

令和元年度

第 2 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。

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 火力発電所の所内交流回路には、送電系統や所内回路の事故により電源喪失した場合でも安全面や設備保全で重要な補機電動機(負荷)が運転継続できるように、非常用ディーゼル発電機が接続できる電源系統構成となっている。この電源系統に接続されている補機電動機(負荷)のうち、蒸気タービン又はタービン発電機に関するものを二つ挙げ、停止させない理由をそれぞれ 200 字以内で述べよ。

問2 図に示すように、発電機より直列リアクタンス X をもつ送電線を介して負荷に有効電力 P 、無効電力 Q を供給している場合を考える。ここに送電端電圧を $V_s \angle \delta$ 、受電端(負荷端)電圧を $V_r \angle 0$ とする。また、無効電力の符号は遅れ無効電力を正とする。

(1) 負荷の有効電力 P 及び無効電力 Q を、 V_s 、 V_r 、 δ 及び X で表す式を導出せよ。

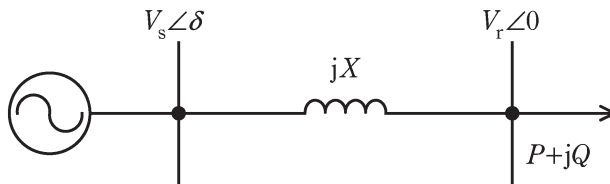
(2) 送電端電圧の大きさ V_s を 1 p.u.、送電線から負荷に供給する有効電力 P を 0.5 p.u.、無効電力 Q を 0 p.u. とするとき、受電端電圧の大きさ V_r 及び δ ($0^\circ \leq \delta < 45^\circ$) を求めたい。ここに送電線のリアクタンス X は 0.5 p.u. とする。

a) 有効電力に関する式から V_r を、 δ を用いて表せ。

b) 無効電力に関する式から V_r を、 δ を用いて表せ。

c) a) 及び b) の結果から δ 及び V_r の値を求めよ。

ただし、 $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$ 、 $\cos 2x = 2 \cos^2 x - 1$ を用いてもよい。



問3 電力系統の過渡安定性に関して、次の問に答えよ。

(1) 図1の1機無限大母線系統の過渡安定性について考える。発電機は、過渡リアクタンスを無視し、電圧 $E_1 \angle \delta$ で表され、送電線路は、1回線あたりのリアクタンスが X_L の送電線が2回線併用されているものとする。また、発電機の機械的入力を P_m 、無限大母線の電圧を $E_0 \angle 0$ とする。

送電端の至近で1回線三相地絡事故が発生し、同回線の両端の遮断器を開放することで事故を除去した場合を想定したとき、事故発生前、事故継続中、事故除去後の電力相差角曲線 ($P-\delta$ 曲線) は図2のとおり表される。ここに、事故が除去されたときの δ を δ_a とし、 δ はその後、 δ_b まで至ったものとするとき、図2の面積 $abcd$ と面積 $defg$ のそれぞれについて、発電機の加速エネルギー又は減速エネルギーのどちらを表すか答えよ。

(2) 事故除去が遅れ、 δ_a が大きくなった場合、過渡安定性を維持できる限界について、図2に記載されている記号を用いて簡潔に説明せよ。

(3) 図1の送電線路の中間点に開閉所を設置した図3の系統において、小問(1)と同じ事故が発生し、事故が発生した回線の両端の遮断器を開放することで事故を除去した場合を想定する。このとき、事故除去後の電力相差角曲線の電力の最大値は、開閉所の設置前の何倍になるか答えよ。

(4) 小問(3)の開閉所の設置により、過渡安定性が向上するか低下するかについて、加速エネルギーと減速エネルギーの変化に触れながら200字程度以内で説明せよ。

(5) 図3の系統において、送電線路の中間点にある開閉所に無効電力を高速に補償する装置を設置し、事故除去後、位相角 δ が最大値に至るまでの間、遅れ無効電力を系統側に注入した場合、小問(3)のときと比べ、位相角 δ の最大値はどう変化するか。加速エネルギーと減速エネルギーの変化に触れながら200字程度以内で説明せよ。

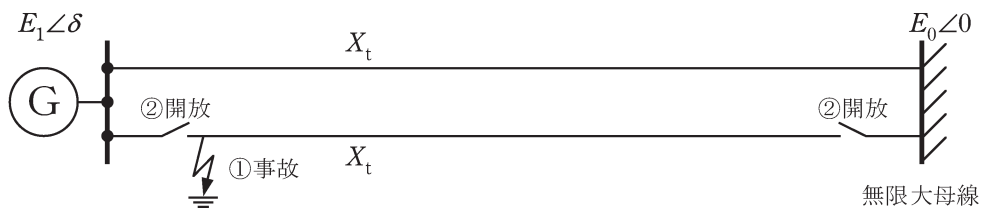


図 1

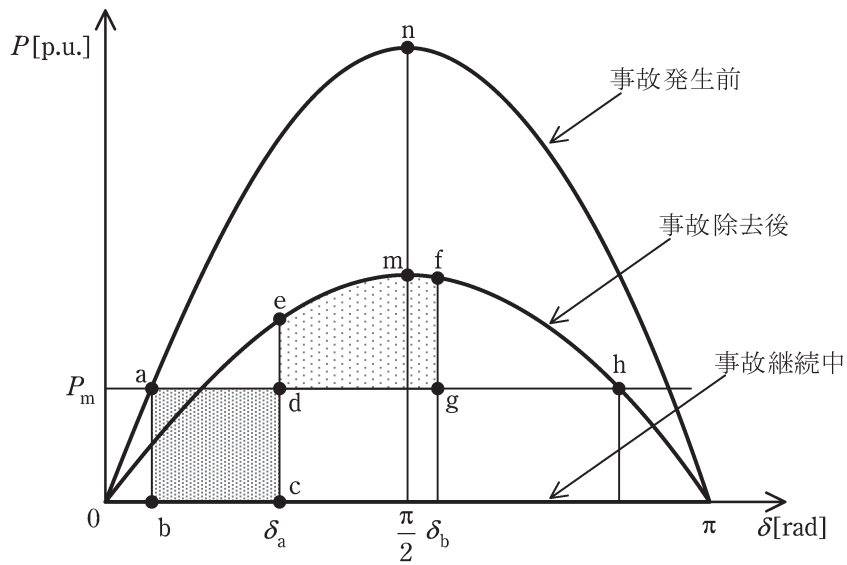


図 2

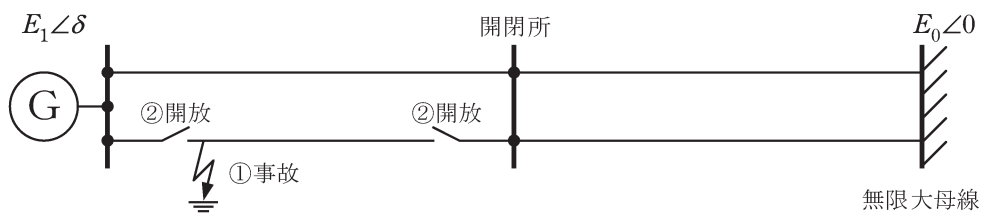


図 3

問4 配電系統の電力損失を低減することはエネルギー資源の効率的な活用には有用である。次の問に答えよ。

(1) 柱上変圧器を重負荷地点近傍に設置することは、電力損失を低減する方策の一つである。これ以外の配電系統の電力損失低減策を三つ述べよ。

(2) 柱上変圧器を重負荷地点近傍に設置することによる電力損失低減効果について、a) 平等負荷分布(各地点での負荷電流が同じ)及びb) 不平等負荷分布における電力損失を求めることにより、b) が a) より小さくなることを示したい。

a) 図1に示すように、平等負荷分布である単相2線式の低圧配電系統において、電線こう長 L [m]、A点から x [m] だけ離れた地点の線路電流 I_x [A] を求めたうえで、低圧配電線の全区間の電力損失を I_s 、 L 、 r を用いて求めよ。ただし、変圧器二次側の送電線電流 I_s [A]、電線単位長抵抗 r [Ω /m] とし、配電線路の線路特性は均一として、電源電圧は一定であるものとする。

b) 図2に示すように、末端へ行くほど直線的に減少する不平等負荷分布である単相2線式の低圧配電系統において、A'点から x' [m] だけ離れた地点の負荷電流密度 i'_x [A/m] 及び線路電流 I'_x [A] を、A'点の負荷電流密度 i'_0 [A/m] を用いて求めたうえで、低圧配電線の全区間の電力損失を I_s 、 L 、 r を用いて求めよ。ただし、電流分布以外の条件は a) と同様とする。

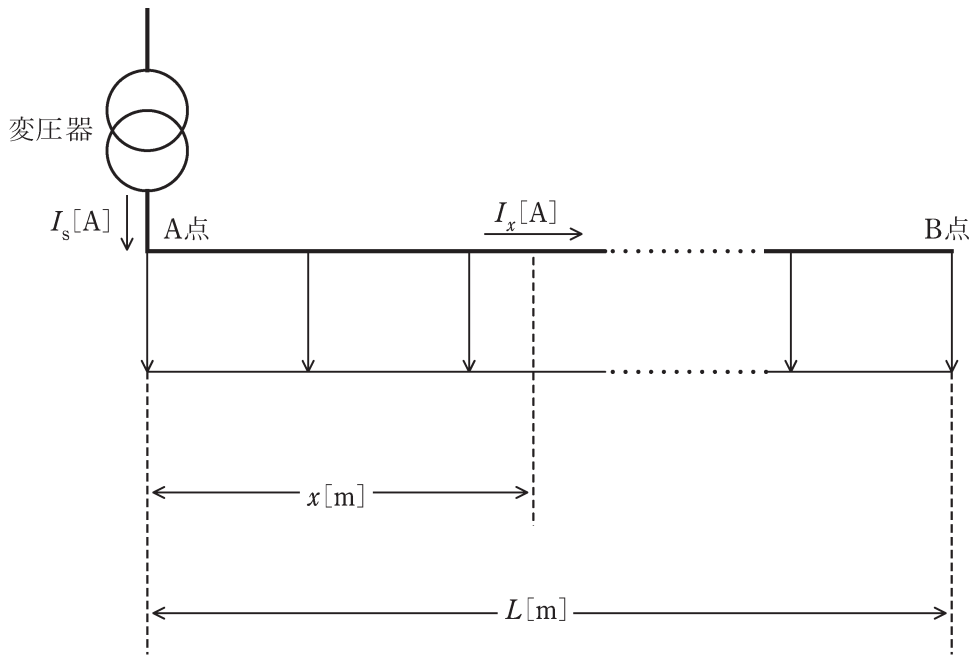


图1 平等负荷分布

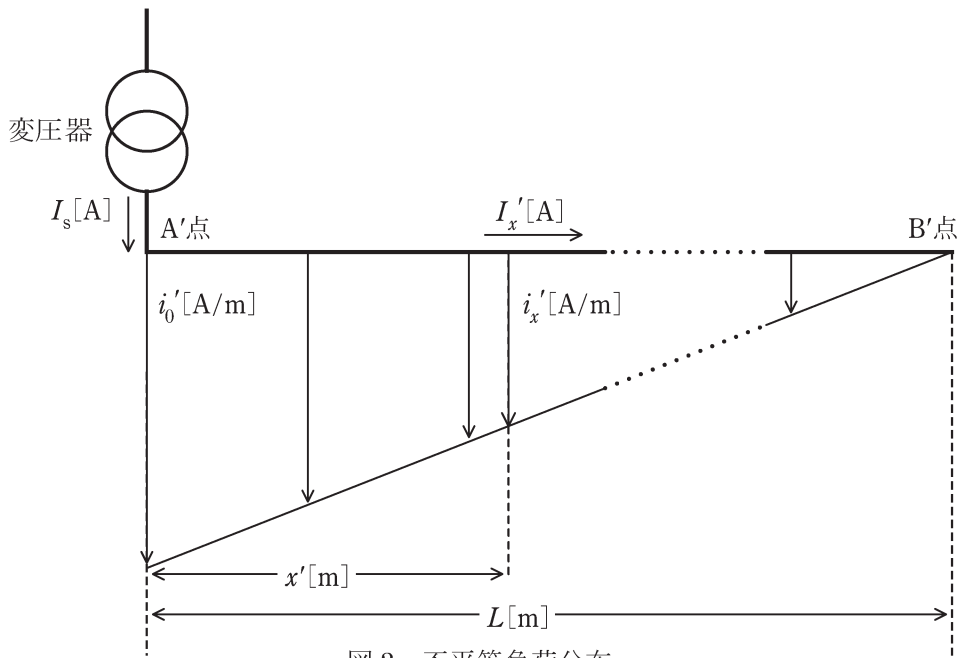


图2 不平等负荷分布

問5 電力系統における無効電力の変化による電圧変動に関し、次の問に答えよ。

なお、各要素と単位は次のとおりとする。

有効電力 P : [W], 無効電力 Q : [var], 送電端電圧 V_s 及び受電端電圧 V_r : [V],
 抵抗 r 及びリアクタンス x : [Ω]

(1) 図1は、電源から負荷(遅れ力率)に電力 $P+jQ$ を送電している状態を示している。次の a) 及び b) について答えよ。

a) 受電端電圧 V_r を基準として、1相分の電圧、電流の関係をベクトル図で表せ。ただし、受電端電圧 V_r 及び送電端電圧 V_s は線間電圧とする。

b) 負荷の有効電力 P , 抵抗 r 及びリアクタンス x は一定とし、 V_s と V_r の位相差は近似的に零であるとみなした場合、無効電力の変化 ΔQ と、それによる受電端電圧の変化 Δv とは、①式の関係があることを証明せよ。ただし、送電端電圧 V_s は一定とし、受電端電圧 V_r の変化は小さく、また、 $r \ll x$ とする。

$$\Delta v \propto -x \cdot \Delta Q \cdots \cdots \cdots \text{①}$$

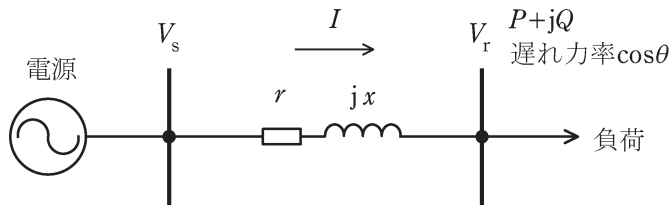


図1

(2) 図 2 は、電源 1(商用電源)に電源 2(分散電源)が接続された電力系統を示している。22 kV 母線に分路リアクトル(ShR)を投入したとき、22 kV 母線の電圧変動率を 2 % 以下にするためには、投入する容量 Q_R は最大何 Mvar とすべきか。1 Mvar 未満は四捨五入して答えよ。ただし、①式が成立するものとし、22 kV 母線の電圧 V_{22} の送電端電圧 V_s に対する電圧変化を v とすると、22 kV 母線の電圧変動率 $\%v_{22}$ は次式で表されるものとする。

$$\%v_{22}[\%] = \frac{v}{V_{22}} \times 100[\%]$$

また、系統各部のリアクタンスは 10 MV・A 基準の値とし、電源電圧は変化しないものとする。

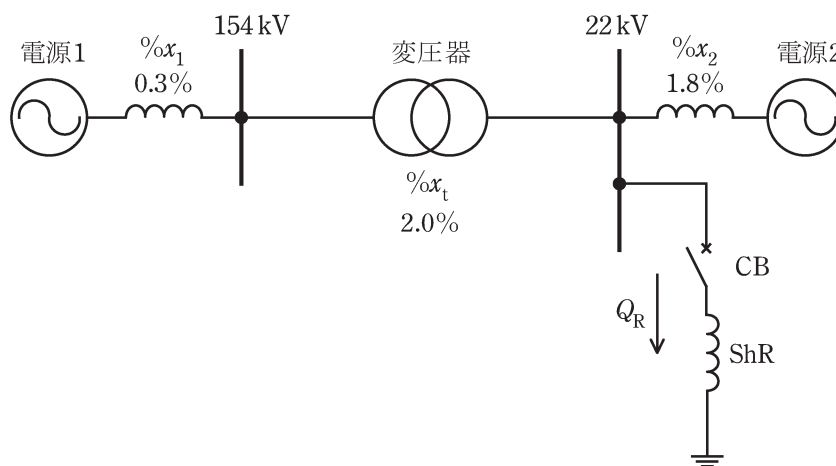


図 2

問6 事業用電気工作物としての発電用風力設備に関して、次の問に答えよ。

- (1) 発電用風力設備は、公衆安全と電気保安の確保のために、設置時のみならず、巡視・点検等継続的に保守管理を行うことにより、運用中も「発電用風力設備に関する技術基準を定める省令」に適合するよう維持しなければならない。発電用風力設備において維持すべき重要な技術要件を二つ答えよ。
- (2) 風車が構造上安全であるために設計上考慮すべき風圧荷重を二つ答えよ。
- (3) 避雷塔や避雷針を施設する方法以外に、雷撃からブレードを保護する措置を答えよ。
- (4) 風力発電設備内部を雷撃から保護するために等電位ボンディングという方法が採用されている。この保護の方法について答えよ。