

令和 6 年度

第 2 種
電力・管理

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

1. 答案用紙（記述用紙）について

- 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。
- 指示がありましたら答案用紙4枚を引き抜き、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。なお、氏名は記入不要です。
- 「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。
- 答案用紙は1問につき1枚です。
- 答案用紙にはページ番号を付しており、(1)～(3)ページに記述します。(4)ページは、図表等の問題に使用するもので、使用する場合は問題文で指定します。

2. 試験問題について

(計算問題) 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。
- 答は、問題文で指定がない限り、3桁（4桁目を四捨五入）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) 問題文の要求に従って記入してください。

- 例えば「3つ答えよ。」という要求は、4つ以上答えてはいけません。

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 2 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)

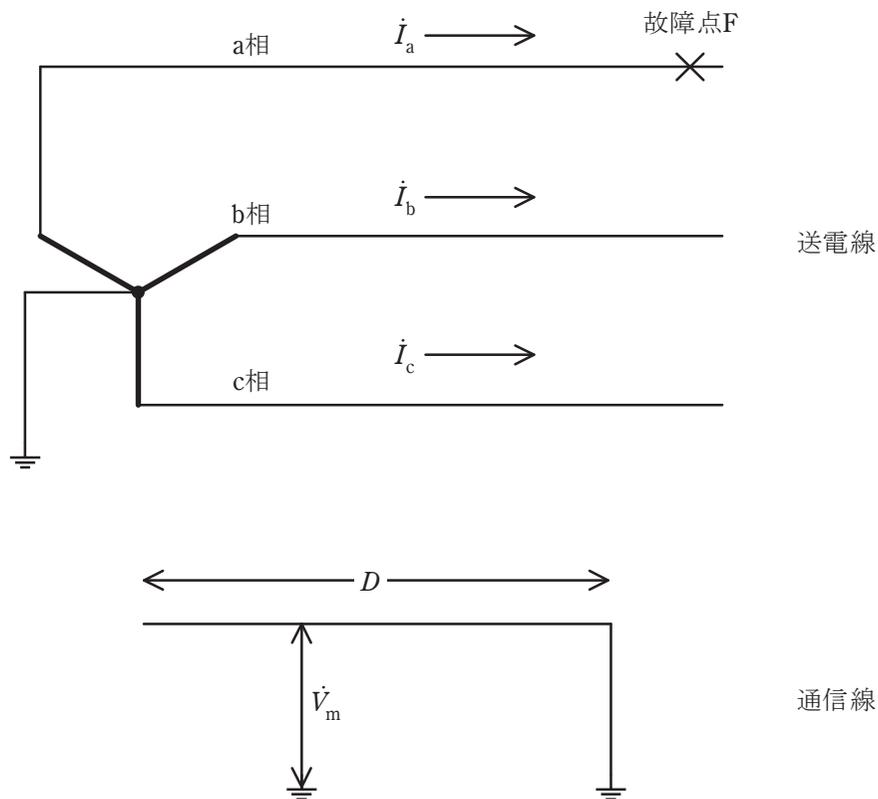
問 1 汽力発電設備の復水・給水系統に設置されている各設備に関して、次の問に答えよ。

- (1) 復水装置(復水器と復水器真空ポンプ)について、その役割と仕組みを 150 字程度以内で述べよ。
- (2) 脱気器について、その役割と仕組みを 100 字程度以内で述べよ。

問2 油入変圧器の内部故障検出に用いられている保護リレーに関して、次の各問にそれぞれ合計100字程度以内で答えよ。

- (1) 電気式リレーである比率差動リレー方式において、励磁突入電流による誤動作防止対策を二つ挙げ、それぞれ概要を述べよ。
- (2) 機械式リレー(装置を含む)を二つ挙げ、それぞれ動作の概要を述べよ。
- (3) 機械式リレー(装置を含む)において、地震による誤動作が考えられる場合、誤動作防止対策や誤動作した場合に運用面の影響を小さくする対策を二つ挙げ、それぞれ概要を述べよ。

問3 図に示す中性点接地方式の架空送電系統において故障点Fでa相の1線地絡事故が発生した。次の問に答えよ。



図

- (1) 1線地絡電流 \dot{I}_a を零相電流 \dot{I}_0 を用いて表せ。なお、送電線は無負荷とする。
- (2) 電磁誘導により通信線に発生する誘導電圧 \dot{V}_m [V] の大きさ $|\dot{V}_m|$ を、小問(1)の \dot{I}_0 、周波数 f [Hz]、送電線と通信線との相互インダクタンス M [H/km]、送電線と通信線が並行している距離 D [km]、及び π を用いて表せ。
- (3) M が 5.0 mH/km、 D が 0.8 km の場合、 $|\dot{V}_m|$ を 430 V 以下とするための \dot{I}_a [A] の大きさ $|\dot{I}_a|$ の上限値を求めよ。なお、 $f=50$ Hz、 $\pi=3.14$ とする。

問4 配電線のループ系統に関して、次の問に答えよ。

異なる配電用変圧器に接続されている長さ1 kmの三相高圧配電線AとBの末端に開閉器が設置されている。開閉器を投入しループ系統にした場合、下記(1)～(3)の設問に答えよ。

(1) 図1の系統において、開閉器投入後のA配電線とB配電線の送り出し電流の大きさを求めよ。

なお、配電用変電所から末端負荷に向かう電流の向きを正とする。

また、配電系統の条件を下記に示す。

- ・配電用変圧器(1B, 2B)の送り出し電圧は、6 600 Vとする。
- ・配電用変圧器の送り出し電圧は、開閉器投入前後で変化しない。
- ・配電用変圧器(1B, 2B)のインピーダンスは、無視できる。
- ・開閉器投入前のA配電線、B配電線の送り出しのそれぞれの電圧と電流の位相差は小さく、零としてよい。
- ・負荷は全てそれぞれの配電線の末端に接続されている。
- ・負荷電流は、開閉器投入前後で変化しない。
- ・A配電線のインピーダンス： \dot{Z}_A [Ω/km]，B配電線のインピーダンス： \dot{Z}_B [Ω/km]， $\dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z}$ [Ω/km]

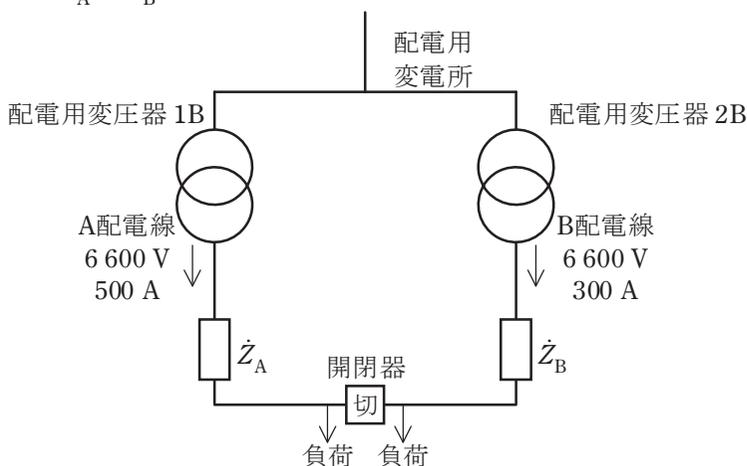
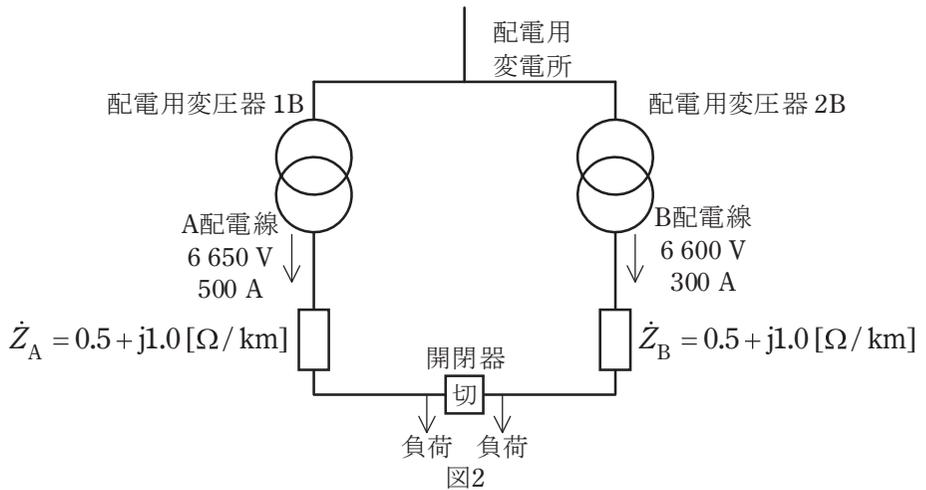


図1

(2) 小問(1)において、図2の系統のように送り出し電圧が異なる場合、開閉器投入後のA配電線とB配電線の送り出し電流の大きさを求めよ。

なお、小問(1)からの配電系統の条件の違いを下記に示す。

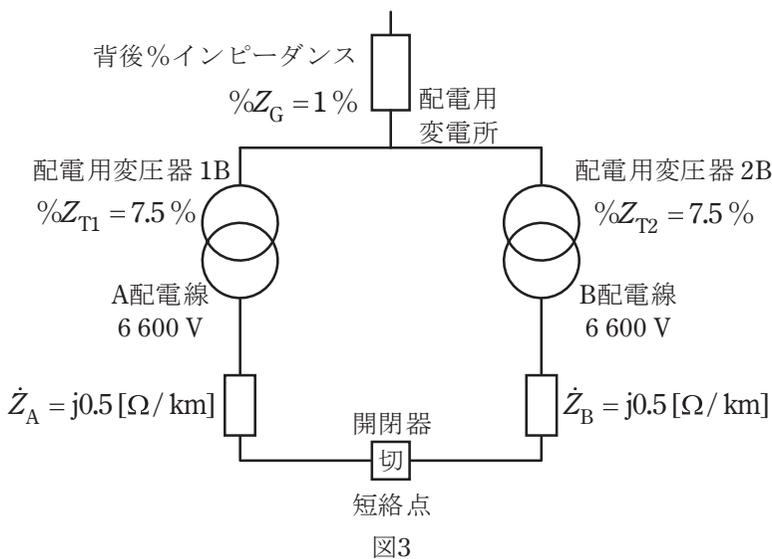
- ・配電用変圧器(1B, 2B)の送り出し電圧は、1B：6 650 V，2B：6 600 Vとする。
- ・ $\dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z} = 0.5 + j1.0$ [Ω/km]



(3) 図3の系統において、開閉器投入後の三相短絡電流を求めよ。なお、短絡箇所は開閉器とする。

また、配電系統の条件を下記に示す。

- ・配電用変圧器(1B, 2B)の送り出し電圧は、6600Vとする。
- ・基準容量：6600V, 10MV・A ベース
- ・背後%インピーダンス(抵抗成分は無視)： $\%Z_G = 1\%$
- ・配電用変圧器%インピーダンス(抵抗成分は無視)： $\%Z_{T1} = \%Z_{T2} = \%Z_T = 7.5\%$
- ・ $\dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z} = j0.5 [\Omega/\text{km}]$ (抵抗成分は無視)



問5 ガス絶縁開閉装置に使用される SF₆ガスに関して、次の問に答えよ。

- (1) ガス絶縁に影響を及ぼす項目を三つ挙げ、理由及び管理方法を項目ごとに 70 字程度で述べよ。
- (2) ガス絶縁開閉装置の異常時の内部開放点検や、撤去、廃棄時に、SF₆ガスを取り扱ううえで、環境面から技術的に配慮すべき点を 100 字程度で述べよ。

問6 太陽光発電の系統連系量が増加すると、日射量の多い昼間帯に逆潮流が流れることによって、電力系統の電圧が上昇する。電力系統への分散型電源の大量連系時の課題について、次の問に答えよ。

- (1) 特別高圧系統に連系する変電所側において、系統電圧上昇を抑えるために用いられる調相設備を二つ挙げ、それぞれについて原理及び長所・短所を含めて80字程度で述べよ。
- (2) 太陽光発電等の分散型電源の系統への連系時に求められる、事故時運転継続の要件について、対象とする事故事象を一つ挙げよ。さらに、その運転継続の必要性を80字程度で述べよ。

令和6年度第二種電気主任技術者二次試験 標準解答

配点：一題当たり 30 点

電力・管理科目 4 題×30 点=120 点

機械・制御科目 2 題×30 点= 60 点

<電力・管理科目>

[問1の標準解答]

- (1) 役割は、蒸気タービンで仕事をした蒸気を水に戻して再び復水として利用すること、及び発電設備の熱効率を向上させることである。仕組みは、蒸気タービンの排気室に直結した復水器で、蒸気を海水などの冷却水と間接触させて凝縮させる。また、残留する不凝縮性のガスは、復水器真空ポンプで系外に排出する。
- (2) 役割は、ボイラや付属設備の腐食を未然に防ぐことである。仕組みは、タービンの抽気などの蒸気を給水に直接接触させ、給水を飽和温度まで加熱し、給水中の溶存酸素などを分離させて大気中に放出する。

[問2の標準解答]

- (1) 以下の誤動作防止対策から二つ記載されていればよい。
 - ・磁気飽和により第二調波成分が多く含有することを利用した抑制コイルを付加した高調波抑制付きリレーにより誤動作を防止させる方法。
 - ・変圧器投入後、一定時間リレーの感度を低下させておき誤動作を防止させる方法。
 - ・変圧器投入後、一定時間リレーのトリップ回路をロックすることで誤動作を防止させる方法。
- (2) 以下の機械式リレー(装置含む)から二つ記載されていればよい。
 - ・衝撃圧力(ガス圧・油圧)リレー：内部故障時の分解ガスによって変圧器タンク内のガス又は油の圧力が上昇した時に動作する。

- ・ブッフホルツ(ピトー)リレー：内部故障時の分解ガス，蒸気の発生，油流の変化を検出し動作する。
 - ・ガス検出リレー：ガスが一定量溜まり，油面が下がると動作する。
 - ・放圧装置：内部故障に伴う内部圧力上昇に対して，タンクの変形や破壊を防止する装置。
- (3) 以下の対策から二つ記載されていればよい。
- ・機械式リレー(装置含む)をトリップ用ではなく警報用として用いる。
 - ・一つの機械式リレーのみを用いて変圧器を停止させるのではなく，同種機械式リレーの複数又は地震計と組み合わせて変圧器の停止を判断する。
 - ・地震に対して，接点部にピトー管やベロー構造等を設け，誤動作しない(しにくい)設計のリレーを採用する。
 - ・地震により誤動作し漏油等が発生した場合でも，その後変圧器の運用継続可能な自動復帰形放圧装置を採用する。

[問3の標準解答]

- (1) 事故時に送電線を流れる正相電流，逆相電流，零相電流をそれぞれ， \dot{I}_1 ， \dot{I}_2 ，

\dot{I}_0 とし， $a = e^{j\frac{2}{3}\pi}$ とする。

$$\dot{I}_a = \dot{I}_0 + \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \cdots \cdots \cdots \text{①}$$

$$0 = \dot{I}_0 + a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 \cdots \cdots \cdots \text{②}$$

$$0 = \dot{I}_0 + a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 \cdots \cdots \cdots \text{③}$$

①式+②式+③式より，

$$\dot{I}_a = 3\dot{I}_0 \cdots \text{(答)}$$

- (2)

$$|\dot{V}_m| = |j6\pi f MD \dot{I}_0| = 6\pi f MD |\dot{I}_0| \cdots \text{(答)}$$

- (3)

$$|\dot{I}_a| = 3|\dot{I}_0| \leq \frac{430}{2 \times \pi \times 50 \times 5 \times 10^{-3} \times 0.8} = 342.36 = 342 \text{ A} \cdots \text{(答)}$$

[問4の標準解答]

(1) ループ電流を \dot{I}_l [A] とすると,

開閉器投入後のループ方程式

$$\begin{aligned}(500 - \dot{I}_l) \times \dot{Z}_A - (300 + \dot{I}_l) \times \dot{Z}_B &= 0 \\ \dot{I}_l &= \frac{500 \times \dot{Z}_A - 300 \times \dot{Z}_B}{\dot{Z}_A + \dot{Z}_B} \\ &= \frac{500\dot{Z} - 300\dot{Z}}{2\dot{Z}} \\ &= 100 \text{ A}\end{aligned}$$

\dot{I}'_A : ループ系統における A 配電線の送り出し電流, \dot{I}'_B : ループ系統におけ

る B 配電線の送り出し電流とすると,

$$\begin{aligned}\dot{I}'_A &= 500 - 100 = 400 \text{ A} \\ \dot{I}'_B &= 300 + 100 = 400 \text{ A}\end{aligned}$$

∴ A 配電線の送り出し電流 400 A . . . (答)

B 配電線の送り出し電流 400 A . . . (答)

(2) ループ電流を \dot{I}_l [A] とすると,

開閉器投入後の節点方程式

$$\begin{aligned}\frac{6650}{\sqrt{3}} - (500 - \dot{I}_l) \times \dot{Z}_A &= \frac{6600}{\sqrt{3}} - (300 + \dot{I}_l) \times \dot{Z}_B \\ \dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z} = 0.5 + j1.0 [\Omega] \text{ のため,} \\ \dot{I}_l &= 100 - \frac{50}{2\sqrt{3}\dot{Z}} = 100 - \frac{50}{2\sqrt{3}(0.5 + j1.0)} = (100 - \frac{10}{\sqrt{3}}) + j\frac{20}{\sqrt{3}} = 94.226 + j11.547 \\ \text{A配電線の送り出し電流 : } \dot{I}'_A &= 500 - \dot{I}_l = 405.774 - j11.547 \\ \therefore I_A &= \sqrt{405.774^2 + 11.547^2} = 405.94 \rightarrow 406 \text{ A} \\ \text{B配電線の送り出し電流 : } \dot{I}'_B &= 300 + \dot{I}_l = 394.226 + j11.547 \\ \therefore I_B &= \sqrt{394.226^2 + 11.547^2} = 394.40 \rightarrow 394 \text{ A}\end{aligned}$$

∴ A 配電線の送り出し電流 406 A . . . (答)

B 配電線の送り出し電流 394 A . . . (答)

(3) まず、配電線 A 及び配電線 B の%インピーダンスを求める。

$$\text{配電線 A の\%インピーダンス} : \%Z_A = \frac{0.5\Omega \times 10\text{MV} \cdot \text{A}}{6.6\text{kV} \times 6.6\text{kV}} \times 100\% = 11.478\%$$

$$\text{配電線 B の\%インピーダンス} : \%Z_B = \frac{0.5\Omega \times 10\text{MV} \cdot \text{A}}{6.6\text{kV} \times 6.6\text{kV}} \times 100\% = 11.478\%$$

$$\begin{aligned} \text{短絡点までの\%インピーダンス} &= \%Z_G + \left(\frac{1}{\%Z_{T1} + \%Z_A} + \frac{1}{\%Z_{T2} + \%Z_B} \right)^{-1} \\ &= \%Z_G + \left(\frac{1}{\%Z_T + \%Z} + \frac{1}{\%Z_T + \%Z} \right)^{-1} \\ &= \%Z_G + \frac{\%Z_T + \%Z}{2} \\ &= 1 + \frac{7.5 + 11.478}{2} = 10.489 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ループ点の三相短絡電流} &= \frac{10\text{MV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \times 6.6\text{kV} \times \text{短絡点までの\%インピーダンス}} \\ &= \frac{10\text{MV} \cdot \text{A}}{\sqrt{3} \times 6.6\text{kV} \times 10.489\%} \\ &= 8\,339.9 \\ &= 8\,340 \end{aligned}$$

∴ 8 340 A . . . (答)

[問5の標準解答]

(1) 下記のうち三つを解答する。

①ガス密度

SF₆ ガスはガス密度の低下に伴い絶縁破壊電圧が低下するため、ガス密度計等で絶縁性能の維持に必要なガス密度が確保できていることを確認する。

②ガス中水分量

SF₆ ガス中の水分は温度変化に伴い絶縁物表面で結露すると沿面絶縁破壊電圧を低下させるため、水分量が規定値以下であることを露点計等で確認する。

③分解ガス

SF₆ ガスは部分放電等のアークにより分解ガスを生じ、分解ガスからの生成物が絶縁物を劣化させるため、分解ガスの発生有無をガスチェッカ等で確認する。

④金属などの異物混入

金属異物が混入し不平等電界になると絶縁破壊電圧が低下（絶縁性能が低下）する。部分放電や振動の有無、分解ガスの発生をガスチェッカ等で確認する。

⑤ガス純度

SF₆ ガスは水分混入等により純度が低下すると絶縁破壊電圧が低下するため、純度計等で規定値以上の純度が維持できていることを確認する。

(2) 温室効果がCO₂の2万倍以上と極めて高いSF₆ガスの大気放出を防止するためガス回収を実施する。また、SF₆ガスのクローズドサイクル化を図るため、使用済みガスは基本的に再利用し、再利用できない場合は再精製等的確に処理する。

[問6の標準解答]

(1)

[分路リアクトル(ShR)]

リアクトルにより系統から遅れ電流を取ることによって、無効電力を吸収し電圧を低下させる。電圧調整が段階的だが、設備コストが比較的安価で保守が容易である。

[静止型無効電力補償装置(SVC)]

サイリスタ点弧角を位相制御することでリアクトルに流れる電流を連続的に変化させて、遅れの無効電力を連続的かつ高速に調整できる。設備コストが比較的高い。

[自励式静止型無効電力補償装置(自励式SVC, STATCOM)]

自己消弧素子を用いた自励式変換器により、無効電力を発生し、又は吸収し、進み・遅れ双方の無効電力を連続的かつ高速に調整できる。設備コストが比較的高い。

[同期調相機(RC)]

励磁調整によって進み又は遅れの無効電力を連続的に発生できる。設備コストが高価で、回転機のため保守が大変だが電圧調整を連続的かつ高速に調整できる。

(2)

事象：系統事故による広範囲の瞬時電圧低下又は系統事故による瞬時的な周波数の変化

必要性：分散型電源が一斉に停止又は解列すると、系統全体の電圧や周波数の維持に大きな影響を与える可能性があり、不要解列を防止するために事故時運転継続が必要である。