac{10\times10^3}{\sqrt{3}\times200\times0.9}=32.075$ A （答）32.1 A

１線当たりの損失 P_{L} は，$P_{\mathrm{L}}=I^2R=32.075^2\times0.2=205.76$ W （答）206 W

（記述問題）**問題文の要求に従って記入**してください。

O　例えば「３つ答えよ。」という要求は，４つ以上答えてはいけません。

第 1 種

電力・管理

問１～問６の中から任意の４問を解答すること。（配点は１問題当たり 30 点）

問１　揚水発電所に関して，次の問に答えよ。

この揚水発電所ではポンプ水車が用いられており，各ダムの水位(標高)，損失落差・揚程，効率等については次のとおりとする。

上下ダムの水位及び水車中心の標高は，表１と図１に示す。

損失落差・揚程は，発電・揚水ともに使用水量で変化しないものとして，20 m で一定とする。効率も出力，入力によって変化しないものとして，表２に示す効率で一定とする。

また，発電時の落差－出力特性の概略は図２のとおりで，基準落差以上の落差では最大出力は一定とする。揚水時の揚程－入力特性の概略は図３のとおりとする。

(1)　この揚水発電所の水車の最大使用水量は 50 m^3/s，ポンプの最大揚水量は 40 m^3/s，発電機の極数は 12，連系周波数は 50 Hz とするとき，発電機の最大出力[kW]，電動機の最大入力[kW]及び回転速度[min^{-1}]を求めよ。

(2)　この揚水発電所で，下部ダムから 200 万 m^3 の水を上部ダムに汲み上げるとき，これに必要な電力量[kW･h]を求めよ。

ただし，ここでの揚程は便宜的に基準揚程を用いるものとする。

(3)　単価 10 円/kW･h の電力で揚水する場合，発電時の単価(卸市場に売電する場合に，燃料費として損益分岐となる売電価格)を求めよ。

ただし，この算定における落差・揚程条件は便宜的に基準落差・基準揚程を用いるものとする。

(4)　この発電所の吸出し高さを求めよ。ただし，放水面は最低水位とする。また，建設計画時に吸出し高さを設定するにあたって，留意すべきことを 70 字以内で述べよ。

表 1 標高一覧

	上部ダム	下部ダム	発電所
満水位	800 m	250 m	－
基準水位	780 m	240 m	－
最低水位	750 m	200 m	－
水車中心	－	－	150m

表 2 効率一覧

発電電動機	98%
水車	92%
ポンプ	87%

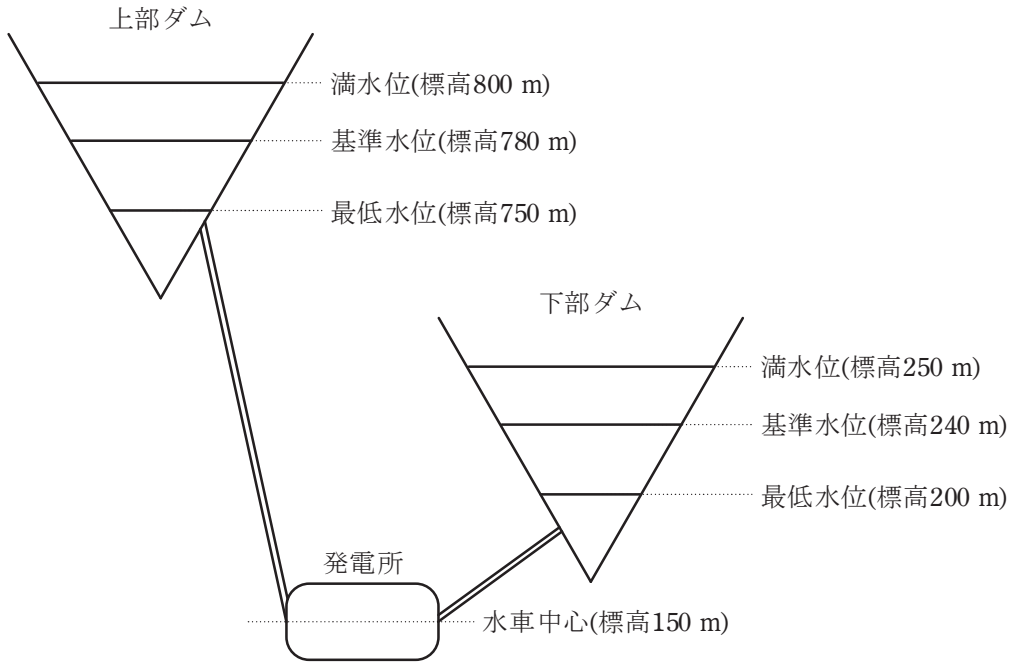


図1 上下ダム水位(標高)，水車中心(標高)

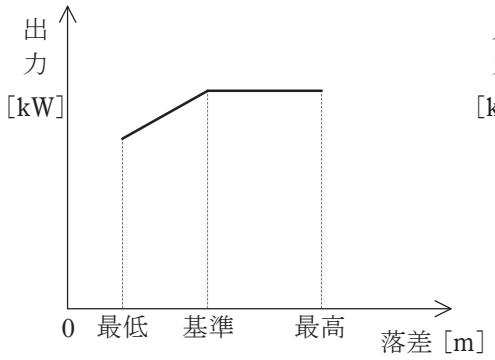


図2 発電時の落差－出力特性

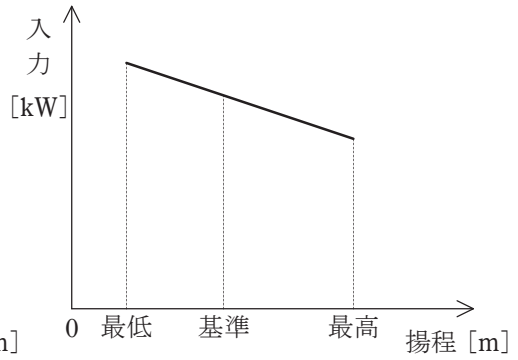


図3 揚水時の揚程－入力特性

問２　配電用変電所の変圧器及び特別高圧需要家の受電変圧器に関して，次の問に答えよ。

(1)　配電用変電所の変圧器の二次側母線電圧が上昇傾向にある。この原因として，特に近年顕著となっている要因のうち二つを挙げ，その現象の概要をそれぞれ 100 字程度以内で述べよ。

(2)　配電用変電所の変圧器には負荷時タップ切換機能付き変圧器が主として採用されている。このような変電所において，二次側母線電圧の上昇が課題となったときに，負荷時タップ切換機能付き変圧器の設計面で取り得る設備対策と，変電所側で取り得るその他の設備対策を一つずつ挙げ，それぞれについてその対策を行う場合の運用面やコスト面等での留意点を 50 字程度以内で述べよ。

(3)　近年，ハイパースケール DC(データセンター)や大型半導体工場のような大規模な特別高圧の需要家の立地が進んでいる。このような大規模特別高圧需要家の受電変圧器を系統に併入した瞬間に，受電変圧器の一次側に非常に大きな電流が流れることがある。この現象の発生理由と送電系統への影響について 100 字程度以内で述べよ。

問３　架空送電線路で発生する以下の現象について，発生のメカニズム，送電設備又は周辺環境への影響，対策を，(1)(2)それぞれ 200 字程度以内で答えよ。

(1) 微風振動

(2) コロナ放電

問４　図１の電力系統について，小問(1)～(3)に答えよ。ただし，単位法を用いて，送電線のインピーダンスを $\mathrm{j}x$，送電端と受電端の電圧をそれぞれ $V_\mathrm{s}\mathrm{e}^{\mathrm{j}0}$，$V_\mathrm{r}\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta}$，受電電力を $P+\mathrm{j}Q$ とする。ここで，j は虚数単位とし，無効電力 Q の符号は遅れを正とする。

(1) P 及び Q をそれぞれ V_r，V_s，δ，x を用いて表せ。

(2) 小問(1)の結果から δ を消去すると，P，Q，V_r，V_s，x の関係式が次式のとおり得られる。(A)及び(B)に当てはまる数式を示せ。

$$P^2+\left(Q+\boxed{\text{(A)}}\right)^2=\left(\boxed{\text{(B)}}\right)^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad ①$$

(3) ①式の両辺を Q で偏微分することで，受電端における電圧・無効電力感度 $\dfrac{\partial V_\mathrm{r}}{\partial Q}$ を Q，V_r，V_s，x を用いて表せ。ただし，P，V_s を一定とする。

図２の電力系統について，小問(4)，(5)に答えよ。ただし，電源の同期リアクタンスは 0.2 %(10 MV･A 基準)，変圧器の漏れリアクタンスは 3 %(200 MV･A 基準)，送電線の正相インピーダンスは 2 %(100 MV･A 基準)とし，記載の無いインピーダンスは全て無視せよ。負荷は 64 MW(力率 1.0)とし，電源の背後電圧は 275 kV で一定とする。ただし，負荷母線の電圧は 154 kV とし，単位法における基準電圧は図２に示すとおりとする。

(4) 負荷母線から系統側を見たリアクタンスを単位法により求めよ。ただし，単位法における電力の基準値は 100 MV･A とせよ。

(5) 負荷母線の電圧・無効電力感度 $\dfrac{\partial V_\mathrm{r}}{\partial Q}$ [kV/Mvar]を求めよ。

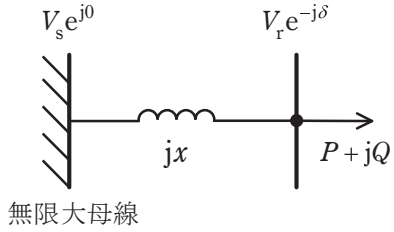

$V_s e^{j0}$
$V_r e^{-j\delta}$
jx
$P + jQ$
無限大母線

図1

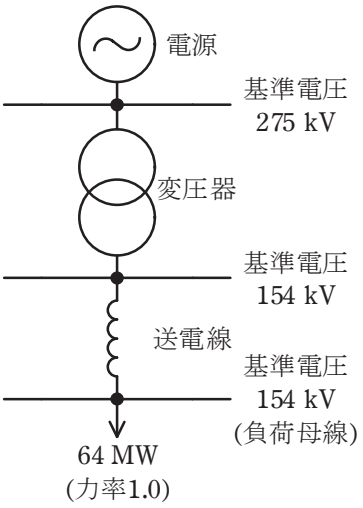
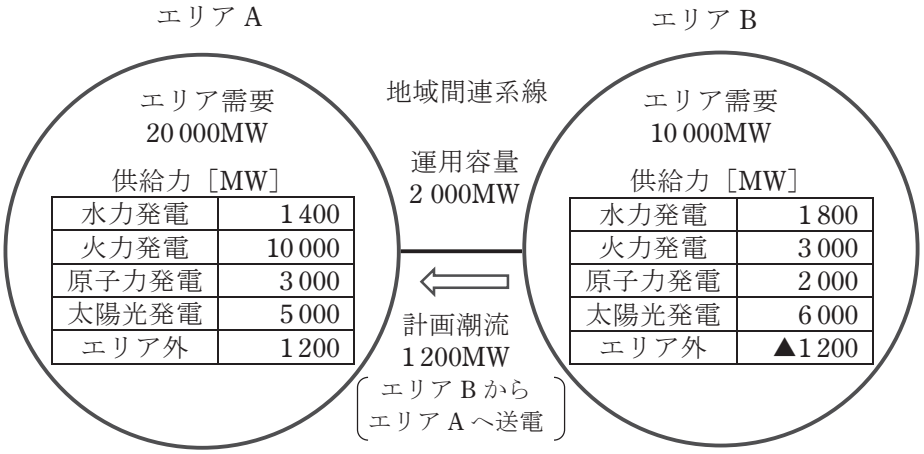

電源
基準電圧
275 kV
変圧器
基準電圧
154 kV
送電線
基準電圧
154 kV
(負荷母線)
64 MW
(力率1.0)

図2

問５　電力需給バランスを評価する際に，従来はエリア毎の予備率(エリア予備率)が用いられてきたが，最近では，地域間連系線の空容量を最大限活用した調整力の広域調達・運用が進んでおり，広域ブロック単位での予備率(広域予備率)による管理が行われている。電力需給バランス評価における予備率計算に関して，次の問に答えよ。

(1)地域間連系線で連系している二つのエリア（A 及び B）の需要，供給力及び地域間連系線の運用容量(常時，運用上流せる上限)，計画潮流が図に示す状況のときに，エリア A 及びエリア B におけるそれぞれのエリア予備率を求めよ。



図：各エリアの需要と供給力，連系線の状況

(2) 広域予備率の管理では，連系線の空容量の範囲内で他のエリアの供給力を融通して予備率を可能な限り均平化した状態で，需給ひっ迫度合いを確認している。小問(1)と同じ図に示す状況のときの，エリア A 及びエリア B におけるそれぞれの広域予備率を求めよ。

(3) 日々の予備率を計算する際には電力需要ピークの時間帯を対象に計算するだけではなく，それ以外の時間帯も評価する必要がある。1 日を通した供給力評価を行う際に，「太陽光発電」及び「揚水発電・蓄電池」を供給力として見込む場合の留意事項について，時間帯別評価の観点から 150 字程度で述べよ。

問６　電気事業者の変電所から 66 kV 三相架空送電線 2 回線で受電する特別高圧需要家がある（図 1）。送電線には，回線ごとに再閉路システムが備えられているとする。需要家に至るまでの送変電系統は，変圧器上位系統の背後インピーダンス及び抵抗損失を無視するものとする。次の問に答えよ。ただし，$\dot{Z}_0$は変圧器の漏れインピーダンス，$\dot{Z}_1$は各送電線の正相インピーダンスである。

(1) 電力系統に発生する事故によって，需要家は，瞬時電圧低下を経験する可能性がある。瞬時電圧低下とはどのような現象であるのかを，その結果として生じる需要家への影響を二つ挙げて，150 文字程度で説明せよ。

(2) 需要家は，送電線 2 回線を併用して受電しているとする。変電所の上位系統電圧が 154kV で，負荷の正相インピーダンスが 80+j60 Ωであるとき，需要家の 66kV 受電母線における電圧の大きさ[kV]を求めよ。

(3) (2)の状態で受電しているときに，66kV 送電線 1 号のちょうど中間の地点で，三相短絡事故が発生した(図2)。この事故が除去されるまでの間，需要家の 66kV 受電母線における電圧の大きさ[kV]を求めよ。なお，負荷の正相インピーダンスは送電線の正相インピーダンスに比較して十分に大きいため，図 2 の CB　5 を開放した状況で計算することとする。

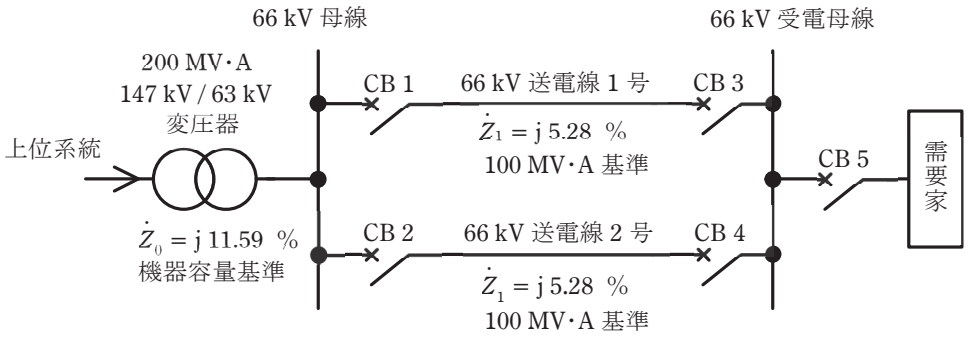

66 kV 母線
66 kV 受電母線
200 MV･A
147 kV / 63 kV
変圧器
上位系統
CB 1
66 kV 送電線 1 号
CB 3
$\dot{Z}_1$ = j 5.28 %
100 MV･A 基準
CB 5
需要家
$\dot{Z}_0$ = j 11.59 %
機器容量基準
CB 2
66 kV 送電線 2 号
CB 4
$\dot{Z}_1$ = j 5.28 %
100 MV･A 基準

図 1

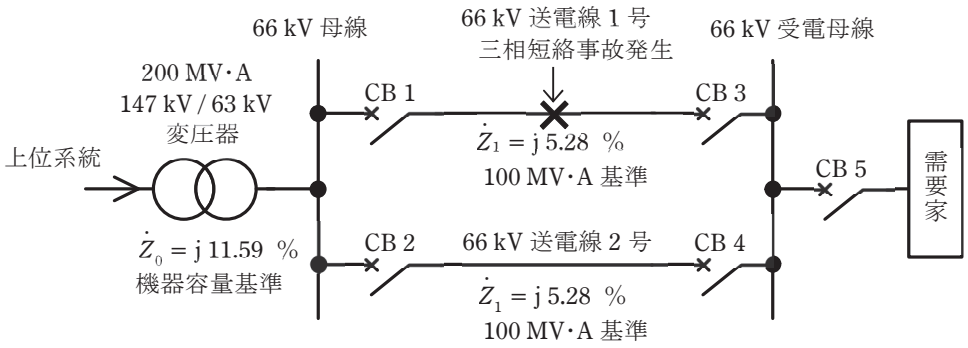

66 kV 母線
66 kV 送電線 1 号
三相短絡事故発生
66 kV 受電母線
200 MV･A
147 kV / 63 kV
変圧器
上位系統
CB 1
CB 3
$\dot{Z}_1$ = j 5.28 %
100 MV･A 基準
CB 5
需要家
$\dot{Z}_0$ = j 11.59 %
機器容量基準
CB 2
66 kV 送電線 2 号
CB 4
$\dot{Z}_1$ = j 5.28 %
100 MV･A 基準

図 2