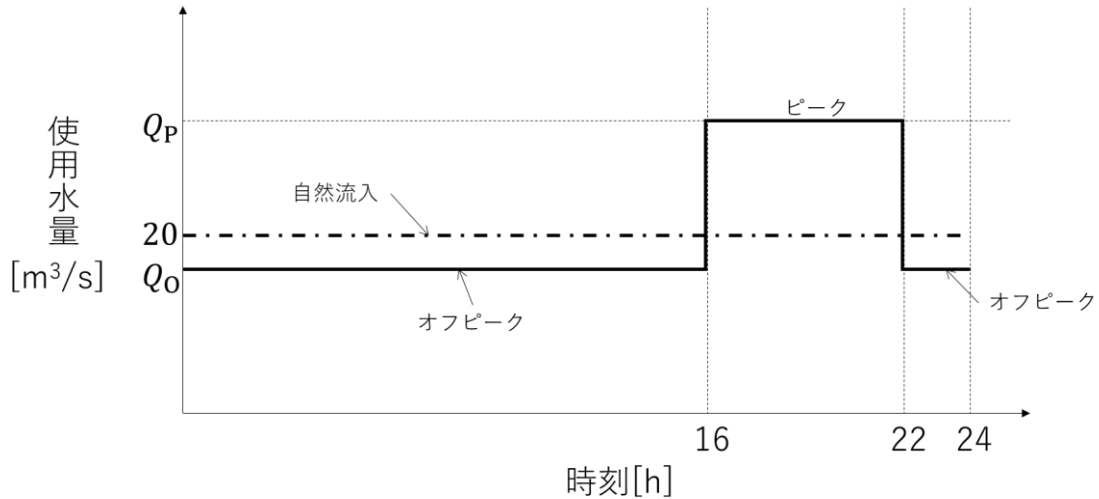


電力・管理 問1

縦軸を使用水量[m³/s]、ピーク負荷時の使用水量をQ_P[m³/s]、オフピーク負荷時の使用水量をQ_O[m³/s]として問題の図を描きかえると下図のようになる。



調整池を最大限活用するとき、16時から22時にかけて有効貯水量を全量消費するのでQ_Pは、

$$(Q_P - 20) \times (22 - 16) \times 3600 = 180 \times 10^3$$

$$\therefore Q_P \cong 28.333 \text{ m}^3/\text{s}$$

また、22時から16時にかけて有効貯水量が全量回復するのでQ_Oは、

$$(20 - Q_O) \times \{(24 - 22) + (16 - 0)\} \times 3600 = 180 \times 10^3$$

$$\therefore Q_O \cong 17.222 \text{ m}^3/\text{s}$$

よって、有効落差をH[m]、ピーク負荷時の水力と発電機の合成効率をη_Pとすると、ピーク負荷時の出力P_P[kW]は、

$$P_P = 9.8Q_P H \eta_P$$

$$= 9.8 \times 28.333 \times 60 \times \frac{85}{100}$$

$$= 14160 \rightarrow \underline{14200 \text{ kW}}$$

また、オフピーク負荷時の水力と発電機の合成効率をη_Oとすると、オフピーク負荷時の出力P_O[kW]は、

$$P_O = 9.8Q_O H \eta_O$$

$$= 9.8 \times 17.222 \times 60 \times \frac{80}{100}$$

$$= 8101.2 \rightarrow \underline{8100 \text{ kW}}$$

電力・管理 問2

(1) 変電所における避雷器の設置上の留意点及びその理由を 100 字程度以内で述べよ。

変電所に発生する過電圧を主回路設備の雷インパルス耐電圧値以下に抑制するため、避雷器は主な被保護機器である変圧器の近傍や、サージインピーダンスが急激に変化する引込口などに適正に配置を行うことに留意する。(100 字)

(2) 酸化亜鉛形避雷器（ギャップレス避雷器）の特徴を三つ挙げ、それによるメリットも含めてそれぞれ 50 字程度以内で述べよ。

① 電圧－電流特性の非直線性が優れており続流が流れない。このため、動作責務に余裕があり、長寿命である。(49 字)

② 直列ギャップがないため、小型軽量である。これにより、耐震性能の向上と据付け面積の縮小化が可能となる。(50 字)

③ 直列ギャップがないため、放電の遅れ、放電開始電圧の変動がなく、被保護機器が放電過渡現象を受けない。(49 字)

(3) 酸化亜鉛形避雷器（ギャップレス避雷器）では、保護レベルと機器寿命の関係を定量的に表すのに、常時連続的に印加される電圧ストレスの大きさを示す課電率（通常、連続使用電圧／動作開始電圧）を用いる。そこで、課電率による保護レベル設定と機器寿命の関係について 80 字程度以内で述べよ。

課電率を高く設定するほど過電圧抑制効果は大きくなり、保護レベルを小さく設定することができるが、一方で避雷器の寿命は短くなるため、課電寿命特性の向上が必要である。(80 字)

電力・管理 問3

(1)

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{\dot{V}_0 - \dot{V}_d}{\frac{j0.8}{2} + j0.2} = \frac{1.10\angle 0 - 1.05\angle \theta_d}{j0.6} \\
 &\therefore P + jQ = \dot{V}_d \bar{i} \\
 &= 1.05\angle \theta_d \times \overline{\left(\frac{1.10\angle 0 - 1.05\angle \theta_d}{j0.6} \right)} \\
 &= 1.05\angle \theta_d \times \frac{1.10 - 1.05\angle(-\theta_d)}{-j0.6} \\
 &= \frac{1.155\angle \theta_d - 1.1025}{-j0.6} \\
 &= j1.925\angle \theta_d - j1.8375 \\
 &= j1.925(\cos \theta_d + j \sin \theta_d) - j1.8375 \\
 &= -1.925 \sin \theta_d + j(1.925 \cos \theta_d - 1.8375)
 \end{aligned}$$

ゆえに、

$$P = -1.925 \sin \theta_d$$

これが与条件より 0.5 となるので、

$$-1.925 \sin \theta_d = 0.5$$

$$\therefore \sin \theta_d = -0.2597 \rightarrow \underline{-0.260}$$

(2) (1)の計算より、

$$Q = 1.925 \cos \theta_d - 1.8375 \rightarrow \underline{1.93 \cos \theta_d - 1.84}$$

(3) 調相設備の無効電力は、

$$\dot{V}_d \times \overline{j\dot{V}_d Y_d} = -j1.05^2 Y_d$$

負荷の遅れ無効電力と、調相設備の進み無効電力の合計が負荷母線に到達する無効電力 Q と等しくなれば良いので、(2)の計算結果を用いて、

$$1.925 \cos \theta_d - 1.8375 = -1.05^2 Y_d + 0.2$$

$$1.05^2 Y_d = -1.925 \cos \theta_d + 2.0375$$

$$Y_d = -1.746 \cos \theta_d + 1.848 \rightarrow \underline{-1.75 \cos \theta_d + 1.85}$$

(4) (1)の結果である $\sin \theta_d = 0.2597$ より、

$$\begin{aligned}\cos \theta_d &= \sqrt{1 - \sin^2 \theta_d} \\ &= \sqrt{1 - 0.2597^2} \\ &= 0.9657 \left(\because |\theta_d| < \frac{\pi}{2} \right)\end{aligned}$$

これと(3)の結果から、

$$\begin{aligned}Y_d &= -1.746 \cos \theta_d + 1.848 \\ &= -1.746 \times 0.9657 + 1.848 \\ &= 0.1619 \rightarrow \underline{0.162}\end{aligned}$$

電力・管理 問4

(1) 高圧受電設備の主遮断装置と保護の方式について、受電設備容量 $300\text{kV}\cdot\text{A}$ 以下とそれ以上に分けて、それぞれ 130 字程度以内で記載せよ。

受電設備容量 300kVA 以下の場合 PF・S 形による受電が認められる。

PF・S 形の受電設備では主遮断装置として高圧限流ヒューズ (PF) と開閉器 (S) を組み合わせている。短絡事故に対しては、高圧限流ヒューズを溶断させ事故電流を遮断する。

それ以外の場合においては、CB 形の受電設備を使用される。CB 形は主遮断装置として遮断器 (CB) を使用している。短絡事故に対し、過電流継電器で事故を検出し、遮断器を動作させて事故電流を遮断する。(116 字, 96 字)

(2) 地絡方向リレー (DGR) と地絡リレー (GR) の地絡事故に対する動作原理の違いを、150 字程度以内で記載せよ。

GR では零相電流の大きさのみで地絡事故を検出する。そのため、リレー設置点より負荷側の対地静電容量が大きい場合、電源側事故において対地静電容量からの流出電流により誤動作する恐れがある。対し DGR では、零相電圧の大きさも検出し、相互の位相関係から事故点が設置点より負荷側か否か判別し、誤動作を防ぐ。(147 字)

電力・管理 問5

(1) 総合エネルギー統計によれば、令和2年度（2020年度）の日本の総発電電力量は約1兆kW・hである。このうち、再生可能エネルギーの発電電力量の占める割合は約何割であるか、有効数字一桁で答えよ。

水力：784 億 kW・h

太陽光：791 億 kW・h

風力：90 億 kW・h

地熱：30 億 kW・h

バイオマス：288 億 kW・h

⇒ 計：1983 億 kW・h より、 $1983/10008=0.198$ → 2割

(参考) https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/honbun2020fykaku.pdf

(上記 PDF 内の p.28 参照)

(2) 太陽光発電及び風力発電の導入拡大を図っていくに当たって、電力系統に生じる技術的課題を電力需給、送配電設備容量、及び安定度の観点から、それぞれについて70字程度で述べよ。

①電力需給

太陽光発電や風力発電は、気候的要因などで発電電力量が左右されるため出力の不確実性やオフピーク需要期の電力余剰への対策が必要である。(65字)

②送配電設備容量

従来は系統の末端に行くにつれて送配電設備容量が減少するような設備構成となっていたが、分散型電源が増加すると末端の設備容量が不足する。(66字)

③安定度

太陽光発電や風力発電などは同期発電機を使用しない発電方法であるため、同期発電機の持つ慣性力や同期化力が減少して系統安定度が低下する。(66字)

電力・管理 問6

(1) 需要設備 a,b,c それぞれの最大電力 P_a, P_b, P_c を求める。

それぞれの設備容量、需要率を $S_a, \alpha_a, S_b, \alpha_b, S_c, \alpha_c$ とし、力率を $\cos \theta$ とすると

$$P_a = S_a \cos \theta \times \alpha_a = 9000 \times 0.9 \times 0.6 = \underline{4860} \text{ [kW]}$$

$$P_b = S_b \cos \theta \times \alpha_b = 5000 \times 0.9 \times 0.7 = \underline{3150} \text{ [kW]}$$

$$P_c = S_c \cos \theta \times \alpha_c = 3000 \times 0.9 \times 0.8 = \underline{2160} \text{ [kW]}$$

(2) 変電所の総合最大電力を求める。

B 配電線の総合最大電力 P_{BM} は、B 配電線の不等率を β_B とすると

$$P_{BM} = \frac{P_b + P_c}{\beta_B} = \frac{3150 + 2160}{1.25} = 4248 \text{ [kW]}$$

変電所の総合最大電力 P_M は、変電所の不等率を β とすると

$$P_M = \frac{P_a + P_{BM}}{\beta} = \frac{4860 + 4248}{1.1} = \underline{8280} \text{ [kW]}$$

(3) 需要設備 a,b,c それぞれの平均電力 P_{av}, P_{bv}, P_{cv} を求める。

それぞれの負荷率を $\gamma_a, \gamma_b, \gamma_c$ とすると

$$P_{av} = P_a \times \gamma_a = 4860 \times 0.7 = 3402 \rightarrow \underline{3400} \text{ [kW]}$$

$$P_{bv} = P_b \times \gamma_b = 3150 \times 0.8 = \underline{2520} \text{ [kW]}$$

$$P_{cv} = P_c \times \gamma_c = 2160 \times 0.6 = 1296 \rightarrow \underline{1300} \text{ [kW]}$$

(4) 変電所の総合負荷率 γ は変電所の平均電力の和を総合最大電力で割ったものに等しい

$$\gamma = \frac{P_{av} + P_{bv} + P_{cv}}{P_M} = \frac{3402 + 2520 + 1296}{8280} = 0.871739 \rightarrow \underline{0.872}$$