

平成 25 年度

第 1 種

電力・管理

(第 1 時限目)

## 答案用紙記入上の注意事項

この試験は、6問中任意の4問を選び解答する方式です。解答する際には、この問題に折込まれている答案用紙（記述用紙）を引き抜いてから記入してください。

以下は、答案用紙記入上の注意事項です。

1. 筆記用具は、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルを使用してください。
2. 4枚の答案用紙を引き抜いたらすぐに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。
3. 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。
4. 問題は6問あります。この中から任意の4問を選び、1問につき1枚の答案用紙にて、解答してください。この場合、答案用紙には、選択した問の番号を記入してください。
5. 計算問題については、答案用紙に計算過程を明記してください。また、必要に応じて、計算根拠となる式も書いてください。
6. 計算問題において、簡略式を用いても算出できる場合もありますが、問題文中に明記がある場合を除き、簡略式は使用しないでください。
7. 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3けたです。なお、解答以外の数値のけた数は、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

$$P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ [W]} \quad \text{答 } 206 \text{ [W]}$$

以 上

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

第 1 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 ①式～③式の直線近似式で表される図 1 の流況曲線の河川に、最大取水量  $100 \text{ [m}^3/\text{s]}$ 、最小取水量  $15 \text{ [m}^3/\text{s]}$ 、有効落差  $50 \text{ [m]}$  の自流式(流込み式)水力発電所を設置する場合の年間発電電力量  $\text{[kW}\cdot\text{h]}$  と年間設備利用率  $\text{[%]}$  を、(1)～(4)の手順に沿って求めよ。

なお、水車・発電機の総合効率  $\eta \text{ [%]}$  は、計算の簡便上、取水量の二次式ではなく、図 2 のような④式及び⑤式の直線近似式によって終日連続運転するものとする。また、年間を通じて、終日  $5 \text{ [m}^3/\text{s]}$  の河川維持流量を確保するものとする。

ここで、1 年間は  $365 \text{ [日]}$ 、水の密度  $\rho$  は  $1000 \text{ [kg/m}^3]$ 、重力加速度  $g$  は  $9.8 \text{ [m/s}^2]$  とする。

河川流量  $Q \text{ [m}^3/\text{s]}$  は、日数  $t \text{ [日]}$  の関数とし、

$$0 \leq t < 45 \text{ のとき} : Q = -4.3t + 298.5 \quad \dots \dots \dots \text{①}$$

$$45 \leq t < 125 \text{ のとき} : Q = -0.5t + 127.5 \quad \dots \dots \dots \text{②}$$

$$125 \leq t \leq 365 \text{ のとき} : Q = -0.2t + 90 \quad \dots \dots \dots \text{③}$$

総合効率  $\eta \text{ [%]}$  は、取水量  $q_v \text{ [m}^3/\text{s]}$  の関数とし、

$$15 \leq q_v < 60 \text{ のとき} : \eta = 2q_v - 30 \quad \dots \dots \dots \text{④}$$

$$60 \leq q_v \leq 100 \text{ のとき} : \eta = 90 \quad \dots \dots \dots \text{⑤}$$

- (1) 最大取水量を確保して最大出力で発電できる日数と、最小取水量を確保して発電できる日数をそれぞれ求めよ。
- (2) 最大取水量で発電できる期間の累計発電電力量  $\text{[kW}\cdot\text{h]}$  を求めよ。
- (3) 最大取水量未満での累計発電電力量  $\text{[kW}\cdot\text{h]}$  を求めよ。
- (4) この発電所の年間発電電力量  $\text{[kW}\cdot\text{h]}$  と、年間設備利用率  $\text{[%]}$  をそれぞれ求めよ。

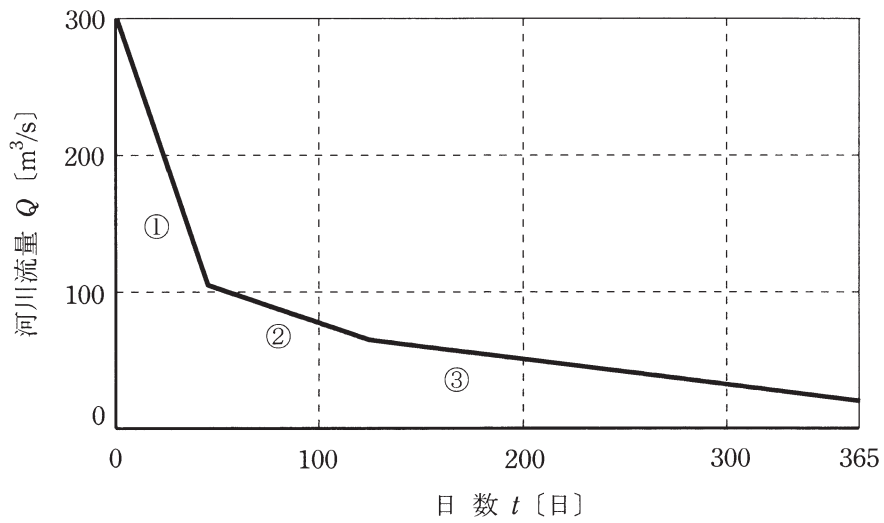


図 1 流況曲線

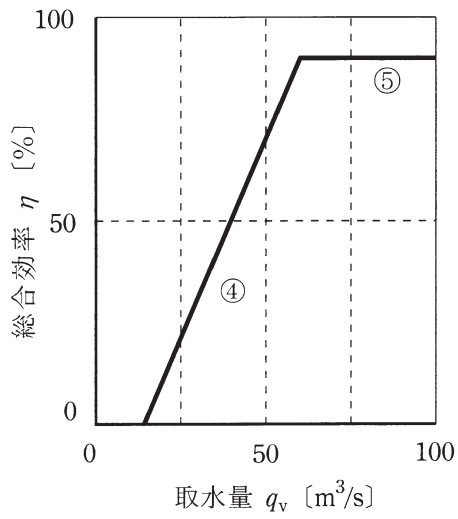
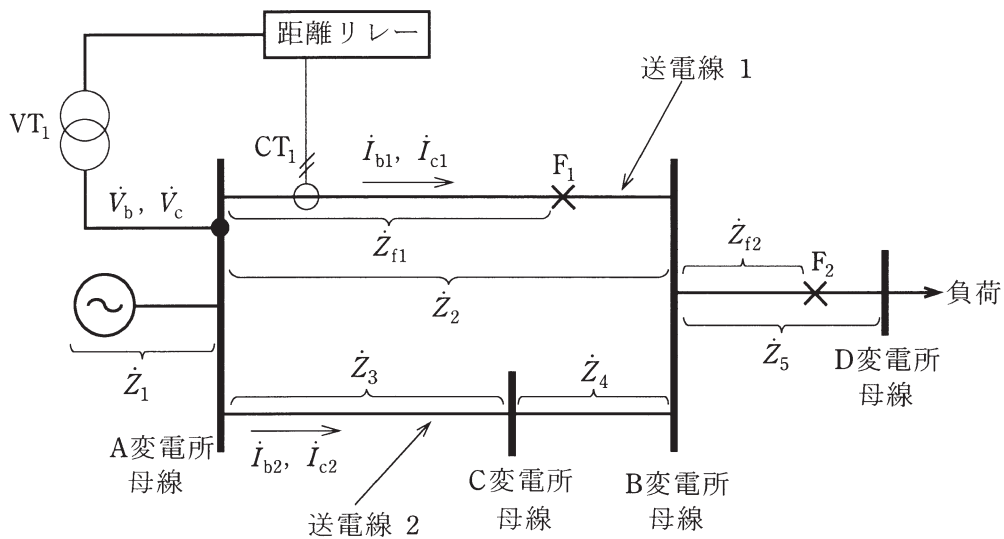


図 2 総合効率

問2 距離リレーはその設置箇所の電圧，電流の測定値を用いて事故点までの距離を測定し，事故点が保護区間内にあるかどうかを判定している。図のようなA変電所に距離リレーを設置した系統を考える。送電線に二相短絡が発生した場合の距離リレーの動作について，次の問に答えよ。ただし，短絡のアーキ抵抗と負荷電流は無視するものとし，b，c相二相短絡事故発生時に図の距離リレーがみるインピーダンスは $\frac{\dot{V}_b - \dot{V}_c}{\dot{I}_{b1} - \dot{I}_{c1}}$ を二次側に換算した値であるものとする。また，各インピーダンスは正相，逆相共に同じであるとし，図の計算諸元は次のとおりとする。

- ・ A変電所母線の事故発生前の線間電圧 77 [kV]
- ・ A変電所母線から電源側をみたインピーダンス  $\dot{Z}_1 = j0.5 [\Omega]$
- ・ 各変電所間の送電線のインピーダンス  
 $\dot{Z}_2 = j3.5 [\Omega]$  ，  $\dot{Z}_3 = j2.0 [\Omega]$  ，  $\dot{Z}_4 = j1.0 [\Omega]$  ，  $\dot{Z}_5 = j4.0 [\Omega]$
- ・ A変電所母線から事故点F<sub>1</sub>，B変電所母線から事故点F<sub>2</sub>までの送電線のインピーダンスをそれぞれ， $\dot{Z}_{f1} = j3.0 [\Omega]$  ，  $\dot{Z}_{f2} = j2.5 [\Omega]$
- ・ CT<sub>1</sub>のCT比 600/5
- ・ 送電線1を流れるb，c相それぞれの電流(一次側)  $\dot{I}_{b1}$ ， $\dot{I}_{c1}$
- ・ 送電線2を流れるb，c相それぞれの電流(一次側)  $\dot{I}_{b2}$ ， $\dot{I}_{c2}$
- ・ VT<sub>1</sub>のVT比 77000/110
- ・ VT<sub>1</sub>におけるb，c相それぞれの相電圧(一次側)  $\dot{V}_b$ ， $\dot{V}_c$



- (1) 図の  $F_1$  点において b, c 相二相短絡事故が発生したとする。事故発生中に距離リレーに入力される電圧  $\dot{V}_b - \dot{V}_c$  (一次側換算値) を  $\dot{I}_{b1}$ ,  $\dot{Z}_{f1}$  を用いて表し、距離リレーがみるインピーダンス(一次側換算値)を、 $\dot{Z}_{f1}$  を用いて表せ。
- (2) 図の  $F_2$  点において b, c 相二相短絡事故が発生したとする。事故発生中に距離リレーに入力される電圧  $\dot{V}_b - \dot{V}_c$  (一次側換算値) を、 $\dot{I}_{b1}$ ,  $\dot{I}_{b2}$ ,  $\dot{Z}_{f2}$ ,  $\dot{Z}_2$  を用いて表し、距離リレーがみるインピーダンス(一次側換算値)を、 $\dot{Z}_{f2}$  と  $\dot{Z}_2 \sim \dot{Z}_4$  を用いて表せ。
- (3) (2)の事故が発生したときに、距離リレーは動作域にあるかどうかを、根拠と共に示せ。

ただし、距離リレーは  $\left| \frac{\dot{V}_b - \dot{V}_c}{\dot{I}_{b1} - \dot{I}_{c1}} \right|$  を二次側換算した値を整定値とする仕様になっており、 $5.0 [\Omega]$  以下で動作するものとする。

問3 遮断器は電力系統の運用の中で重要な役割を果たしている。定常時に通電すると共に、系統事故時においては、事故電流遮断、抵抗投入などによる開閉過電圧の抑制や再閉路による電力系統の安定度向上などの役割を果たす。

遮断器に関連する次の項目について、具体的に説明せよ。

(1) 直列機器としての電流協調：

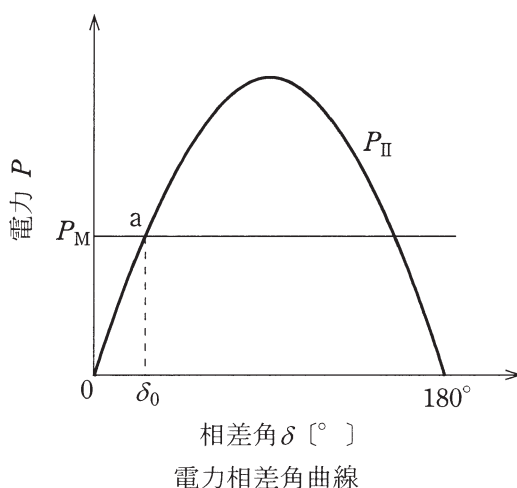
遮断器が閉路の状態、①定常及び過負荷運転時、②系統事故時において、遮断器に流れる電流の許容値に関する定格をそれぞれ一つ挙げ、直列機器の運用に支障がないように、遮断器が電流面で協調を図るべき事項(電流協調)について簡潔に説明せよ。

(2) 事故電流の遮断現象：

近距離線路故障遮断(SLF)について、遮断現象を説明せよ。

(3) 送電線事故時の系統安定度の向上：

図の電力相差角曲線を用いて、2回線送電線で1回線3相地絡事故を遮断器で除去し、再閉路によって、安定度が向上されるケースについて、動作点の動きを説明せよ。なお、 $P_{II}$ は2回線送電中の電力相差角曲線とし、事故発生前は電力 $P_M$ を送電し、相差角 $\delta_0$ の交点aで運転されている。



問4 図1に示すように、こう長200[km]の500[kV]並行2回線送電線で、送電端から100[km]の地点に調相設備をもった中間開閉所がある送電系統を考える。送電線1回線のインダクタンスを0.8[mH/km]、静電容量を0.01[μF/km]とし、送電線の抵抗分は無視できるとするとき、次の問に答えよ。なお、周波数は50[Hz]とし、単位法における基準容量は1000[MV・A]、基準電圧は500[kV]とする。また、円周率は、 $\pi=3.14$ を用いよ。

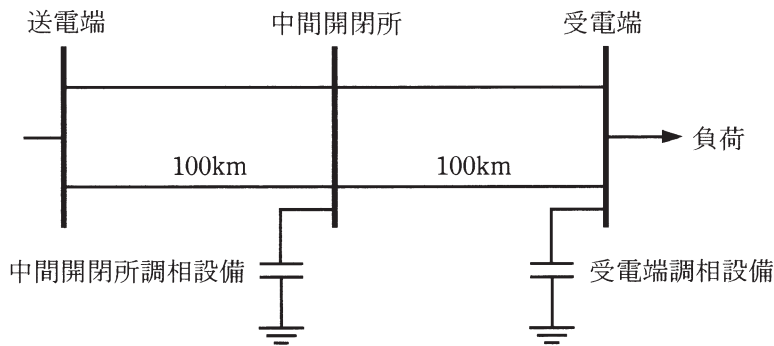


図1 送電系統図

(1) 送電線1回線1区間(100[km])を $\pi$ 形等価回路で、単位法で表した定数と併せて示せ。また、送電系統全体(負荷、調相設備を除く)の等価回路図を図2としたとき空白A~Eに当てはまる単位法で表した定数を示せ。ただし、全ての定数はそのインピーダンスで表すものとする。

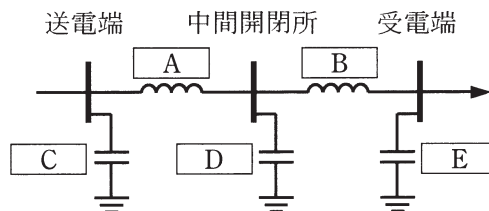


図2 送電系統全体(負荷、調相設備を除く)の等価回路図

(2) 受電端の負荷が有効電力800[MW]、無効電力600[Mvar](遅れ)であるとし、送電端の電圧を1.03[p.u.]、中間開閉所の電圧を1.02[p.u.]、受電端の電圧を1.0[p.u.]とする場合に必要な中間開閉所と受電端の調相設備の容量[MV・A](基準電圧における皮相電力値)をそれぞれ求めよ。



問5 図のように、平坦な地形 A-B 間を経過する電線支持点に高低差のない公称電圧 154 [kV] の架空送電線で、B 側の鉄塔建替え工事のみで電線支持点を嵩上げして、点線で示すように電線線下のどの地点においても、「電気設備技術基準の解釈」で規定される電線との離隔距離を確保し、高さ 10.0 [m] の建造物が建築可能となるようにする場合、次の間に答えよ。

ただし、嵩上げ前後の電線の水平張力を変えないものとする。また、電線たるみの曲線は放物線で近似し、以下のとおり表せるものとする。

① 支持点嵩上げ前の電線水平たるみ  $D$  は  $D = \frac{WS^2}{8T}$

② 支持点嵩上げ後の、径間中央のたるみは  $D$ 、電線の最低地上高となる地点 O の A 点からの水平距離  $S_A$  は  $S_A = \frac{S}{2} \left( 1 - \frac{h}{4D} \right)$

$S$  : 径間の長さ [m]

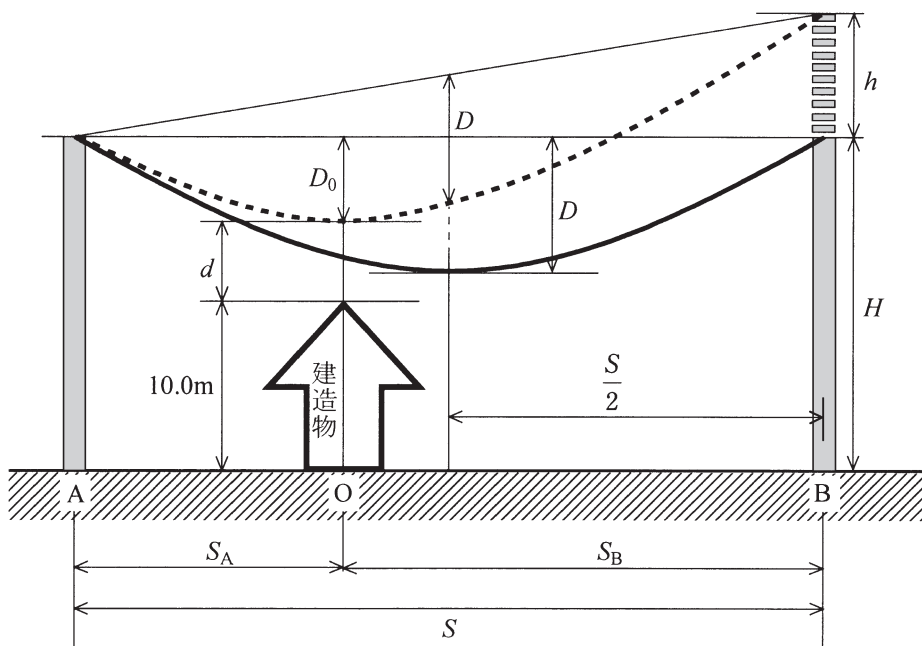
$T$  : 電線の水平張力 [N]

$W$  : 電線単位長さ当りの重量 [N/m]

$D$  : 嵩上げ前の電線水平たるみ = 嵩上げ後の径間中央たるみ [m]

$h$  : 電線支持点の嵩上げ量 [m]

- (1) 電線の最低地上高となる地点 O での電線水平たるみ  $D_0$  を、径間中央たるみ  $D$  と電線支持点の嵩上げ量  $h$  を用いて表せ。
- (2) 嵩上げ前の電線支持点高さ  $H = 16.0$  [m]、電線水平たるみ  $D = 3.80$  [m] とするとき、154 [kV] 架空送電線の電線と建造物との離隔距離  $d$  が、「電気設備技術基準の解釈」で規定される離隔距離  $d_0 = 4.80$  [m] を確保する最低嵩上げ量  $h_0$  [m] を求めよ。
- (3) 154 [kV] 架空送電線と第 2 次接近状態に建築される建造物の主要な上部造営材（屋根等）に関して、危害防止のために「電気設備技術基準の解釈」で規定されている適合条件を述べよ。



問6 送電システムの構成は、ループ系統と放射状系統に大別される。それぞれの特徴を、(1)安定度及び電圧安定性、(2)信頼度、(3)潮流運用、(4)短絡電流の観点から対比して説明せよ。