

令和 7 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 水力発電所の水車・発電機の劣化診断技術に関して、次の に適当な語句を入れよ。

設備の機能を維持し、安定した運転を確保するためには、設備の状態把握や計画的な点検・修理を実施していく必要がある。水力発電所は一品一様の設計であることから、効果的な設備保全を行ううえで、点検時などに設備の劣化度合いを把握するための設備診断は重要であり、水質を含めた河川の状況や機器の (1) を踏まえて評価することが求められる。

水車の設備診断としては、 (2) 探傷検査(MT)，浸透探傷検査(PT)， (3) 探傷検査(UT)などの (4) 検査がある。これらは、表面の欠陥をはじめとして、金属内部の欠陥について、欠陥の有無、欠陥がある場合は欠陥の (5) 等を検査するものであり、従来から広く用いられてきた。特に欠陥の (5) が認められる場合には、検査間隔を短くするなどし、修理や取り換えの判断を行っている。

水車発電機の固定子巻線は経年使用すると絶縁性能が低下していくが、以下が主な原因として考えられる。

- ① (運転中の温度上昇による)熱的な劣化
- ② (6) (始動停止の繰り返し)による機械的な劣化
- ③ (サージ等による) (7) 的な劣化
- ④ (吸湿・汚損などの)環境的な劣化

また、絶縁性能を確認する試験として、絶縁抵抗測定や誘電正接試験が代表的だが、それ以外に定期的実施する一般的な試験として、以下が挙げられる。

I 直流試験(直流電流試験又は直流吸収試験)は、巻線に直流電圧を印加し、 (8) を測定することでコイル表面の汚損や吸湿の程度を調べる。 (8) は漏れ電流の時間的増加の度合いを示し、この値が高いほど絶縁の状態が良いことを意味している。

- Ⅱ 交流電流試験は、巻線に交流電圧を印加し、印加された電圧に対して流れる電流を測定し、電流値が急増する電圧や増加率を解析することで、コイル表面の汚損や吸湿の程度を調べる。
- Ⅲ (9) 試験は、交流電圧を印加し、発生するコロナ放電の電荷量を測定することで、絶縁部の (10) ，吸湿の程度を調べる。

問2 図の三相3線式1回線の送電線路において、中間地点である点Fでa相の1線地絡故障が発生した場合を考える。三相変圧器はいずれも図のように Δ -Y結線であり、電源側ではY結線の中性点が抵抗接地されており、負荷側ではY結線の中性点は非接地である。三相変圧器、三相送電線路のインピーダンスはそれぞれ以下のとおりであり、点Fでの地絡インピーダンスは零、負荷のインピーダンスは無限大とし、その他のインピーダンスは全て無視する。また、単位法の基準値は全て154 kV及び1000 MV・Aとする。

三相変圧器： 正相・逆相・零相漏れリアクタンス $j0.2$ p.u.

電源側の変圧器の中性点接地抵抗 15 p.u.

三相送電線路： 正相・逆相インピーダンス $0.01+j0.04$ p.u.

零相インピーダンス $j0.2$ p.u.

点Fにおける故障発生前の線間電圧を162 kVとして、次の問に答えよ。

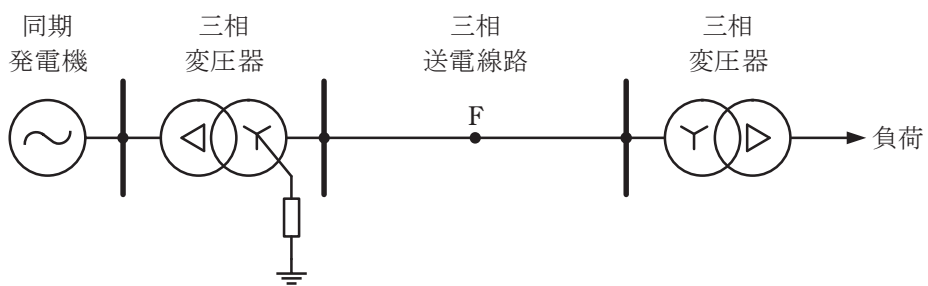
(1) 点Fから系統を見た零相、正相、逆相インピーダンス \dot{Z}_0 [p.u.]、 \dot{Z}_1 [p.u.]、 \dot{Z}_2 [p.u.]を求めよ。

(2) 地絡電流 $\left| \dot{I}_a \right|$ [p.u.]を求めよ。ここで、点Fにおける故障発生前のa相電圧を

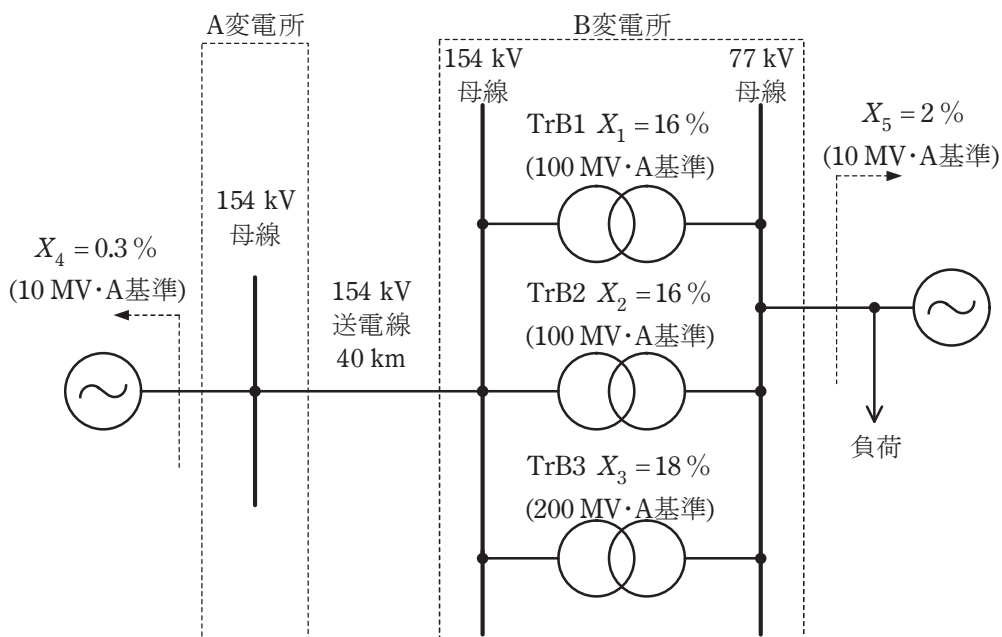
\dot{E}_a [p.u.]とすると、地絡電流の零相分 \dot{I}_0 [p.u.]は次式で表される。

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$$

(3) 地絡電流の値 $\left| \dot{I}_a \right|$ [A]を求めよ。



問3 図のような一次側が 154 kV、二次側が 77 kV の変圧器 3 台で連系された B 変電所がある。この変電所が 40 km の 1 回線送電線で A 変電所から受電しているとき、次の問に答えよ。なお、各変圧器のインピーダンスと各変電所から電源側を見たインピーダンスはリアクタンスのみとし、その値は自己容量基準で図に示すとおりである。また、B 変電所の一次側の電圧は 154 kV 一定で、送電線のリアクタンス X_L は $100 \text{ MV}\cdot\text{A}$ 、154 kV 基準で $0.16 \text{ \%}/\text{km}$ とし、抵抗、アドミタンスは無視するものとする。



- (1) B 変電所の一次側母線が $100 \text{ MW} + j20 \text{ Mvar}$ (遅れ無効電力を正) で受電しているとき、送電端の A 変電所の送り出し電圧 [kV] を求めよ。ただし、電圧計算の近似式は用いないこと。
- (2) 77 kV 母線の短絡容量 P_s [MV·A] を求めよ。なお、単位法における基準容量は $100 \text{ MV}\cdot\text{A}$ として計算せよ。

問4 樹枝状高圧配電線のループ切替(無停電)について、次の問に答えよ。

- (1) 樹枝状高圧配電線で連系用開閉器を投入しループ切替を行う際に、配電線並びに変電所の電流について考慮すべき点を100字程度で説明せよ。
- (2) 近年、太陽光発電が配電系統に大量に連系されてきている。低圧の太陽光発電が大量に連系された配電線を昼間にループ切替する場合の切替検討時に考慮すべき点を100字程度で説明せよ。

問5 電路の絶縁に関する以下の問に答えよ。

(1) 電路に使用される絶縁材料の状態は、a) 気体、b) 液体、c) 固体に分類される。特別高圧の電路で使用される代表的な絶縁物を、それぞれ一つずつ答えよ。

(2) 電路の絶縁性能について、「電気設備の技術基準の解釈」に基づき、次の (A) から (E) の空欄に当てはまる適切な語句又は数値を答えよ。

a) 使用電圧が 1 000 V を超え 500 000 V 未満の電路の最大使用電圧は、使用電圧×((A) / (B)) である。

b) 高圧又は特別高圧の電路(接地工事を施す場合の接地点、絶縁できないことがやむを得ない部分、機械器具等の電路及び直流電車線を除く。)が適合すべき絶縁性能には次のものがある。

「電気設備の技術基準の解釈」において電路の種類に応じて規定された試験電圧を電路と (C) との間(多心ケーブルにあつては、心線相互間及び心線と (C) との間)に連続して (D) 分間加えたとき、これに耐える絶縁性能を有すること。

電線にケーブルを使用する交流の電路においては、上記の試験電圧の (E) 倍の直流電圧を電路と (C) との間(多心ケーブルにあつては、心線相互間及び心線と (C) との間)に連続して (D) 分間加えたとき、これに耐える性能を有すること。

特別高圧の電路においては、日本電気技術規格委員会が承認した規格「電路の絶縁耐力の確認方法」に規定する方法により絶縁耐力を確認したものであること。

(3) 電路の絶縁性能を判定するための試験方法である誘電正接測定試験について、次の問に答えよ。

a) 誘電正接を、誘電損角 δ を用いて表せ。

b) この試験において、 δ 、 V 、 I_r 、 I_C 、 I の関係を図示せよ。ただし、

V : 絶縁物に印加する交流電圧

I_r : 電圧 V の位相と同位相である絶縁物の損失電流

I_C : 電圧 V の位相に対して 90° 進みの絶縁物の充電電流

I : I_C と I_r の合成電流

とする。

c) この試験における電力損失 W を、 δ 、 V 、 C 、 ω を用いて表せ。ただし、

C : 絶縁物の静電容量

ω : 印加する交流電源の角周波数

とする。

d) 小問 c) の結果を用いて、誘電正接を測定することにより電路の絶縁性能が確認できることを 50 字程度で説明せよ。

問6 次の文章は、電力系統の需給計画に関する記述である。文中の空欄に当てはまる適切な語句又は数値を答案用紙に記載せよ。

従来の電力系統の需給計画は、電力需要を所与のものとして電力供給が検討されてきたが、近年、電力供給状況に応じてスマートに需要パターンを変化させる (1) の重要性が強く認識されるようになってきた。需要パターンの変化には (2) と (3) の2通りが考えられる。

前者の (2) は、下げ (1) と呼ばれ、効果的にピークカットを行うことで (4) の解消に寄与するとともに、長期的な電力需要に対して必要な供給力の確保のための (5) の設備投資や維持費を抑えることにつながると期待されている。需要家に (2) を依頼し、これを受けて需要家が (6) 等の具体的な行動を実施し、通常見込まれる電気の需要量の水準(ベースライン)よりも (2) することで、発電した電力量と同等の価値を持った供給力として取引できる仕組みが整えられた。

後者の (3) は、上げ (1) と呼ばれ、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い電力が (7) に陥った際に、需要家に対して (8) 等の具体的な行動を促すことにより、再生可能エネルギーを有効活用しつつ、需給調整に寄与している。

このような (1) の仕組みをさらに活用するため、(9) 事業として法制度が整備されている。これは、発電事業者以外の電気の供給能力を有する者から集約した (10) kW を超えると見込まれる電気を、小売電気事業者、一般送配電事業者等に供給する事業である。需給計画の観点からは、分散型電源や需要家側の供給能力を電力需給全体の中で効果的に活用できる環境が整えられ、再生可能エネルギーの主力電源化や (4) の解消、電力の安定供給に寄与することが期待されている。

令和7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) 運転状況(運転時間, 状態など)
- (2) 磁粉
- (3) 超音波
- (4) 非破壊
- (5) 進展性(進行性など)
- (6) ヒートサイクル
- (7) 電気(課電)
- (8) 成極指数(P.I)
- (9) 部分放電(コロナ)
- (10) 隙間(空隙, ボイドなど)

〔問 2 の標準解答〕

(1) 点 F から見た各インピーダンスは次式のように計算できる。

$$\left. \begin{aligned} \dot{Z}_1 &= j0.2 + \frac{0.01 + j0.04}{2} = 0.005 + j0.22 \text{ p.u.} \\ \dot{Z}_2 &= j0.2 + \frac{0.01 + j0.04}{2} = 0.005 + j0.22 \text{ p.u.} \\ \dot{Z}_0 &= 3 \times 15 + j0.2 + j\frac{0.2}{2} = 45 + j0.3 \text{ p.u.} \end{aligned} \right\} \cdots (\text{答})$$

(2) 点 F における故障発生前の電圧を単位法で表すと $\frac{162}{154} \doteq 1.0519$ となる。したがって、

題意より 1 線地絡故障による地絡電流の零相分は次式で表される。

$$\dot{I}_0 = \frac{1.0519}{45 + j0.3 + 0.005 + j0.22 + 0.005 + j0.22} = \frac{1.0519}{45.01 + j0.74}$$

$$\therefore |\dot{I}_0| = 0.023367$$

したがって、

$$|\dot{I}_a| = 3|\dot{I}_0| = 0.070101 \rightarrow 0.0701 \text{ p.u.} \cdots (\text{答})$$

(3) 小問(2)で得られた解に基準電流を乗じて以下のとおり導出できる。

$$|\dot{I}_a| [\text{A}] = 0.070101 [\text{p.u.}] \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 154 \cdot 10^3} [\text{A}] = 262.81 \rightarrow 263 \text{ A} \cdots (\text{答})$$

〔問 3 の標準解答〕

- (1) 抵抗，アドミタンスを無視した送電線の送電端電圧 \dot{V}_s ，受電端電圧 \dot{V}_r の関係は以下の式で表される。

$$\dot{V}_s = \dot{V}_r + jX_L \dot{I} \quad (X_L : \text{リアクタンス}, \dot{I} : \text{送電線電流}) \cdots \cdots \cdots \text{①}$$

受電端の有効電力を P_r ，遅れ無効電力を Q_r とし，受電端電圧を位相基準にとれば $\dot{V}_r = V_r$ となることから，

$$\dot{I} = \frac{P_r - jQ_r}{\bar{\dot{V}}_r} = \frac{P_r - jQ_r}{V_r} \cdots \cdots \cdots \text{②}$$

①式に②式を代入し，

$$\dot{V}_s = \dot{V}_r + jX_L \left(\frac{P_r - jQ_r}{V_r} \right) = V_r + \frac{X_L Q_r}{V_r} + j \frac{X_L P_r}{V_r} \cdots \cdots \cdots \text{③}$$

本問において 100 MV・A，154 kV を基準とすると，

$$V_r = \frac{154}{154} = 1.0 \text{ p.u.} \quad X_L = \frac{0.16}{100} \times 40 = 0.064 \text{ p.u.}$$

$$P_r = \frac{100}{100} = 1.0 \text{ p.u.} \quad Q_r = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ p.u.}$$

これらの値を③式に代入すると，

$$\dot{V}_s = 1.0 + \frac{0.064 \times 0.2}{1.0} + j \frac{0.064 \times 1.0}{1.0} = 1.0128 + j0.064 \text{ p.u.}$$

よって， $V_s = \sqrt{1.0128^2 + 0.064^2} \times 154 = 1.0148 \times 154 = 156.28 \rightarrow 156 \text{ kV} \cdots \cdots \text{(答)}$

- (2) 図中の各 %リアクタンスを 100 MV・A ベースに換算すると，

$$154 \text{ kV 電源} : 0.3 \times \frac{100}{10} = 3 \%$$

$$\text{TrB3} : 18 \times \frac{100}{200} = 9 \%$$

変圧器 3 台の %リアクタンス X_{Tr} は，

$$X_{Tr} = \frac{16 \times 16 \times 9}{16 \times 9 + 16 \times 9 + 16 \times 16} = 4.2353 \%$$

$$77\text{ kV 電源} : 2 \times \frac{100}{10} = 20\%$$

したがって，77 kV 母線からみた電源側の%リアクタンス X_s は，

$$X_s = (3 + 6.4 + 4.2353) \times \frac{20}{3 + 6.4 + 4.2353 + 20} = 8.1077\%$$

よって，77 kV 母線の短絡容量 P_s は，

$$P_s = \frac{100}{X_s} \times 100 = \frac{100}{8.1077} \times 100 = 1233.3 \rightarrow 1\,230\text{ MV}\cdot\text{A} \dots (\text{答})$$

〔問 4 の標準解答〕

- (1) 連系用開閉器を投入しループにした際、連系点両側の配電線の電圧や位相に大きな差があると、横流の発生により配電線に過大な電流が流れ、変電所の過電流リレーが動作して配電線用遮断器がトリップするため、横流の影響を考慮する必要がある。
- (2) 太陽光発電の逆潮流を考慮して切替後の電流・電圧を計算する必要がある。具体的には、切替実施時期・時間の太陽光発電の逆潮流量やその変動を予測して、許容電流範囲・適正電圧範囲内に入るかの検討を行う。

〔問 5 の標準解答〕

(1)

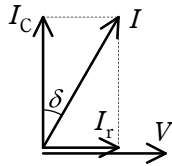
- a) 気体：空気 (SF_6 など)
- b) 液体：絶縁油 (鉱油 など)
- c) 固体：がいし (架橋ポリエチレン など)

(2)

- (A) 1.15
- (B) 1.1
- (C) 大地
- (D) 10
- (E) 2

(3)

- a) $\tan \delta$
- b)



- c) 損失 $W = VI_r$, $I_r = I_C \tan \delta$, $I_C = \omega CV$ より,

$$W = VI_r = VI_C \tan \delta = V \omega CV \tan \delta = \omega CV^2 \tan \delta$$

- d) ωCV^2 が一定の場合, 損失 W は誘電正接 $\tan \delta$ に比例するので, $\tan \delta$ を測定して管理すれば絶縁性能が確認できる。

〔問 6 の標準解答〕

- (1) DR(デマンドレスポンス)
- (2) 需要抑制(需要削減)
- (3) 需要創出(需要拡大)
- (4) 需給ひっ迫(供給力不足)
- (5) 発電設備(電源)
- (6) 生産設備の停止・稼働抑制(蓄電池の放電)
- (7) 供給過剰(余剰)
- (8) 生産設備の稼働増加(蓄電池の充電)
- (9) 特定卸供給
- (10) 1 000