

令和 2 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 水車発電機の定格回転速度の選定の考え方に関して、次の問に答えよ。

周波数 60 Hz の系統の地点において、有効落差 162 m、出力 40 MW のフランス水車 1 台を設置する場合、最も適切な水車の定格回転速度 [min^{-1}] 及び発電機の極数を求めたい。

(1) フランス水車において、適用できる比速度と有効落差の関係が、次式によって表されるとき、次式に基づき算出される回転速度の上限値を求めよ。

$$n_s \leq \frac{23\,000}{H+30} + 40$$

ただし、 n_s : 比速度 ($\text{m} \cdot \text{kW}$ 基準)、 H : 有効落差 [m] とする。

なお、比速度 n_s は、出力 P [kW]、回転速度 N [min^{-1}] としたとき、

$$n_s = \frac{N \times P^{\frac{1}{2}}}{H^4} \text{ で与えられる。}$$

(2) 選定すべき定格回転速度を求めよ。また、その理由を 100 文字程度で述べよ。

(3) 小問(2)の場合の発電機の極数を導出せよ。

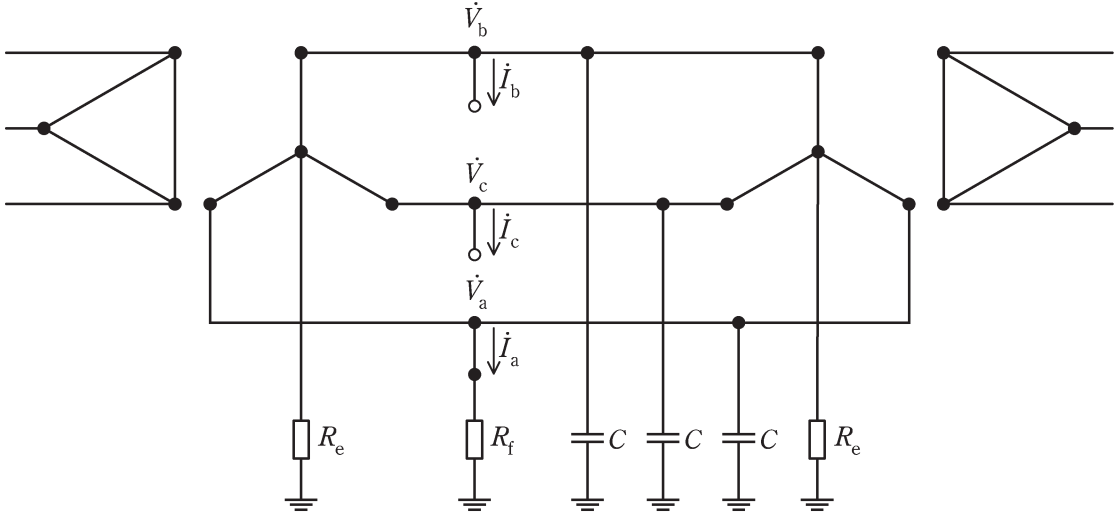
問2 保護リレーシステムは、電力系統の状態を把握する計器用変成器、そこから得られる情報をもとに事故を検出して事故除去指令を出す保護リレー、指令を受けて事故点を切り離す遮断器の、三つにより構成される。これらに関して、次の(1)～(3)のそれぞれに対し、100字程度で簡潔に述べよ。

- (1) 計器用変成器の役割について説明し、計器用変成器のうち最も代表的なものを二つ挙げよ。また、計器用変成器の比誤差 ϵ [%]を、公称変成比 K_n 、真の変成比 K を用いた式で表せ。
- (2) 保護リレーが電力系統を的確に保護するために具備すべき条件のうち、信頼性について説明せよ。
- (3) 一般に77又は66kV系統に使用される遮断器の定格遮断時間を、サイクル数で答えよ。また、遮断器において保護リレーからの事故除去指令を受ける箇所の名称を答え、あわせて同箇所が持つ引外し自由(トリップフリー)の機能と目的について説明せよ。

問3 対称座標法を用いた1線地絡故障の計算に関して、次の間に答えよ。

図のような送受電端の変圧器の中性点をそれぞれ R_e の抵抗で接地したこう長 20 km、電圧 66 kV、周波数 50 Hz の三相3線式1回線送電線路がある。

その a 相 1 線が R_f の抵抗を通じて地絡を生じた場合の地絡電流を求めたい。



- (1) 地絡電流 \dot{I}_g を、a 相の無負荷電圧 \dot{E}_a 、この送電回路の故障点から見た零相インピーダンス \dot{Z}_0 、正相インピーダンス \dot{Z}_1 、逆相インピーダンス \dot{Z}_2 、及び、地絡点の抵抗 R_f で表せ。

なお、故障点での各相電圧、各相電流を図に示すように \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 、 \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c とし、それを対称成分に変換したものを \dot{V}_0 、 \dot{V}_1 、 \dot{V}_2 、 \dot{I}_0 、 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 としたとき、以下の関係となる。

$$\dot{V}_0 = -\dot{Z}_0 \dot{I}_0, \quad \dot{V}_1 = \dot{E}_a - \dot{Z}_1 \dot{I}_1, \quad \dot{V}_2 = -\dot{Z}_2 \dot{I}_2$$

また、故障条件から以下の関係となる。

$$\dot{I}_b = \dot{I}_c = 0, \quad \dot{V}_a = \dot{I}_a R_f$$

(2) 零相インピーダンス \dot{Z}_0 , 正相インピーダンス \dot{Z}_1 , 逆相インピーダンス \dot{Z}_2 をそれぞれ求めよ。ただし, 1 線当たりの対地静電容量 C は $0.005 \mu\text{F}/\text{km}$, 変圧器の中性点の抵抗 R_e は $\frac{2000}{3} \Omega$ として, その他のインピーダンス, また負荷電流は無視するものとする。

なお, $\pi = 3.1416$ とする。

(3) 小問(2)の条件に加えて, 地絡点の抵抗 R_f が 10Ω の場合における地絡電流の大きさ $|\dot{I}_g|$ [A] を求めよ。

問4 一般的に低圧配電方式として広く使用されている単相3線式について、次の問に答えよ。

- (1) 我が国の単相2線式(200Vと100V)と単相3線式を図で示し、単相3線式を用いた電力供給の特徴を、単相2線式と比較して利便性及び安全性の観点から200字程度で述べよ。ただし、小問(2)、(3)に関する特徴は除く。
- (2) 単相3線式は単相2線式と比較して電圧降下が小さいことを示したい。単相2線式と単相3線式とで100V負荷を用いる場合、単相2線式の負荷電力と単相3線式の負荷電力の合計が等しい際の100V負荷にかかる電圧降下について計算により比較せよ。ただし、単相3線式の各相間(電圧線と中性線との間)の負荷は等しいものとし、各方式での電線の太さは同一とし抵抗のみを考慮するものとする。
- (3) 単相3線式における中性線の欠相(断線)により発生する障害、欠相が生じる原因、及び障害の防止対策(防止対策については二つ)について述べよ。

問5 特別高圧架空電線路による電磁誘導障害について、次の問に答えよ。

- (1) 電磁誘導作用により通信線に誘起される電圧の種類を二つ挙げ、それぞれの発生原理について、簡潔に説明せよ。
- (2) 電磁誘導障害の防止対策のうち、架空電線路側の対策について、二つ答えよ。

問6 図1は、受変電設備の一部を表した単線結線図である。容量 $P_T = 12\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$ の変圧器から、容量 $P_1 = 6\,000\text{ kW}$ で、力率 $\cos\theta_1 = 0.8$ (遅れ)の負荷に電力を供給しており、変圧器の2次側には、力率改善用コンデンサ $Q_1 = 2\,000\text{ kvar}$ が投入されている。この設備において、次の問に答えよ。なお、力率改善用コンデンサの直列リアクトルは考慮しなくてよい。

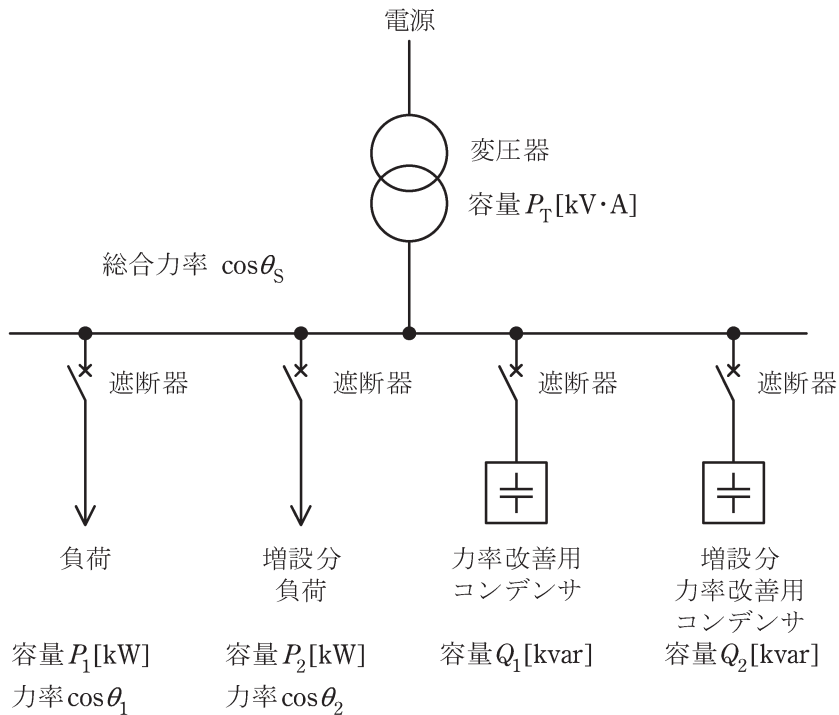


図1

- (1) 上記の運用状況をベクトル図に表すと、図2ようになる。この運用に、さらに容量 $P_2 = 4\,500\text{ kW}$ で、力率 $\cos\theta_2 = 0.6$ (遅れ)の負荷を増設すると、変圧器は過負荷になるおそれがある。そこで、変圧器を過負荷にしないためには、増設分の力率改善用コンデンサの容量 Q_2 [kvar]は、少なくともいくら必要か。また、このときの総合力率 $\cos\theta_s$ はいくらになるか。
- (2) 答案用紙に印刷されている図2に、 P_2 [kW]、 Q_2 [kvar]のベクトル図と、力率角 θ_2 を追記せよ。
- (3) 総合力率を $\cos\theta_s = 0.95$ (遅れ)にするためには、増設する力率改善用コンデンサの容量 Q_2 [kvar]はいくら必要か。

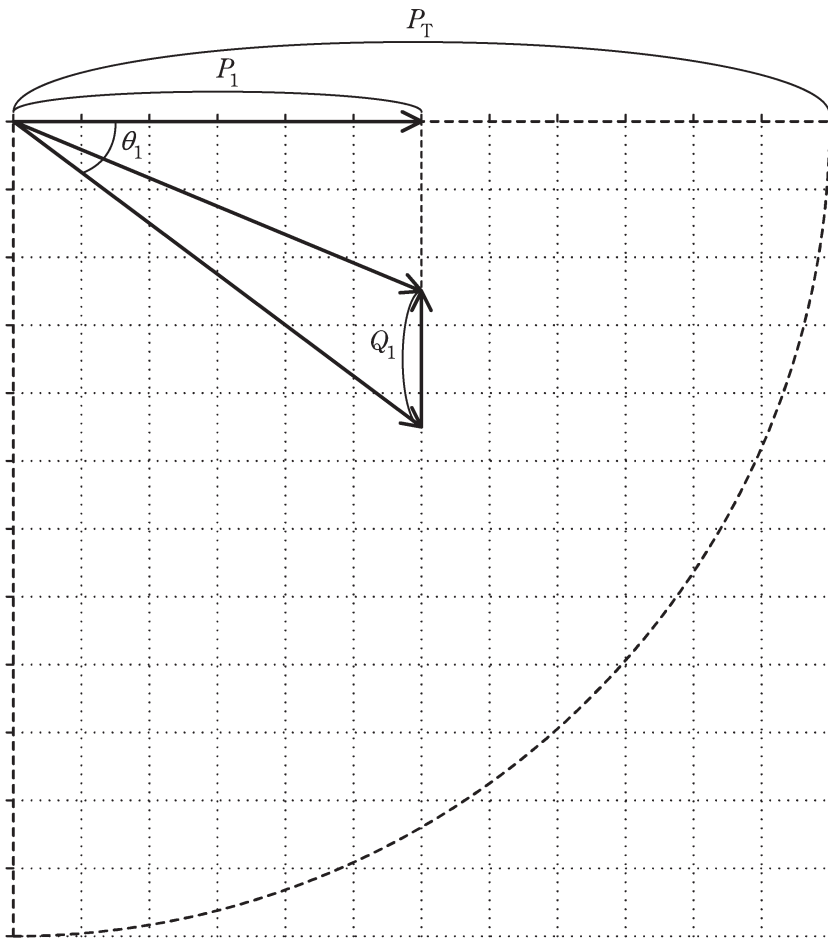


图 2