

令和 3 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 反動水車におけるキャビテーションに関して，次の各問に答えよ。

- (1) キャビテーションの発生メカニズムについて 200 字程度で述べよ。
- (2) キャビテーションが発生した場合，運転中の機器に与える影響を二つ挙げ，合わせて 30 字程度で述べよ。
- (3) キャビテーションを抑制するために，発電所を設計するうえで考慮すべきこと及び水車の設計・製作上で考慮すべきことを合わせて 200 字程度で述べよ。
- (4) 運用開始後に点検等でキャビテーションを確認した場合，運転上実施すべき対策を 30 字程度で述べよ。

問2 発変電所に設置された保護リレーが誤動作するおそれがある場合について、その理由と、保護リレーにおける誤動作防止策を、次の各問にそれぞれ200字程度で簡潔に答えよ。

- (1) 送電線保護に用いられる電流差動リレーが、外部事故時の大電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策。
- (2) 変圧器保護に用いられる比率差動リレーが、変圧器の励磁突入電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策。
- (3) 母線保護に用いられる電流差動リレーが、外部至近端事故により誤動作するおそれがある理由と、その防止策。

問3 図1の3母線の電力系統におけるニュートン・ラフソン法を用いた電力潮流計算に関して、次の問に答えよ。

母線 k から系統に流入する複素電力を $\dot{S}_k$ ，母線 k の電圧を $\dot{V}_k$ とする。
 $\dot{S}_k = P_k + jQ_k$ (P_k は有効電力， Q_k は無効電力)， $\dot{V}_k = |\dot{V}_k|(\cos\theta_k + j\sin\theta_k)$ である。母線 k から系統に流入する電流 $\dot{I}_k$ はノードアドミタンス行列 $[\dot{Y}_{kl}]$ を用いて，

$$\dot{I}_k = \sum_{l=1}^3 \dot{Y}_{kl} \dot{V}_l$$
 と表すことができる。($k=1, 2, 3, l=1, 2, 3$)
 なお，数値は単位法で表し，遅れ無効電力を正とする。

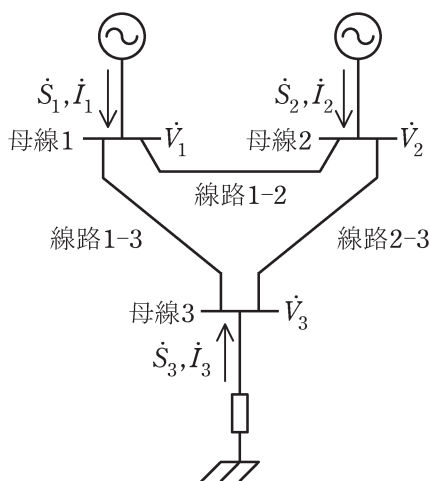


図1

- (1) 全ての線路を直列リアクタンス X_{kl} (X_{12} , X_{13} , X_{23}) のみを考慮した等価回路で表現した場合， $[\dot{Y}_{kl}]$ を X_{kl} で表せ。また，計算過程を簡潔に記せ。
- (2) 図1において線路を π 型等価回路で表現し，直列リアクタンス X_{kl} に加えて並列キャパシタンス C_{kl} を考慮する場合， $[\dot{Y}_{kl}]$ を表の値を用いて求めよ。なお， ω は系統の角周波数， $C_{kl}/2$ は線路両端の並列キャパシタンスである。

表

$k-l$	jX_{kl}	$j\omega C_{kl}/2$
1-2	$j0.1$	$j1$
1-3	$j0.1$	$j1$
2-3	$j0.1$	$j1$

(3) 各母線の有効電力，無効電力を電圧の大きさと位相で表す式を電力方程式という。ノードアドミタンス行列の要素を $\dot{Y}_{kl} = G_{kl} + jB_{kl}$ として， P_k ， Q_k を $|\dot{V}_k|$ ， $|\dot{V}_l|$ ， θ_k ， θ_l ， G_{kl} ， B_{kl} で表せ。

(4) 小問(2)の π 型等価回路の線路を考える場合， P_2 に関する電力方程式を θ_2 ， θ_3 ， $|\dot{V}_3|$ を用いて示せ。

なお，母線1では $\theta_1 = 0$ ， $|\dot{V}_1| = 1.0$ ，母線2では $P_2 = 0.7$ ， $|\dot{V}_2| = 1.05$ とする。

(5) ニュートン・ラフソン法による潮流計算では，図2のように変数 $\mathbf{x}_e$ の推定値を修正し，指定値 $\mathbf{y}_s$ と計算値 $\mathbf{y}(\mathbf{x}_e)$ の誤差が十分小さくなるまで繰り返し計算を行うことで $\mathbf{x}_e$ を求めることができる。ここで，本問において $\mathbf{x}_e$ は， θ_2 ， θ_3 ， $|\dot{V}_3|$ のベクトル， $\mathbf{y}(\mathbf{x}_e)$ は， $\mathbf{x}_e$ によって計算される P_2 ， P_3 ， Q_3 のベクトル， $\mathbf{y}_s$ は， P_2 ， P_3 ， Q_3 の与えられた値のベクトルである。 $\theta_2 = 0$ ， $\theta_3 = 0$ ， $|\dot{V}_3| = 1.0$ を初期値とした場合，1回目の収束計算における P_2 の指定値と計算値との誤差を小問(4)の結果を用いて求めよ。

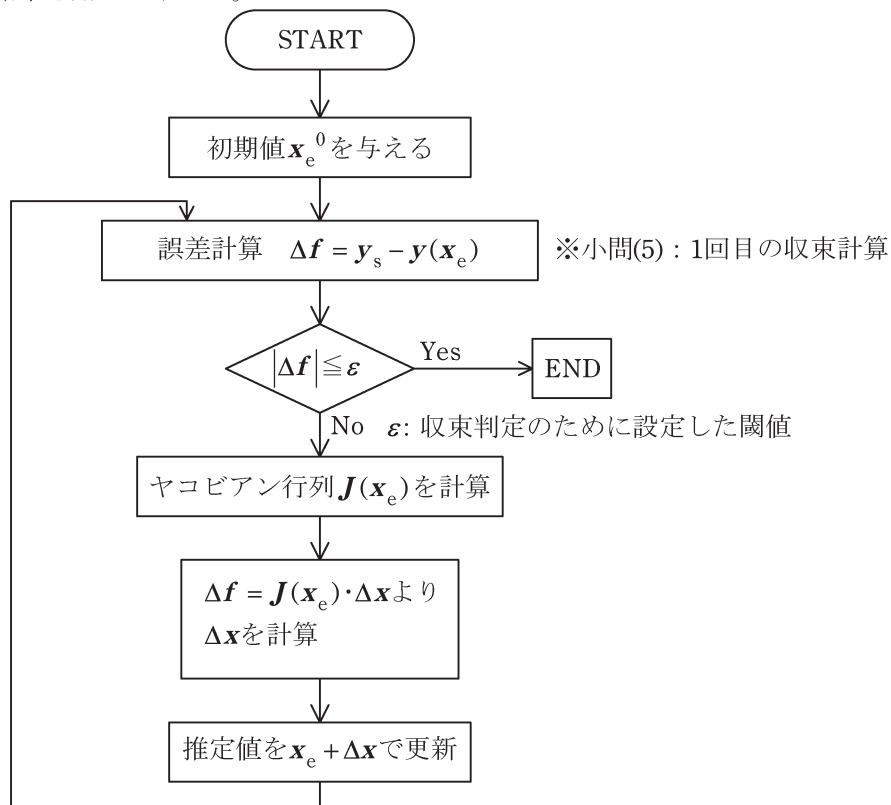


図 2

問4 送電用変電所において二つのタップ付き変圧器 A, B が並行運転している。A, B は同一の変圧器で、定格電圧は 275/154 kV, 2 次側換算漏れリアクタンスは 8.0Ω であり、励磁インピーダンス、巻線抵抗は無視できるものとする。タップは 1 次側 (高圧側) にあり、中間タップの 275 kV から 1 段当たり 3 kV の間隔で上下に切り替えることができる。タップ段数による 2 次側換算漏れリアクタンスの変動はないものとする。変電所 1 次側の電圧は 275 kV 一定である。次の間に答えよ。

- (1) 変圧器 A, B のタップ段数が共に中間タップであり、1 次側母線から合計で $280 \text{ MV} \cdot \text{A}$, 遅れ力率 0.8 の電力を送電しているとき、各変圧器の 2 次側に流れる電流値 $I_A [\text{A}]$, $I_B [\text{A}]$ を求めよ。
- (2) 次に、変圧器 A のタップ段数のみを 3 段下げて 2 次側電圧を高くすると、両変圧器間に循環電流が流れて負荷電流に重畳する。負荷インピーダンスの大きさは変圧器の 2 次側換算漏れリアクタンスより十分に大きいとして、次の a) 及び b) について答えよ。
 - a) 循環電流を求めて、各変圧器の 2 次側に流れる電流値 $I'_A [\text{A}]$, $I'_B [\text{A}]$ を求めよ。
 - b) 前問 a) の結果を用いて、両変圧器間のタップ段数の差によって生じる二つの変圧器で消費される遅れ無効電力の和の変化 $\Delta Q_L [\text{Mvar}]$ を求めよ。

問5 特別高圧送電線の装置について、次の問に答えよ。

(1) 送電線に使用されている懸垂がいしについて、送電線が課電された状態で、不良がいしを検出する方法に関し、異なる測定項目を二つ挙げ、それぞれについて具体的な検出方法について答えよ。ただし、目視点検は除くものとする。

(2) 近年、抵抗接地系の送電線にギャップ付送電用避雷装置が広く設置されてきている。

a) 図1に示す酸化亜鉛型の避雷要素部と直列ギャップから構成される77kV用ギャップ付送電用避雷器装置の①と②が、図2の77kV送電線の①～④の通常どこに接続されるか理由を含めて答えよ。

記載例 ①：①，②：②，理由：・・・

b) 落雷による送電線トリップを極力防止するために設置される、この装置の作動メカニズムを答えよ。

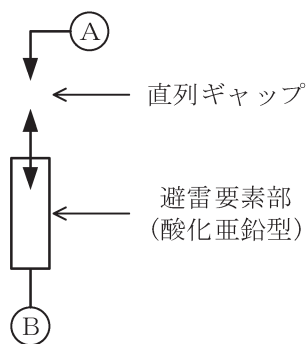


図1 77kV用ギャップ付送電用避雷器

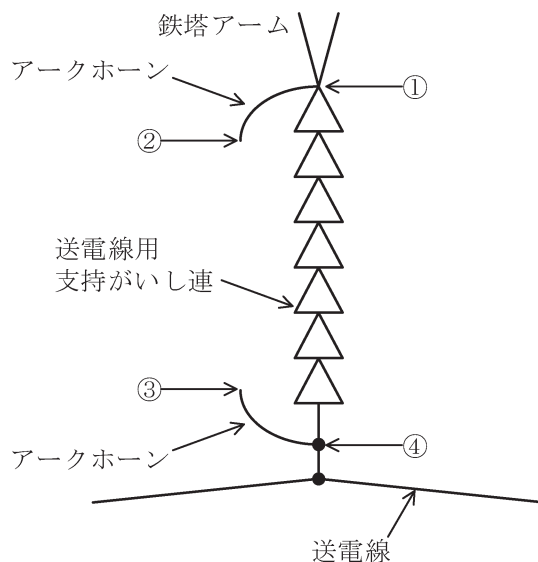


図2 77kV送電線

問6 図は、6.6 kV 受電設備の単線結線図の一部である。変圧器の二次側 440 V 母線には高調波を発生する負荷が接続され、6.6 kV 母線には力率改善用コンデンサ設備が設置されている。このとき次の問に答えよ。なお、力率改善用コンデンサ設備容量は、コンデンサと直列リアクトルを組み合わせた設備の定格電圧及び定格周波数(基本波)における無効電力とする。また、回路のインピーダンスは抵抗分を無視してリアクタンス分のみで計算せよ。

- (1) この負荷から発生する第5高調波電流の大きさを440 V基準で20 A とすると、6.6 kV の電源側に流出する第5高調波電流は何 A か。
- (2) 力率改善用コンデンサ設備を6.6 kV 母線から切り離し、定格電圧を440 V に変更した上で、図の点線で示すように440 V 母線に設置した場合、6.6 kV 電源側に流出する第5高調波電流は何 A か。

ただし、力率改善用コンデンサ設備のコンデンサ容量及び直列リアクトル容量は変えないものとする。

