

令和5年度 第二種電気主任技術者試験 二次試験 電力・管理 科目  
アベンジャーズゴッド 解答速報

問1 フランス水車を設置した圧力トンネルを伴うダム水路式発電所において、負荷遮断を実施した際の水撃作用について、次の問に答えよ。

- (1) この水撃作用の概要について、発生原因を含めて100字程度以内で述べよ。

<解答>

水車発電機において負荷遮断により急激にガイドベーンを閉鎖すると、圧力トンネル、水圧鉄管内の水の運動エネルギーが圧力エネルギーに変化するため管路内の圧力上昇が起こる。この現象を水撃作用という。(95字)

- (2) 水撃作用による被害を避けるために、機械的強度の確保とは別に、旧来から採用されてきた設備対策を二つ挙げ、その設備の設置場所および仕組みについて、設備ごとに70字程度以内で述べよ。

<解答>

- サージタンクを圧力トンネルの末端付近に設置し、タンク内の水位の昇降によって水撃作用による圧力変動を吸収させる。(56字)
- 制圧機をケーシングあるいは水圧管路の末端に設置し、負荷遮断時に水圧が危険圧力まで上昇しないよう制圧機の弁体を開放し、水圧を逃がす。(66字)

問2 超高圧送電線に多く用いられる多導体送電線には、単導体送電線に比べて種々の利点がある。短導体送電線と合計断面積が等しい多導体送電線について、この多導体送電線の利点とその理由を、それぞれの項目について50字程度以内で述べよ。

(1) 電流容量

<解答>

多導体送電線では、導体表面積が大きくなるため、電流容量も増加する。

(33字)

(2) 固有送電容量

<解答>

多導体送電線では、線路インダクタンスが減少し、静電容量が増加することから、固有送電容量は増加する。

(49字)

(3) コロナ放電

<解答>

多導体送電線では、等価的に導体外径が大きく電位傾度が小さくなり、コロナ放電の発生が抑制される。

(47字)

(4) 系統安定性

<解答>

多導体送電線では、線路インダクタンスが小さくなるため、系統安定度が向上する。(38字)

問3 等面積法を用いた過度安定性の計算に関して次の問いに答えよ。

図1 (省略) のように、変圧器及び2回線送電線を介して、同期発電機から無限大母線へ三相3線式で送電する系統を考える。(以下略)

- (1) 発電機内部電圧の位相角を $\delta_0$ [rad]として、同期発電機の発電出力 $P_G$ を表す数式を $E_G, E_0, X'_d, X_t, X_l, \delta_0$ を用いて記載せよ。

<解答>

$$X = X'_d + X_t + \frac{X_l}{2}$$
$$P_G = \frac{E_G E_0}{X} \sin \delta_0 \rightarrow \frac{E_G E_0}{X'_d + X_t + \frac{X_l}{2}} \sin \delta_0 \quad (\text{答})$$

- (2) 同期発電機の内部電圧の位相角 $\delta_0$ [rad]を求めよ。(以下略)

<解答>

$$P_{G0} = \frac{E_G E_0}{X} \sin \delta_0$$
$$X = 0.15 + 0.10 + \frac{0.20}{2} = 0.35 \text{ [p.u.]}$$
$$\sin \delta_0 = \frac{X P_{G0}}{E_G E_0} = \frac{0.35 \times 0.8}{1 \times 1} = 0.28$$
$$\delta_0 \doteq \sin \delta_0 = 0.28 \text{ [rad]} \quad (\text{答})$$

- (3) 図1 (省略) の送電線1回線で三相地絡故障が生じ、その後、当該の回線が両端の遮断器の動作により切り離されることを想定する。1回線開放後の不安定平衡点における位相角 $\delta_u$ [rad]を求めよ。(以下略)

<解答>

1回線開放により

$$X' = X'_d + X_t + X_l = 0.15 + 0.10 + 0.20 = 0.45 \text{ [p.u.]}$$
$$P_G = \frac{1}{0.45} \sin \delta$$
$$0.8 = \frac{1}{0.45} \sin \delta_s$$
$$\delta_s \doteq \sin \delta_s = 0.36 \text{ [rad]}$$
$$\delta_u \doteq \sin \delta_u = \pi - \delta_s = 3.14 - 0.36 = 2.78 \rightarrow 2.8 \text{ [rad]} \quad (\text{答})$$

- (4) 小問(3)の故障が生じた際、故障継続中の同期発電機の発電出力を 0p.u.とすると、同期発電機の位相角が図3（省略）の $\delta_c$ [rad]に到達する前に当該の回線を開放できれば脱調を回避できる。ここで $\delta_c$ [rad]は、等面積法により同図中の面積(A)と(B)が等しくなる位相角である。 $\cos \delta_c$ の値を求めよ。ただし、同期発電機の制動効果は無視する。

<解答>

$$\begin{aligned}\cos \delta_u &= -\cos \delta_s \\ &= -\sqrt{1 - \sin^2 \delta_s} \\ &= -\sqrt{1 - \delta_s^2} \\ &= -\sqrt{1 - 0.36^2} \\ &\doteq -0.933 \text{ [p.u.]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{面積}A &= 0.8(\delta_c - \delta_0) \\ &= 0.8\delta_c - 0.8 \times 0.28 \\ &= 0.8\delta_c - 0.224\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{面積}B &= \int_{\delta_c}^{\delta_u} \frac{1}{0.45} \sin \delta \, d\delta - 0.8 \times (\delta_u - \delta_c) \\ &= \frac{1}{0.45} [-\cos \delta]_{\delta_c}^{\delta_u} - 0.8(2.78 - \delta_c) \\ &= \frac{1}{0.45} (-\cos \delta_u + \cos \delta_c) - 0.8(2.78 - \delta_c) \\ &= \frac{1}{0.45} (0.933 + \cos \delta_c) - 2.224 + 0.8\delta_c \\ &= \frac{1}{0.45} (\cos \delta_c + 0.8\delta_c) - 0.1507\end{aligned}$$

A=B より

$$\begin{aligned}\cos \delta_c &= 0.45(-0.224 + 0.1507) \\ &= -0.033 \quad (\text{答})\end{aligned}$$

問4 配電システムの電圧に関して、次の問いに答えよ。

図1（省略）のように、こう長4kmの三相高圧配電線の末端に300kWの三相負荷、力率改善後の力率（進み）90%の需要家が接続されている。

- (1) 需要家端の線間電圧6600Vとするとき、送電端電圧を求めよ。

なお1相当当たりの線路抵抗及びリアクタンスを、それぞれ $0.2\Omega/\text{km}$ 、 $0.6\Omega/\text{km}$ とする。また、電圧計算の近似式を用いること。

<解答>

配電線上の有効電力： $P=300[\text{kW}]$

配電線上の無効電力（遅れを正）： $Q = -\frac{300}{0.9}\sqrt{1-0.9^2} = -145.29663145 [\text{kvar}]$

$R=0.8$ 、 $X=2.4$

電圧降下は

$$\Delta V = \frac{PR+QX}{6600} = -16.4715023454 [\text{V}]$$

送電端電圧は

$$V_s = 6600 - 16.4715023454 = 6583.52849766 [\text{V}]$$

→6.58 [kV]（答）

- (2) 小問(1)の系統において、図2のように、需要家の構内に新たに分散型電源を設置した。送電端の線間電圧が6600Vである場合、送電端と需要家端の電圧を同じ電圧(6600V)に保つために需要家端に設置が必要なりアクトル容量 $Q[\text{kvar}]$ を求めよ。分散型電源の出力は500kW、力率は100%とする。

なお、電圧計算の近似式を用いること。

<解答>

電圧降下を0と考える。

$$PR = -QX$$

$$-200 \times 0.8 = 2.4 \times Q$$

$$Q = 66.66666 [\text{kvar}]$$

もともと需要家の無効電力は $-145.29663145[\text{kvar}]$ なので、

$$66.66666+145.29663145=211.963298116[\text{kvar}]$$

→212[kvar]（答）

問5 我が国における電力系統の中性点接地方式に関して次の問に答えよ。

(1) 中性点接地の主たる目的について、各 30 字程度で二つ述べよ。

<解答>

・ 1 線地絡時の健全相の電圧上昇を抑制して、線路や機器の安全を確保する。

(34 字)

・ 1 線地絡時の地絡電流を抑制して、故障の拡大や被害の軽減を図る。(31 字)

(2) 中性点接地方式には、非接地方式、直接接地方式、抵抗接地方式、消弧リアクトル接地方式などがある。

上記のうち、以下の系統で広く適用されている中性点接地方式を答えよ。

a) 高圧配電系統

<解答>非接地方式

b) 154kV の送電系統

<解答>抵抗接地方式

(3) 直接接地方式との比較において、抵抗接地方式の特徴を合計 130 字程度で述べよ。

<解答>

抵抗接地方式は、直接接地方式と比べ、1 線地絡時の健全相の電圧上昇が大きいため、機器の絶縁レベルを低減することはできない。また、1 線地絡時の地絡電流は小さくなることから、電磁誘導障害や機器・事故点に与える機械的ショックは小さくなる。(115 字)

問6 電力系統の周波数に関して、次の問に答えよ

- (1) 「電気事業法」および「電気事業法施行規則」において、電力系統の周波数をどのような値に維持するよう努めなければならないと規定されているか。

最も適切な物江尾選んで記号で答えよ

<解答>

c) 標準周波数

- (2) 下図(省略)は、電力系統の負荷が変動した際に周波数を維持するための制御方式の分担を表した概念図である。これについて次の問いに答えよ。

a) 図中の(a)に入る適切な語句を答えよ。

<解答>

負荷周波数制御(LFC)

b) 図中の(b)ガバナフリーとはどのような制御か、100字程度以内で説明せよ。

<解答>

周波数の変動に対して回転速度を一定に保つための制御装置であるガバナを応動させて運転する状態である。

この状態では、周波数が低下した場合は、回転機の出力が増加し、周波数が上昇した場合は、出力が減少するよう自動制御する。

(107字)

- (3) 電力系統の周波数低下を検出して負荷遮断するために変電所に設置される保護リレーを英字3文字で答えよ・また、送電線や変圧器の保護リレーが事故除去リレーに分類されることに対比して、このリレーは、何リレーに分類されるか答えよ。

<解答>

保護リレー名称・・・UFR

リレーの分類・・・事故波及防止リレー

- (4) A・B二つの系統が連系線でつながれた電力系統に、平常時より周波数が1.5Hz以上低下すると動作するように整定された小問(3)の保護リレーが設置されている。このとき、次の問いに答えよ。

- a) A及びB系統の系統定数 $K_A$ [MW/0.1Hz]、 $K_B$ [MW/0.1Hz]を求めよ。

<解答>

A系統の容量を $P_A=12,000$ [MW]、

百分率で表した系統定数 $\%K_A=1.0$ [%MW/0.1Hz]、

B系統の容量を $P_B=5,000$ [MW]、

百分率で表した系統定数 $\%K_B=0.8$ [%MW/0.1Hz]とおくと、

$$K_A = \frac{\%K_A}{100} P_A = \frac{1.0}{100} \times 12,000 = 120 \text{ [MW/0.1Hz]} \text{ (答)}$$

$$K_B = \frac{\%K_B}{100} P_B = \frac{0.8}{100} \times 5,000 = 40 \text{ [MW/0.1Hz]} \text{ (答)}$$

- b) この系統全体の系統定数 $K$ [MW/0.1Hz]を求めよ。

<解答>

$$K = K_A + K_B = 160 \text{ [MW/0.1Hz]} \text{ (答)}$$

- c) この系統で2,000MWの電源が脱落した際の周波数低下 $\Delta F$ [Hz]を求めよ。<>

<解答>

$$\Delta F = -\frac{2000}{K} = -12.5[0.1\text{Hz}] = -1.25[\text{Hz}] \text{ (答)}$$

- d) c)の結果を用いて、この場合に保護リレーが動作するか答えよ。

<解答>

動作しない

以上