

平成 30 年度

第 1 種

電力・管理

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の重要事項及び注意事項

指示がありましたら答案用紙（記述用紙）4枚を引き抜いてください。答案用紙には、4枚とも直ちに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。

1. 重要事項

- a. 「選択した問の番号」欄には、必ず選択した問番号を記入してください。
記入した問番号で採点されます。問番号が未記入のものは、採点されません。
- b. 計算問題では、解に至る過程を簡潔に記入してください。
導出過程が不明瞭な答案は、0点となる場合があります。

2. 注意事項

- 記入には、濃度HBの鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
- 答案用紙は1問につき1枚としてください。
- 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。
- 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3桁です。なお、解答以外の数値の桁数は、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

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

- 記述問題については、問題の要求を逸脱しないでください。
例：「問題文に3つ答えよ。」という要求で、4つ以上答えてはいけません。
- 氏名は記載しないでください。（答案用紙に氏名記載欄はありません。）

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。
なお、この問題冊子についてはお持ち帰りください。

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 化石燃料を使用する現用の汽力発電方式で、蒸気タービンとボイラの効率に影響する運転時の管理項目を「蒸気温度・蒸気圧力」以外に三つ挙げ、どのように制御すれば効率を高めることができるか、損失の増加や設備への影響などの問題点と併せて説明せよ。

問2 電力系統に発生した事故を事故除去リレーの働きによって高速で除去することで、通常は事故点を含む最小限の範囲の設備が停止することとなるが、系統及び事故の様相によっては、系統全体に事故の影響が波及拡大し、広範囲な停電を起こす場合があることから、事故波及防止リレーシステムが導入されている。事故によって次の(1)から(3)の事象が発生した場合に、どのような事故波及が発生する可能性があるのか、また、その事故波及を防止するために、事故波及防止リレーシステムによってどのような制御を行うのかについて、(1)から(3)のそれぞれに対し、100～300文字程度で簡潔に述べよ。

- (1) 送電線等の過負荷
- (2) 周波数低下
- (3) 発電機の脱調

問3 コンデンサ形計器用変圧器(CVT)に関して、次の間に答えよ。

- (1) 図は CVT の基本回路である。端子 a-b から左側の部分を一つの電圧源と一つのコンデンサを用いて等価回路に書き直すとどうなるか、端子 a-b から右側の部分を接続した形で具体的に描け。
- (2) 図において、二次負担 z の如何にかかわらず常にコンデンサ C_1 と C_2 の静電容量の逆比で系統電圧が分圧されて補助 VT(図の Tr)に入力されるための条件を、(1)で得た等価回路に基づいて導出せよ。ただし、系統周波数を f とする。
- (3) 簡単のため、以下では二次負担 z は非接続、補助 VT(図の Tr)の励磁インダクタンスを L_m とし、漏れインダクタンスは無視する。(1)で得た等価回路の L と Tr を一つのインダクタンスにまとめた等価回路に書き直せ。
- (4) 無電圧から時刻 $t=0$ にて急に系統電圧 $v(t)=V \sin \omega t$ ($\omega = 2\pi f$) が図のように印加されたときの過渡応答を考えたい。(1)で得た等価回路のコンデンサ電圧 $v_c(t)$ についての微分方程式を書け。
- (5) L の初期電流とコンデンサの初期電荷はなく、補助 VT と L は線形範囲で動作するものとして(4)で得た微分方程式を解いて $v_c(t)$ を時刻 t の関数の式として示せ。(ヒント：線形微分方程式の解は、その定常解に、右辺(強制入力)が零の場合の解(過渡解)を加えた形で表せる。)
- (6) 実際には磁気的非線形性のため鉄共振が発生し、等価コンデンサ電圧 $v_c(t)$ に低周波数の電圧成分が生じる場合がある。小問(1)と(5)の結果と飽和時に L_m が低下することを用いて、大きな低周波数電圧成分が Tr 二次側に生じる理由を定性的に説明せよ。

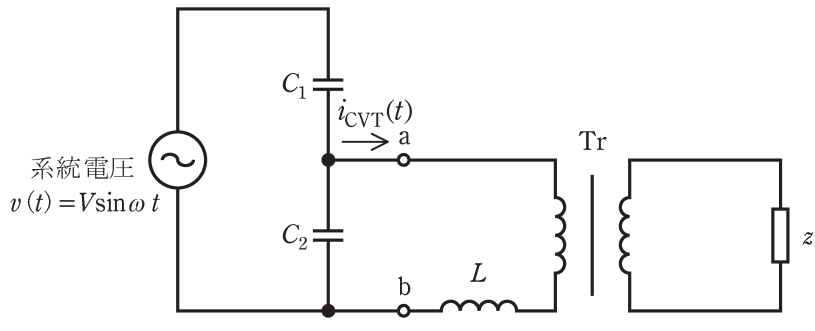


圖 CVT基本回路

問4 簡易法による潮流計算に関して、次の問に答えよ。

図において、A母線の電圧位相を θ_A 、A母線に接続される発電出力を G_A 、負荷を L_A とする。ここで、A母線への正味注入電力を $P_A = G_A - L_A$ とし、B、C母線でも同様の表記とする。また、各送電線の潮流 P_1, P_2, P_3 は図の向きを正とし、送電線では図の x_1, x_2, x_3 のリアクタンスのみを考慮する。発電出力、負荷、潮流は有効電力のみを考慮し、数値はリアクタンスも含め単位法での値とする。ただし、位相の単位は[rad]である。

各母線の電圧は1、電圧の位相差は小さいとする。この場合、送電線を通る有効電力の近似式は、例えば P_1 は①式で表される。これを簡易法による潮流計算と称する。

$$P_1 = \frac{\theta_A - \theta_B}{x_1} \dots\dots\dots \text{①}$$

以下の小問(1)、及び、簡易法による潮流計算を用いて小問(2)～(4)に答えよ。

- (1) $x_1=0.1, \theta_A - \theta_B = \frac{\pi}{12}$ 、各母線の電圧は1とする。①式による P_1 の近似値と、①式の近似を用いない場合の P_1 の真値を求めよ。ただし、 $\pi=3.1416$ を用い、 $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$ の関係式を用いてよい。
- (2) θ_B を基準($\theta_B=0$)とし、 P_A と P_C を、 θ_A, θ_C 及び x_1, x_2, x_3 で表せ。
- (3) $x_1=0.05, x_2=0.02, x_3=0.03$ の場合の、 θ_A, θ_C 及び P_1, P_2, P_3 を求めよ。ただし、 θ_B を基準($\theta_B=0$)とする。また、 $G_A=20, G_B=30, G_C=14, L_A=10, L_B=46, L_C=8$ である。
- (4) $P_1=6$ とするように、発電出力 G_A と G_B を調整する。 G_A と G_B を求めよ。ただし、 G_A と G_B 以外の条件は小問(3)と同じとする。

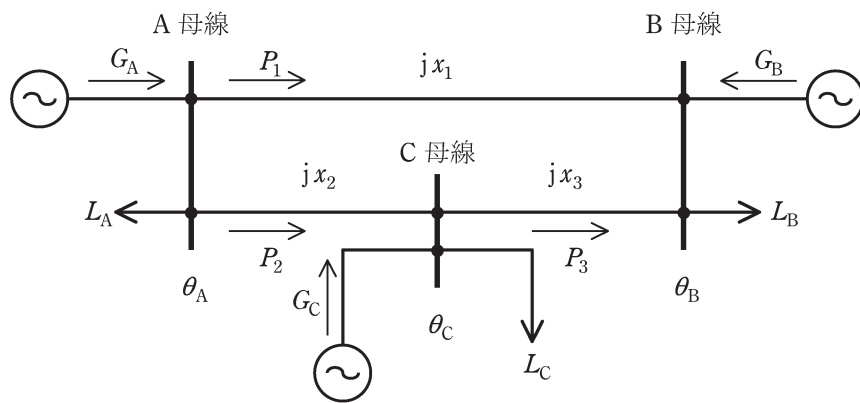


图 3 母線系統

問5 図1のように、電気事業者の変電所から66kV架空送電線2回線を併用して受電する特別高圧需要家がある。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、理想的であるとして、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、 Z_0 は変圧器の漏れインピーダンス、 Z_1 及び Z_2 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説明せよ。
- (2) 需要家の負荷は定インピーダンス特性とし、負荷容量は、受電電圧が60kVのときに48000kV・Aであるとする。力率が遅れ0.8のとき、負荷の正相インピーダンスの抵抗分とリアクタンス分は、それぞれ何オームか。
- (3) 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 $80+j60\Omega$ であるとき、需要家の受電電圧の大きさは、何ボルトになるか。
- (4) (3)の状態を受電しているときに、1号線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、需要家の受電電圧の大きさは、何ボルトになるか。

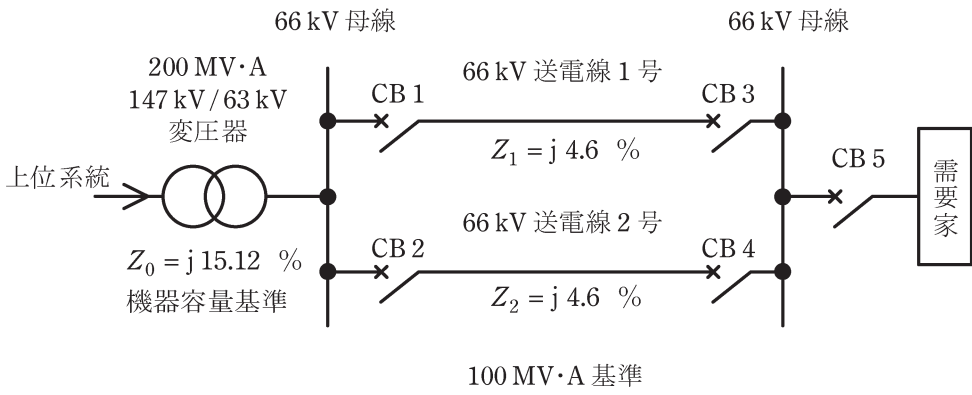


図 1

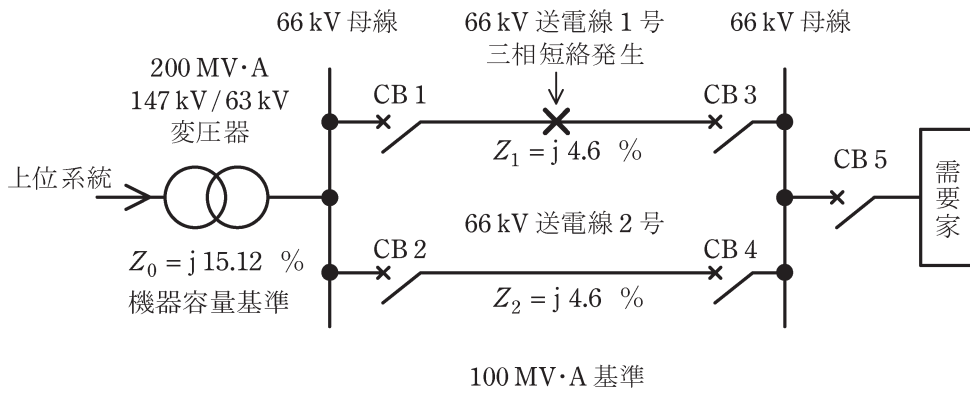


図 2

問6 三相変圧器(定格電圧：一次 275 kV/二次 77 kV, 結線方式：Yd1 (一次星形, 二次三角で 30° 遅れ), 一次中性点：直接接地)を含む変電所を設置したときに実施する電気事業法に規定する使用前自主検査に関して, 次の問に答えよ。

(1) 図1は, 接地線がメッシュ状に埋設してある変電所の接地抵抗を求める交流電圧降下法による測定回路である。電流を流さないときの高入力インピーダンス電圧計の読み V_0 が 1.10 V, 電流 I を 20.0 A 流したときの読み V_{S1} が 4.00 V, 極性を反転して電流 $-I$ を 20.0 A 流したときの読み V_{S2} が 5.20 V であったとき, 電圧回路に対する誘起電圧の影響及び接地電流その他による大地浮遊電位の影響による誤差を除いた接地抵抗値を図2のベクトル図を参考に求めよ。ただし, 接地抵抗値は電流の極性では変わらないものとし, 周囲の送配電線は停止しているものとする。

(2) 電気設備技術基準への適合性を電気設備技術基準の解釈の規定に基づき確認する場合について, 以下の問に答えよ。

a 変電所の周囲にさくを設ける場合, 構内に取扱者以外の者が立ち入らないように出入口に講じるべき措置を二つ説明せよ。

b 図3は, 変圧器二次側 v 相に電圧を印加して変圧器一次側 V 相の絶縁性能を確認する試験回路である。ただし, 変圧器は理想的であり, 損失等は無視できるものとし, 試験時のタップは 300 kV/77 kV として, 一次側中性点の接地線は切り離されているものとする。

① このとき, 一次側 V 相の対地電圧は, 二次側 v 相に印加する対地電圧の何倍になるか求めよ。

② 変圧器一次側の使用電圧を公称電圧と同じ 275 kV とするとき, 二次側 v 相に印加すべき試験電圧値を求めよ。

c 変圧器の電路の絶縁性能を確認する方法は, 上記bのように現地で試験電圧を印加して確認する方法以外に, 変圧器の輸送, 現地組立作業の品質管理が確実にできていることを前提に, 絶縁耐力を確認する方法がある。この確認方法について重要な要件を二つ説明せよ。

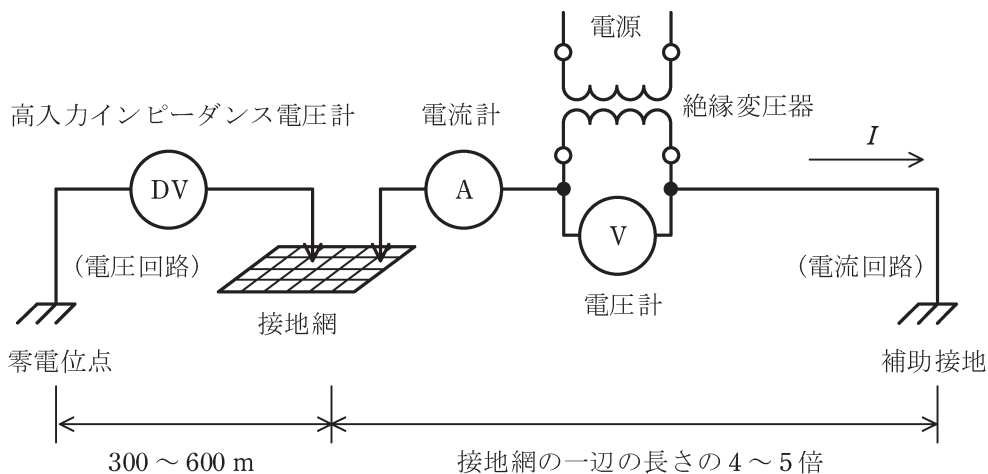


図1 交流電圧降下法による変電所の接地抵抗測定回路

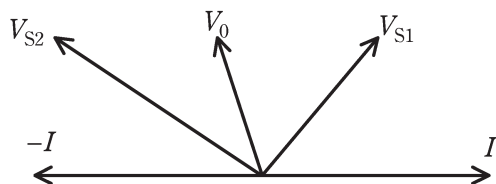


図2 ベクトル図

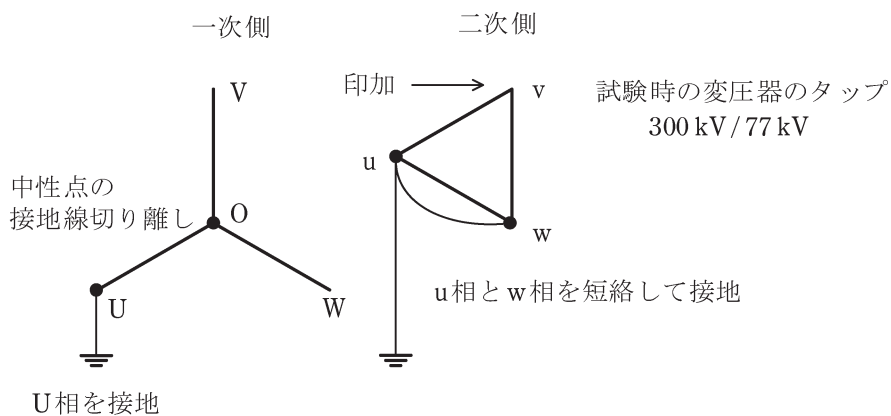


図3 変圧器一次側V相の絶縁性能確認試験回路
 (変圧器二次側v相に電圧を印加)