

令和 6 年度

第 1 種 電 力

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受 験 番 号			
印	字	あ	り

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の

(1)

 と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の(イ)をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

問 1				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
●	○	○	○	○
○	●	○	○	○
○	○	●	○	○
○	○	○	●	○
○	○	○	○	●
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

問		
(1)	(2)	(3)
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○
○	○	○

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W $f=50$ Hz 670 kV・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m²])

(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。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問1 次の文章は、水車発電機の励磁装置に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

水車発電機の励磁巻線に直流電流を供給し、発電機の (1) を一定に保持、あるいは調整する装置を励磁装置と言う。励磁装置は、その電源に直流発電機を用いる方式(直流励磁機方式)と整流器を用いる方式(整流器励磁方式)に大別される。旧来は直流励磁機方式が主流であったが、近年では半導体技術の進歩により、整流器励磁方式が主流となっている。

整流器励磁方式の一つである (2) は、励磁用変圧器から得た交流を励磁装置の電源として用い、これを直流に整流して励磁電流とする。 (2) は、一般的に (3) に採用され、その特徴として、

① 発電機界磁を直接制御するため速応性が高いことに加え、励磁系の頂上電圧を (4) することができるので、系統事故除去後の回復電圧を高くし、過渡安定性の向上に寄与することができる。

② (5) ため、保守点検が(比較的)容易である。
などがある。

この装置の一般的構成としては、検出回路で電圧調整抵抗器により設定した基準電圧と (1) との偏差を検出し、増幅回路に入力し、ゲートパルス発生回路により整流器を制御して、励磁電流を調整する。

〔問 1 の解答群〕

- | | |
|-------------------|--------------------|
| (イ) 可変速励磁装置 | (ロ) 励磁電圧 |
| (ハ) 小容量機～大容量機の広範囲 | (ニ) 静止機器である |
| (ホ) 低く | (ヘ) ブラシレス励磁装置 |
| (ト) 維持 | (チ) 端子電圧 |
| (リ) 小容量機から中容量機 | (ヌ) 頂上電圧 |
| (ル) サイリスタ励磁装置 | (フ) スリップリングとブラシがない |
| (リ) 揚水などの大容量機 | (カ) 高く |
| (ヨ) 交流発電機を用いる | |

問2 次の文章は、変電所に設置する変電機器の耐震設計に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

変電所に設置する変電機器の耐震設計手法のうち、 (1) 的設計手法については、これまでがいし形機器やがい管を用いたブッシングを弱点部として評価対象とされていた。その理由としては、がいし形機器やブッシングの固有振動数は (2) 程度であり、高電圧の機器になるほど低くなる。実際の地震波の卓越振動数は、上記固有振動数の範囲にあるので、頭部荷重が大きい変電機器は地震波との (3) を起こす可能性があるため、適切な (1) 的耐震設計を採用する必要がある。しかしながら、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、がいし形機器やブッシング以外の部位においても被害が多数発生していることを踏まえ、単純ながいし形機器のような単一の振動数に対し評価を行う従来の設計手法である (4) 法から、幅広い振動数を含む波形に対して耐震強度の確認が可能で、海外の変電機器の耐震規格にも採用されている (5) に基づく設計手法へ見直された。

[問2の解答群]

- | | | |
|-------------|----------------|---------------|
| (イ) 静 | (ロ) 減衰 | (ハ) 擬共振 |
| (ニ) 加速度ベクトル | (ホ) 加速度 | (ヘ) 応答スペクトル |
| (ト) 最大応答加速度 | (チ) 0.1～0.5 Hz | (リ) 0.5～10 Hz |
| (ヌ) 共振 | (ル) 正弦波 | (ヲ) 発散 |
| (リ) 過渡 | (カ) 動 | (ヱ) 10～50 Hz |

問3 次の文章は、架空送電線の電氣的定数に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

架空送電線では、可とう性などの理由から、一般により線が用いられるが、この場合、素線の実長は中心導体に比べて若干長くなるので、その分抵抗が大きくなる。この割合を (1) といい、通常は2%程度である。また、電線に交流が流れると電流は断面全体にわたって一様に流れず、(2) 多く流れる。電流の流れる部分の深さ δ [m]は、角周波数を ω [rad/s]、透磁率を μ [H/m]、導電率を σ [S/m]として、(3) [m]と表される。

正三角形配置された対称三相架空送電線において、電線1条(単導体)の単位長当たりの作用インダクタンス L [mH/km]は、比透磁率を μ_r 、線間距離を D [m]、電線半径を r [m]として、 $L = 0.05\mu_r + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r}$ [mH/km]と表され、単導体の場合、(4) mH/km 程度である。また、電線1条(単導体)の単位長当たりの作用静電容量 C [μ F/km]は、比誘電率を ϵ_r 、線間距離を D [m]、電線半径を r [m]として、(5) [μ F/km]と表され、単導体の場合、0.008~0.01 μ F/km 程度である。

[問3の解答群]

- | | | |
|---|---|---|
| (イ) $C = \frac{0.02413\epsilon_r}{\log_{10}\left(\frac{D}{r}\right)}$ | (ロ) 中心に近づくほど | (ハ) $C = \frac{\log_{10}\left(\frac{D}{r}\right)}{0.02413\epsilon_r}$ |
| (ニ) アスペクト比 | (ホ) $\delta = \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}$ | (ヘ) より線と中心導体の接点で |
| (ト) より込率 | (フ) $\delta = \sqrt{\frac{2\sigma}{\omega\mu}}$ | (リ) $C = \frac{0.02413\epsilon_r}{\log_{10}\left(\frac{r}{D}\right)}$ |
| (ヌ) 10 | (ル) $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$ | (レ) 1 |
| (リ) 0.1 | (カ) 抵抗率 | (ロ) 表面に近くなるほど |

問4 次の文章は、分散型電源の出力制御に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

電力系統では周波数を維持するために、需給のバランスを取る必要がある。分散型電源の増加が著しくなると、分散型電源の発電出力によっては火力・水力発電の出力調整のみでは周波数を維持することが困難となるため、分散型電源の発電出力を制御する必要がある。

一般送配電事業者では、配電系統に接続される太陽光発電に、発電出力と (1) の予測等に基づき出力制御をオンラインで指令する場合、 (2) を行うことにより出力制御する方法が用いられている。出力制御時(制御後の発電出力)の指令値が (3) よりも大きい場合、太陽光発電は出力制御されずに発電することが可能である。しかし、出力制御時の指令値が (3) よりも小さい場合は、 (4) を介して出力制御を行うため、実際の発電出力は出力制御時の指令値を上限とした値となる。

なお、66kV以上の電力系統に接続される太陽光発電には、出力制御を確実にを行うため (5) 通信を用いて指令する方式が一般に用いられる。

[問4の解答群]

- | | | |
|------------------------------|---------------|--------------|
| (イ) 現在の発電出力 | (ロ) 単方向 | (ハ) パネルの容量 |
| (ニ) マルチホップ | (ホ) 需要 | (ヘ) リアルタイム制御 |
| (ト) 電圧 | (チ) 主任技術者への通知 | (リ) 発電 |
| (ヌ) 双方向 | (ル) スマートメータ | (フ) スケジュール配信 |
| (リ) パワーコンディショナ | | |
| (カ) HEMS(ホームエネルギーマネジメントシステム) | | |
| (ヨ) パワーコンディショナの容量 | | |

B問題(配点は1問題当たり計20点)

問5 次の文章は、火力発電所における蒸気タービンの運転方法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

蒸気タービンの運転方法として、 (1) を負荷にかかわらず一定とし、タービン入口の (2) 開度を調整することで出力を制御する定圧運転と、 (2) 開度を一定に保ち、 (1) を変えることによって出力を制御する変圧運転がある。

変圧運転を採用する効果として、次のようなことが挙げられる。

- ・部分負荷における (2) での (3) を低減できるため、熱効率が向上する。
- ・部分負荷における (4) の吐出圧力を低減できるため、 (4) の軸動力が低減でき、熱効率が向上する。
- ・高圧タービンの排気温度((5) 入口蒸気温度)を高く保持できるため、 (5) での必要熱吸収量が減少し、 (5) 出口の蒸気温度が低負荷でも高く保持できる。
- ・低出力でもタービンの温度低下がないため、タービンケーシング温度を高く保ったまま停止でき、 (6) を短縮できる。
- ・部分負荷で圧力を下げるため、 (7) 。

[問5の解答群]

- | | |
|----------------|----------------|
| (イ) 復水器損失 | (ロ) 排ガス損失 |
| (ハ) 主蒸気止め弁 | (ニ) 復水ポンプ |
| (ホ) 再熱蒸気圧力 | (ヘ) 火炉圧力が高くなる |
| (ト) 絞り損失 | (フ) 煙突効果が大きくなる |
| (リ) 過熱器 | (ヌ) 蒸気加減弁 |
| (ル) 節炭器 | (フ) 缶水循環ポンプ |
| (リ) 給水ポンプ | (カ) 再熱器 |
| (ヨ) インタセプト弁 | (タ) 始動時間 |
| (レ) 材料の寿命が長くなる | (リ) 主蒸気圧力 |
| (ツ) 停止までの時間 | |

問6 次の文章は、電力系統の潮流計算に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

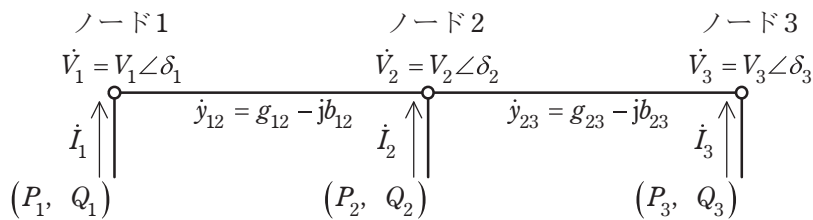
電力系統の構成を、変圧器や送電線などの電力輸送設備を表す「ブランチ」と、発電機や負荷端子などの母線を表す「ノード」の組み合わせにより表すことを考える。図の電力系統において、全ての変数は共通の基準値による単位法表現とする。ノード i ($i=1, 2, 3$) の電圧を $\dot{V}_i$ 、ノード $i-j$ ($j=1, 2, 3$) 間のブランチのアドミタンスを $\dot{y}_{ij} = g_{ij} - jb_{ij}$ とし、ブランチの対地アドミタンスは無視できる場合、ノード i に注入される電流 $\dot{I}_i$ は次式で表される。

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \end{bmatrix} = \dot{Y} \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{V}_3 \end{bmatrix} \quad \left(\dot{Y} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \dot{Y}_{13} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \dot{Y}_{23} \\ \dot{Y}_{31} & \dot{Y}_{32} & \dot{Y}_{33} \end{bmatrix} \right)$$

ここで、アドミタンス行列 $\dot{Y}$ は $\dot{y}_{ij}$ を用いると (1) により表される。

また、ノード $i-j$ 間の電圧の位相差 δ_{ij} を $\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ 、アドミタンス $\dot{Y}_{ij} = Y_{ij} \angle \theta_{ij}$ を $\dot{Y}$ の i 行目 j 列目の成分とすると、ノード i に注入される有効電力 P_i と無効電力 Q_i は、遅れの無効電力を正と定義すると (2) と定式化でき、これを電力方程式と呼ぶ。ブランチの抵抗成分を無視できる場合、 $\theta_{12} = \theta_{23} =$ (3) となる。さらに、 $\sin \delta_{12} = \delta_{12}$ 、 $\sin \delta_{23} = \delta_{23}$ 、 $V_1 = V_2 = V_3 = 1.0$ の近似がそれぞれ成立する場合、 P_2 の近似式は (4) と表すことができる。

ノードの種別に応じた拘束条件の下で電力方程式を解くことを、一般に潮流計算と呼ぶ。 (5) 機能を有する発電機が接続するノードでは、有効電力出力並びに (6) の目標値を拘束条件として与える。負荷の接続するノードでは、負荷の有効電力と無効電力が拘束条件となる。また、スラックノードは解析対象の電力系統全体での (7) を補償する役割を担う。



[問6の解答群]

$$(イ) \begin{bmatrix} \dot{y}_{12} & -\dot{y}_{12} & 0 \\ -\dot{y}_{12} & \dot{y}_{12} + \dot{y}_{23} & -\dot{y}_{23} \\ 0 & -\dot{y}_{23} & \dot{y}_{23} \end{bmatrix}$$

$$(ハ) \begin{bmatrix} \dot{y}_{12} & \dot{y}_{12} & 0 \\ \dot{y}_{12} & \dot{y}_{12} + \dot{y}_{23} & \dot{y}_{23} \\ 0 & \dot{y}_{23} & \dot{y}_{23} \end{bmatrix}$$

$$(ホ) \begin{cases} P_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \cos(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \\ Q_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \sin(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \end{cases}$$

(ト) LFC

$$(リ) -b_{12}\delta_{21} - b_{23}\delta_{23}$$

$$(ル) \frac{\pi}{2}$$

(ロ) GOV

$$(ヲ) -\frac{\pi}{2}$$

(レ) 無効電力出力

(ヲ) ノード電圧の大きさ

$$(ヰ) \begin{bmatrix} -\dot{y}_{12} & \dot{y}_{12} & 0 \\ \dot{y}_{12} & -\dot{y}_{12} - \dot{y}_{23} & \dot{y}_{23} \\ 0 & \dot{y}_{23} & -\dot{y}_{23} \end{bmatrix}$$

$$(ニ) \begin{cases} P_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \sin(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \\ Q_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \cos(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \end{cases}$$

$$(ハ) \begin{cases} P_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \sin(\delta_{ij} + \theta_{ij}) \\ Q_i = \sum_{j=1}^3 Y_{ij} V_i V_j \cos(\delta_{ij} + \theta_{ij}) \end{cases}$$

(チ) 0

(ヌ) ノード電圧の位相

(ヲ) 電圧降下

$$(カ) b_{12}\delta_{21} + b_{23}\delta_{23}$$

(タ) 送電損失

(ヾ) AVR