

平成 24 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

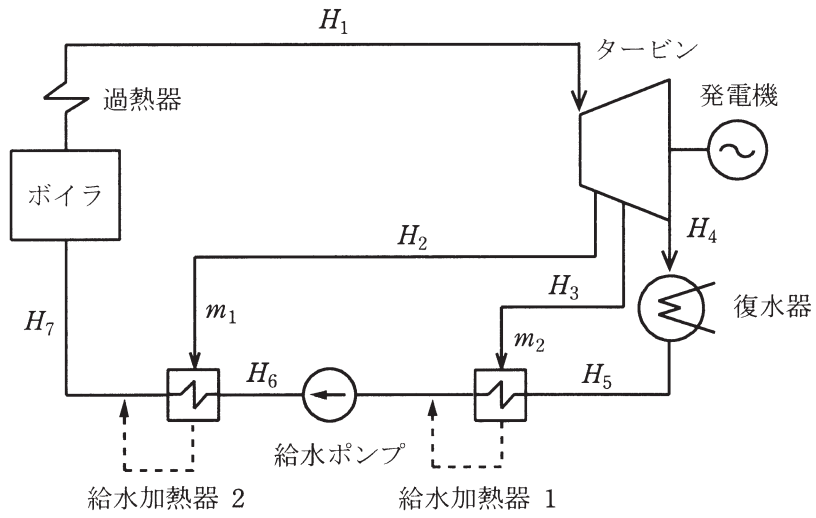
（この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。）

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 図に示すような再生サイクル汽力発電プラントがある。図中の記号について H はエンタルピーを、 m は抽気量 (サイクル流量に対する流量割合) を表すものとし、添字 (数字) は図のとおりとする。また、サイクル流量は 1 とし、抽気し給水加熱器で熱交換した後のドレン (蒸気が冷却され復水となった流体) は図の破線に示すようにサイクル中に戻すものとする。なお、給水ポンプの仕事は無視するものとする。

以下の設問にエンタルピー $H_1 \sim H_7$ を用いて解答せよ。

- (1) タービンからの第 1 抽気の抽気量 m_1 を表す式を求めよ。
- (2) タービンからの第 2 抽気の抽気量 m_2 を表す式を求めよ。
- (3) タービンにおいて、第 1 抽気点から第 2 抽気点までに得られる仕事 W_{12} を表す式を求めよ。
- (4) サイクルとしての熱効率 η を表す式を求めよ。ただし、記号 m_1 及び m_2 を用いてよい。



問2 屋外気中絶縁変電所の構内において、図に示すように、地上から h [m] の高さに d [m] の間隔で母線を設置するとき、変電所周辺での磁束密度が定められた基準値以下であることを確認する手順に関連して、次の問に答えよ。

なお、大地及び変電所の構内の他の設備については考慮しないものとする。

- (1) U相母線から水平方向に x [m]、垂直方向に z [m] 離れた図中の点 P において、磁束密度が基準値以下であることを確認する。このとき、下に示す U相電流 I_u によって点 P に生じる磁束密度 B_u [μT] を x, z, I, ω, t を用いて表せ。ただし、母線は無限長の直線導体とみなし、導体の太さは無視する。また、導体から点 P までの空間の透磁率は $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] で一様とする。

$$\text{電流 U相 } I_u = \sqrt{2}I \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \text{ [A]}$$

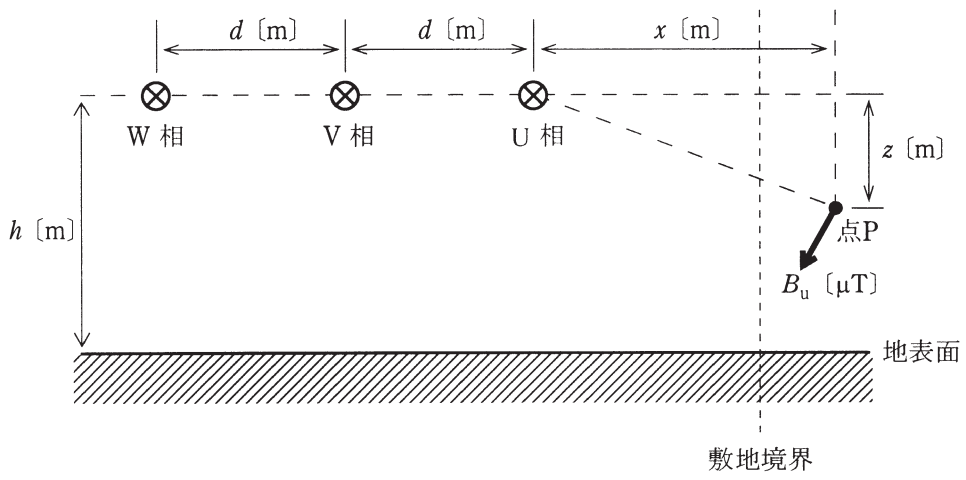
$$\text{V相 } I_v = \sqrt{2}I \sin \omega t \text{ [A]}$$

$$\text{W相 } I_w = \sqrt{2}I \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \text{ [A]}$$

(I [A] : 電流実効値, ω [rad/s] : 角周波数, t [s] : 時間)

※電流の向きは、図において紙面の表から裏へ向かう方向を正とする。

- (2) 各相の電流によって点 P に生じる磁束密度の合成値 B [μT] を x, z, d, I, ω, t を用いて表せ。
- (3) 絶縁に問題がないとした場合、母線の間隔 d [m] を小さくしていくと、磁束密度の合成値 B [μT] はどのような値に近づくかを、(2)で求めた式から導出せよ。なお、 x は d に対して十分大きい値とする。
- (4) 磁束密度の測定点 P を固定とし、さらに母線の間隔 d [m] の値を固定した条件において、測定される磁束密度を低減する方策を二つ挙げ、簡潔に説明せよ。ただし、磁界を遮へいする方策は考慮しないものとする。



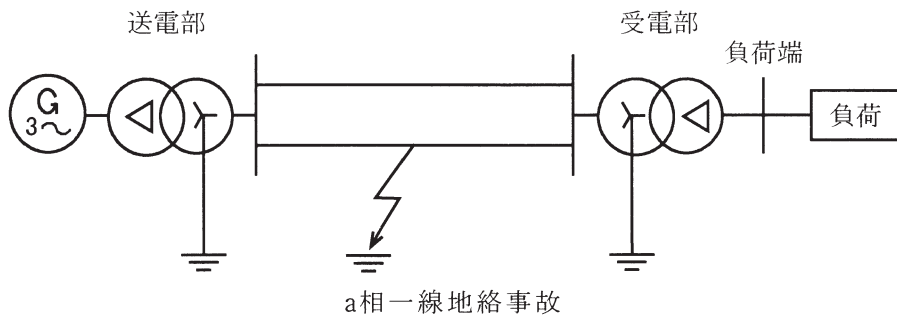
問3 図に示すように、送電線両端の変圧器の中性点が直接接地されている、こう長 200 [km] の 500 [kV] 並行 2 回線送電線を考える。この送電線の間地点において、片方の回線に a 相一線地絡事故が発生した。なお、地絡インピーダンスは 0 [p.u.] とし、送電系統の各構成機器の定数は次の値とする。また、単位法における基準値は、電圧 500 [kV]、容量 1000 [MV·A] を用いる。

- ・送電線正相及び逆相リアクタンス (1 回線当たり) : 0.1 [p.u./100km]
- ・送電線零相リアクタンス (1 回線当たり) : 0.3 [p.u./100km]
- ・送電部、受電部の変圧器漏れリアクタンス : 0.1 [p.u.]
- ・発電機リアクタンス : 正相 0.05 [p.u.]、逆相 0.02 [p.u.]、零相 0.01 [p.u.]
- ・負荷 : 負荷端電圧 1.0 [p.u.] のとき、遅れ力率 0.9 で皮相電力 0.5 [p.u.]

をとる三相平衡の定インピーダンス負荷

また、送電系統の抵抗成分、静電容量成分、回線間の相互誘導は無視する。このとき、次の問に答えよ。ただし、(5)の解答の精度を保つため、(1)から(3)の解答は有効数字 4 桁で示せ。

- (1) 事故前は負荷端の電圧の大きさが 1.0 [p.u.] で運用されている。このときの発電機の正相リアクタンス背後電圧の大きさ及び送電線の間地点の電圧の大きさを p.u.値で求めよ。なお、変圧器の巻数比はすべて基準状態 (p.u.にて 1 : 1) とする。
- (2) 送電線の事故点からみた、対称座標法における、送電系統の正相、逆相、零相回路をそのインピーダンス値を含めて示せ。
- (3) (2) で求めた正相、逆相、零相回路を鳳・テブナンの等価回路で表せ。
- (4) 図に示すように、片方の回線の間地点で a 相一線地絡事故が発生したとき、その状態を表す正相、逆相、零相回路を接続した図をその理由と共に示せ。
- (5) a 相一線地絡事故点における地絡電流 [kA] を計算せよ。



送電系統図

問4 大容量変電機器の信頼性確保に関して大容量変圧器及び大容量 GIS を例にとり、次の問に答えよ。

(1) 大容量変電機器の品質を確保するために、輸送及び現地据付けに関して、設計時に配慮する事項を説明せよ。

a. 大容量変圧器及び大容量 GIS に共通して配慮する事項

b. 大容量変圧器及び大容量 GIS に個別に配慮する事項

(2) 現地据付けにおいて品質管理に必要な配慮事項を、①作業環境、②絶縁物の吸湿防止、③異物混入防止に関して、機器ごとにそれぞれ説明せよ。

問5 わが国の一般電気事業者（沖縄電力株式会社を除く）の電力系統は、互いに連系して広域運営が行われている。この系統連系の中には、直流を介する連系（直流連系）が存在する。次の問に答えよ。

- (1) 直流連系の一般的な長所を四つ、短所を三つ挙げよ。
- (2) 系統周波数が同じ電力系統間の連系であるにもかかわらず、直流を介した連系が三つ存在する。そのうちの一つについて、連系箇所を挙げ、直流連系を採用するに至った最も大きな技術的理由を一つ述べよ。

- 問6 二つの電力系統 A, B がある。それぞれの電力系統は図 1 に示すように、1 発電機、1 負荷で表され、一つの送電線で連系されているものとする。発電機 A, B の容量はそれぞれ 80 [MW] とし、それぞれの負荷の負荷確率分布は図 2 に示す折れ線 $F(L)$ (負荷電力が L を超える確率) であるとする。このとき、電力系統 A の電力不足確率 (LOLP) を、次の場合につき小数第 3 位まで求めよ。
- (1) 送電線が使用されていない場合。ただし、発電機 A の事故停止確率は 0 とする。
 - (2) 送電線が使用されていない場合。ただし、発電機 A の事故停止確率は 0.02 とする。
 - (3) 送電線が使用されている場合。ただし、発電機 A, B の事故停止確率はともに 0 とし、負荷 A, B の負荷変動は互いに独立しており、送電線の損失は無視するものとする。

また、電力系統 B から電力系統 A への電力融通は、次の条件とする。

- ① 電力系統 A の発電電力が電力系統 A の負荷電力を下回るとき
- ② 融通電力は電力系統 B の発電電力の余力分まで
- ③ 送電線の送電容量は 10 [MW]

なお、 $f(L) = -\frac{dF}{dL}$ は確率密度関数と呼ばれ、 $f(L)dL$ は負荷電力が $L \sim L+dL$ である確率を表し、 $F(L) = 1 - \int_0^L f(L)dL$ の関係がある。

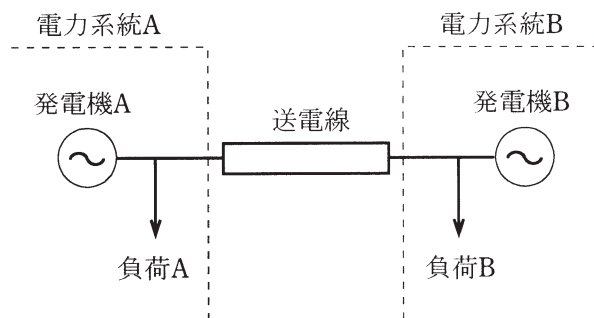


図 1

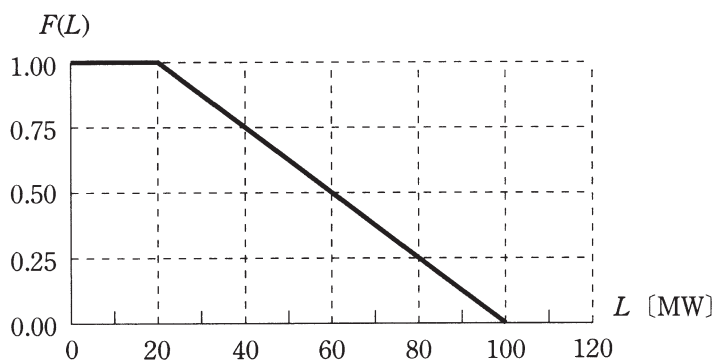


図 2