

令和 2 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 我が国における汽力発電所の所内単独運転に関して、次の問に答えよ。

- (1) 所内単独運転はどのような事態が発生した際に実施されるのか、その目的とともに 100 字程度で述べよ。
- (2) 所内単独運転中のボイラ設備、タービン設備、電気設備について、各設備への影響を踏まえて制御上注意すべきことをそれぞれ 50 字程度で述べよ。

問2 送電線の抵抗とリアクタンスを考慮した送電電力に関して、次の問に答えよ。

ただし、送電端電圧 \dot{V}_1 の大きさを V_1 、位相を δ 、受電端電圧 \dot{V}_2 の大きさを V_2 、位相を零、送電線の抵抗を r 、リアクタンスを x 、送電線電流を \dot{I} とし、電力や電流は送電端から受電端への向きを正、無効電力は遅れを正とする。

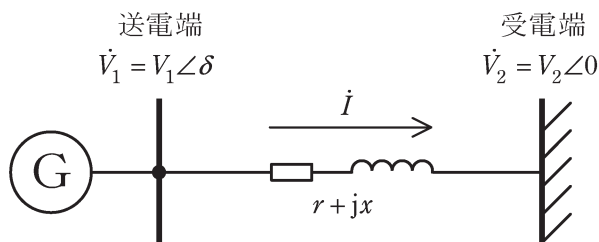


図1

- (1) \dot{V}_1 と \dot{V}_2 の関係を答案用紙に印刷されている図2のベクトル図に \dot{V}_1 、 $r\dot{I}$ 、 δ 及び $jx\dot{I}$ を追加して示せ。

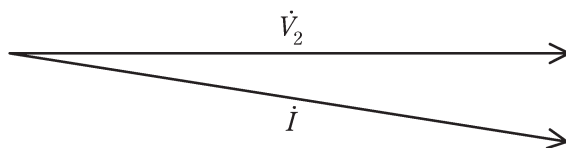


図2

- (2) 送電端から受電端への潮流の送電端側の有効電力を P 、無効電力を Q とし、 \dot{I} を P 、 Q 、 \dot{V}_1 を用いて表せ。
- (3) r 及び x を V_1 、 V_2 、 δ 、 P 、 Q を用いて表せ。
なお、 $P \neq 0$ あるいは $Q \neq 0$ とする。
- (4) $r=0.0414$ p.u.、 $x=0.245$ p.u. と与えられたとき、 $V_1=1.08$ p.u.、 $V_2=1.02$ p.u.、 $P=1.20$ p.u.、 $Q=0.215$ p.u. となった。この場合の $\sin\delta$ 、 $\cos\delta$ の値を求めよ。

問3 図1に示すように無限大母線からリアクタンスを介して抵抗負荷に電力を供給している場合について考える。ただし、各変数は単位法で表されているものとする。

- (1) 図1(a)の系統に対して、受電端母線の電圧の大きさ V と受電端有効電力 P の間の関係 (P - V カーブ)の概形を図示せよ。図の縦軸・横軸が何を表すかとともに、電圧高め解、電圧低め解の範囲を図中に示せ。
- (2) 図1(b)に示すように、電圧 V の受電端母線に抵抗負荷(抵抗は R)がタップ切換変圧器(タップ比 $1:n$)を介して接続された場合を考える。 V を負荷消費電力 P_L と R , n で表す式を求めよ。ただし、変圧器は理想変圧器とする。
- (3) 小問(2)の条件のもと、 R が小さい場合に、さらに R が小さくなった場合を考える。このとき、負荷端電圧の大きさ V_L を一定に保とうとしてタップ比 n を増加させると、かえって V_L が低下する場合がある(変圧器タップの逆動作現象)。タップ比 n を増やすと受電端電圧 V と負荷消費電力 P_L がどのように変化するかについて、 P - V カーブに負荷の P_L - V 特性、又は P - V_L カーブに負荷の P_L - V_L 特性を重ねて図示して300字程度以内で説明せよ。

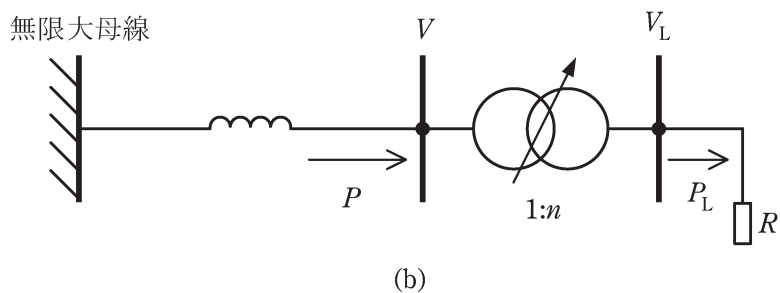
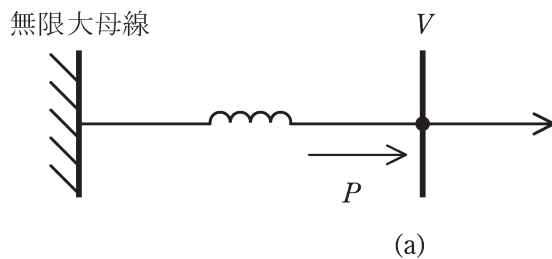
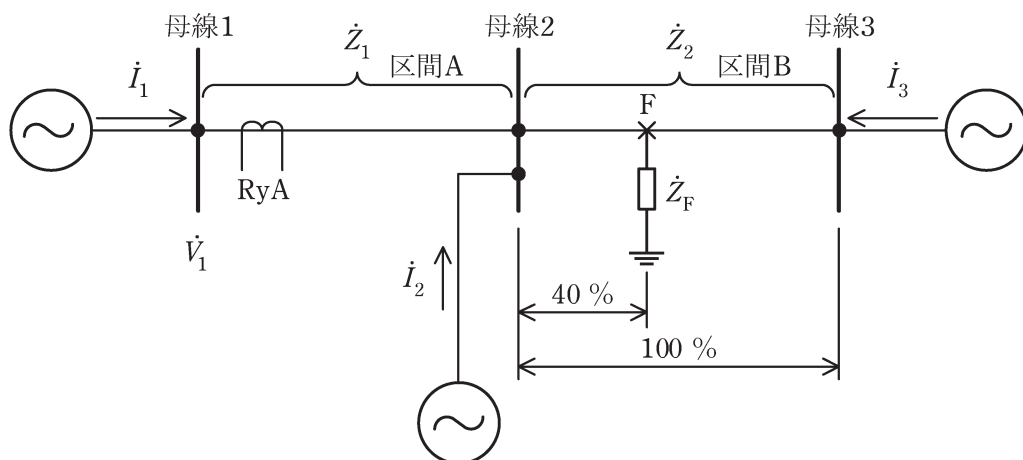


図1

問4 図に示すような架空送電系統において、母線2から区間Bの40%の距離にあたる点Fで三相地絡事故が発生した。区間Bでの主保護リレーが誤不動作し、母線2と母線3側の線路遮断器が閉じたままで事故が継続中である。このとき区間Aの母線1側に設置された後備保護リレーである地絡距離リレーRyAの動作に関して、次の問に答えよ。



ただし、図に示した \dot{V}_1 [V], \dot{I}_1 [A], \dot{I}_2 [A], \dot{I}_3 [A], \dot{Z}_1 [Ω], \dot{Z}_2 [Ω], \dot{Z}_F [Ω]は、計器用変成器二次側に換算した相電圧値、相電流値、インピーダンス値である。RyAが測定する距離インピーダンスの大きさは $\left| \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_1} \right|$ で演算される。 \dot{Z}_1 , \dot{Z}_2 はそれぞれ区間A, 区間Bの送電線インピーダンス、 \dot{Z}_F はF点での故障点インピーダンスで、全て1相あたりとする。負荷電流と充電電流は無視できるものとする。

- (1) RyAが測定する \dot{V}_1 を, \dot{I}_1 , \dot{I}_2 , \dot{I}_3 , \dot{Z}_1 , \dot{Z}_2 , \dot{Z}_F を用いて表せ。
- (2) RyAの整定値が \dot{Z}_1 の大きさに対するパーセント値で表される場合, RyAが動作域にあるためには, 整定値は何パーセント以上であればよいか。 $\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}, \frac{\dot{I}_3}{\dot{I}_1}$ を計算し, 整定値は最小値で求めよ。

ただし, RyAが測定する距離インピーダンスの大きさが整定値以下になるとRyAは動作域にあるものとし, \dot{I}_1 , \dot{I}_2 , \dot{I}_3 , \dot{Z}_1 , \dot{Z}_2 , \dot{Z}_F は次の値とする。

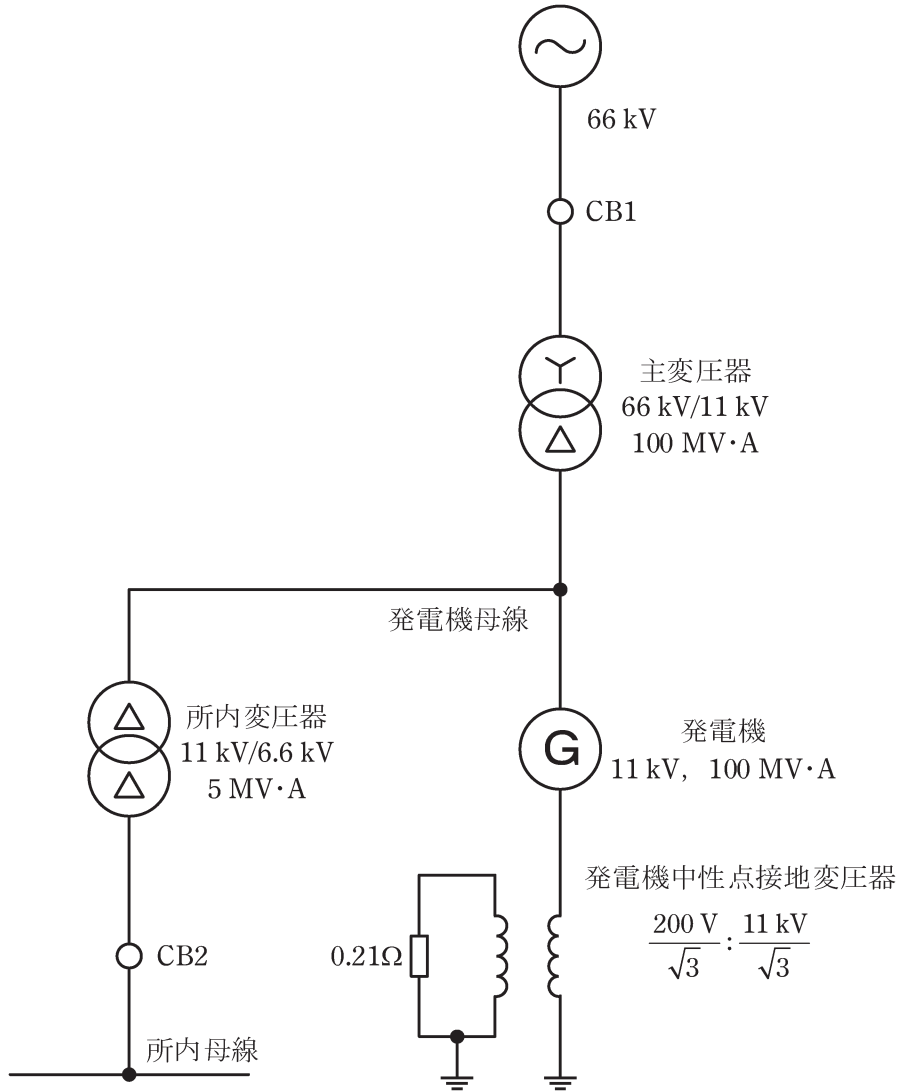
$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= 30 + j0.0 \text{ A}, & \dot{I}_2 &= 21 - j3.6 \text{ A}, & \dot{I}_3 &= 15 - j3.9 \text{ A}, \\ \dot{Z}_1 &= 0.35 + j2.0 \text{ } \Omega, & \dot{Z}_2 &= 0.22 + j1.2 \text{ } \Omega, & \dot{Z}_F &= 0.10 + j0.0 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

問5 電圧 11 kV、容量 100 MV・A の三相発電機が主変圧器を介して 66 kV 送電線に接続する系統がある。主変圧器の容量は、100 MV・A であり、インピーダンスは自己容量ベースで 9 % である。66 kV 送電線系統は、無限大母線と考えてよい。発電機巻線は星形結線であり、その中性点は図のように接地変圧器及び接地抵抗によって接地されている。11 kV 発電機母線には、補機に電力を供給するための所内変圧器が接続されている。所内変圧器容量は 5 MV・A であり、所内母線電圧は 6.6 kV である。発電機の短絡比が 0.6 であるとき、次の間に答えよ。

ただし、発電機は発電機電圧 11 kV で運転中であり、送電線運転電圧は 66 kV であるとする。発電機、変圧器の巻線抵抗は、無視してよい。

- (1) 発電機母線で三相短絡が生じたときの短絡電流の大きさはいくらか。主変圧器の 11 kV 端子から流れ込む電流と、発電機から供給される電流とに分けて解答せよ。なお、所内母線側からの電流供給はないものとする。
- (2) 所内母線受電遮断器 CB2 の遮断電流が 12.5 kA であるとする。所内母線三相短絡時に CB2 を流れる電流を 12.5 kA 以下とするためには、所内変圧器のインピーダンスの大きさを何パーセント(自己容量ベース)以上としなければならないか。ただし、発電機の内部相差角は、無視してよい。
- (3) 発電機母線が完全一線地絡したときの地絡電流の大きさは、何アンペアとなるか。ただし、発電機の正相、逆相、零相インピーダンスは、無視してよい。

電力系統(無限大母線)



問6 がいし、ブッシング(以下「がいし類」という。)を有する屋外変電所(以下「変電所」という。)の塩害対策について、次の問に答えよ。

- (1) 変電所のがいし類の塩害汚損の管理指標として、等価塩分付着密度[mg/cm^2]が用いられている。等価塩分の意味を含めてこの管理指標が用いられる理由を答えよ。
- (2) 変電所の塩害対策は保守が容易ながいし類の過絶縁設計が基本であるが、海岸に近く、台風や季節風によりがいし類に付着する塩分が多い地域にある変電所では、電圧が高いほど、過絶縁設計だけではなく、活線洗浄などを組み合わせて対策することが多い。その理由を答えよ。
- (3) 塩害対策の一つとして、絶縁性に優れたシリコンコンパウンドをがいし類に塗布する方策がある。絶縁性以外に、シリコンコンパウンドが有する塩害対策として優れた特性を答えよ。また、保守上注意すべき点を答えよ。