

鉄道設計技士試験

2024年度

専門試験Ⅱ（鉄道電気）問題

公益財団法人鉄道総合技術研究所
鉄道技術推進センター
鉄道設計技士試験事務局

無断転載を禁じます

【記述式】

受験票に記載されている「詳細区分」（「強電分野」、「弱電分野」のいずれか）の問題4問の中から3問を選択し、解答用紙の問題番号を○で囲み、その欄に解答しなさい。

（強電分野）

問1

次の文章は、電車線の偏位について述べたものである。（ ）の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第4位以下がある場合は、小数第4位を四捨五入して小数第3位まで解答しなさい。

設定条件：電車線（ちょう架線とトロリ線の合計）の張力 T ：20,000 [N]

受風時の支持物のたわみ量は無視するものとする。

- (1) 径間長 S が 50[m] の直線路（図1）において、支持点 A の電車線偏位 d_A を起点を背にして左 0.200 [m]、支持点 B の電車線偏位 d_B を起点を背にして右 0.120 [m] と設定した場合、支持点 A から終点方に 20 [m] の位置（ $x=20$ ）の偏位 d_x は、起点を背にして左（①）[m] となる。

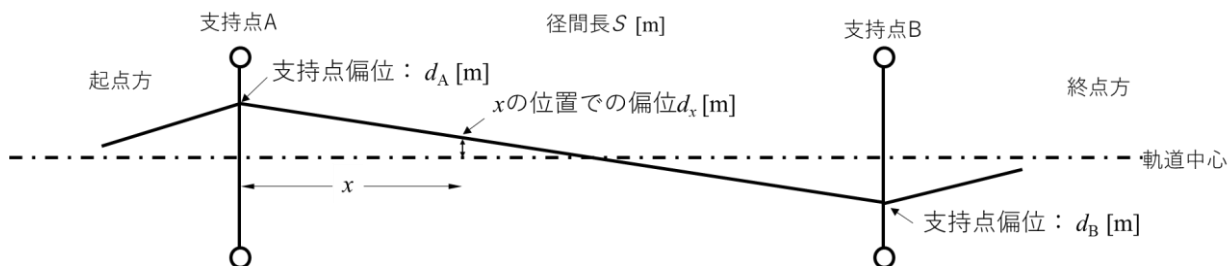


図1

- (2) 曲線路を表した図2において、支持点 A および支持点 B における電車線偏位をそれぞれ d_s [m] とした場合、径間中央における偏位 d [m] に関して、近似的に

$$d = \frac{S^2}{(\text{②}) \cdot R} - d_s \quad \cdots \text{式(1)}$$

が成り立つ。また、支持点偏位 d_s を 0 [m]、径間長 S を 40 [m]、曲線半径 R を 460 [m] とした場合、径間中央の位置の偏位は、式(1)から起点を背にして右（③）[m] となる。

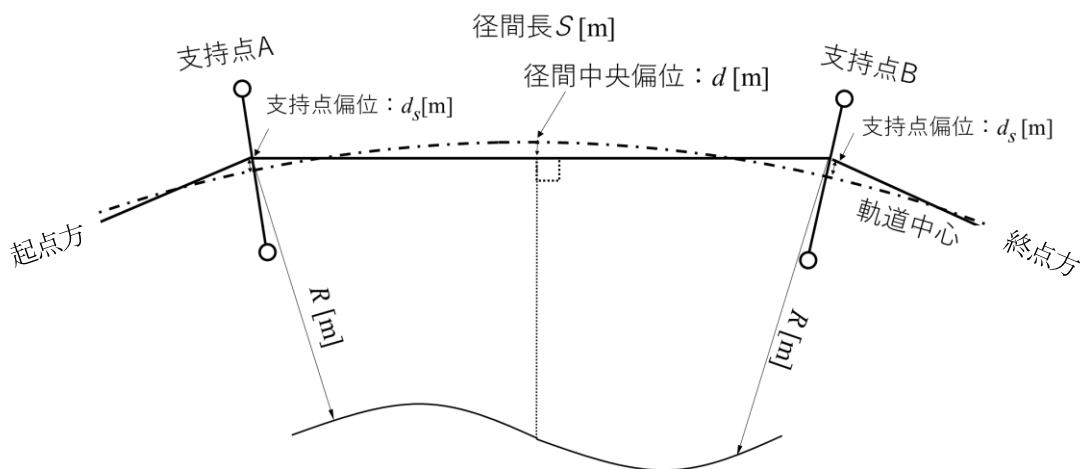


図2

（次ページにつづく）

- (3) 図 3 に示すように電車線へ風圧荷重 W [N/m] が線路直角に作用したときの電車線の径間中央でのはらみ量 d_w [m] は、

$$d_w = \frac{W \cdot S^2}{(4) \cdot T} \quad \dots \text{式(2)}$$

で表される。また、冒頭の設定条件及び径間長 S が 40 [m] の条件において、矢印の方向から $W=15$ [N/m] の風圧荷重が電車線に対して作用した際の径間中央の位置における電車線のはらみ量は、式(2)より (⑤) [m] となる。

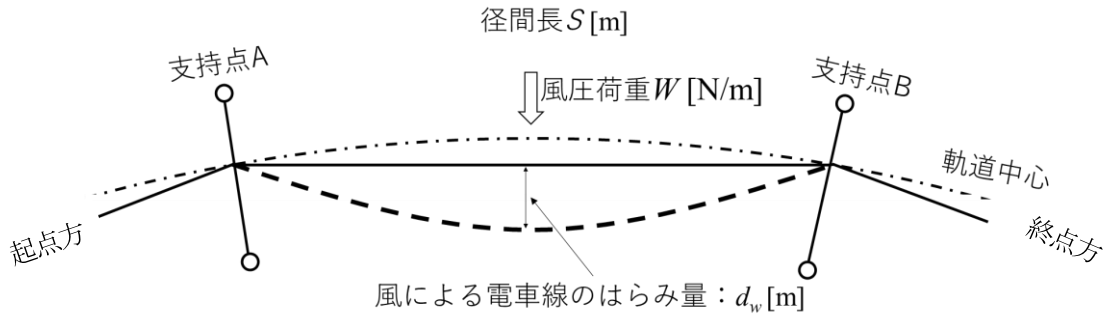


図 3

- (4) 冒頭の設定条件および径間長 S が 40 [m]、曲線半径 R が 460 [m] の条件において、図 3 の矢印の方向から 25 [N/m] の風圧荷重が電車線に作用した際に、風によるはらみを含んだ径間中央の偏位をパンタグラフの集電上の有効幅、片側 0.555 [m] 以内となるようにしたい。この時の支持点 A、B の偏位は、それぞれ起点を背にして左 (⑥) [m] 以上とする必要がある。ただし、支持点 A、B の偏位は同一であるものとする。

(強電分野)

問2

次の文章は、直流電車線のき電分岐装置について述べたものである。()の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第2位以下がある場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで解答しなさい。また、同一番号の()には同一数値が入るものとする。

- (1) き電分岐装置の設置間隔は、トロリ線の温度上昇を最高許容温度(①)[°C]以下に抑制するように決定される。
- (2) (①)[°C]におけるトロリ線単位長の抵抗 R [Ω/cm]は、20 [°C]における新品トロリ線の抵抗を 1.6×10^{-6} [Ω/cm]とし、摩耗時の断面積を考慮すると、(②) $\times 10^{-6}$ [Ω/cm]となる。なお、計算の諸元は表1を用いること。

表1

20°Cにおける新品トロリ線単位長の抵抗 [Ω/cm]	1.6×10^{-6}
20°Cにおける新品トロリ線の断面積 [mm^2]	110
20°Cにおける摩耗時トロリ線の断面積 [mm^2]	75
トロリ線の抵抗温度係数 [$1/^\circ\text{C}$]	0.004

- (3) 直流区間において、き電分岐間を流れる電流 I [A]はトロリ線送りとなり、通電 t [s]のトロリ線温度上昇 θ [°C]は次式で求められる。

$$\theta = \frac{I^2 R}{C} \left(\frac{1}{3} t + \frac{A}{12C} t^2 \right) e^{-\frac{A}{C} t}$$

電流 I を 2,000 [A]、外気温を 25 [°C]とし、表2に設定した電線単位長の熱容量 C [$\text{J}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}$]、電線単位長の熱放散率 A [$\text{W}/^\circ\text{C}$]を使用したとき、通電時間 30 [s]のトロリ線温度は(③) [°C]となる。なお、式中の R [Ω/cm]は上記(2)で算出した摩耗時の抵抗値を用い、 e は自然対数の底とする。また、計算過程において指数が必要な場合は、表3を使用すること。

表2

C	電線単位長の熱容量 [$\text{J}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}$]	3.0
A	電線単位長の熱放散率 [$\text{W}/^\circ\text{C}$]	6.0×10^{-3}

表3

x	e^x
-0.01	0.99
-0.02	0.98
-0.04	0.96
-0.06	0.94
-0.08	0.92
-0.1	0.90

(次ページにつづく)

- (4) 電流 I を 2,570 [A] としたとき、通電時間とトロリ線温度上昇は表 4 のように計算された。外気温の最高を 40 [°C]、列車の平均速度を 40 [km/h] としたとき、この区間のき電分岐装置の設置間隔は、最長で (④) [m] となる。

表 4

通電時間[s]	トロリ線温度上昇[°C]
4.5	10
9.2	20
13.9	30
18.7	40
23.5	50
28.4	60
33.4	70
38.5	80
43.6	90
48.8	100

(強電分野)

問3

次の文章および下表は、特別高圧配電所の電力系統における短絡電流計算について述べたものである。()の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第2位以下がある場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで解答しなさい。また、各部の電線のインピーダンスは無視するものとし、電源は理想電源とする。

- (1) 自己容量基準の容量が P [MVA]、自己容量基準の%インピーダンスが% Z である設備を、基準容量 P_b [MVA] 基準に置き換えると、基準容量に対する%インピーダンス% Z_b は次式で求められる。

$$\%Z_b = \frac{P_b}{P} \times \%Z$$

ここで、図1のような構成の特別高圧配電所の設備を考える。基準容量を10 [MVA]とした場合、各%インピーダンスを基準容量ベースにて置き換えると下表に示す値となる。表中の(①)から(③)に入るべき数値を記入しなさい。

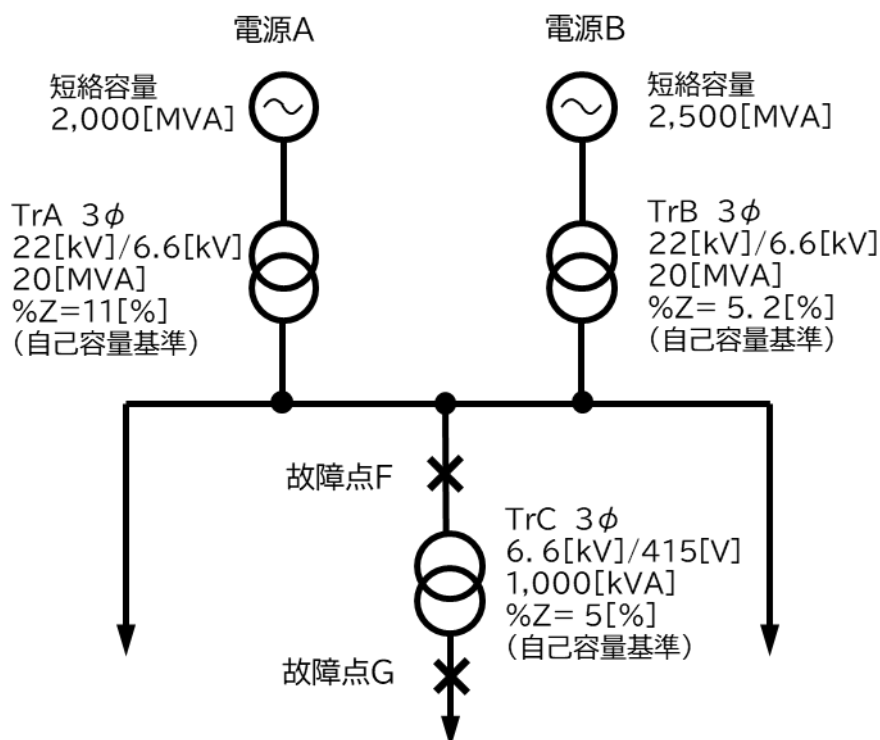


図1 特別高圧配電所 結線図

表 基準容量ベースの%インピーダンス

	基準容量ベースの%インピーダンス % Z_b [%]
電源 A	0.5
電源 B	0.4
変圧器 TrA	(①)
変圧器 TrB	(②)
変圧器 TrC	(③)

(次ページにつづく)

- (2) この配電所の構成を基にインピーダンスマップを作成すると図 2 のようになる。このとき上記の表の基準容量ベースの%インピーダンス値をもとに、図の ab 間の合成%インピーダンスを求めると j (④) [%]となる。ただし、虚数単位は j で表すものとする。

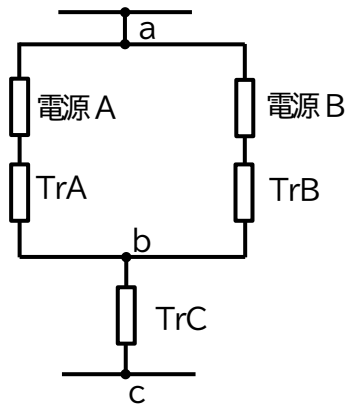


図2 インピーダンスマップ

- (3) 図 1 において、基準容量を 10 [MVA]としたときの故障点 F における短絡容量は (⑤) [MVA]である。
(4) 図 1 において、故障点 G における三相短絡電流は (⑥) [kA]である。

(強電分野)

問 4

次の文章は、変電所の接地抵抗の設計について述べたものである。()の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第2位以下がある場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで解答しなさい。また、 $\sqrt{2}$ は1.4、 $\sqrt{3}$ は1.7として計算すること。

- (1) 人体に対する電流の許容値である I [A] は、次式で求められる。 t [s] は電流の継続時間である。次式に当てはめると、電流の継続時間が2倍になれば、人体に対する電流の許容値は(①)倍となり、より厳しい条件となる。

$$I = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

- (2) 変電所等に事故電流が流入して接地極に大電流が流れたとき、大地の電位の傾きによって地表面の近接離れた2点間に電位差が生じる。このときの人体の両脚間に加わる電圧を歩幅電圧と呼ぶ。図1に示す条件に従うと、歩幅電圧の許容値 V_f [V] は次式で求められる。

$$V_f \leq (R_k + (②) \times R_f) \times I = (③)$$

(設定条件)

片足あたりの大地との抵抗： $R_f = 300 [\Omega]$

人体内部の抵抗： $R_k = 1,000 [\Omega]$

事故電流の継続時間： $t = 1$ [s]

- (3) 変電所等に事故電流が流入して接地極に大電流が流れたとき、大地の電位の傾きによって、接地した物体と、その物体と少し離れた地表面との間に電位差が生じる。接地した変電所鉄構に人体が接触した場合に人体に加わる電圧を接触電圧と呼ぶ。図2に示す条件に従うと、接触電圧の許容値 V_t [V] は次式で求められる。ここで、 R_f 、 R_k 、 t の各数値は(2)と同様の計算条件とする。また、手の接触抵抗は無視する。

$$V_t \leq (R_k + (④) \times R_f) \times I = (⑤)$$

- (4) 変電所鉄構に事故電流が流入する際の最大接地電位上昇値を E [V] とする。 E は、事故時の最大接地電流と、変電所鉄構の接地抵抗の積で求められるものとする。最大接地電流が250 [A] の場合、 E を接触電圧の許容値である(⑤) の4倍以下となるように設計するための変電所鉄構の接地抵抗の最大値は(⑥) [Ω] となる。

なお、実際に施工できる変電所鉄構の接地抵抗の下限が3 [Ω] の場合、地表の砂利層を厚くする等によって R_f を(⑦) [Ω] 以上にすれば、 E を接触電圧の許容値の4倍以下とすることができる。ここで、 R_k 、 t の各数値は(2)と同様の計算条件とする。また、手の接触抵抗は無視する。

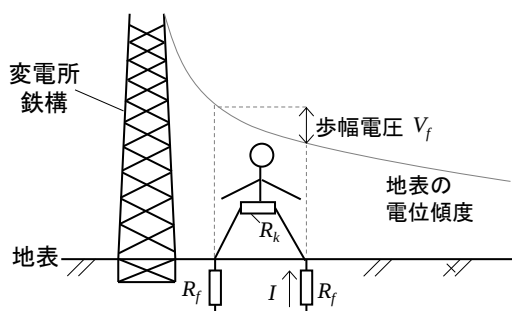


図 1

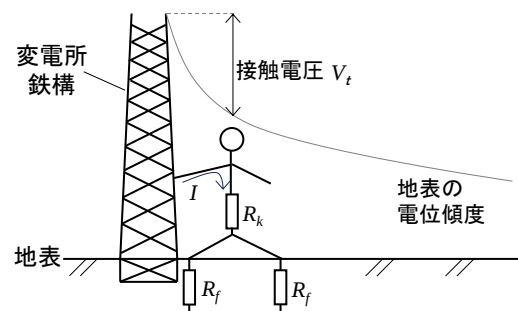


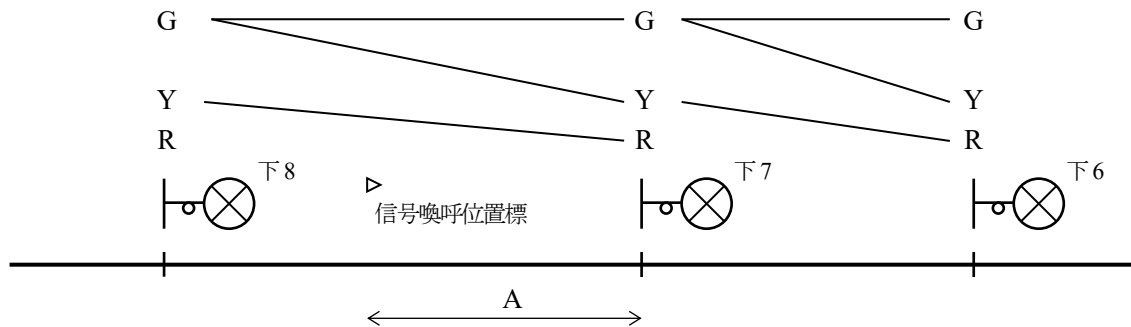
図 2

(弱電分野)

問 5

次の文章は、信号機確認距離について述べたものである。() の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。ただし、駅間最高速度は 90 [km/h]、信号現示による運転速度は、注意 (Y) 45 [km/h]、減速 (YG) 65 [km/h] である。確認距離の計算においては、空走時分(乗務員が現示を認識してブレーキ手配を行い、所定のブレーキ力が作用するまでの時間) 3 [s]、減速度 2 [km/h/s]、停止現示に対する停止余裕距離は 50 [m]、線路勾配は 0 [‰]、線路平面曲線や分岐器等による速度制限は無いものとし、速度計誤差は無視する。なお、解答の数値に小数第 1 位以下がある場合は、小数第 1 位を切り上げて整数で解答しなさい。

- (1) G から Y への現示変化に対し必要な確認距離は (①) [m] である。
- (2) Y から R への現示変化に対し必要な確認距離は (②) [m] である。
- (3) 下図において、「下 7 閉そく信号機」に必要な確認距離 A は (③) [m] 以上である。
- (4) 下図において、下 7 閉そく信号機の確認距離が 300 [m] しか確保できない場合の対応策は、下 7 閉そく信号機に (④) を追加する方法と下 8 閉そく信号機に (⑤) を追加する方法の 2 つが考えられる。ただし、下 8 および下 7 閉そく信号機の位置 (キロ程) は変更しないものとする。



(弱電分野)

問 6

次の文章は、軌道回路が帰線電流から受ける影響について述べたものである。()の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。なお、同一番号の()には同一の語句または数値が入るものとする。

- (1) 電化区間の複軌条式軌道回路では、左右レールの帰線電流が平衡している必要がある。インピーダンスボンドは1次コイルの不均衡電流が大きくなると、鉄心の磁気飽和によりインピーダンスボンドの(①)が低下し2次コイルにあらわれる軌道回路信号の受信レベルが低下する。
- (2) 左右のレールに流れる帰線電流がそれぞれ475 [A]、525 [A]の場合、不平衡電流は(②) [A]、不平衡率は(③) [%]である。不平衡率が(③) [%]の場合、帰線電流中に軌道回路の周波数帯のノイズが0.2 [A]含まれると、インピーダンスボンドで相殺されずに軌道回路のノイズとなる電流は(④) [A]に相当する。
- (3) 一般に、インピーダンスボンドは不平衡率10 [%]まで安定に動作するように設計されている。例えば1次コイルの定格容量500 [A]のインピーダンスボンドは(⑤) [A]の不均衡電流まで安定に動作する。
- (4) 不平衡が発生する原因としては、レールボンドの脱落、送着導線の長さ・本数の違いなどによる抵抗値の違い、レールの片線接地やレール破断などがある。レールが破断すると軌道リレーが復旧することがほとんどだが、複線区間で(⑥)の設置間隔が短い場合や大地を含めた他の迂回路のインピーダンスが小さいと復旧しない場合もあるので注意が必要である。

問 7

次の文章は、システムの信頼性について述べたものである。()の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第3位以下がある場合は、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで解答しなさい。また、同一番号の()には同一の語句または数値が入るものとする。

- (1) 信頼度と(①)の両方を含む修理系の信頼性の評価尺度を(②)という。
- (2) 設備の使用期間中における故障率の時間的変化をグラフの曲線で示したものを一般に(③)曲線と呼び、故障時期により初期故障期間、偶発故障期間、摩耗故障期間に分けることができる。修理系において、この偶発故障期間中のある期間の修理時間を含めない故障間隔を(④)といい、故障率とは逆数の関係にある。
- (3) 偶発故障期間にある装置Aの(④)を2,000 [h]、装置Bの(④)を2,500 [h]としたとき、装置Aと装置Bをそれぞれ1台ずつ用いた並列冗長システムの500 [h]における信頼度は、(⑤)である。ここで、故障率： λ 、信頼度を求めたい時間： t [h]とすると、信頼度： R は、 $R = e^{-\lambda t}$ で表すことができるものとし、 e は自然対数の底とする。また、計算過程において指数が必要な場合は、下表を使用すること。
- (4) ある装置の故障率が $\lambda = 2 \times 10^{-5}$ のとき、使用開始後1,000 [h]以内に故障する確率は、(⑥)である。また、計算過程において指数が必要な場合は、下表を使用すること。

表

x	e^x
-0.01	0.99
-0.02	0.98
-0.03	0.97
-0.2	0.82
-0.25	0.78
-0.3	0.74

(弱電分野)

問 8

次の文章は、無線回線設計について述べたものである。()の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第1位以下がある場合は、小数第1位を四捨五入して整数で解答しなさい。また、同一番号の()には同一の語句または数値が入るものとする。ただし、 $\log_{10}2=0.301$ とする。

- (1) デジタル無線の伝送品質は、干渉を考慮しない場合、受信機に入力される搬送波の電力と雑音の電力の比によって変化する。この比を(①)という。
- (2) 絶対利得で表されるアンテナ利得の単位[dBi]と、半波長ダイポールアンテナを基準とした相対利得の単位[dBd]との関係は、 $0\text{ [dBd]} \div (\text{ ② })\text{ [dBi]}$ である。
- (3) 下表は無線回線設計の例を示したものである。表において送信機出力を[dBm]に換算すると(③) [dBm]となる。
- (4) 下表において空中線出力は(④) [dBμV_{emf}]となるのに対し、最低所要アンテナ入力が(⑤) [dBμV_{emf}]、マージンを21 [dB]とすると、許容伝搬損失は(⑥) [dB]となる。

表 無線回線設計の例

送信機	
送信機出力	4[W] (③) [dBm] 149[dBμV _{emf}]
共用器・ケーブル等損失	17[dB]
アンテナ利得	11[dBi]
空中線出力	(④) [dBμV _{emf}]
受信機	
最低所要受信機入力	0[dBμV _{emf}]
アンテナ利得	-1[dBi]
共用器・ケーブル等損失	7[dB]
最低所要アンテナ入力	(⑤) [dBμV _{emf}]
許容伝搬損失	
マージン	21[dB]
許容伝搬損失	(⑥) [dB]

【 論文式 】

受験票に記載されている「詳細区分」（「強電分野」、「弱電分野」のいずれか）の問題 4 問の中から 1 問を選択し、解答用紙に選択した問題の番号を記入の上、400 字詰め解答用紙 4 枚以内で解答しなさい。

（強電分野）

問 1

直流電車線路において高抵抗地絡が発生すると地絡故障が継続し、大きな設備故障につながるとともに復旧に多大な時間を要し社会的影響が甚大になることがある。この高抵抗地絡に関して以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 高抵抗地絡で地絡故障が継続する理由について述べなさい。
- ② 高抵抗地絡の発生原因となる事象と、高抵抗地絡が起因となり損傷しうる設備及び損傷形態について述べなさい。
- ③ 地絡故障の検出を容易にする手法を述べるとともに、その手法における設計上の留意点を述べなさい。

(強電分野)

問2

在来線における直流区間の電車線の区分装置に関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① インシュレータセクションを設計する際、絶縁材の具備すべき要件と設置における留意点について述べなさい。
- ② 図1の直線箇所におけるエアセクションについて、適切でない点を指摘し、その根拠とともに対応策を述べなさい。

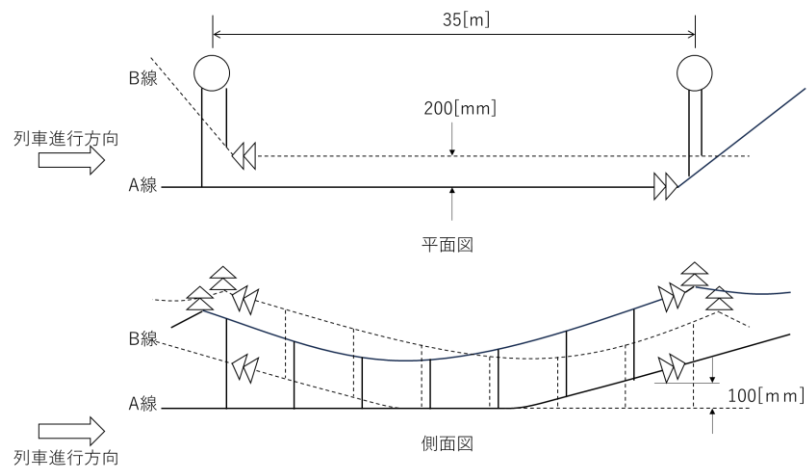


図1 直流区間のエアセクション模式図

- ③ 図2のエアセクションにおけるオーバーラップにおいて、B線とパンタグラフが最初に接触する箇所およびA線とパンタグラフが離れる箇所で局部摩耗が発生した。これらの局部摩耗について、考えられる要因と対策案について述べなさい。

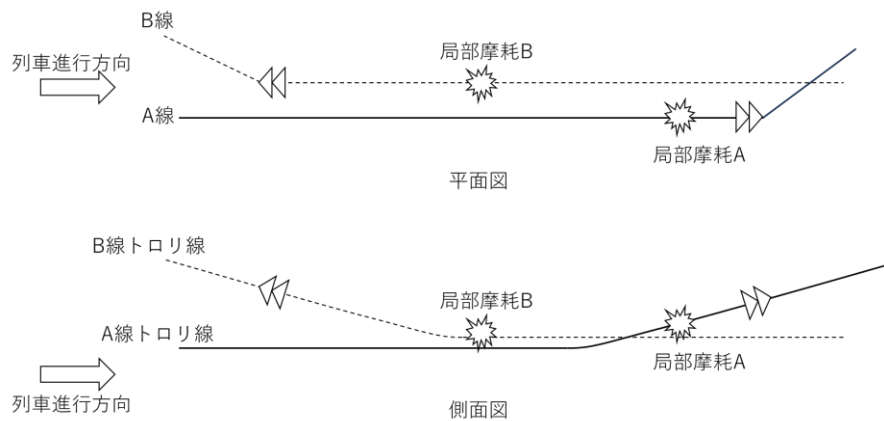


図2 エアセクション内の局部摩耗

(強電分野)

問3

直流電化区間における地上電力設備での回生電力活用施策に関し、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① 回生電力を有効活用するためにき電電圧の調整を可能とする変電所設備を1つ挙げ、その設備の概要と特徴を述べなさい。
- ② 回生電力を電灯や信号等の付帯用負荷系統に供給するための装置の概要と特徴を述べなさい。
- ③ き電用の電力貯蔵装置（列車の回生電力を貯蔵し、必要に応じて列車加速用に放電するもの）を新設する場合、その装置が他設備へ与える影響について述べなさい。また、その装置を電力量の削減以外に適用することが可能と考えられる用途について述べなさい。

問4

鉄道用変電所の中で用いられる主回路の電線・ケーブルの導体を設計する上で考慮すべき電流に関して、以下の3項目について具体的に述べなさい。なお、②、③の解答については変電所内機器あるいは受電系統との協調を考慮すること。

- ① 主回路電線・ケーブルを選定する上で考慮すべき許容電流の種類と概要
- ② 図1または図2を選択し、定常時（過負荷時を含む）におけるき電側主回路線・受電側主回路線の電流容量の考え方
- ③ ②で選択した変電所において、事故時におけるき電側主回路線・受電側主回路線の電流容量の考え方

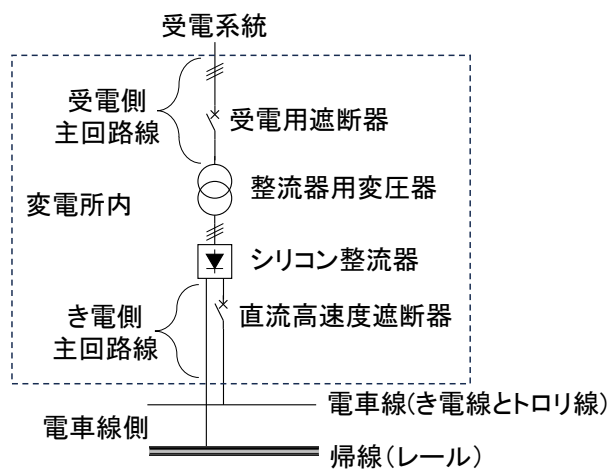


図1 直流き電用変電所

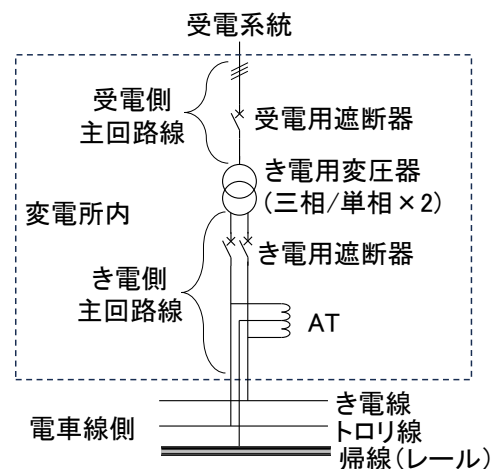


図2 交流き電用変電所

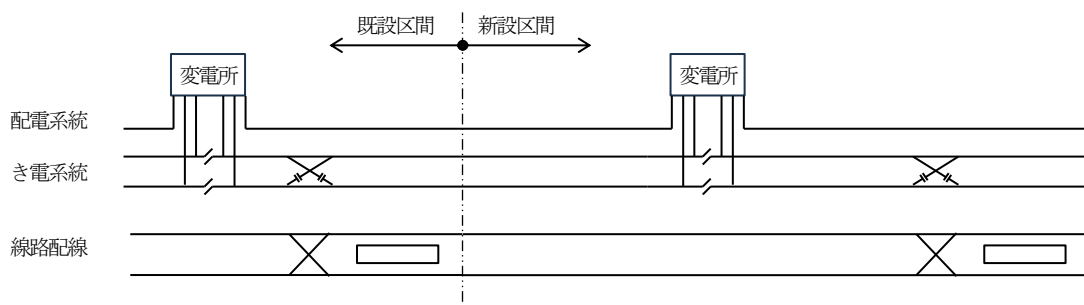
(弱電分野)

問5

複線直流電化区間で信号高圧配電線を用いた2元3位の商用軌道回路の自動閉そく式の既存路線を1駅間延伸することになった。終端駅は島式ホーム1面2線、駅間の閉そく信号機は上下線各4基建植し、変電所を新設する。新設区間の配電系統、き電系統、線路配線は下図に示す通りである。

信号以外の部門と確認または調整が必要であり、かつ重要と考える事項とその理由に関して、以下の3項目について具体的に述べなさい。ただし、1項目につき2つまでとする。

- ① 連動図表の作成
- ② 閉そく信号機の配置
- ③ ATS の設計



問6

ATS・ATCに関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① ATS において曲線や勾配などの線路条件に対応した速度照査を地上子から伝送される情報のみによって行う方法を2つ挙げて説明し、それぞれのメリット、デメリットを述べなさい。
- ② ATS または ATC の中から1つの方式を選択し、その方式の動作概要を述べた上で、分岐器の開通方向による制限速度に対応した速度照査を行う方法と列車速度が照査速度を超えた場合の動作について述べなさい。
- ③ 速度照査機能を持つATS・ATCのいずれにおいても、先行列車の位置や進路構成状態などに応じて、列車に与える制御情報を適切に更新する必要がある。情報更新の方法について、制御情報の伝送に軌道回路を用いる場合、地上子を用いる場合のそれぞれについて、列車の速度制御および必要となる設備の観点からメリット、デメリットを述べなさい。

問7

列車運行に関わる情報を伝送する無線システムを更新するにあたり、公衆網の活用を検討したい。その際に考慮すべき事項について、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① メンテナンスや設備更新の観点から公衆網を活用することのメリット、デメリットを述べなさい。
- ② セキュリティに関する情報技術 (IT) システムと制御技術 (OT) システムの違いについて、「保護対象」「重要視する主な脅威」「維持すべき特性」のうちから2つを選んで述べなさい。
- ③ 公衆網を含む通信システムで列車運行に関わる情報を伝送する場合に、伝送システムにおける安全関連通信に関する国際規格である IEC 62280 : 2014「鉄道分野—通信、信号及び処理システム—伝送システムにおける安全関連通信」で想定されている脅威を2つ挙げ、その対策について具体的に述べなさい。

(弱電分野)

問 8

次の文章は、鉄道環境において IP を用いたローカルエリアネットワーク (LAN) の構築に関して述べたものである。以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① LAN における L2 スイッチと L3 スイッチの役割についてそれぞれ述べなさい。
- ② 1 つの物理的なネットワークを仮想的に分離する技術として VLAN (Virtual LAN) がある。VLAN の概要について、2 つの VLAN 方式を選んでそれぞれの違いを含めて述べなさい。
- ③ 鉄道において列車の運行に必要な情報と旅客サービス向けの情報を伝送するネットワークを、VLAN により物理的に同一のネットワークで構成したい。ネットワークの構成方法とメリット、デメリットについて述べなさい。

2024 年度 鉄道設計技士試験 専門試験Ⅱ（鉄道電気）【記述式】 解答

- 問 1 (1)① 0.072
(2)② 8、③ 0.435
(3)④ 8、⑤ 0.150
(4)⑥ 0.130
- 問 2 (1)① 90
(2)② 3.0
(3)③ 63.2
(4)④ 261.1
- 問 3 (1)① 5.5、② 2.6、③ 50
(2)④ 2
(3)⑤ 500
(4)⑥ 26.8
- 問 4 (1)① 0.7
(2)② 2、③ 185.6、
(3)④ 0.5、⑤ 133.4
(4)⑥ 2.1、⑦ 1232.8
- 問 5 (1)① 497
(2)② 229
(3)③ 497
(4)④ 中継信号機、⑤ 減速信号
- 問 6 (1)① 励磁インピーダンス
(2)② 50、③ 5、④ 0.005
(3)⑤ 100
(4)⑥ クロスボンド
- 問 7 (1)① 保全度、② アベイラビリティ
(2)③ バスタブ、④ 平均故障間隔
(3)⑤ 0.96
(4)⑥ 0.02
- 問 8 (1)① CNR
(2)② 2
(3)③ 36
(4)④ 143、⑤ 8、⑥ 114

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。