



電子書籍版

電験王

令和6年度版

電験2種 二次試験

過去問徹底解説

No.1

電験
ブログ

「電験王」

の解説を完全書籍化！

著者 電験王

編者 山岸 健太

(ブログ「電験1種の棚卸し」)

難易度表示付きで
レベル別に攻略できる

正誤チェック機能で
繰り返し学習をサポート

収録年 平成22年～令和5年

最新14年分の過去問題を収録！

【電子書籍版電験王】電験2種二次試験 過去問徹底解説 令和6年度版（年度順）

目 次

はじめに.....	2
電験2種 試験の概要.....	3
収録年の合格点.....	5
年度順 問題一覧.....	6
分野順 問題一覧.....	13
本書の特長.....	19
電力・管理.....	20
令和5年.....	21
令和4年.....	39
令和3年.....	50
令和2年.....	64
令和元年.....	78
平成30年.....	93
平成29年.....	107
平成28年.....	120
平成27年.....	132
平成26年.....	142
平成25年.....	154
平成24年.....	166
平成23年.....	179
平成22年.....	192
試験会場に持ち込める「最強の武器」.....	205
機械・制御.....	207
令和5年.....	208
令和4年.....	221
令和3年.....	233
令和2年.....	244
令和元年.....	254
平成30年.....	262
平成29年.....	272
平成28年.....	279
平成27年.....	289
平成26年.....	299
平成25年.....	309
平成24年.....	319
平成23年.....	333
平成22年.....	344
関連書籍のご紹介.....	357

はじめに

本書をお選びいただきありがとうございます。

本書は電験 2 種二次試験についての 14 年間（令和 5 年～平成 22 年）を収録しています。出典元は電験王（<https://denken-ou.com/c2/>）であり、そこで解説されている内容についてかみ砕いた説明を適宜追加することにより作成しています。

本書は「電験王」ホームページ（<https://denken-ou.com/c2/>）を閲覧しながらの学習を推奨しています。図のカラー版や誤植修正・追記等ホームページを見ることで確認することができ、より効果的な学習が可能となります。

筆者ご挨拶

電験 2 種二次試験の挑戦権を持たれた皆さま、おめでとうございます。2 種二次試験はこれまでの 3 種や 2 種一次試験と異なり、受験生のレベルも上がり、その中で 6 ～ 7 人に一人程度しか合格しない難関試験で、かなり難易度は高くなります。また、学習期間も一次試験合格後ではかなり限定され、非常に効率良く勉強していく必要があります。

しかしながら、二次試験においても勉強方法はこれまでと変わりません。合格への最短距離は、過去問に取り組み、問題の難易度・出題傾向を探り、その中で知識を定着して、それを繰り返していくことです。特に二次試験は出題される分野が限定的であり、これまで以上に過去問習熟の効果が上がります。（「電験王」はその「電験」学習の「王」道である過去問解説をしたホームページという意味で、名称もそこから取っています。）

大手の出版社が多数の過去問集を発刊しているため、当初はホームページのみで解説を続けていく方針でしたが、メモを取りたい、間違えた問題をチェックしたい、紙の方がやりやすい等ユーザーの方々から「ぜひ書籍化してほしい」との声が多数寄せられるようになりました。私自身はそのノウハウもなく、作業時間も割けない状況の中、本書の編者である山岸氏からご提案を受け、本書発行に至ることになりました。

本書は「電験王 2」のホームページのうち、二次試験の内容をまとめたものを、山岸氏のノウハウを加えさらに改良されたものとなっており、電験受験生のバイブルとなることを期待しています。

本書を繰り返し学習されることで、より多くの受験生が合格されることを祈願致します。

編者ご挨拶

電験の合格には過去問題の演習が欠かせません。しかし、過去問題の解説は計算問題の過程や選択肢を絞る過程の説明が省略されたものが多く、解説を読んでもそもそも理解が及ばないという受験者は数多くいらっしゃいます。

そこで今回、解説が分かりやすいと評判の電験王とコラボをして、電験 2 種の過去問題集を発行することとしました。電験王は編者と同じく独学で電験 1 種まで合格しており、独自の視点に基づいて分かりやすく過去問題の解説をホームページ（<https://denken-ou.com/c2/>）で行っています。一方、編者は電験に関するブログ運営（<http://den1-tanaoroshi.com>）やオーム社様発行の新電気で平成 30 年から「ケンタが教える！ 電験突破法」の連載をしており、電験を合格するうえでのテクニックの解説を稚拙ながら行っていました。

電験王のホームページには書籍化のご要望が殺到していたところで、このタイミングでこうした二者が電験 2 種の過去問題集を発行することになったのは正に偶然ですが、本書を使ってより多くの受験生が資格を取得し、電気業界の転職等のご希望の実現に繋がれば幸甚です。

令和 6 年 3 月

筆 者：電 験 王

編 者：山 岸 健 太

電験 2 種 試験の概要

1. 試験科目及び出題内容

電験 2 種の試験は、一次試験と二次試験を行います。一次試験を全科目合格しないと二次試験を受験することができません。

1-1. 一次試験(マークシート方式)

一次試験は表 1 の 4 科目で実施されます。解答群の中から最も適切なものを選択する多肢択一式問題です。

表 1 一次試験科目と出題範囲

科目(試験時間)	出題範囲
理論(90 分)	電気理論、電子理論、電気計測及び電子計測
電力(90 分)	発電所及び変電所の設計及び運転、送電線路及び配電線路（屋内配線を含む。）の設計及び運用並びに電気材料
機械(90 分)	電気機器、パワーエレクトロニクス、電動機応用、照明、電熱、電気化学、電気加工、自動制御、メカトロニクス並びに電力システムに関する情報伝送及び処理
法規(65 分)	電気法規（保安に関するものに限る。）及び電気施設管理

1-2. 二次試験(記述方式)

二次試験は表 2 の 2 科目で実施されます。記述式で各科目とも問題を選択(電力・管理は 6 問中 4 問、機械・制御は 4 問中 2 問)し解答します。

表 2 二次試験科目と出題範囲

科目(試験時間)	出題範囲
電力・管理(120 分)	発電所及び変電所の設計及び運転、送電線路及び配電線路（屋内配線を含む。）の設計及び運用、電気施設管理
機械・制御(60 分)	電気機器、パワーエレクトロニクス、自動制御、メカトロニクス

2. 試験内容

2-1. 一次試験

3 種では五者択一式でしたが、2 種では多肢択一式のマークシート方式です。従って、ある程度解答が絞れないと勘だけで合格することは難しくなります。A 問題の方が B 問題よりも配点が高いです。難易度の違いはあまり感じませんが、B 問題の方が若干高い気がします。なので、A 問題を確実に抑えることが重要となります。

2-1-1. 理論

配点 15 点の A 問題 4 題と配点 10 点の B 問題 3 題(ただし、3 題中 1 題は問題選択式)の 90 点満点。

合格点は 54 点ですが、難しい場合は合格点が下がります。

一次試験では最も時間管理が必要な科目です。三種の鬼門は機械、2 種の鬼門は理論とも言われています。

2-1-2. 電力

配点 15 点の A 問題 4 題と配点 10 点の B 問題 3 題の 90 点満点。

合格点は 54 点ですが、難しい場合は合格点が下がります。

2 種では計算問題が二次試験で出題されるため、一次試験では計算問題がほとんど出題されません。

2-1-3.機械

配点 15 点の A 問題 4 題と配点 10 点の B 問題 3 題(ただし、3 題中 1 題は問題選択式)の 90 点満点。

合格点は 54 点ですが、難しい場合は合格点が下がります。

三種同様出題範囲が最も広く、勉強時間を最も要する科目と言えます。理論と同様機械も科目合格率が低めです。

2-1-4.法規

配点 15 点の A 問題 4 題と配点 10 点の B 問題 3 題の 90 点満点。

合格点は 54 点ですが、難しい場合は合格点が下がります。(法規の場合は少ないです。)

時間が唯一 65 分ですが、記憶に頼る問題が多いため、時間的には余裕があります。また、難易度も多肢択一式であることを除けば、3 種と同等の難易度となります。

2-2.二次試験

出題範囲は一次試験より狭いですが、その中でより深い知識と計算能力が要求されます。

合格点は 180 点中 108 点かつ各科目平均点以上。ただし、問題が難しい場合は、合格点が 105 点かつ各科目平均点-5 点以上→102 点かつ各科目平均点-5 点以上と 3 点刻みで下がります。

2-2-1.電力・管理

1 問あたり 30 点の問題を 6 問中 4 問選択する。120 点満点。

目安は一題あたり 30 分程度です。計算問題 3 問と論述問題 3 問が出題されることが多いですが、計算問題 2 問と論述問題 4 問という出題のされ方もすることがあります。一種のような異常に計算量が多い問題は出題されませんが、時間配分は意識する必要があります。

2-2-2.機械・制御

1 問あたり 30 点の問題を 4 問中 2 問選択する。60 点満点。

目安は一題あたり 30 分程度です。主に計算問題が出題され、時間が非常に短いです。選択する問題を瞬時に見極め、速やかに問題を解く必要があります。

1. 試験日

一次試験：令和 6 年 8 月下旬

二次試験：令和 6 年 11 月中旬

2. 一次試験の科目合格制度及び二次試験の一次試験免除制度

一次試験の結果は科目別に合否が決まり、4 科目すべてに合格すれば第 2 種試験の一次試験に合格となります。が、一部の科目だけ合格した場合には科目合格となって、翌年度及び翌々年度の試験では申請によりその科目の試験が免除されます。

つまり、3 年間で 4 科目の試験に合格すれば二次試験の受験資格が得られます。

二次試験は一次試験に合格した年度の二次試験に不合格となつた場合は、翌年度の一次試験が免除されます。

収録年の合格点

本書に収録している年の合格点と平均点は表3の通りです。合格点ちょうどいは合格となります。

二次試験は1問あたり30点であり、そのうち小問((1), (2)などです)にどういった配点がされるかは公開されていません。また、平均点も公開されていない、「平均点-5点以上」というような表現しかされません。そのため表3は目安としてご活用ください。

表3 各科目の合格点

年	合格点	平均点	
		電力・管理	機械・制御
令和5年	102点	平均点-5点	平均点-5点
令和4年	108点	平均点	平均点
令和3年	102点	平均点-5点	平均点-5点
令和2年	108点	平均点	平均点
令和元年	108点	平均点	平均点
平成30年	108点	平均点-5点	平均点-5点
平成29年	99点	平均点-5点	平均点-5点
平成28年	99点	平均点-5点	平均点-5点
平成27年	90点	平均点-5点	平均点-5点
平成26年	102点	平均点-5点	平均点-5点
平成25年	90点	平均点-5点	平均点-5点
平成24年	99点	平均点-5点	平均点-5点
平成23年	93点	平均点-5点	平均点-5点
平成22年	99点	平均点-5点	平均点-5点

年度順 問題一覧

※電子書籍版では問題 NO.をクリックすると該当問題のページにジャンプできます。

令和 5 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	圧力トンネルを伴うダム水路式発電所における水撃作用に関する論説問題	水力
問 2	多導体送電線の利点とその理由に関する論説問題	送電
問 3	等面積法を用いた過渡安定性に関する計算問題	送電
問 4	分散型電源設置前後の電圧の導出に関する計算問題	配電
問 5	中性点接地方式の目的と種類及び比較に関する論説問題	変電
問 6	電力系統の周波数に関する計算・論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	同期発電機の誘導起電力や電力、安定度に関する計算問題	同期機
問 2	V 結線した変圧器の各特性に関する計算問題	変圧器
問 3	電力用能動フィルタに関する論説・計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	ゲイン特性曲線からの伝達関数の導出に関する計算問題	自動制御

令和 4 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	調整池式の水力発電所の運用に関する計算問題	水力
問 2	変電所に設置される酸化亜鉛形避雷器に関する論説問題	変電
問 3	単位法を用いた調相設備の容量の導出に関する計算問題	送電
問 4	高圧受電設備の保護方式とりレーの動作原理に関する論説問題	電気施設管理
問 5	再生可能エネルギーの割合及び技術的課題に関する論説問題	新エネルギー発電
問 6	需要設備の需要率、不等率、負荷率に関する計算問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相同期発電機の短絡比及び電圧変動率に関する計算問題	回転機
問 2	三相かご形誘導電動機の諸計算に関する計算問題	回転機
問 3	電動機を駆動する電力変換システムに関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系の定常状態に関する計算問題	自動制御

令和 3 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	燃焼時に発生する大気汚染物質の発生原因とその対策に関する論説問題	火力
問 2	変電所の絶縁設計における雷サージへの対策に関する論説問題	変電
問 3	単位法を用いた三相回路の故障電流の検討に関する計算問題	送電
問 4	三相 3 線式高圧配電線への分散形電源の系統連系に関する計算問題	配電
問 5	地中送電線の絶縁劣化診断と事故点測定法に関する空欄穴埋問題	電気施設管理
問 6	同期発電機の速度調定率に関する計算問題	火力

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の最大トルクの導出に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の短絡試験結果からの各値の導出に関する計算問題	変圧器
問 3	チョッパ回路の動作に関する計算・論説問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系の安定判別に関する計算問題	自動制御

令和 2 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水車発電機の定格回転速度の選定の考え方に関する計算問題	水力
問 2	電力系統の保護リレーシステムの構成及びその特徴に関する論説問題	変電
問 3	対称座標法を用いた 1 線地絡故障の計算に関する計算問題	送電
問 4	低圧配電方式として広く使用されている単相 3 線式に関する論説問題	配電
問 5	特別高圧架空電線路による電磁誘導障害に関する論説問題	送電
問 6	受変電設備における負荷増設に伴う力率改善に関する計算問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の回転速度及び周波数の導出に関する計算問題	回転機
問 2	単相変圧器の鉄損、銅損、最大効率の導出に関する計算問題	変圧器
問 3	単相インバータの動作とメカニズムに関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系における定常速度偏差に関する計算問題	自動制御

令和元年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	非常用ディーゼル発電機に接続されているタービン補機に関する論説問題	火力
問 2	単位法を使用した送電線の諸計算に関する計算問題	送電
問 3	電力系統の過渡安定性に関する論説問題	送電
問 4	配電系統の電力損失低減に関する計算・論説問題	配電
問 5	無効電力の変化による電圧変動に関する計算問題	送電
問 6	発電用風力設備に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機に関する計算問題	回転機
問 2	三相変圧器の並行運転に関する計算問題	変圧器
問 3	太陽光発電用電力変換器に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系に関する計算問題	自動制御

平成 30 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水力発電所の出力に関する計算問題	水力
問 2	変電所母線などの結線方式に関する論説問題	変電
問 3	電力円線図と無効電力損失に関する計算問題	送電
問 4	地中配電系統に関する論説問題	配電
問 5	高調波電流に関する計算問題	送電
問 6	中性点接地方式に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の始動方式に関する論説問題	回転機
問 2	同期発電機の特性に関する計算問題	回転機
問 3	三相サイリスタ変換装置に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	2自由度制御系に関する計算問題	自動制御

平成 29 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	ガスタービン主体に構成されるコンバインドサイクル発電プラントに関する論説問題	火力
問 2	電力系統の過渡安定度向上対策に関する論説問題	送電
問 3	送電線の電圧変動率に関する計算問題	送電
問 4	配電線間の潮流に関する計算問題	配電
問 5	高圧配電系統に関する論説問題	配電
問 6	変電所の定期点検及び GIS の点検に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相円筒形同期発電機に関する計算及び論述問題	回転機
問 2	単巻変圧器に関する計算問題	変圧器
問 3	単相ダイオード整流器に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	RLC 直列回路の伝達関数に関する計算問題	自動制御

平成 28 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水力発電所の部分負荷運転時における水車効率の向上策に関する論説問題	水力
問 2	変圧器の油中ガス分析に関する論説問題	変電
問 3	送電線のたるみに関する計算問題	送電
問 4	1 線地絡故障時の零相変流器に流れる電流に関する計算問題	配電
問 5	変電所の接地に関する計算・論説問題	変電
問 6	パーセントインピーダンスに関する計算問題	配電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相誘導電動機の L 形等価回路に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の効率、電圧変動率に関する計算問題	変圧器
問 3	三相インバータに関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	現代制御理論に関する計算問題	自動制御

平成 27 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	大容量のタービン発電機に採用される冷却方式に関する論説問題	火力
問 2	静止形無効電力補償装置(SVC,STATCOM)に関する論説問題	送電
問 3	配電線の負荷による電圧降下に関する計算問題	配電
問 4	送電線の抵抗とリアクタンスの求め方に関する計算問題	送電
問 5	変電所の設備容量に関する計算問題	電気施設管理
問 6	電力用 CV ケーブルの水トリーに関する論説問題	送電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	同期発電機の送電電力に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の特性に関する計算問題	変圧器
問 3	サイクロコンバータに関する計算・論説問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系に関する計算問題	自動制御

平成 26 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	フランシス水車における水撃作用に関する論説問題	水力
問 2	百分率インピーダンスの諸計算に関する計算問題	送電
問 3	架空送電線の電線の太さに関する論説問題	送電
問 4	高圧配電系統の電圧降下に関する計算問題	配電
問 5	太陽電池発電所を設置した際の電圧上昇に関する計算・論説問題	電気施設管理
問 6	電気工作物の保全に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の回路計算に関する計算問題	回転機
問 2	三相同期発電機の正相及び逆相リアクタンスの測定法に関する計算問題	回転機
問 3	昇降圧チョッパ及び昇圧チョッパの動作特性に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系の伝達関数に関する計算問題	自動制御

平成 25 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	自然循環ボイラに関する論説問題	火力
問 2	対地静電容量に関する計算問題	送電
問 3	高圧配電系統に同期発電機の連携する場合の保護リレーに関する論説問題	配電
問 4	送電線の電力円線図に関する計算問題	送電
問 5	高調波電流の流出に関する計算・論説問題	配電
問 6	電力の需給及び貯蔵に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の T 形等価回路に関する計算問題	回転機
問 2	単相変圧器の V 結線に関する計算問題	変圧器
問 3	単相交流電力調整回路に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御回路に関する計算問題	自動制御

平成 24 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	1 台のポンプ水車と発電電動機による揚水発電所に関する計算問題	水力
問 2	送電線路において発生する雷事故に関する論説問題	送電
問 3	通信線に発生する電磁誘導現象に関する論説問題	送電
問 4	配電用変電所における三相短絡電流計算に関する計算問題	配電
問 5	電力系統の変電所での電圧調整に関する計算問題	変電
問 6	常時監視をしない変電所の監視制御方式に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	他励直流電動機を可逆チョッパに接続したときの特性に関する計算問題	回転機
問 2	同期発電機の誘導起電力と巻線係数に関する計算問題	回転機
問 3	単相 PWM 制御電圧形インバータに関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系の伝達関数や定常偏差等に関する計算問題	自動制御

平成 23 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	同期発電機の励磁方式と過渡安定度に関する論説問題	水力・火力
問 2	中性点接地方式の特徴に関する論説問題	変電
問 3	変圧器を含む送電線路の電力に関する計算問題	送電
問 4	異容量三相 4 線式配電方式に関する計算問題	配電
問 5	電力系統の周波数変動に関する空欄穴埋・計算問題	送電
問 6	送電線の送電電力の負荷率と損失係数に関する計算問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機のトルクや滑りに関する計算問題	回転機
問 2	スコット結線をした変圧器の各値及び利用率に関する計算問題	変圧器
問 3	チヨッパを利用した二次電池の充放電に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	補償器を用いたフィードバック制御系に関する計算問題	自動制御

平成 22 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	火力発電所のタービン発電機の進相運転に関する論説問題	火力
問 2	地中ケーブルを用いて送電を行うときの設計上の留意点に関する論説問題	送電
問 3	2 台の変圧器の並行運転に関する計算問題	変電
問 4	誘導発電機を連系した高圧配電系統に関する計算問題	配電
問 5	送電線路の自動再閉路方式に関する空欄穴埋問題	送電
問 6	保安規程に関する空欄穴埋・論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相突発短絡試験による同期発電機の定数測定法に関する論説問題	回転機
問 2	単相変圧器の損失と最大効率に関する計算問題	変圧器
問 3	三相 IGBT インバータの動作に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	フィードバック制御系の諸特性に関する計算問題	自動制御

分野順 問題一覧

※電子書籍版では問題 NO.をクリックすると該当問題のページにジャンプできます。

電力・管理問題一覧

発電

NO.	論点
R05 問 1	圧力トンネルを伴うダム水路式発電所における水撃作用に関する論説問題
R05 問 6	電力系統の周波数に関する計算・論説問題
R04 問 1	調整池式の水力発電所の運用に関する計算問題
R04 問 5	再生可能エネルギーの割合及び技術的課題に関する論説問題
R03 問 1	燃焼時に発生する大気汚染物質の発生原因とその対策に関する論説問題
R03 問 6	同期発電機の速度調定率に関する計算問題
R02 問 1	水車発電機の定格回転速度の選定の考え方に関する計算問題
R01 問 1	非常用ディーゼル発電機に接続されているタービン補機に関する論説問題
R01 問 6	発電用風力設備に関する論説問題
H30 問 1	水力発電所の出力に関する計算問題
H29 問 1	ガスタービン主体に構成されるコンバインドサイクル発電プラントに関する論説問題
H28 問 1	水力発電所の部分負荷運転時における水車効率の向上策に関する論説問題
H27 問 1	大容量のタービン発電機に採用される冷却方式に関する論説問題
H26 問 1	フランシス水車における水撃作用に関する論説問題
H25 問 1	自然循環ボイラに関する論説問題
H24 問 1	1台のポンプ水車と発電電動機による揚水発電所に関する計算問題
H23 問 1	同期発電機の励磁方式と過渡安定度に関する論説問題
H22 問 1	火力発電所のタービン発電機の進相運転に関する論説問題
H22 問 6	保安規程に関する空欄穴埋・論説問題

変電

NO.	論点
R05 問 5	中性点接地方式の目的と種類及び比較に関する論説問題
R04 問 2	変電所に設置される酸化亜鉛形避雷器に関する論説問題
R04 問 6	需要設備の需要率、不等率、負荷率に関する計算問題
R03 問 2	変電所の絶縁設計における雷サージへの対策に関する論説問題
R02 問 2	電力系統の保護リレー系統の構成及びその特徴に関する論説問題
R02 問 6	受変電設備における負荷増設に伴う力率改善に関する計算問題

NO.	論点
H30 問 2	変電所母線などの結線方式に関する論説問題
H30 問 6	中性点接地方式に関する論説問題
H29 問 6	変電所の定期点検及び GIS の点検に関する論説問題
H28 問 2	変圧器の油中ガス分析に関する論説問題
H28 問 5	変電所の接地に関する計算・論説問題
H27 問 5	変電所の設備容量に関する計算問題
H24 問 5	電力系統の変電所での電圧調整に関する計算問題
H24 問 6	常時監視をしない変電所の監視制御方式に関する論説問題
H23 問 2	中性点接地方式の特徴に関する論説問題
H22 問 3	2 台の変圧器の並行運転に関する計算問題
送電	
NO.	論点
R05 問 2	多導体送電線の利点とその理由に関する論説問題
R05 問 3	等面積法を用いた過渡安定性に関する計算問題
R04 問 3	単位法を用いた調相設備の容量の導出に関する計算問題
R03 問 3	単位法を用いた三相回路の故障電流の検討に関する計算問題
R03 問 5	地中送電線の絶縁劣化診断と事故点測定法に関する空欄穴埋問題
R02 問 3	対称座標法を用いた 1 線地絡故障の計算に関する計算問題
R02 問 5	特別高圧架空電線路による電磁誘導障害に関する論説問題
R01 問 2	単位法を使用した送電線の諸計算に関する計算問題
R01 問 3	電力系統の過渡安定性に関する論説問題
R01 問 5	無効電力の変化による電圧変動に関する計算問題
H30 問 3	電力円線図と無効電力損失に関する計算問題
H30 問 5	高調波電流に関する計算問題
H29 問 2	電力系統の過渡安定度向上対策に関する論説問題
H29 問 3	送電線の電圧変動率に関する計算問題
H28 問 3	送電線のたるみに関する計算問題
H27 問 2	静止形無効電力補償装置(SVC,STATCOM)に関する論説問題

NO.	論点
H27 問 4	送電線の抵抗とリアクタンスの求め方に関する計算問題
H27 問 6	電力用 CV ケーブルの水トリーに関する論説問題
H26 問 2	百分率インピーダンスの諸計算に関する計算問題
H26 問 3	架空送電線の電線の太さに関する論説問題
H26 問 6	電気工作物の保全に関する論説問題
H25 問 2	対地静電容量に関する計算問題
H25 問 4	送電線の電力円線図に関する計算問題
H25 問 6	電力の需給及び貯蔵に関する論説問題
H24 問 2	送電線路において発生する雷事故に関する論説問題
H24 問 3	通信線に発生する電磁誘導現象に関する論説問題
H23 問 3	変圧器を含む送電線路の電力に関する計算問題
H23 問 5	電力系統の周波数変動に関する空欄穴埋・計算問題
H23 問 6	送電線の送電電力の負荷率と損失係数に関する計算問題
H22 問 2	地中ケーブルを用いて送電を行うときの設計上の留意点に関する論説問題
H22 問 5	送電線路の自動再閉路方式に関する空欄穴埋問題
配電	
NO.	論点
R05 問 4	分散型電源設置前後の電圧の導出に関する計算問題
R04 問 4	高圧受電設備の保護方式とリレーの動作原理に関する論説問題
R03 問 4	三相 3 線式高圧配電線への分散形電源の系統連系に関する計算問題
R02 問 4	低圧配電方式として広く使用されている単相 3 線式に関する論説問題
R01 問 4	配電系統の電力損失低減に関する計算・論説問題
H30 問 4	地中配電系統に関する論説問題
H29 問 4	配電線間の潮流に関する計算問題
H29 問 5	高圧配電系統に関する論説問題
H28 問 4	1 線地絡故障時の零相変流器に流れる電流に関する計算問題
H28 問 6	パーセントインピーダンスに関する計算問題
H27 問 3	配電線の負荷による電圧降下に関する計算問題

NO.	論点
H26 問 4	高圧配電系統の電圧降下に関する計算問題
H26 問 5	太陽電池発電所を設置した際の電圧上昇に関する計算・論説問題
H25 問 3	高圧配電系統に同期発電機の連携する場合の保護リレーに関する論説問題
H25 問 5	高調波電流の流出に関する計算・論説問題
H24 問 4	配電用変電所における三相短絡電流計算に関する計算問題
H23 問 4	異容量三相 4 線式配電方式に関する計算問題
H22 問 4	誘導発電機を連系した高圧配電系統に関する計算問題

機械・制御問題一覧

直流機

NO.	論点
H24 問 1	他励直流電動機を可逆チョッパに接続したときの特性に関する計算問題

同期機

NO.	論点
R05 問 1	同期発電機の誘導起電力や電力、安定度に関する計算問題
R04 問 1	三相同期発電機の短絡比及び電圧変動率に関する計算問題
H30 問 2	同期発電機の特性に関する計算問題
H29 問 1	三相円筒形同期発電機に関する計算及び論述問題
H27 問 1	同期発電機の送電電力に関する計算問題
H26 問 2	三相同期発電機の正相及び逆相リアクタンスの測定法に関する計算問題
H24 問 2	同期発電機の誘導起電力と巻線係数に関する計算問題
H22 問 1	三相突発短絡試験による同期発電機の定数測定法に関する論説問題

誘導機

NO.	論点
R04 問 2	三相かご形誘導電動機の諸計算に関する計算問題
R03 問 1	三相かご形誘導電動機の最大トルクの導出に関する計算問題
R02 問 1	三相かご形誘導電動機の回転速度及び周波数の導出に関する計算問題
R01 問 1	三相かご形誘導電動機に関する計算問題
H30 問 1	三相かご形誘導電動機の始動方式に関する論説問題

NO.	論点
H28 問 1	三相誘導電動機の L 形等価回路に関する計算問題
H26 問 1	三相かご形誘導電動機の回路計算に関する計算問題
H25 問 1	三相かご形誘導電動機の T 形等価回路に関する計算問題
H23 問 1	三相かご形誘導電動機のトルクや滑りに関する計算問題
変圧器	
NO.	論点
R05 問 2	V 結線した変圧器の各特性に関する計算問題
R03 問 2	変圧器の短絡試験結果からの各値の導出に関する計算問題
R02 問 2	単相変圧器の鉄損、銅損、最大効率の導出に関する計算問題
R01 問 2	三相変圧器の並行運転に関する計算問題
H29 問 2	単相変圧器に関する計算問題
H28 問 2	変圧器の効率、電圧変動率に関する計算問題
H27 問 2	変圧器の特性に関する計算問題
H25 問 2	単相変圧器の V 結線に関する計算問題
H23 問 2	スコット結線をした変圧器の各値及び利用率に関する計算問題
H22 問 2	単相変圧器の損失と最大効率に関する計算問題
パワーエレクトロニクス	
NO.	論点
R05 問 3	電力用能動フィルタに関する論説・計算問題
R04 問 3	電動機を駆動する電力変換システムに関する計算問題
R03 問 3	チョッパ回路の動作に関する計算・論説問題
R02 問 3	単相インバータの動作とメカニズムに関する計算問題
R01 問 3	太陽光発電用電力変換器に関する計算問題
H30 問 3	三相サイリスタ変換装置に関する計算問題
H29 問 3	単相ダイオード整流器に関する計算問題
H28 問 3	三相インバータに関する計算問題
H27 問 3	サイクロコンバータに関する計算・論説問題
H26 問 3	昇降圧チョッパ及び昇圧チョッパの動作特性に関する計算問題

NO.	論点
H25 問 3	単相交流電力調整回路に関する計算問題
H24 問 3	単相 PWM 制御電圧形インバータに関する計算問題
H23 問 3	チップを利用した二次電池の充放電に関する計算問題
H22 問 3	三相 IGBT インバータの動作に関する計算問題
自動制御	
NO.	論点
R05 問 4	ゲイン特性曲線からの伝達関数の導出に関する計算問題
R04 問 4	フィードバック制御系の定常状態に関する計算問題
R03 問 4	フィードバック制御系の安定判別に関する計算問題
R02 問 4	フィードバック制御系における定常速度偏差に関する計算問題
R01 問 4	フィードバック制御系に関する計算問題
H30 問 4	2自由度制御系に関する計算問題
H29 問 4	RLC 直列回路の伝達関数に関する計算問題
H28 問 4	現代制御理論に関する計算問題
H27 問 4	フィードバック制御系に関する計算問題
H26 問 4	フィードバック制御系の伝達関数に関する計算問題
H25 問 4	フィードバック制御回路に関する計算問題
H24 問 4	フィードバック制御系の伝達関数や定常偏差等に関する計算問題
H23 問 4	補償器を用いたフィードバック制御系に関する計算問題
H22 問 4	フィードバック制御系の諸特性に関する計算問題

本書の特長

本書は2科目に分けて掲載し、更に科目の中では年毎に問題を掲載しています。全体構成については目次をご参照ください。

各問題では、最初に5段階の① 難易度を示しています。問題文の下には② 正答チェック表を付けています。正答チェック表では問題を複数回解いていくうえでできるだけ演習時間をセーブするように、過去の自身の解答の出来を記録できるようにしています。使い方はお任せしますが、一例として編者は以下のマークを使っていました。ご参考までに。

- ◎：スムーズに解けた
- ：少し悩んだが解けた
- △：勘で解けた
- ×：解けなかった

解説の前には、小問のエッセンス部分を中心に問題を解くうえでの③ ワンポイント解説を掲載しています。解答に行き詰まってしまった場合は、当該小問のワンポイント解説だけを読んで、問題を解き直すのも1つの方法です。

最後に④ 解説を掲載しています。問題を解くうえでエッセンスとなるワンポイント解説以外に、知っておくと便利なことや、更に基本的な事項について一言形式で独立的に簡易解説をしています。

2013年 理論

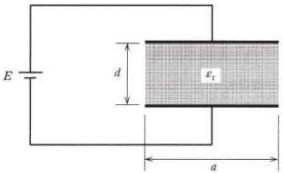
問題 ① 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

次の文章は、平行平板コンデンサ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びなさい。

図のように、真空中において、電圧が E の電圧源に平行平板コンデンサが接続されている。(図は横から見た図である)。このコンデンサの各極板は一边の長さが a の正方形の導体平板であり、その極板間の距離は d である。また、極板間に、極板と同形で厚さ d 、比誘電率が ϵ_r の誘電体が極板に平行に入っている。また、真空の誘電率を ϵ_0 とし、端効果はないものとする。

このコンデンサの静電容量は [(1)] であり、コンデンサに蓄えられたエネルギーは、[(2)] である。

ここで、外力を与えて誘電体をゆっくりと取り出すと、電源との電荷のやり取りがある一方、電圧は一定である。誘電体を完全に取り出したときに電源に移動した電荷は [(3)] で、電源に向かって供給されたエネルギーは、[(4)] である。また、外力がした仕事量は [(5)] である。



【問1の解答群】

(イ)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)a^2}{d}E^2$	(ロ)	$\frac{1}{2}\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)a^2}{d}E^2$	(ハ)	$\frac{\epsilon_0\epsilon_r a^2}{d}$
(二)	$\frac{\epsilon_0\epsilon_r a^2}{d^2}$	(ホ)	$\frac{1}{2}\frac{\epsilon_0\epsilon_r a^2}{d}E^2$	(ヘ)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)^2 a^2}{d}E$
(ト)	$\frac{\epsilon_0 a^2}{d}E^2$	(フ)	$\frac{3\epsilon_0(\epsilon_r-1)a^2}{2}\frac{1}{d}E^2$	(リ)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)a^2}{d}E$
(ヌ)	$\frac{\epsilon_0 a^2}{d}E^2$	(ル)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r^2-1)a^2}{d}E$	(ヲ)	$\frac{1}{2}\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)^2 a^2}{d}E^2$
(ワ)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r-1)^2 a^2}{d}E^2$	(カ)	$\frac{1}{2}\frac{\epsilon_0 a^2}{d}E^2$	(タ)	0

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

②

2013年 理論

【ワンポイント解説】

三種から定番となっている平行平板コンデンサの問題です。それほど難易度は高くないですが、似たような選択肢が多いので、読み間違えないように慎重に解いて行く必要があると思います。

1. 平行平板コンデンサの極板間に現れる電荷 Q

静電容量 C のコンデンサに電圧 V をかけ十分に時間が経った時に各極板に現れる電荷 Q は、
$$Q = CV$$

となります。

2. 平行平板コンデンサの静電容量 C

極板間の誘電率 ϵ 、各極板の面積 S 、極板間の距離 d とすると、このコンデンサの静電容量 C は、
$$C = \frac{\epsilon S}{d}$$

となります。また、極板間に比誘電率 ϵ_r の誘電体を挿入すると、極板間の誘電率 ϵ は、真空の誘電率 ϵ_0 を用いて、
$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

の関係があります。

3. コンデンサの静電エネルギー W

静電容量 C のコンデンサに電圧 V をかけた時にコンデンサに蓄えられる静電エネルギー W は、
$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

となり、「1. 平行平板コンデンサの極板間に現れる電荷 Q 」の関係式を用いると、
$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{Q^2}{2C}$$

となります。

【解答】

①解説: □

ワンポイント解説「2. 平行平板コンデンサの静電容量 C 」の通り、極板間の誘電率 $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ 、各極板の面積 $S = a^2$ であるから、静電容量 C は、
$$C = \frac{\epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d}$$

と求められる。

②解説: □

ワンポイント解説「3. コンデンサの静電エネルギー W 」の通り、コンデンサに蓄えられたエネルギー W は、
$$W = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}\frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d}E^2$$

と求められる。

③解説: □

誘電体を取り出した後の静電容量 C' は、

④

電力・管理

電験王 YouTube チャンネル

解説動画を随時更新中



電力・管理科目の再生リストはこちら▶
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLlxK2CiRIm9IzhCnzCuL1KWF4HoemPA>

令和5年 問1

問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

フランシス水車を設置した圧力トンネルを伴うダム水路式発電所において、負荷遮断を実施した際の水撃作用について、次の間に答えよ。

- (1) この水撃作用の概要について、発生原因を含めて100字程度以内で述べよ。
- (2) 水撃作用による被害を避けるために、機械的強度の確保とは別に、旧来から採用されてきた設備対策を二つ挙げ、その設備の設置場所及び仕組みについて、設備毎に70字程度以内で述べよ。

【正答チェック表】

日にち					
(1)					
(2)	対策1				
	対策2				

【ワンポイント解説】

負荷遮断を実施した際の水撃作用に関する問題です。

例年問1は水力と火力が交互に出題されていましたが、令和4年から令和5年にかけては連続して水力が出題されたため、多くの受験生が驚いたと予想されます。

ただし、本問に関しては平成26年問1に類題が出題されていたため、多くの受験生が選択した問題と言えるでしょう。

1.水力発電所の主要設備

①取水口

水を取り入れる設備です。

②沈砂池

流速を下げ、流水中に含まれる土砂を沈殿させ、水車への土砂の流入を防止します。

③導水路

取水口からヘッドタンク(水槽)までの水路で水路式では無圧水路、ダム式では圧力水路が一般的です。

④ヘッドタンクもしくはサージタンク

水量供給変動を吸収する働きがあり、サージタンクにはさらに緊急遮断等で生じる水撃圧を吸収する働きがあります。

⑤水圧管路

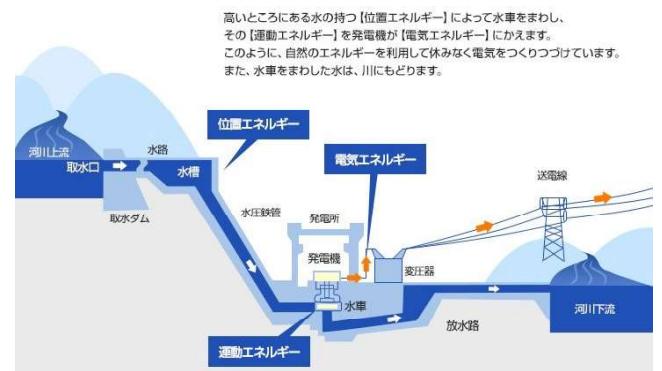
ヘッドタンクから水車へ導く管路で有圧管路となります。

⑥発電所

水車と発電機からなる水力発電所の心臓部なる設備です。

⑦放水路及び放水口

水車から出た水を河川に戻す水路です。



出典：東京発電株式会社HP

<https://tokyohatsuden.co.jp/service/hydro/>

2.水撃作用とサージタンク

系統事故による負荷遮断等負荷の急変が起きた際、水車の回転数の異常上昇を防ぐため、水車の入口弁が急減します。水車の入口弁を急減すると水の運動エネルギーが圧力エネルギーに変換され、水圧管内の圧力が急上昇し、水圧管が破壊される可能性があります。これを水撃作用といい、一般に流速変化が大きい場合、水圧管の管路が長い場合に大きくなります。

水撃作用の対策として、図1のように圧力水路と水圧管の接続箇所にサージタンクを設けます。サージタンクでは水撃作用の圧力エネルギーをサージタンクの位置エネルギーで吸収することで、水撃作用を抑制させます。サージタンクには、以下の種類があります。

①単動式

太い胴の管を水圧管に接続したものです。単純な構造ですが、水撃作用の周波数とサージタンクのレベル上下の振動数が共振してしまう可能性があります。

②差動式

单胴の中にライザと呼ばれる管を設け、断面積の違いによる水面の上下の時間の違いを利用して吸収する方式です。

③小孔式

サージタンクの入口を狭くし、抵抗損も含めて吸収する方式です。

④水室式

サージタンクに水室を設け、圧力を吸収しながらも、水位の上昇を抑える方式です。

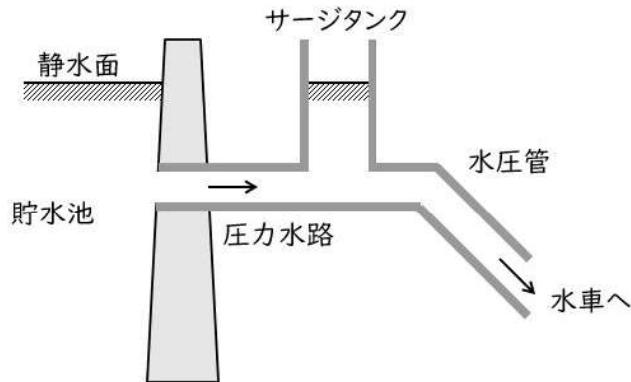


図 1

【解答】**(1)水撃作用の概要****(ポイント)**

- 負荷遮断等により、急激に負荷が少なくなると、周波数が上昇して発電機の回転数が上昇することになります。
- 回転数上昇を防ぐため、ガイドベーンが急速に閉止し、それまで水車に向け流れていた運動エネルギーが圧力エネルギーとなり、水圧管路等に水撃が発生することになります。

(試験センター解答例)

負荷遮断時には、ガイドベーンが急閉塞するため、管路を流れている水が減速され、水の運動エネルギーが圧力エネルギーに変わる。これにより、ガイドベーン直前の水圧が上昇し、その圧力が水圧管路や圧力トンネルに伝搬する現象である。

(2)水撃作用への対策設備を二つ挙げ、設置場所及び仕組みを説明**(ポイント)**

- サージタンクと制圧機の二つを挙げます。
- 制圧機はガイドベーン急閉と連動して開放する弁で緊急の圧力上昇時の逃し弁の役割を持ちます。

(試験センター解答例)**①サージタンク**

サージタンクを水圧管路と導水路である圧力トンネルの間に設置し、水路の途中に自由水面を設けることにより、水撃作用による圧力変動を吸収する。

②制圧機

制圧機をケーシング若しくは水圧管路末端に設置し、調速機によるガイドベーン急閉塞と連動して制圧機の弁体を開放することで圧力上昇を抑える。

令和5年 問2**問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)**

超高压送電線に多く用いられる多導体送電線には、单導体送電線に比べて種々の利点がある。单導体送電線と合計断面積が等しい多導体送電線について、この多導体送電線の利点とその理由を、それぞれの項目について50字程度以内で述べよ。

- (1) 電流容量
- (2) 固有送電容量
- (3) コロナ放電
- (4) 系統安定性

【正答チェック表】

日付	(1)	(2)	(3)	(4)

【ワンポイント解説】

多導体方式の特徴に関する問題です。

電験ではあまり触れられませんが、多導体方式には多くの利点がある一方、スペーサを取り付ける必要がある、風圧や氷雪荷重が増加し鉄塔部材が大きくなる、結果全体として建設費が増加する等の欠点もあります。ただ単に特徴を丸暗記するのではなく、多導体方式の構造をイメージするようにして理解するように努めて下さい。

1.多導体方式の特徴

1相に複数の電線を用いて構成される方式です。図1に示すように、電線同士にはスペーサを適度な間隔に配置し、以下のような特徴があります。

- ①電線表面の電位の傾きが小さくなり、コロナ開始電圧が高くなります。その結果、コロナ放電（電線表面での放電現象）が発生しにくくなり、コロナ損失、可聴雑音が抑制できます。
- ②インダクタンスが減少し、静電容量が増加するため、送電容量が増加し、系統安定度の向上につながります。
- ③同一断面積の单導体と比較すると表皮効果（導体内の電流分布が外側に集中する現象）が小さくなっています。
- ④風速 10 m/s 以上の風が吹いた際に、スペーサ間で振動するサブスパン振動が発生する可能性があります。

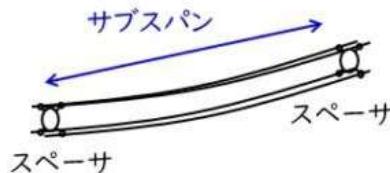


図1 多導体方式

【解答】

(1)電流容量

(ポイント)

- ・ワンポイント解説「1.多導体方式の特徴」の通りです。多導体方式の方が表面積が大きいので放熱性もよくなります。

(試験センター解答例)

表皮効果が小さくなり、また放熱が良くなるので、熱的許容電流容量が増加する。

(2)固有送電容量

(ポイント)

- ・ワンポイント解説「1.多導体方式の特徴」の通りです。
- ・送電線の送電電力 P [W] は送電端電圧を V_s [V]、受電端電圧を V_r [V]、送電端電圧と受電端電圧の相差角を δ [rad]、リアクタンスを X [Ω]、線路抵抗を無視できるとすると、 $P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta$ となります。

(試験センター解答例)

送電線インダクタンスが減少し、また静電容量が増加するため、固有送電容量が増加する。

(3)コロナ放電

(ポイント)

- ・ワンポイント解説「1.多導体方式の特徴」の通りです。
- ・電線の表面から生じる電界が空気の絶縁耐力を超えたとき、コロナ放電が発生します。

(試験センター解答例)

導体表面の電位傾度を減少できるので、コロナ開始電圧が高くなり、コロナ損失、雑音障害を防止できる。

(4)系統安定性

(ポイント)

- ・ワンポイント解説「1.多導体方式の特徴」の通りです。
- ・定態安定度に関連する同期化力は $\frac{dP}{d\delta} = \frac{V_s V_r}{X} \cos \delta$ で表され、インダクタンスが小さいほど、安定度は向上することになります。

(試験センター解答例)

送電線インダクタンスが小さくなるので、同期安定度が向上する。

⑦ 多導体方式の採用により過渡安定度を改善することはないです。過渡安定度は、PSS付きの超速応励磁制御装置などにより対応します。

令和5年 問3

問題 【難易度】 ★★★★☆ (やや難しい)

等面積法を用いた過渡安定性の計算に関して、次の間に答えよ。

図1のように、変圧器及び2回線送電線を介して、同期発電機から無限大母線へ三相3線式で送電する系統を考える。変圧器のリアクタンスは X_t [p.u.]、送電線1回線当たりのリアクタンスを X_l [p.u.]、同期発電機のリアクタンスは系統じょう乱の影響によらず過渡リアクタンス X'_d [p.u.]で一定とし、いずれも抵抗や静電容量は無視する。同期発電機の内部電圧及び無限大母線の電圧の大きさはそれぞれ E_G [p.u.]及び E_0 [p.u.]で一定とし、同期発電機の発電出力（電気的出力）及びその初期値をそれぞれ P_G [p.u.]及び P_{G0} [p.u.]とする。無限大母線の電圧を位相の基準、単位法による定数は全て同一の基準容量に基づくものとして、以下の間に答えよ。

- (1) 発電機内部電圧の位相角を δ_0 [rad]として、同期発電機の発電出力 P_G を表す数式を E_G 、 E_0 、 X'_d 、 X_t 、 X_l 、 δ_0 を用いて記載せよ。

以降の設問では、 $X_t = 0.10$ p.u.、 $X_l = 0.20$ p.u.、 $X'_d = 0.15$ p.u.、 $E_G = E_0 = 1.0$ p.u.、 $P_{G0} = 0.8$ p.u.とする。また、発電機への機械的入力は P_{G0} に等しく、かつ、一定とする。 $\pi = 3.14$ として計算し、有効桁数を2桁として答えよ。なお、同期発電機が定常状態にある平衡点では発電機内部電圧の位相角は小さいとみなし、 $\sin \delta \approx \delta$ の近似を用いてよい。

- (2) 同期発電機の内部電圧の位相角 δ_0 [rad]を求めよ。
- (3) 図1の送電線1回線で三相地絡故障が生じ、その後、当該の回線が両端の遮断器の動作により切り離されることを想定する。1回線開放後の不安定平衡点における位相角 δ_u [rad]を求めよ。ここで、1回線開放後の系統における発電出力と内部電圧の位相角との関係を図2に示す。同図の安定平衡点における位相角を δ_s [rad]とし、 $\delta_u = \pi - \delta_s$ を用いること。
- (4) 小問(3)の故障が生じた際、故障継続中の同期発電機の発電出力を0 p.u.とすると、同期発電機の位相角が図3の δ_c [rad]に到達する前に当該の回線を開放できれば脱調を回避できる。ここで δ_c [rad]は、等面積法により同図中の面積(A)と(B)が等しくなる位相角である。 $\cos \delta_c$ の値を求めよ。ただし、同期発電機の制動効果は無視する。

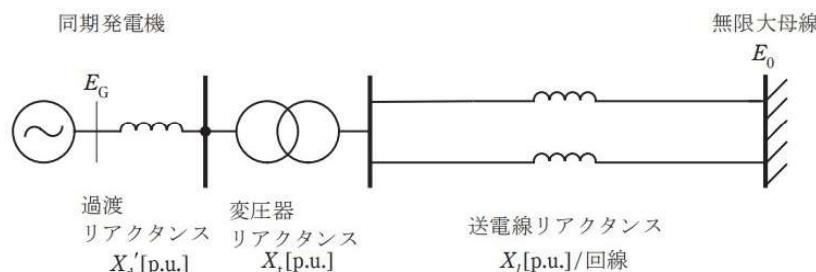


図1

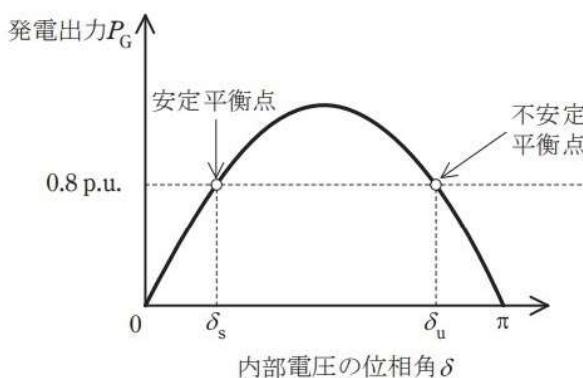


図2

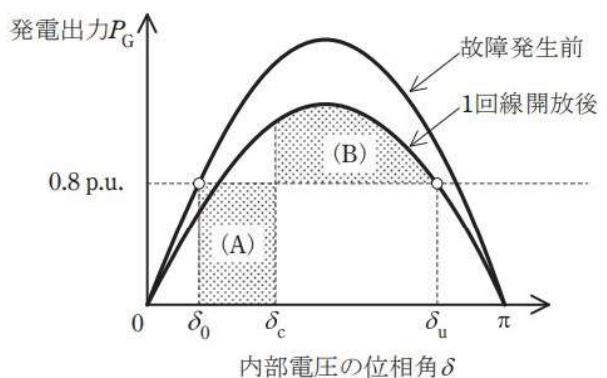


図3

【正答チェック表】

日ouchi	(1)	(2)	(3)	(4)

【ワンポイント解説】

同期発電機の過渡安定度の検討に関する問題です。(3)までは比較的解きやすい問題ですが、(4)の計算は途中の近似式を工夫する等高い数学能力が求められる問題です。合格のためには(4)は本番で解かず他の問題を優先しても良いかと思います。

1.同期発電機の出力

同期発電機の内部誘導起電力が E [V]、端子電圧が V [V]、1相あたりの同期リアクタンスが X [Ω] (抵抗分は無視できるものとします)、電機子電流が I [A] あるとすると、回路図は図4、ベクトル図は図5のように描くことができます。ただし、 δ [rad] は内部誘導起電力と端子電圧の相差角、 θ [rad] は力率角です。

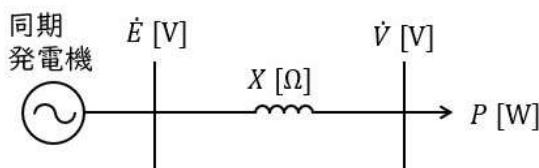


図 4

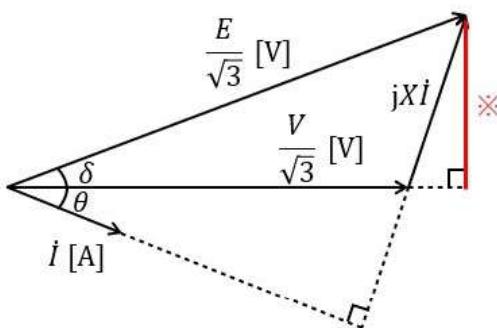


図 5

このとき、発電機の出力 P [W] は、

$$P = \sqrt{3}VI \cos \theta$$

で求めることができます。図5の※線を求める式より、

$$\begin{aligned} XI \cos \theta &= \frac{E}{\sqrt{3}} \sin \delta \\ I \cos \theta &= \frac{E}{\sqrt{3}X} \sin \delta \end{aligned}$$

となるので、

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3}VI \cos \theta \\ &= \sqrt{3}V \cdot \frac{E}{\sqrt{3}X} \sin \delta \\ &= \frac{EV}{X} \sin \delta \end{aligned}$$

となります。上式は $P = \sqrt{3}VI \cos \theta$ と合わせて公式として覚えておきましょう。

2.同期化力

同期発電機の同期外れの起こりにくさを表すもので、出力 P [W] を相差角 δ [rad] で微分した $\frac{dP}{d\delta}$ で求められます。したがって、

$$\frac{dP}{d\delta} = \frac{EV}{X} \cos \delta$$

となり、 $\frac{dP}{d\delta} > 0$ のとき安定、 $\frac{dP}{d\delta} < 0$ のとき不安定、すなわち $0 < \delta < \frac{\pi}{2}$ のとき安定、 $\frac{\pi}{2} < \delta < \pi$ のとき不安定となります。

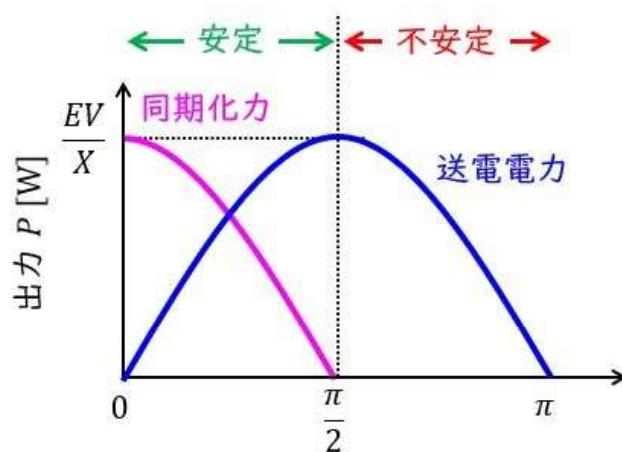


図 6

3.等面積法

過渡安定度のメカニズムの説明には、出力 P [W] と相差角 δ [rad] の関係 ($P = \frac{EV}{X} \sin \delta$) を表す図7のような $P - \delta$ 曲線による等面積法が用いられます。

図7のaで安定運転していた発電機に事故が発生

すると、多量の無効電力が流れ、b点に移動します。事故を除去するc点まで発電機は加速し、事故除去後、線路は一相分なくなる分事故前よりリアクタンスが大きくなるため、 $P - \delta$ 曲線は事故除去後の曲線になります。d点に移動します。その後、発電機は減速エネルギーが働き始め、e点まで進むと減速を開始し、元の出力と同じf点まで行くと発電機は安定します。減速エネルギーが足りず、e'点まで行って脱調します。

したがって、加速エネルギーを大きくしないために超速応励磁方式を採用し b点から c点までの距離を短くすることが効果的となります。

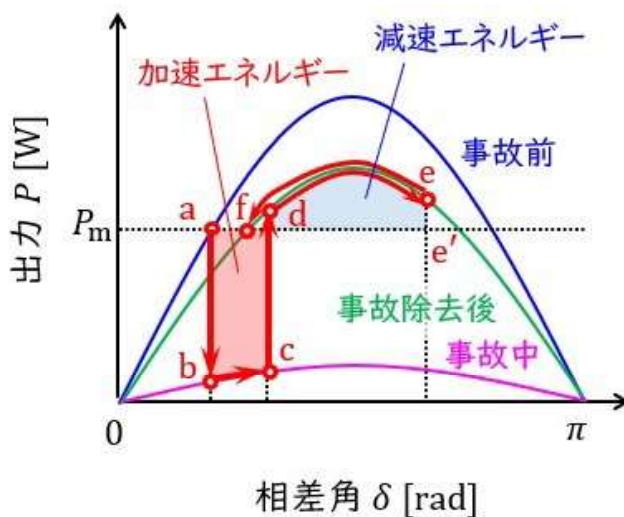


図7

【解答】

(1)同期発電機の発電出力 P_G を表す式

同期発電機から無限大母線までのリアクタンス X [p.u.] は、

$$\begin{aligned} X &= X'_d + X_t + \frac{X_l \cdot X_l}{X_l + X_l} \\ &= X'_d + X_t + \frac{X_l}{2} \end{aligned}$$

であるから、同期発電機の発電出力 P_G [p.u.] は、ワンポイント解説「1. 同期発電機の出力」の通り、

$$\begin{aligned} P_G &= \frac{E_G E_0}{X} \sin \delta_0 \\ &= \frac{E_G E_0}{X'_d + X_t + \frac{X_l}{2}} \sin \delta_0 \end{aligned}$$

と求められる。

(2)同期発電機の内部電圧の位相角 δ_0 [rad]

(1)解答式より、

$$\sin \delta_0 = \frac{X'_d + X_t + \frac{X_l}{2}}{E_G E_0} P_G$$

であり、 $\sin \delta \approx \delta$ としてよいので、

$$\delta_0 \approx \frac{X'_d + X_t + \frac{X_l}{2}}{E_G E_0} P_G$$

となる。したがって、 $P_G = P_{G0}$ に注意して各値を代入すると、

$$\begin{aligned} \delta_0 &= \frac{0.15 + 0.10 + \frac{0.20}{2}}{1.0 \times 1.0} \times 0.8 \\ &= 0.28 \text{ [rad]} \end{aligned}$$

と求められる。

(3) 1回線開放後の不安定平衡点における位相角 δ_u [rad]

1回線開放後の同期発電機から無限大母線までのリアクタンス X' [p.u.] は、

$$X' = X'_d + X_t + X_l$$

であり、(2)と同様に不安定平衡点における位相角 δ_s [rad] は、

$$\delta_s \approx \frac{X'_d + X_t + X_l}{E_G E_0} P_G$$

となるので、各値を代入すると、

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{0.15 + 0.10 + 0.20}{1.0 \times 1.0} \times 0.8 \\ &= 0.36 \text{ [rad]} \end{aligned}$$

となる。したがって、不安定平衡点における位相角 δ_u [rad] は、

$$\begin{aligned} \delta_u &= \pi - \delta_s \\ &= 3.14 - 0.36 \\ &= 2.78 \rightarrow 2.8 \text{ [rad]} \end{aligned}$$

と求められる。

(4) $\cos \delta_c$ の値

図3の(A)より、加速エネルギー W_a [p.u.] は、故障継続中の同期発電機の発電出力が $P_G = 0$ [p.u.] であることから、

$$\begin{aligned} W_a &= (P_{G0} - P_G)(\delta_c - \delta_0) \\ &= (0.8 - 0)(\delta_c - 0.28) \\ &= 0.8\delta_c - 0.224 \end{aligned}$$

となる。一方、図3の(B)より、減速エネルギー W_d [p.u.] は、

$$W_d = \int_{\delta_c}^{\delta_u} (P_G - P_{G0}) d\delta$$

であり、ワンポイント解説「1.同期発電機の出力」の通り、発電出力 P_G [p.u.] は、

$$\begin{aligned} P_G &= \frac{E_G E_0}{X'} \sin \delta \\ &= \frac{E_G E_0}{X'_d + X_t + X_l} \sin \delta \\ &= \frac{1.0 \times 1.0}{0.15 + 0.10 + 0.20} \sin \delta \\ &\approx 2.222 \sin \delta \end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned} W_d &= \int_{\delta_c}^{\delta_u} (P_G - P_{G0}) d\delta \\ &= \int_{\delta_c}^{\delta_u} (2.222 \sin \delta - 0.8) d\delta \\ &= [-2.222 \cos \delta - 0.8\delta]_{\delta_c}^{\delta_u} \\ &= -2.222 \cos \delta_u - 0.8\delta_u + 2.222 \cos \delta_c + 0.8\delta_c \\ &= -2.222 \cos \delta_u - 0.8 \times 2.78 + 2.222 \cos \delta_c + 0.8\delta_c \\ &= -2.222 \cos \delta_u - 2.224 + 2.222 \cos \delta_c + 0.8\delta_c \end{aligned}$$

となる。題意より、 $W_a = W_d$ であるから、

$$\begin{aligned} 0.8\delta_c - 0.224 &= -2.222 \cos \delta_u - 2.224 + 2.222 \cos \delta_c + 0.8\delta_c \\ 0 &= -2.222 \cos \delta_u - 2 + 2.222 \cos \delta_c \\ 2.222 \cos \delta_c &= 2.222 \cos \delta_u + 2 \\ \cos \delta_c &\approx \cos \delta_u + 0.9001 \end{aligned}$$

となり、 $\delta_u > \frac{\pi}{2}$ であることに注意して $\cos \delta_u$ を求めると、

$$\begin{aligned} \cos \delta_u &= -\sqrt{1 - \sin^2 \delta_u} \\ &= -\sqrt{1 - \sin^2 \delta_s} \\ &\approx -\sqrt{1 - \delta_s^2} \\ &= -\sqrt{1 - 0.36^2} \\ &\approx -0.9330 \end{aligned}$$

となるので、

$$\begin{aligned} \cos \delta_c &= \cos \delta_u + 0.9001 \\ &= -0.9330 + 0.9001 \\ &\approx -0.033 \end{aligned}$$

と求められる。

関連書籍のご紹介

電子書籍版 過去問徹底解説シリーズ

電験 3 種から 1 種まで幅広く試験に対応しています。

収録問題	収録年数	販売予定日
電験 3 種 全科目	令和 5 年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験 3 種 理論科目	令和 5 年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験 3 種 電力科目	令和 5 年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験 3 種 機械科目	令和 5 年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験 3 種 法規科目	令和 5 年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験 2 種一次試験 全科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 2 種一次試験 理論科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 2 種一次試験 電力科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 2 種一次試験 機械科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 2 種一次試験 法規科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 2 種二次試験 全科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種一次試験 全科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種一次試験 理論科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種一次試験 電力科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種一次試験 機械科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種一次試験 法規科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験 1 種二次試験 全科目	令和 5 年～平成 22 年の 14 年分	販売中

※すべて 著者：電験王，編者：山岸 健太

電子書籍版は STORES (<https://denken-ou-tanaoroshi.com>) で PDF として購入可能です。お持ちのプリンタで学習したい年や科目を低成本で印刷でき、紙での学習が可能です。また、STORES 版は低価格なので、既にお持ちの過去問題集との解答比較にもお使いいただけます。

みんなが欲しかった！電験三種の実践問題集シリーズ（TAC 出版）



電験テキストで一番人気のみん欲しシリーズの実践問題集！

すべてオリジナル問題で尾上（電験王管理人）が作問。

テキストの内容を確認する確認問題から、本試験レベルの応用問題までステップを踏んで力を養うことができます。

再受験、苦手科目がある方、過去問だけでは不安な方にオススメです。

電験 2 種 過渡現象をラプラス変換で解く 28 年間



電験 2 種一次試験の理論科目における過渡現象について、電験 2 種二次試験で必要となるラプラス変換を使用して微分方程式よりも簡単に解けることを解説しています。

収録年数は、現行の試験制度になった 1995 年以降の 28 年となります。

本書も STORES (<https://denken-ou-tanaoroshi.com>) でお買い求めできます。

※著者：山岸 健太

【電子書籍版電験王】電験 2 種二次試験 過去問徹底解説 令和 6 年度版（年度順）

令和 6 年 3 月 10 日 第 1 版

著 者：電験王

ホームページ：電験王

URL : <https://denken-ou.com/c2/>

twitter : @denkenou

表 紙：どんぶらこ design

編 者：山岸健太

ホームページ：電験 1 種の棚卸し

URL : <https://den1-tanaoroshi.com>

e-mail : info@den1-tanaoroshi.com

twitter : @den1_tanaoroshi

- 正誤のお問い合わせにつきましては、編者の e-mail アドレスにお知らせ下さい。内容を確認次第ホームページに正誤表を掲載させていただきます。
- 本書の無断複写（電子化含む）は著作権法上の例外を除き禁じられています。個人使用以外の用途において複写される場合は、その都度事前に著者の許諾を得てください。また本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することはたとえ個人や家庭内での利用であっても一切認められません。