

鉄道設計技士試験

2023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、シンプルカテナリ架線の弛(ち)度およびハンガ長さ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。また、同一番号の()には同一数値が入るものとする。

設定条件：径間長 $S : 45$ [m]

ちょう架線の単位長さあたりの質量 $W_m : 1.5$ [kg/m]、ちょう架線の張力 $T_m : 15,000$ [N]

トロリ線の単位長さあたりの質量 $W_t : 1.5$ [kg/m]、トロリ線の張力 $T_t : 15,000$ [N]

重力加速度 $g : 10$ [m/s²]

なお、ハンガの質量は無視する。

- (1) 図1に示すように、第1ハンガの位置を支持点Aから2.5[m]終点方の位置、最終ハンガの位置を支持点Bから2.5[m]起点方の位置としハンガ間隔を標準ハンガ間隔とした場合、ハンガ本数は(①)本となる。また、電車線高さが水平で、支持点Aおよび支持点Bにおける架高 H をともに0.96[m]としたとき、ちょう架線の弛度 D は、(②) [m]となる。ただし、ハンガによってちょう架線に均一にトロリ線質量が加わるものとして計算する。

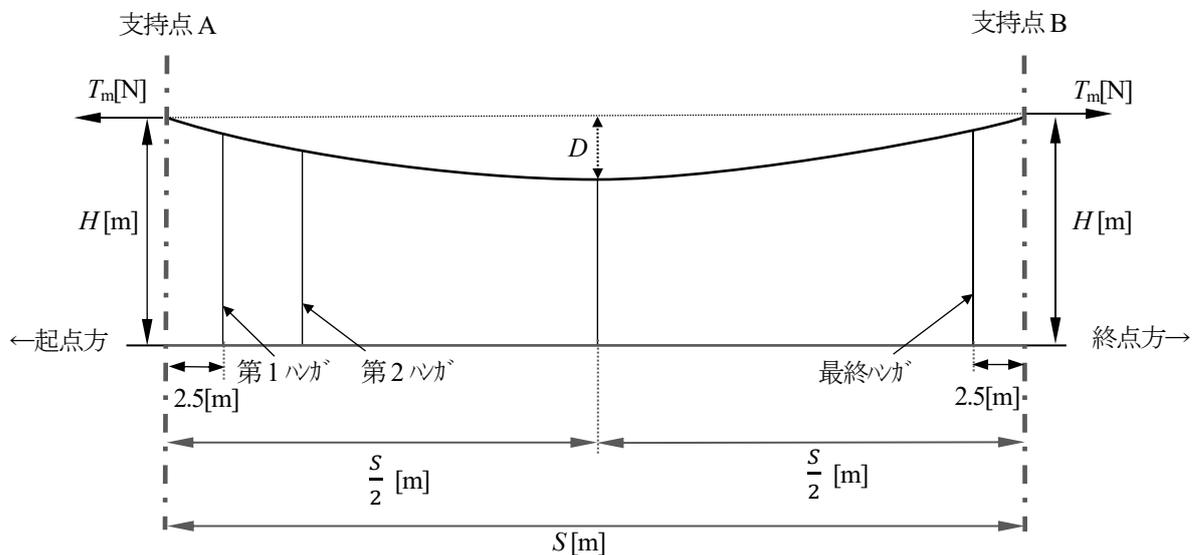


図1

(次ページにつづく)

- (2) 図2に示すように、支持点Aから支持点Bに向けて、トロリ線を3/1000の勾配で高くしていきたい。このとき、支持点Bにおけるトロリ線高さは、支持点Aにおけるトロリ線高さより $\delta_B =$ (③) [m]高くなる。なお、トロリ線は支持点Aから支持点Bに向けて直線状に勾配を設けるものとする。

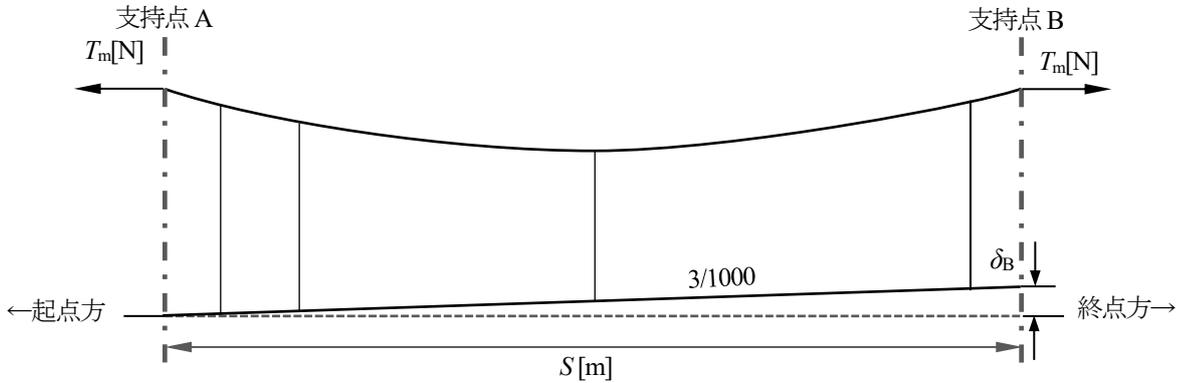


図2

- (3) (2)で示したトロリ線勾配を設けて、支持点Bにおける架高を $H - \delta_B$ とし、(1)で示したハンガ配列とした場合を考える。図3に示すように、径間中央から x [m]の位置におけるハンガ長 L [m]は、以下の式で求められる。

$$L = H - (②) + \frac{(W_t + W_m) \cdot g \cdot x^2}{2T_m} - \delta_n$$

これより支持点Aから27.5 [m]終点方の位置の第 n ハンガの長さは (④) [m]となる。

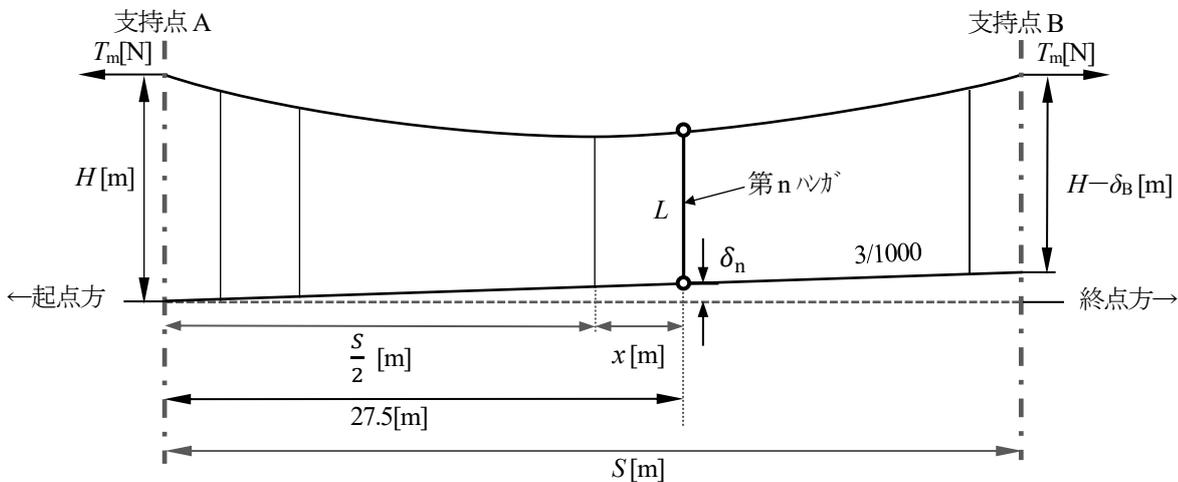


図3

- (4) 図4に示すように、ちょう架線に対して、質量6 [kg]のがいしを、支持点Aから5 [m]終点方の位置に切り込むことを計画したい。このがいし切り込みによって増加するちょう架線の弛度 d は (⑤) [m]となる。

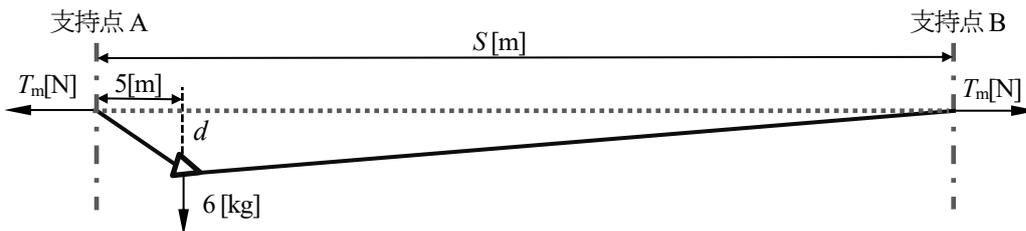


図4

(強電分野)

問2

次の文章は、トロリ線の摩耗限度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、計算の数値に小数第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、重力加速度は $10\text{ [m/s}^2]$ 、円周率は 3 とし、トロリ線の諸特性については、表を参照すること。

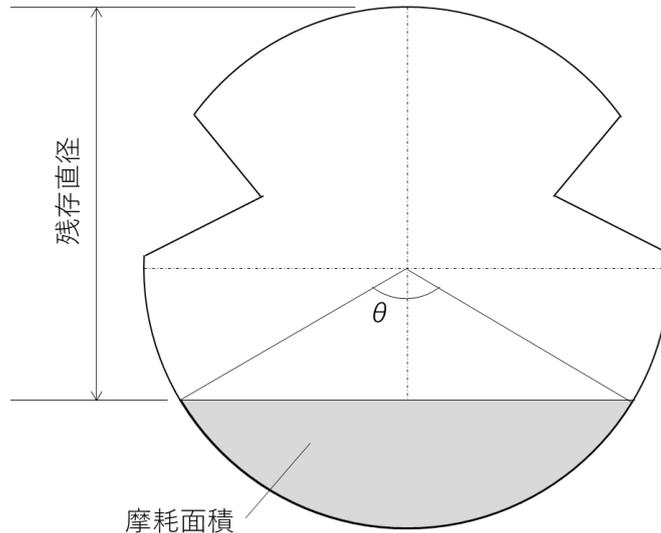


図 トロリ線断面

表 トロリ線の諸特性

新線時 計算断面積	110 [mm ²]
新線時 直径	12 [mm]
新線時 線密度	1.0 [kg/m]
最小引張強さ	330 [MPa]

- (1) 図および表に示すトロリ線の中心点と摩耗面を結ぶ中心角 θ が 120° の場合、残存直径は(①) [mm]であり、摩耗面積は(②) [mm²]である。
- (2) 図および表に示すトロリ線に張力 10 [kN] を印加したとき、許容される摩耗面積は(③) [mm²]である。なお、トロリ線の安全率は、経済産業省「電気設備の技術基準の解釈」における硬銅線または耐熱銅合金に準じることとする。
- (3) 列車を速度 300 [km/h] で走行させるために、図および表に示すトロリ線に印加するべき最小張力は(④) [kN]である。ただし、列車速度は波動伝播速度の 0.7 倍以内とする。
- (4) トロリ線の引張強さを向上させることで、(3)の張力条件下においても、トロリ線の摩耗面積を $30\text{ [mm}^2]$ 確保したい。トロリ線の断面積を $110\text{ [mm}^2]$ 、線密度を 1.0 [kg/m] とすると、トロリ線に求められる最小引張強さは(⑤) [MPa]である。

(強電分野)

問3

次の文章は、高圧配電線路の電圧降下および電力損失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、①、②については、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、③については、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。さらに、④については、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。

設定条件：各駅の駅間隔：下図に示すとおり

各駅の負荷電流：下図に示すとおり

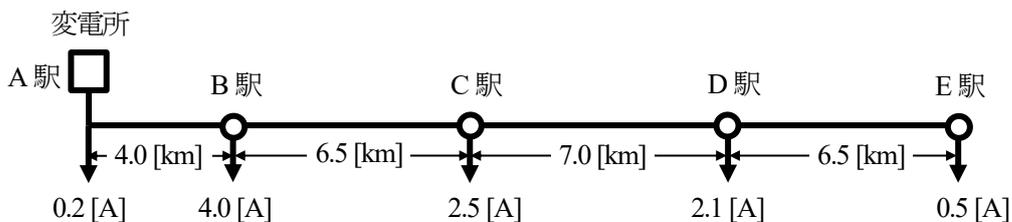
配電線路方式：三相3線式

配電線路の抵抗 $R : 0.8 [\Omega/\text{km}]$

配電線路のリアクタンス $X : 0.4 [\Omega/\text{km}]$

負荷力率 $\cos\theta : 0.8$

なお、負荷の位相差はないものとする。



- (1) 三相3線式の配電線路に流れる電流が I [A] のとき、1線 (1相) あたりの 1 [km] あたりの線間電圧降下 e [V/km] は、

$$e = (\text{①}) \cdot (R \cdot I \cdot \cos\theta + X \cdot I \cdot \sin\theta)$$

で表される。

- (2) 設定条件および (1) の式からこの配電線路の電圧降下 e_L [V] は、電圧降下を求める区間の距離を L [km] とすると、

$$e_L = (\text{②}) \cdot L \cdot I$$

で表される。

- (3) 上図中の A 駅の変電所から配電する場合において、A 駅～B 駅間で生じる電圧降下量は (③) [V] となる。
- (4) 上図中の A 駅の変電所から配電する場合において、送電端から末端 (E 駅) までの配電線路の合計電力損失は、(④) [W] となる。なお、配電線路の充電電流の影響は無視する。

(強電分野)

問4

次の文章は、単線区間の直流き電回路の故障電流等の算出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、①、②、④については、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。また、③、⑤、⑥、⑦については、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。

- (1) 以下の構成のき電回路における抵抗値を算出する。

【シンプルカテナリ架線の電線類の抵抗値とレール直流抵抗値】

電車線 (トロリ線・ちょう架線) : 0.147 [Ω /km]

き電線 : 0.028 [Ω /km]

レールの抵抗値 (2本並列・軌条ボンド含む) : 0.017 [Ω /km]

電車線とき電線は、並列回路として捉えられるため、電車線とき電線の合成抵抗は (①) [Ω /km]であり、レールを含むき電回路全体の合成抵抗は (②) [Ω /km]となる。

- (2) 以下の諸元の変電所において等価内部抵抗を算出する。

【変電所諸元】

定格電圧 : 1,500 [V]

1号整流器容量 : 3,000 [kW]

2号整流器容量 : 4,500 [kW]

無負荷電圧 : 1,620 [V]

2台のシリコン整流器の電圧変動率は同一であるとした場合、電圧変動率は (③) [%]である。これを用い、両方のシリコン整流器を稼働した場合の変電所の等価内部抵抗を算出すると、(④) [Ω]となる。

- (3) 片送りき電のパンタ点電圧を算出する。

(1)(2)の条件におけるき電回路において、変電所から7[km]先の末端まで片送りき電をしているものとした場合、末端地点で列車1編成が起動し、パンタ点電流が1,200[A]流れたときのパンタ点電圧は (⑤) [V]である。ただし、この区間には1編成のみの列車が在線しているものとする。

- (4) 片送りき電で以下の標準想定短絡が発生した場合の故障電流等を算出する。

【標準想定短絡の条件】

短絡箇所のアーク電圧 : 300 [V]

故障点抵抗値 : 0.1 [Ω]

(3)と同様に、変電所から7[km]先の末端まで片送りき電をしているものとした場合、末端地点で標準想定短絡が発生した場合、故障電流は (⑥) [A]となる。

また、この故障電流を保護するための故障選択装置での最大整定値は (⑦) [A]となる。ただし、故障選択装置は0~4,000[A]の範囲で200[A]単位で整定できるものとする。

(弱電分野)

問5

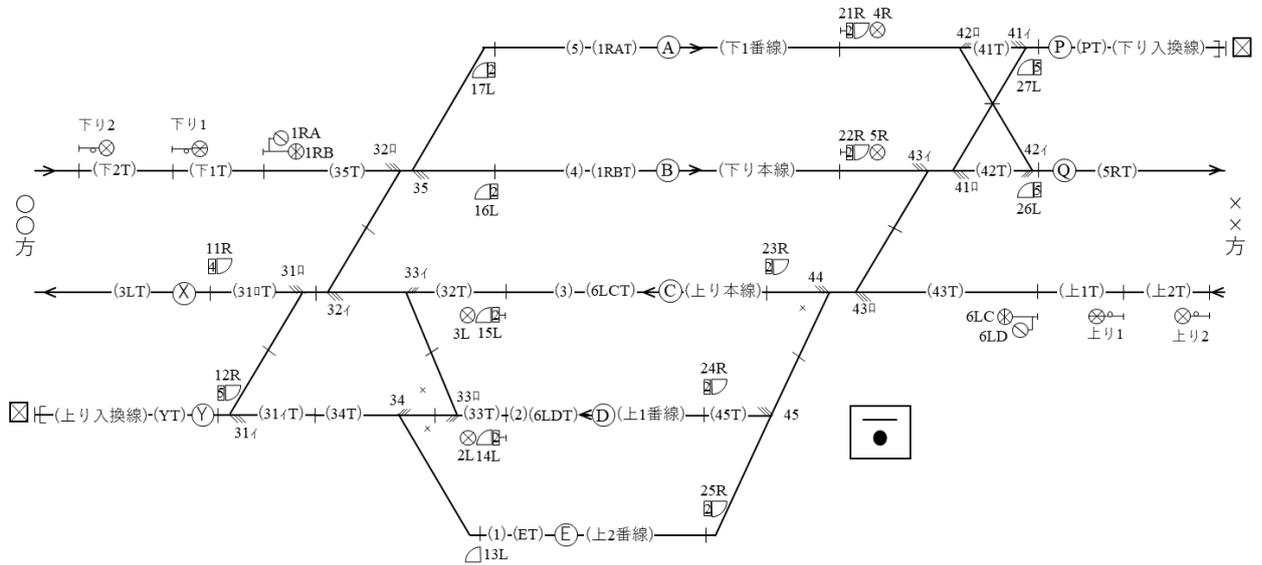
次の文章は、信号保安設備や踏切保安設備がフェールセーフを保つ方法について述べたものである。()の中に入れるべき最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。なお、同一番号の()には同一語句が入るものとする。

- (1) 信号のフェールセーフの原則では、装置故障時にはその制御状態は安全側に遷移しなければならない。軌道回路の場合、機器故障時には軌道リレーが(①)するような回路構成とすることが一般的である。しかし、用途とする機能や装置によっては、故障時に(①)に遷移することがフェールセーフとはならないため、適切に使い分ける必要がある。
- (2) 特殊自動閉そく式(軌道回路検知式)は、駅間には軌道回路を設けず、場内信号機の近傍に設けた軌道回路によって、いわゆるチェックイン・チェックアウトの検知を行う。列車出発時の駅間への進入検知、つまり駅間の閉そくの鎖錠には(②)式の軌道回路を用いる。また、列車到着時の駅間からの進出検知、つまり閉そくの解錠には(③)式の軌道回路を用いる。
- (3) 点制御方式の踏切保安装置は、ごく短い軌道回路を用いた踏切制御子で列車を検知する。警報開始には(②)式の軌道回路を使用している。一方、警報終止には(③)式の軌道回路を使用して、故障した場合は(④)状態にしてフェールセーフを確保している。
- (4) 連動装置において、軌道回路電源の電圧変動により、駅構内の軌道リレーの動作が不安定になると、列車等が所定の走行をしていないにもかかわらず、(⑤)や(⑥)が不正に解錠するおそれがある。(⑦)回路はこれを防ぐために設けられる。

(弱電分野)

問 6

次の文章は、下に示す配線略図における連動機の転てつ器転換制御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。



配線略図

- (1) 入換標識 22RP を構成するときは、43 号を定位、41 号を反位に転換するだけではなく 42 号を定位に転換する。このように列車・車両が通らない転てつ器を転換することを (①) という。
シーサスクロッシングに対して (①) を行う理由は、出発信号機 4RQ のような 42 号を反位にする進路を、22RP の鎖錠欄に記載せずに、転てつ器の開通方向の違いで間接的に定位鎖錠したり、渡り線 2 組をハの字に配置した場合と電気結線を統一したりするためである。
- (2) 42 号を反位にする場合を考える。42 号のてつ査鎖錠欄には 41T および (②) が記載されるが、(②) は 43 号のてつ査鎖錠条件でもある。
- (3) 42 号を反位にする進路を構成する場合は、(③) 号を (④) 位に転換することで、(⑤) を構成できるようにする。
- (4) この配線略図には上記の他に (①) を行うべき箇所があと 2 か所存在する。「32 号を反位とする進路を構成する場合は 33 号を定位に転換する」と「33 号を反位とする進路を構成する場合は (⑥) 号を (⑦) 位に転換する」である。

(弱電分野)

問7

次の文章は、アナログ信号のデジタル化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、圧縮等は考慮しないものとする。また、①については、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。さらに、②、③、④については、解答の数値に小数第1位以下がある場合は、小数第1位以下を切り捨てて整数で解答しなさい。

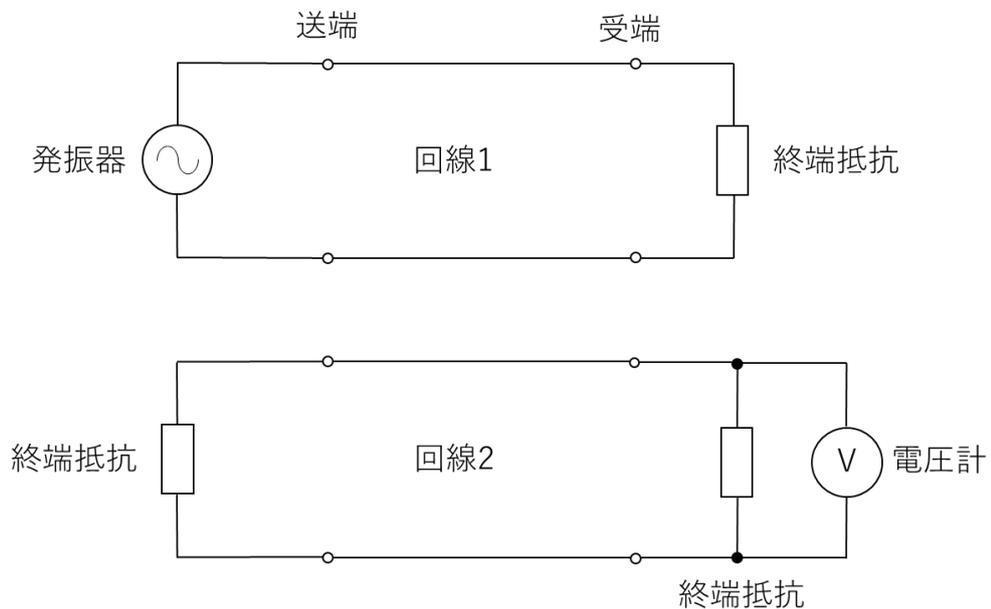
- (1) 4 [MHz]未満の周波数成分をもつアナログ信号の標本化による情報が失われないためのサンプリング周期の最大値 [s]は (①) $\times 10^{-7}$ [s]である。
- (2) (1)で標本化した1種類の信号を12 [bit]で量子化すると、必要なビットレートは (②) [Mbps]である。
- (3) 標本化された信号を256段階に量子化した。この量子化した信号を符号化したとき、(③) [bit]の並列デジタル信号となる。
- (4) $1,024 \times 10^9$ バイトの容量をもつフラッシュメモリに(1)の信号を記録できる時間の長さは最大 (④) 分である。

(弱電分野)

問 8

次の文章は、通信回線設備における回線特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、全ての回線は同一種のケーブルで構成されているものとする。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) 図の回線 1 において、受端の終端抵抗にかかる信号電力が 30 [mW]で、同じ伝送路の無信号時の雑音電力が 0.03 [mW]であると、伝送路の受端における SN 比は (①) [dB]である。
- (2) 図の回線において、回線 1 の信号が回線 2 に漏れる現象を (②) という。
- (3) 図の回線において、回線 1 への入力電圧が 150 [mV]、回線 2 の電圧計の読みが 0.15 [mV]の場合、受端側の (②) 減衰量は、(③) [dB]である。
- (4) (3)の条件において、回線 2 の受端側に増幅器を挿入したところ、電圧計の読みが 1.5 [mV]となった。この場合の増幅器の利得は (④) [dB]である。



【 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

線路線形を改良するプロジェクトにおいて、区間の最高運転速度を 160 [km/h]に向上することとなった。この速度向上において、既設の直流電車線（シンプルカテナリ架線）の改良について考慮すべき以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 明かり区間における既存のシンプルカテナリ架線をヘビーコンパウンドカテナリ架線へ改良する場合に、160 [km/h]区間用として採用すべきトロリ線の線種、断面積、張力について、列車負荷電流の増加および集電性能を踏まえて考え方を述べなさい。
- ② 160 [km/h]化にあたりトロリ線の接続部に生じる課題とその解決策を述べなさい。
- ③ 曲線引金具箇所における高速化における押上量の確認の目的、測定方法、評価方法および押上量の緩和方策について述べなさい。

問 2

電車線設備の保全作業を軽減したい。電車線設備の保全に関する課題から信頼性を維持・向上させながら保全作業を軽減させるための技術的施策案に関して、新幹線か在来線かを選択した上で以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 電車線の保全対象設備を削減するための設備構成とその際の留意事項を述べなさい。
- ② 予防保全の方式である時間基準保全（TBM）と状態基準保全（CBM）について、それぞれの考え方と課題を述べなさい。
- ③ 電車線設備を 1 つ選択し、保全作業軽減を目的として CBM を導入するための技術的施策案と留意事項を述べなさい。

問 3

直流電気鉄道の複線区間において、回生電力の有効活用を目的とし、上下別回線の分割き電方式から「上下一括き電方式」、もしくは「上下タイキ電方式」へ変更することとなった。このとき、以下の 3 項目について具体的に述べなさい。

- ① 「上下一括き電方式」と「上下タイキ電方式」について、それぞれの方式のき電システムの構成
- ② 「上下一括き電方式」と「上下タイキ電方式」について、それぞれの方式における回生電力の有効活用以外のメリット
- ③ 「上下一括き電方式」と「上下タイキ電方式」のどちらかを選択し、その方式について設計上留意する点とその解決策

(強電分野)

問4

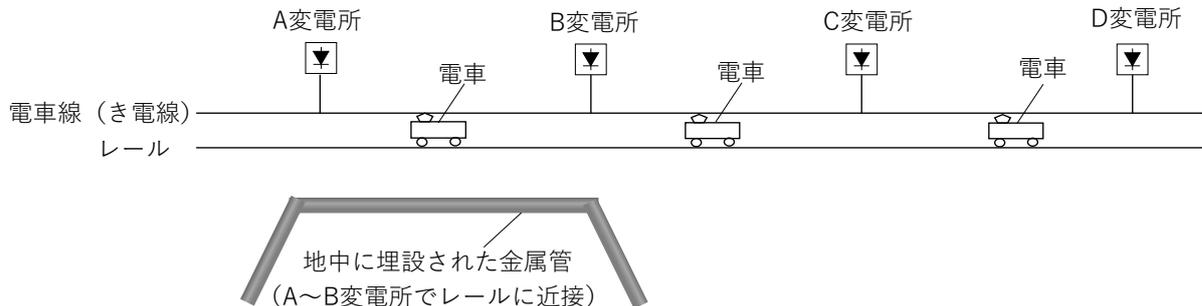
直流電化区間における電食対策に関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

なお、

- ・標準電圧 1,500 [V]
- ・変電所間隔 10 [km]
- ・単線

に相当する下図の直流き電回路を基本モデルとする。

- ① 電食は、鉄道側のレールおよび直流電化区間の近くの地中に埋設されている金属管に発生することがある。下図の A～B 変電所において、(1) レール漏れ電流の経路、(2) レールと金属管に電食が発生しやすい箇所についてそれぞれ述べなさい。
- ② 金属管とレールとの間に接続することで、金属管の電食を低減することが可能な電力設備について1点を挙げ、(1) 基本構成、(2) 電食対策としての原理、(3) 導入における留意点についてそれぞれ述べなさい。
- ③ 下図の B～D 変電所方面において、列車荷が増えた結果、変電所脱落時き電電圧が不足するおそれが生じたため、B～D 変電所の変圧器タップを変更して送り出し電圧を上げることを検討している。その場合に、A～B 変電所の埋設金属管において懸念される電食の影響について、レール対地電位の観点を踏まえて述べなさい。また、その影響を軽減するための対応策について述べなさい。



(弱電分野)

問5

運行管理システムに関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① 運行管理システムの主な機能を3つ挙げ、それぞれの概要について述べなさい。
- ② 中央集中方式と駅分散方式、それぞれのメリット、デメリットを述べなさい。
- ③ 新たに運行管理システムを導入する場合に、中央集中方式と駅分散方式のどちらかを選択し、導入する線区的前提条件を設定したうえで、その方式を選んだ理由を述べなさい。

問6

直流電化、自動閉そく式の路線を想定する。現在、この路線は商用軌道回路を用いており、駅間の軌道回路は信号高圧配電線を用いた三位式である。また、VVVF制御の車両が走行している。数年後に近接した位置に平行して新幹線が建設されることになり、誘導予測計算の結果、軌道回路が誤動作するおそれがあることが分かった。このとき、以下の3項目について具体的に述べなさい。

- ① 軌道回路が誤動作する原理と、それにより発生するおそれのある障害
- ② 軌道回路方式を変更する場合、軌道回路の周波数と変調方式を決定する際に考慮すべき事項
- ③ 駅間の軌道回路方式を決定するうえで、考慮すべき軌道回路の機器構成と機能

問7

駅構内の改良工事に伴い、空間波列車無線システムの基地局を移設することとなった。その際に考慮すべき以下の3項目について具体的に述べなさい。なお、当該列車無線システムは、送受信に同じ周波数を使用しており、同一線区内の各基地局に周波数を繰り返し割り当てて使用している。また、各基地局は、上り方/下り方の両方向へ電波を放射しているものとする。

- ① サービスエリアの概要と考慮すべき事項と対策
- ② オーバーリーチの概要と考慮すべき事項と対策
- ③ 相互変調の概要と考慮すべき事項と対策

(弱電分野)

問 8

沿線設備のモニタリング情報を指令所に集めるための伝送システムを構築したい。このとき、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① 沿線設備のモニタリング情報をアナログ信号のまま伝送する場合に対して、モニタリング情報をデジタル化して伝送することのメリットおよびアナログ信号をデジタル化する際の注意点について述べなさい。
- ② デジタル化した沿線設備のモニタリング情報を通信事業者の携帯電話回線を利用して指令所に伝送する場合の伝送システムの構成方法と、構成にあたって考慮すべき事項について述べなさい。
- ③ デジタル化した沿線設備のモニタリング情報を LPWA (Low Power Wide Area) の無線方式を使ってゲートウェイ等に無線接続し、インターネットにより指令所に伝送する。この時に用いる無線方式を1つ挙げ、その概要と構成方法を説明するとともに、伝送システムを構成するうえで考慮すべき事項について述べなさい。

2023 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 9、② 0.506
(2)③ 0.135
(3)④ 0.397
(4)⑤ 0.018

問2 (1)① 9、② 20.41
(2)③ 43.33
(3)④ 14.17
(4)⑤ 389.69

問3 (1)① 1.73
(2)② 1.52
(3)③ 55.3
(4)④ 1,318

問4 (1)① 0.024、② 0.041
(2)③ 8、④ 0.024
(3)⑤ 1,247
(4)⑥ 3,212、⑦ 3,200

問5 (1)① 落下
(2)② 閉電路、③ 開電路
(3)④ 鎖錠
(4)⑤ 接近鎖錠、⑥ 進路鎖錠、⑦ 停電並びに低電圧防護リレー
(⑤、⑥は順不同)

問6 (1)① 進路外転換
(2)② 42T
(3)③ 43、④ 定、⑤ 平行進路
(4)⑥ 34、⑦ 反

問7 (1)① 1.25
(2)② 96
(3)③ 8
(4)④ 1,422

問8 (1)① 30
(2)② 漏話
(3)③ 60
(4)④ 20

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。