

平成 21 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。
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 タービン発電機に逆相電流が流れた場合、回転子に発生する現象とその影響並びに対策について述べよ。

また、タービン発電機に要求される逆相電流の制限値がどのように設定されているかを述べよ。

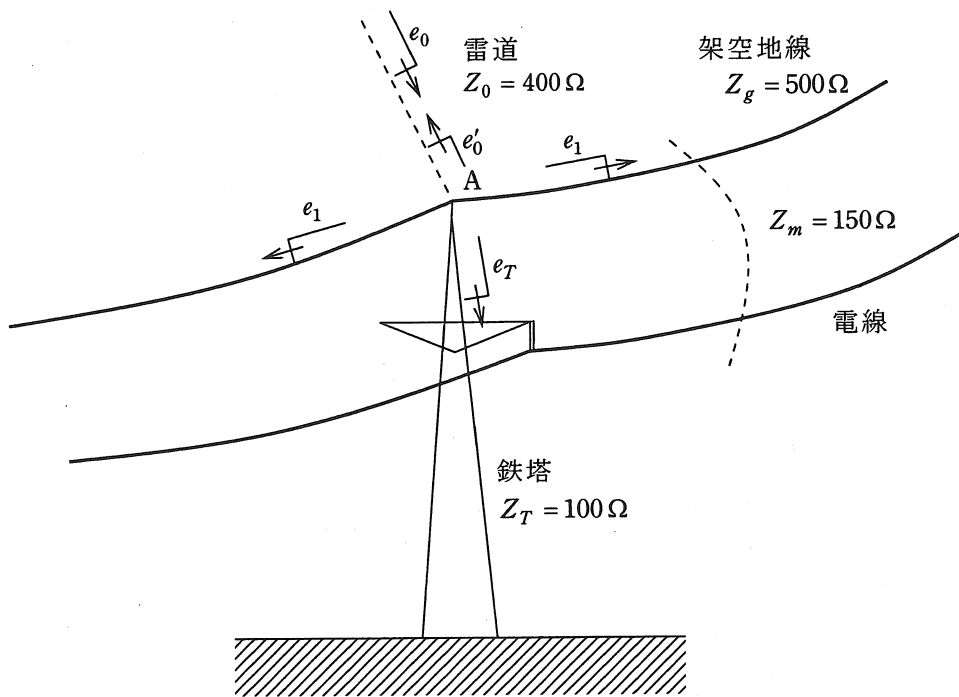
問2 地下変電所の設計に当たり、次の2点について、考慮すべき事項を説明せよ。

(1) 機器配置

(2) 変圧器と電力ケーブルの防火対策

問3 図に示すように、自己サージインピーダンス  $Z_g$  が  $500 [\Omega]$  の架空地線 1 条を有する三相 1 回線送電線路鉄塔の頂部 A 点に雷の直撃を受けた。この場合、雷撃後のがいしにかかる電圧の最大値に関して、次の問に答えよ。ただし、雷電圧はその波形が方形波(矩形波)で、波高値  $e_0$  は  $10\,000 [\text{kV}]$  であり、雷道のサージインピーダンス  $Z_0$  は  $400 [\Omega]$ 、架空地線と電線との相互サージインピーダンス  $Z_m$  は  $150 [\Omega]$ 、鉄塔のサージインピーダンス  $Z_T$  は  $100 [\Omega]$  とする。なお、電線の商用周波の常規対地電圧は無視し、鉄塔と架空地線及び鉄塔と電線との間の相互サージインピーダンス、並びに鉄塔の塔脚接地抵抗は無視するものとする。また、以下の問において電圧、電流はそれぞれ  $e, i$  で表すものとする。

- (1) 雷道を通ってくる雷の入射波を  $e_0, i_0$ 、雷道への反射波を  $e'_0, i'_0$ 、架空地線への侵入波を  $e_1, i_1$ 、鉄塔への侵入波を  $e_T, i_T$  としたときの鉄塔頂部 A 点における雷撃直後の電圧、電流について成り立つ関係式をすべて示せ。
- (2) 雷撃直後の鉄塔頂部 A 点の電圧を求める計算式を示し、その値を求めよ。
- (3) 雷撃後のがいしにかかる電圧の最大値を求める計算式を示し、その値を求めよ。



分かりやすさのため電線は一相分のみ図に示した。

問 4 送電線の二相短絡事故に関し、次の問に答えよ。

- (1) 図 1 及び同期機の基本式を基にして、無負荷同期機の BC 相 2 線短絡事故時の正相、逆相、零相電圧  $\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_0$  及び正相、逆相、零相電流  $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$  を発電機の正相誘導起電圧  $\dot{E}$ 、零相、正相、逆相インピーダンス  $\dot{Z}_0, \dot{Z}_1, \dot{Z}_2$  で表せ。

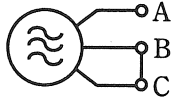


図1 二相短絡事故

同期機の基本式

$$\dot{V}_0 = -\dot{Z}_0 \dot{I}_0$$

$$\dot{V}_1 = \dot{E} - \dot{Z}_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{V}_2 = -\dot{Z}_2 \dot{I}_2$$

- (2) 図 2 に示す系統において、77 [kV] 送電線の間地点（変圧器  $T_S$  及び  $T_R$  から等距離の地点）で BC 相 2 線短絡事故が発生した場合、変圧器  $T_S$  の 77 [kV] 側出口に設置された距離リレーに入力される各相の電流値及び電圧値（いずれも 77 [kV] 側換算値）を求めよ。ただし、位相については電源  $G_S$  の A 相内部誘起電圧を基準とする。また、電源  $G_S, G_R$  の内部誘起電圧は 154 [kV] とし、事故点のアーク抵抗及び発電機、変圧器、送電線の抵抗分は無視するものとする。

図中の %インピーダンスの値は、基準容量を 10 [MV·A] ベースとし、基準電圧は各系統電圧で表すものとする。また、添え字 1, 2 は正相及び逆相を表す。

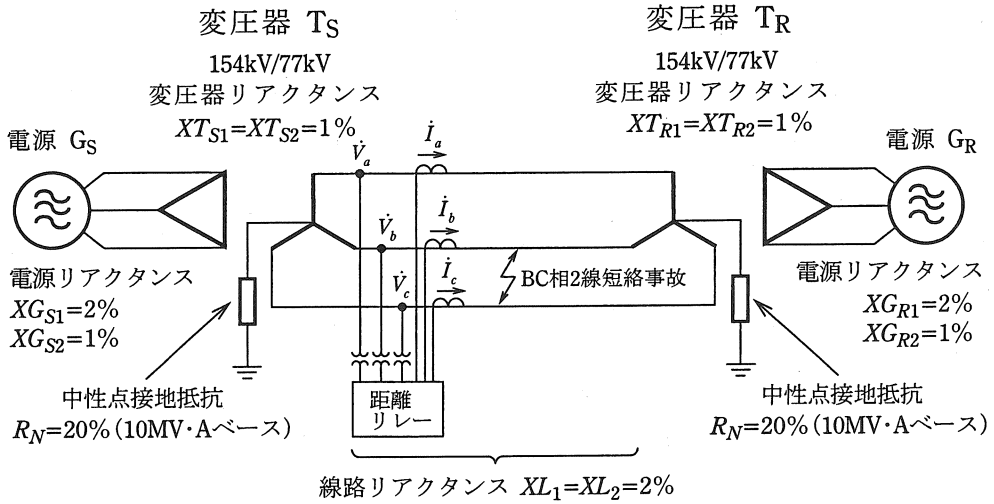


図2 事故系統

(3) (2)の事故時に B 相の距離リレーがみるインピーダンスを求め、リレーの動作範囲内にあるか判定せよ。ただし、距離リレーがみるインピーダンスは以下の通りとし、B 相のリレーの動作範囲は図3で示される円の内側で設定されているものとする。

B 相のリレーがみるインピーダンス

$$\dot{Z}_B = \frac{\dot{V}_b - \dot{V}_c}{\dot{I}_b - \dot{I}_c}$$

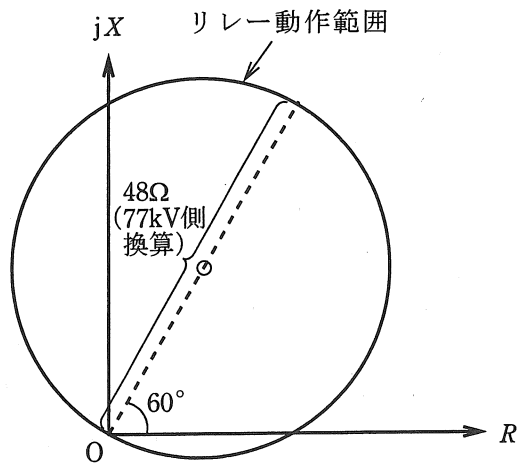
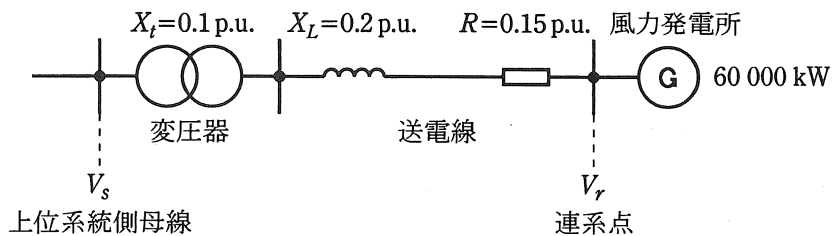


図3 B相のリレー動作範囲



問5 図のような特別高圧系統と連系している風力発電所があり、風速の変化による出力変動のため、系統に電圧フリッカが生じることがある。風力発電所の出力が無負荷から最大出力まで変動する場合の電圧変動について、次の問に答えよ。ただし、発電所の最大出力は 60 000 [kW]、系統の変圧器及び送電線のインピーダンスは図で示した p.u. 値(基準電力 100 [MV・A])とし、示した以外のインピーダンスや、他の負荷電力などの影響は無視できるものとする。また、上位系統側母線の電圧は 1.0 [p.u.] で一定に保たれているものとする。



- (1) 線路(変圧器及び送電線)の抵抗分が  $R$  [p.u.]、リアクタンス分が  $X$  [p.u.] の場合で、発電所から線路に流れる有効電力を  $P$  [p.u.] (連系点から線路方向を正とする。)、無効電力を  $Q$  [p.u.] (遅れを正とする。)としたとき、連系点の電圧  $V_r$  [p.u.] を  $R, X, P, Q$  からなる簡易な式で求めよ。

なお、上位系統側母線の電圧  $V_s$  と電圧  $V_r$  との位相角差は小さく、 $V_s$  と  $V_r$  は同位相とみなせるものとして計算し、計算過程において必要な場合は次の近似式を用いること。

$$\sqrt{1+4(RP+XQ)} \doteq 1+2(RP+XQ)$$

- (2) 連系点での風力発電所の力率を 100 [%] 一定で運転した場合、連系点の電圧変動率 [%] を求めよ。なお、電圧値は、上記(1)で得られた式に、図のインピーダンスと発電電力の値を代入して計算すること。
- (3) 風力発電所を一定力率で進相運転した場合、連系点での電圧変動率を 2.0 [%] とするための連系点での風力発電所の運転力率 [%] を求めよ。なお、電圧値は、上記(1)で得られた式に、図のインピーダンスと発電電力の値を代入して計算すること。ただし、連系点の電圧は 1.0 [p.u.] を下回らないこととする。

問6 時々刻々変動する電力需要に対する供給力の運用上の分類と供給予備力について、次の問に答えよ。

(1) 次の三つに区分された供給力について、それぞれ①日負荷曲線上の分担とその役割、及び②対応する電源種別について述べよ。ただし、水力発電所については、発電方式(水の使用方法による分類)別に示すこと。また、火力発電所については、運用における技術的特性の概要を示すこと。

- a. ベース供給力
- b. ミドル供給力
- c. ピーク供給力

(2) 次の三つの供給予備力について、①それぞれを必要とする対象要因、②予備力を発揮するまでの時間特性、及び③対応する発電所について述べよ。

- d. 待機予備力
- e. 運転予備力
- f. 瞬動予備力