

平成 23 年度

第 1 種

電力・管理

(第 1 時限目)

## 答案用紙記入上の注意事項

この試験は、6問中任意の4問を選び解答する方式です。解答する際には、この問題に折込まれている答案用紙（記述用紙）を引き抜いてから記入してください。

以下は、答案用紙記入上の注意事項です。

1. 筆記用具は、濃度HBの鉛筆又はHB（又はB）の芯を用いたシャープペンシルを使用してください。
2. 4枚の答案用紙を引き抜いたらすぐに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。
3. 答案用紙は、白紙解答であっても4枚すべて提出してください。
4. 問題は6問あります。この中から任意の4問を選び、1問につき1枚の答案用紙にて、解答してください。この場合、答案用紙には、選択した問の番号を記入してください。
5. 計算問題については、答案用紙に計算過程を明記してください。また、必要に応じ、計算根拠となる式も書いてください。
6. 計算問題において、簡略式を用いても算出できる場合がありますが、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。
7. 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3けたです。なお、解答以外の数値のけた数は、誤差が出ないように多く取ってください。

例：線電流  $I$  は

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\theta} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.9} = 32.075 \text{ [A]} \quad \text{答 } 32.1 \text{ [A]}$$

1線当たりの損失  $P_L$  は

$$P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ [W]} \quad \text{答 } 206 \text{ [W]}$$

以 上

（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。）

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。

問 1 図 1 及び図 2 は水車ランナ内における水の流れを表している。水の流れが①から②への中心流線によって代表されるものとしたとき、(1)から(4)の間は与えられた記号を用いて式で表し、(5)は数値計算せよ。

なお、ガイドベーンは図 1 の状況が全周にわたって均等にあるものとし、水車全体に対する水の流量、有効落差、水の密度及び重力加速度は、それぞれ  $q_v$  [m<sup>3</sup>/s]、 $H$  [m]、 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] 及び  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

ただし、ランナ固定部から漏れる流水及び機械損失は無視する。

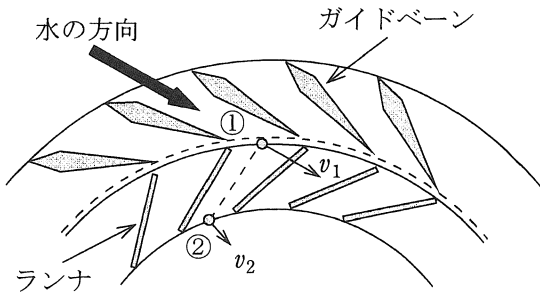


図1 ランナ内における水の流れ (平面図)

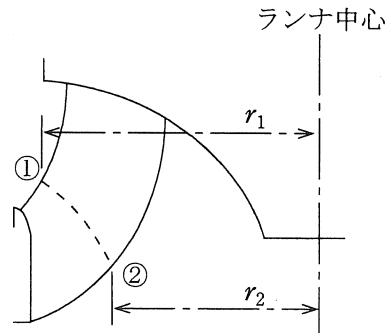


図2 ランナの垂直断面図

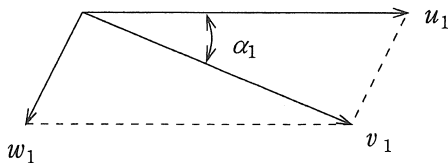


図3 ランナ入口①における速度線図

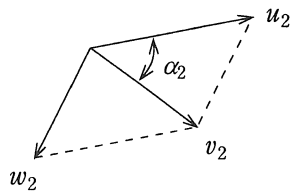


図4 ランナ出口②における速度線図

【凡例】

- $v_1$  : ランナ入口①における水の流入速度 [m/s]
- $v_2$  : ランナ出口②における水の流出速度 [m/s]
- $u_1$  : ランナ入口①の周速度 [m/s]
- $u_2$  : ランナ出口②の周速度 [m/s]
- $w_1$  : ランナ入口①における水のランナに対する相対速度 [m/s]
- $w_2$  : ランナ出口②における水のランナに対する相対速度 [m/s]
- $\alpha_1$  : ランナ入口①における水の流入速度と周速度のなす角度 [rad]
- $\alpha_2$  : ランナ出口②における水の流出速度と周速度のなす角度 [rad]
- $r_1$  : ランナ中心からランナ入口①までの半径 [m]
- $r_2$  : ランナ中心からランナ出口②までの半径 [m]

- (1) ランナ入口①における流速の回転方向（周速度方向）成分は、ランナ入口の水の流入速度  $v_1$  [m/s] に比例する。その大きさを求めるとともに、図 3 の速度線図を答案用紙に書き写し、そのベクトルを記入せよ。
- (2) ランナに発生するトルクは、流水のランナ入口①と出口②における回転方向（周速度方向）の単位時間当たりの運動量のモーメントの差となる。この関係を用いて流水がランナに与えるトルク  $T$  [N・m] を求めよ。
- (3) ランナ出力は、流水がランナに与えるトルクとランナの角速度の積で表すことができる。この関係を用いてランナ出力  $P$  [kW] を求めよ。
- (4) (3)のランナ出力からランナ効率  $\eta$  [%] を求め、ランナ出口②における水の流出速度と周速度のなす角度  $\alpha_2$  [rad] をパラメータとしたときの理論上最大となる効率  $\eta$  [%] とそのときの角度  $\alpha_2$  [rad] を求めよ。
- (5) (4)の場合において、次の条件における理論上最大効率  $\eta$  [%] を計算せよ。

流量 $q_v$	10 [m <sup>3</sup> /s]
有効落差 $H$	100 [m]
水の密度 $\rho$	1 000 [kg/m <sup>3</sup> ]
重力加速度 $g$	9.8 [m/s <sup>2</sup> ]
ランナの回転速度 $n$	10 [s <sup>-1</sup> ]
ランナ入口半径 $r_1$	0.5 [m]
入口流入速度 $v_1$	35 [m/s]
水の流入速度と周速度のなす角度 $\alpha_1$	0.52 [rad] (注)

(注) 0.52 [rad] は度数表示では 30 [°]

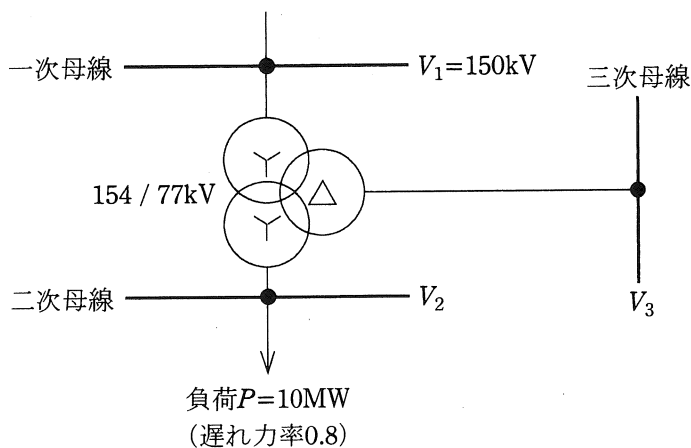
問2 天然ガスを燃料とする一軸形コンバインドサイクル（排熱回収サイクル）発電を複数台組み合わせた発電プラントについて、同容量の汽力発電プラントと比較した場合の特徴とその理由を以下の3点について述べよ。

- (1) 起動時間
- (2) 温排水量
- (3) 大気温度と最大出力との関係

問3 図のような  $P=10$  [MW] (遅れ力率 0.8) の負荷が接続された変電所において、変圧器の三次側にコンデンサ 30 [Mvar] を設置した場合及び設置しない場合の二次母線電圧を求めよ。

ただし、一次母線電圧は 150 [kV]、容量、%インピーダンス及び使用タップの変圧器諸元は、次のとおりとし、変圧器の有効電力潮流による電圧降下分は無視できるものとする。また、計算においては、負荷電流は二次母線電圧が 77 [kV] のとき 10 [MW] となる電流、三次側のコンデンサの電流は三次母線電圧が 22 [kV] のとき 30 [Mvar] となる電流で一定とみなしてもよいものとする。

- ・容量
  - 一次側 100 [MV·A]
  - 二次側 100 [MV·A]
  - 三次側 30 [MV·A]
- ・%インピーダンス
  - 一次・二次間  $X_{12}=16$  [%] (100 [MV·A] ベース)
  - 一次・三次間  $X_{31}=8$  [%] (100 [MV·A] ベース)
  - 二次・三次間  $X_{23}=3$  [%] (30 [MV·A] ベース)
- ・使用タップ
  - 一次側 154 [kV]
  - 二次側 77 [kV]
  - 三次側 22 [kV]



問4 電力設備の低圧制御回路の絶縁設計について、サージ対策の観点から次の問に答えよ。

- (1) 低圧制御回路の絶縁設計に配慮すべき電圧サージを三つ挙げ、それらが制御回路へどのような経路で侵入するかについて、それぞれ説明せよ。
- (2) 電気所内で、上記(1)で挙げたサージに対して、サージ発生源における対策と配電盤における対策をそれぞれ具体的に述べよ。

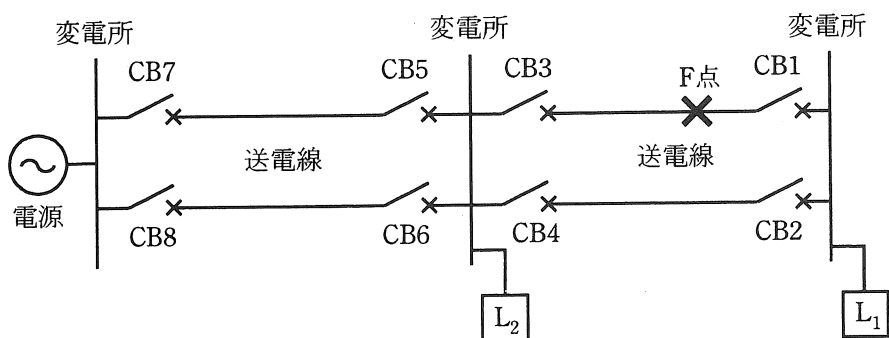
問5 送電線保護装置の信頼度による供給支障確率について、次の問に答えなさい。

2回線送電線で負荷  $L_1$  と負荷  $L_2$  へ供給している図の電力系統において、各変電所の送電線引出し遮断器 CB1 ~ CB8 には、送電線の主保護リレー（当該送電線のみを保護範囲とする。）と後備保護リレー（事故電流が流れる方向に当該送電線から二区間隣の送電線までを保護範囲とする。）が設置されている。この系統のいずれかの送電線に1回線事故が発生した場合、正常であれば事故区間の両端の遮断器が主保護リレー動作で遮断し、事故送電線のみが停電して変電所の供給支障は生じない。しかし、保護リレーや動作回路等の不具合で遮断器が誤不動作した場合、誤不動作遮断器よりも事故電流源側の遮断器が、後備保護リレー動作により遮断するため、変電所が供給支障となる。

主保護リレー動作の遮断器及び後備保護リレー動作の遮断器が誤不動作する確率がいずれも 0.01 であり、いずれの遮断器も誤動作で遮断する確率は 0 であるとする。

いま、送電線の F 点で事故が生じた場合、供給支障が生じない確率、負荷  $L_1$  のみが供給支障となる確率、及び負荷  $L_1$  と負荷  $L_2$  両方が供給支障となる確率をそれぞれ求めなさい。なお、負荷が停電したときは、再閉路成功・失敗いずれの場合でも供給支障とする。答の数値は、小数点以下第 4 位まで求めること。

ただし、各変電所に母線保護リレーは設置されておらず、保護リレー及び検出、動作回路は各遮断器に個別に独立して設置されており、他の保護リレーからの影響は受けないものとし、後備保護リレー相互間の時限等の協調は十分図られているものとする。また、CB7 又は CB8 が誤不動作した場合には、電源の保護リレーが動作して電源が停電するものとする。





問6 次の表は、OF ケーブルの異常診断法の測定内容と特徴（表1）、及び絶縁破壊事故が発生した場合の事故点測定法の長所と短所、事故点までの距離（表2）に関する記述である。表中のA, B, C, D, E, F, G, H及びIの記号を付した空欄に記入すべき適切な語句又は式を答えなさい。

（表1）

異常診断法	測定内容	特徴
油中ガス分析	採取した絶縁油中に溶解した放電や熱分解などによる分解生成ガスを抽出・分析する。	分析結果のガスの <input type="text" value="A"/> や <input type="text" value="B"/> により、異常の有無と異常の程度を推定することが可能である。
絶縁油特性測定	採取した絶縁油の各特性（ <input type="text" value="C"/> ， <input type="text" value="D"/> ， <input type="text" value="E"/> ，全酸価，絶縁破壊電圧）を測定する。	各特性の測定結果により，施工不良，気密性，絶縁油の汚損状況，熱劣化等を推定することで，異常の程度を推定することが可能である。
コアずれ測定	放射線によりケーブルや接続箱の内部を撮影し，内部状況を調査する。	セミストップ部の変形，遮へい層の乱れや，コアずれ量による接続箱内の <input type="text" value="F"/> を把握し，油中ガス分析と組み合わせることで，異常の程度を推定することが可能である。
部分放電測定	発生している部分放電を測定し，一定時間内に発生する部分放電パルス数等を電圧や時間で整理する。	油中ガス分析では検出困難な <input type="text" value="G"/> に有効である。停電ができない電線路の測定が可能である。

(表2)

事故点 測定法	長 所	短 所	測定端から 事故点までの距離： $\ell$
マーレー ループ法	導体抵抗を利用 したホイートス トブリッジ法の ため、測定精度が 高く、誤差は 1 [%] 程度以下 である。	並行健全相がない 場合、事故点が 放電する場合、 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">H</div> には適用すること ができない。	ケーブル全長を $L$ /相、 測定辺抵抗を $R_1, R_2$ とすると、 $\ell$ は <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">I</div> と 表される。
パルス レーダ法	パルス電圧を 送出し、事故点 からの反射パルス を検知するため、 地絡、短絡事故や <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">H</div> に適用できる。	測定操作、パルス 波形の判読に熟練 を要する。	第1波パルスと第2波パ ルスの時間差を $t$ 、ケー ブル内のサージ伝搬速度 を $v$ とすると、 $\ell$ は $\frac{v \cdot t}{2}$ と表される。