

電子書籍版電験王

電験1種

二次試験

過去問徹底解説



大人気ブログ

「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」)

令和3年度版

収録年 平成25年~令和2年

最新8年分

● 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

電子書籍版電験王 電験 1 種二次試験 過去問徹底解説 令和 3 年度版

目 次

はじめに	2
電験 1 種 試験の概要	3
年度別 問題一覧	5
分野別 問題一覧	9
収録年の合格点	13
本書の特長	14
電力・管理	16
令和 2 年	17
令和元年	32
平成 30 年	44
平成 29 年	62
平成 28 年	73
平成 27 年	82
平成 26 年	92
平成 25 年	103
試験会場に持ち込める「最強の武器」	122
機械・制御	124
令和 2 年	125
令和元年	140
平成 30 年	148
平成 29 年	158
平成 28 年	168
平成 27 年	181
平成 26 年	189
平成 25 年	199
関連書籍のご紹介	210

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 1 種二次試験についての 8 年間（平成 25 年～令和 2 年）を収録しています。出典元は電験王（<https://denken-ou.com/c1/>）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/c1/>）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 1 種二次試験の挑戦権を持たれた皆さん、おめでとうございます。電験 1 種二次試験は、ゲームで言えばラスボスのようなものです。2 種や 1 種一次を合格された方々、すなわち猛者の集まりで、その中で 6～7 人に一人程度しか合格しない超難関試験となります。計算量も知識もこれまでよりさらに上のものが求められる試験です。

しかしながら、最難関である 1 種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。（「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。）

電験 1 種においては参考書や過去問集自体の発刊が少なくその学習手助けのためと思いホームページを開設し、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となりました。

本書は「電験王 1」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、解説を読んでもその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 1 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>）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元で平成 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す。

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 1 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いです。

令和 3 年 6 月

筆者：電 験 王

編者：山 岸 健 太

電験 1 種 試験の概要

1. 試験科目及び出題内容

電験 1 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

多肢択一式のマークシート方式です。電験 2 種と異なり, A 問題よりも B 問題の配点が高いです。B 問題を解けるかどうかは合否に大きく影響します。

2-1-1. 理論

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題(ただし, 2 題中 1 題は選択式)の 80 点満点。

合格点は 48 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。B 問題で難解な問題が出題されることもあり, A 問題の出来が良かったからといって油断していると, 足元をすくわれる可能性があります。

2-1-2. 電力

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが, 難しい場合は合格点が下がります。

1 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少なめです

2-1-3.機械

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題(ただし, 2 題中 1 題は選択式)の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが, 難しい場合は合格点が下がります。

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。

2-1-4.法規

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題の 80 点満点。

合格点は 48 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 2 種 3 種と同等の科目となります。

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 問が出題される場合と計算問題 2 問と論述問題 4 問が出題される場合があります。非常に計算量の多い計算問題も出題され, 時間との勝負となる可能性もあります。

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。

3.試験日 (目安です。年により異なります。)

一次試験 : 9 月第 1 土曜日

二次試験 : 11 月 20 日前後の日曜日

4.一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 1 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った場合は, 翌年度の一次試験が免除されます。

年度別 問題一覧

令和2年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	汽力発電所の所内単独運転に関する論説問題	火力
問 2	送電線における送電電力に関する計算問題	送電
問 3	送電線の電圧安定性に関する計算・論説問題	配電
問 4	三相地絡事故発生時の地絡距離リレーの動作に関する計算問題	送電
問 5	系統の短絡事故及び地絡事故に関する計算問題	変電
問 6	屋外変電所の塩害対策に関する論説問題	変電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	同期機の運転状態と界磁電流の関係に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の無負荷試験と短絡試験に関する計算問題	変圧器
問 3	直流－直流変換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におけるベクトル軌跡に関する計算問題	自動制御

令和元年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水力発電所の年間発電量及び設備利用率に関する計算問題	水力
問 2	送電用変電所に用いられる油入変圧器の内部に発生する事故に関する論説問題	変電
問 3	送電線事故時の過渡安定性に関する論説問題	送電
問 4	単位法による送電線の送電電力の導出に関する計算問題	送電
問 5	母線切替及び投入する時の電流値の導出に関する計算・論説問題	電気施設管理
問 6	直流送電及び直流連系に関する論説問題	送電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相かご形誘導電動機の拘束試験に関する計算問題	回転機
問 2	三相同期電動機のV曲線に関する計算問題	回転機
問 3	PWM制御インバータ及び誘導電動機からなるドライブシステムに関する計算及び論説問題	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	熱効率に影響する運転時の管理項目に関する論説問題	火力
問 2	事故波及防止リレーシステムに関する論説問題	送電
問 3	コンデンサ形計器用変圧器(CVT)に関する計算問題	送電
問 4	簡易法による潮流計算に関する計算問題	電気施設管理
問 5	配電線の特別需要家への送電に関する計算・論説問題	配電
問 6	変電所設置時の使用前自主検査に関する計算・論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	誘導電動機の諸特性に関する計算問題	回転機
問 2	同期発電機の並列運転に関する計算問題	回転機
問 3	ダイオード整流器と電圧形インバータを用いた三相誘導電動機可変速駆動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における現代制御理論に関する計算問題	自動制御

平成 29 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水力発電所の負荷遮断試験に関する計算問題	水力
問 2	油入変圧器の絶縁材料に関する論説問題	変電
問 3	超高圧系統における後備保護に関する論説問題	送電
問 4	高速再閉路がタービン発電機の軸に与える影響に関する計算問題	送電
問 5	無効電力及び静止型無効電力補償装置に関する計算・論説問題	配電
問 6	電力系統における電力損失に関する論説問題	送電

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	V 結線に関する計算問題	変圧器
問 3	三相 3 レベルイ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	根軌跡法に関する計算問題	自動制御

平成 28 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	火力発電所におけるコンバインドサイクルに関する論説問題	火力
問 2	分布定数回路に関する計算問題	送電
問 3	同期発電機に関する計算問題	送電
問 4	内部異常電圧に関する論説問題	送電
問 5	電線路の絶縁性能に関する論説問題	電気施設管理
問 6	潮流計算に関する計算問題	送電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相誘導電動機に関する計算問題	回転機
問 2	三相円筒形同期電動機に関する計算問題	回転機
問 3	12 パルスサイスタブリッジ整流器に関する計算問題	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	水力発電所の諸容量に関する計算問題	水力
問 2	電力流通設備の絶縁協調に関する論説問題	送電
問 3	変圧器タップ動作による電圧不安定現象に関する計算問題	変電
問 4	高調波やフリッカ現象の対策に関する論説問題	配電
問 5	電力系統の保護リレーに関する論説問題	電気施設管理
問 6	速度調定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	三相かご形誘導電動機のトルク特性に関する計算問題	回転機
問 2	円筒形同期発電機における出力と界磁電流との関係に関する計算問題	回転機
問 3	単相整流回路に関する計算問題	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 26 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	火力発電所における燃料の燃焼に関する計算問題	火力
問 2	GIS の異常診断手法に関する論説問題	変電
問 3	送電線の 1 線断線事故に関する計算問題	送電
問 4	事故波及防止システムに関する論説問題	送電
問 5	平等連続分布の電源に関する計算問題	配電
問 6	電磁障害の防止に関する論説問題	電気施設管理

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	同期電動機の諸特性に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の損失及び効率に関する計算問題	変圧器
問 3	2 多重インバータ装置に関する計算問題	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 25 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水力発電所の年間発電量及び設備利用率に関する計算問題	水力
問 2	二相短絡事故における距離リレーの動作に関する計算問題	送電
問 3	遮断器の動作に関する論説問題	送電
問 4	調相設備の容量計算に関する計算問題	電気施設管理
問 5	送電線のたるみに関する計算・論説問題	送電
問 6	送電線の系統構成に関する論説問題	送電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相誘導電動機のトルクに関する計算問題	回転機
問 2	同期発電機の並列運転に関する計算問題	回転機
問 3	三相ブリッジ接続の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	現代制御理論におけるフィードバック制御に関する計算問題	自動制御

分野別 問題一覧

電力・管理問題一覧

水力

NO.	論点
R01 問 1	水力発電所の年間発電量及び設備利用率に関する計算問題
H29 問 1	水力発電所の負荷遮断試験に関する計算問題
H27 問 1	水力発電所の諸容量に関する計算問題
H25 問 1	水力発電所の年間発電量及び設備利用率に関する計算問題

火力

NO.	論点
R02 問 1	火力発電所の所内単独運転に関する論説問題
H30 問 1	熱効率に影響する運転時の管理項目に関する論説問題
H28 問 1	火力発電所におけるコンバインドサイクルに関する論説問題
H27 問 6	速度調定率に関する計算問題
H26 問 1	火力発電所における燃料の燃焼に関する計算問題

変電

NO.	論点
R02 問 5	系統の短絡事故及び地絡事故に関する計算問題
R02 問 6	屋外変電所の塩害対策に関する論説問題
R01 問 2	送電用変電所に用いられる油入変圧器の内部に発生する事故に関する論説問題
H30 問 6	変電所設置時の使用前自主検査に関する計算・論説問題
H29 問 2	油入変圧器の絶縁材料に関する論説問題
H27 問 3	変圧器タップ動作による電圧不安定現象に関する計算問題
H26 問 2	GIS の異常診断手法に関する論説問題

送電

NO.	論点
R02 問 2	送電線における送電電力に関する計算問題
R02 問 4	三相地絡事故発生時の地絡距離リレーの動作に関する計算問題
R01 問 3	送電線事故時の過渡安定性に関する論説問題
R01 問 3	送電線事故時の過渡安定性に関する論説問題
R01 問 4	単位法による送電線の送電電力の導出に関する計算問題

NO.	論点
R01 問 5	母線切替及び投入する時の電流値の導出に関する計算・論説問題
R01 問 6	直流送電及び直流連系に関する論説問題
H30 問 2	事故波及防止リレーシステムに関する論説問題
H30 問 3	コンデンサ形計器用変圧器(CVT)に関する計算問題
H30 問 4	簡易法による潮流計算に関する計算問題
H29 問 3	超高圧系統における後備保護に関する論説問題
H29 問 4	高速再閉路がタービン発電機の軸に与える影響に関する計算問題
H29 問 6	電力系統における電力損失に関する論説問題
H28 問 2	分布定数回路に関する計算問題
H28 問 3	同期発電機に関する計算問題
H28 問 4	内部異常電圧に関する論説問題
H28 問 6	潮流計算に関する計算問題
H27 問 2	電力流通設備の絶縁協調に関する論説問題
H27 問 5	電力系統の保護リレーに関する論説問題
H26 問 3	送電線の 1 線断線事故に関する計算問題
H26 問 4	事故波及防止システムに関する論説問題
H25 問 2	二相短絡事故における距離リレーの動作に関する計算問題
H25 問 3	遮断器の動作に関する論説問題
H25 問 4	調相設備の容量計算に関する計算問題
H25 問 5	送電線のたるみに関する計算・論説問題
H25 問 6	送電線の系統構成に関する論説問題

配電

NO.	論点
R02 問 3	送電線の電圧安定性に関する計算・論説問題
H30 問 5	配電線の特別需要家への送電に関する計算・論説問題
H29 問 5	無効電力及び静止型無効電力補償装置に関する計算・論説問題
H28 問 5	電線路の絶縁性能に関する論説問題
H27 問 4	高調波やフリッカ現象の対策に関する論説問題

NO.	論点
H26 問 5	平等連続分布の電源に関する計算問題
H26 問 6	電磁障害の防止に関する論説問題

機械・制御問題一覧

同期機

NO.	論点
R02 問 1	同期機の運転状態と界磁電流の関係に関する計算問題
R01 問 2	三相同期電動機のV曲線に関する計算問題
H30 問 2	同期発電機の並列運転に関する計算問題
H28 問 2	三相円筒形同期電動機に関する計算問題
H27 問 2	円筒形同期発電機における出力と界磁電流との関係に関する計算問題
H26 問 1	同期電動機の諸特性に関する計算問題
H25 問 2	同期発電機の並列運転に関する計算問題

誘導機

NO.	論点
R01 問 1	三相かご形誘導電動機の拘束試験に関する計算問題
H30 問 1	誘導電動機の諸特性に関する計算問題
H29 問 1	三相誘導電動機のL形等価回路に関する計算問題
H28 問 1	三相誘導電動機に関する計算問題
H27 問 1	三相かご形誘導電動機のトルク特性に関する計算問題
H25 問 1	三相誘導電動機のトルクに関する計算問題

変圧器

NO.	論点
R02 問 2	変圧器の無負荷試験と短絡試験に関する計算問題
H29 問 2	V結線に関する計算問題
H26 問 2	変圧器の損失及び効率に関する計算問題

パワーエレクトロニクス

NO.	論点
R02 問 3	直流-直流変換回路に関する計算問題
R01 問 3	PWM制御インバータ及び誘導電動機からなるドライブシステムに関する計算及び論説問題

NO.	論点
H30 問 3	ダイオード整流器と電圧形インバータを用いた三相誘導電動機可変速駆動システムに関する計算問題
H29 問 3	三相 3 レベルインバータに関する計算・論説問題
H28 問 3	12 パルスサイリスタブリッジ整流器に関する計算問題
H27 問 3	単相整流回路に関する計算問題
H26 問 3	2 多重インバータ装置に関する計算問題
H25 問 3	三相ブリッジ接続のサイリスタ変換装置に関する計算問題

自動制御

NO.	論点
R02 問 4	フィードバック制御におけるベクトル軌跡に関する計算問題
R01 問 4	フィードバック制御に関する計算問題
H30 問 4	フィードバック制御系における現代制御理論に関する計算問題
H29 問 4	根軌跡法に関する計算問題
H28 問 4	現代制御理論に関する計算問題
H27 問 4	現代制御理論に関する計算問題
H26 問 4	フィードバック制御系に関する計算問題
H25 問 4	現代制御理論におけるフィードバック制御に関する計算問題

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く、「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

	合格点	平均点	
		電力・管理	機械・制御
平成 25 年	99 点	平均点-5 点	平均点-5 点
平成 26 年	105 点	平均点-5 点	平均点-5 点
平成 27 年	108 点	平均点	平均点
平成 28 年	99 点	平均点-5 点	平均点-5 点
平成 29 年	102 点	平均点-5 点	平均点-5 点
平成 30 年	99 点	平均点-5 点	平均点-5 点
令和元年	108 点	平均点	平均点
令和 2 年	108 点	平均点	平均点

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

①

2013年 問題

問題 【難易度】★★★★☆ (やや難しい)

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、極板間には、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、増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) $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d} E^2$
(ニ) $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d^2} E^2$	(ホ) $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d} E^2$	(ヘ) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2 a^2}{d} E^2$
(ト) $\frac{\epsilon_0 a^2}{d} E^2$	(チ) $\frac{3}{2} \frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)a^2}{d} E^2$	(リ) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)a^2}{d} E^2$
(ヌ) $\frac{\epsilon_0 a^2}{d} E^2$	(ル) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r^2 - 1)a^2}{d} E^2$	(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) $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 a^2}{d} E^2$	(コ) 0

【正答チェック表】

日	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

27

2013年 理論

③

【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はないですが、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) 解答 : ハ

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) 解答 : ホ

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) 解答 : リ

誘電体を取り出した後の静電容量 C' は、

28

電力・管理

令和2年 問1

問題 【難易度】★★★☆☆（普通）

我が国における汽力発電所の所内単独運転に関して、次の問に答えよ。

- (1) 所内単独運転はどのような事態が発生した際に実施されるのか、その目的とともに100字程度で述べよ。
- (2) 所内単独運転中のボイラ設備、タービン設備、電気設備について、各設備への影響を踏まえて制御上注意すべきことをそれぞれ50字程度で述べよ。

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)

【ワンポイント解説】

汽力発電所の所内単独運転に関する問題です。

所内単独運転は読んで字のごとく、発電所内の負荷にのみ電気を供給する単独運転の状態です。送電線事故時等に実施するものです。

このような問題は、間違った内容が記載されていないければ部分点を取得できるので、単独運転移行時にどのようなようになるかを想像し記載すると良いと思います。

1.所内単独運転

所内単独運転は、系統事故等で系統連系が継続できず遮断した際に、汽力発電所を停止せずに構内負荷にのみ電気を供給する状態のことをいいます。

汽力発電所は一旦停止すると再起動するのに時間がかかるので、系統事故復旧時に需給逼迫とならないようにすぐに再並列できるようにする待機状態にしておく運転です。

しかしながら、系統負荷が切り離されると負荷が一気に急減するので、汽力発電所の所内単独運転に移行するためには、ボイラやタービンの制御において以下の様々な点に注意しながら出力を低減させていく必要があります。

①ボイラ設備

出力に見合ったバーナ本数、燃料流量、空気流量に絞り込み、さらに環境基準を超過しないように燃焼状態を維持します。また、出力急減することにより蒸気量の急変が起きるので、各補機の状態が通常運転範囲内に収まるように制御・監視していく必要があります。

②タービン設備

ロータに大きな熱応力がかからないように寿命に影響が生じないレベルで蒸気流量を調整し出力を下げていき、余った蒸気を復水器に逃がします。復水器においても蒸気を回収することで復水器の水温が上昇し、真空度が異常低下したり、タービンの振動が異常上昇するおそれがあるので、タービントリップしない程度に蒸気を回収し、協調していく必要があります。

③電気設備

機器の周波数や電圧を維持して、所内補機が異常停止せず、運転継続していくようにする必要があります。周波数や電圧が規定値を超えると保護継電器が動作し、補機がトリップし、重要補機がトリップした場合は補機トリップによりユニット全体（発電所全体）が

トリップしてしまうので注意が必要です。

上記項目を全て満たしたまま、運転員が手動で操作して負荷を調整することは現実的かつ合理的ではないため、一般的な汽力発電所ではFCB(Fast Cut Back)と呼ばれる方法を採用して、負荷を急速に減らしていく方法が取られます。

【解答】

(1)所内単独運転はどのような事態が発生した際に実施されるのか**(ポイント)**

- ・ワンポイント解説「1.所内単独運転」の通りです。系統並列用遮断器に異常が発生した際にもなりますが、主な要因は系統の送電線の故障です。

(試験センター解答)

電力系統の事故により汽力発電ユニットが系統から分離した場合に実施される。ユニットを停止させることなく、所内負荷をもって運転を継続し、系統電圧の復帰を待つて迅速に並列・出力上昇を行うことが目的である。

(2)所内単独運転中のボイラ設備、タービン設備、電気設備について、各設備への影響を踏まえて制御上注意すべきこと**(ポイント)**

- ・ワンポイント解説「1.所内単独運転」の通りですが、50字程度なので詳しい内容ではなく、概要が記載されていれば十分であると思います。

(試験センター解答例)**①ボイラ設備**

安定した燃焼状態を維持するために、出力に追従したバーナ本数制御、燃料、空気流量の絞り込みを行う。

②タービン設備

ロータの寿命に影響を与えるような温度変化が起きないように、蒸気温度を維持する。

③電気設備

所内負荷である補機電動機の運転が継続できるように、定格周波数、定格電圧を維持する。

令和2年 問2

問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

送電線の抵抗とリアクタンスを考慮した送電電力に関して、次の問に答えよ。

ただし、送電端電圧 \dot{V}_1 の大きさを V_1 、位相を δ 、受電端電圧 \dot{V}_2 の大きさを V_2 、位相を零、送電線の抵抗を r 、リアクタンスを x 、送電線電流を i とし、電力や電流は送電端から受電端への向きを正、無効電力は遅れを正とする。

- (1) \dot{V}_1 と \dot{V}_2 の関係を答案用紙に印刷されている図2のベクトル図に \dot{V}_1 、 ri 、 δ 及び jxi を追加して示せ。
- (2) 送電端から受電端への潮流の送電端側の有効電力を P 、無効電力を Q として、 i を P 、 Q 、 \dot{V}_1 を用いて表せ。
- (3) r 及び x を V_1 、 V_2 、 δ 、 P 、 Q を用いて表せ。なお、 $P \neq 0$ あるいは $Q \neq 0$ とする。
- (4) $r = 0.0414 \text{ p.u.}$ 、 $x = 0.245 \text{ p.u.}$ と与えられたとき、 $V_1 = 1.08 \text{ p.u.}$ 、 $V_2 = 1.02 \text{ p.u.}$ 、 $P = 1.20 \text{ p.u.}$ 、 $Q = 0.215 \text{ p.u.}$ となった。この場合の $\sin \delta$ 、 $\cos \delta$ の値を求めよ。

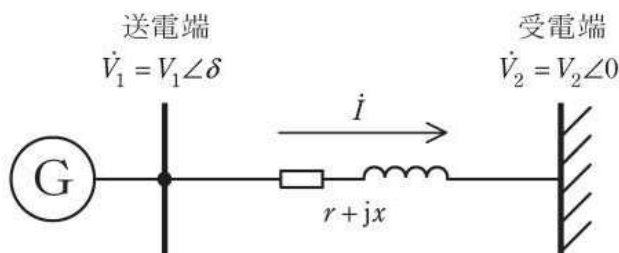


図1

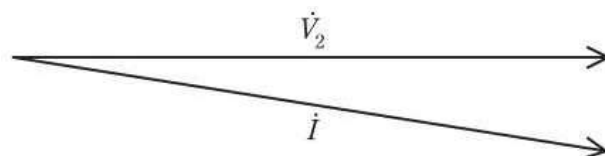


図2

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

送電線の送電電力に関する問題です。

令和元年度の電験1種と電験2種両方に類題が出題されているので、かなりの受験生が対策をとっていた問題かと思います。

1種の問題らしく後半の計算がやや多めですが、電力管理科目の中でも最も出題されやすく得点もしやすい内容の一つなので、確実に理解するようにしましょう。

1. オイラーの公式

極座標空間において、

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

という関係があり、これをオイラーの公式といいます。

したがって、 $\dot{V}_s = V_s \angle \delta$ 、 $\dot{V}_r = V_r \angle 0$ は、

$$\begin{aligned} \dot{V}_s &= V_s e^{j\delta} \\ &= V_s (\cos \delta + j \sin \delta) \\ \dot{V}_r &= V_r e^{j0} \\ &= V_r \end{aligned}$$

2. 複素電力

送電端電圧を \dot{V}_s 、受電端電圧を \dot{V}_r 、送電線電流を i とすると、受電端への送電電力 $P + jQ$ は遅れ無効電力を正とすると、

$$P + jQ = \dot{V}_r \bar{i}$$

で求められます。ただし、 \bar{i} は i の共役複素数であり、 $i = I_r + jI_i$ であるとき、 $\bar{i} = I_r - jI_i$ となります。

② 遅れ電力を正とした場合と進み電力を正とした場合の複素電力の公式について、公式の導出と使い分けについてはブログ記事でも紹介しています「同期機の位相調節はまとめて覚えらるる」(<https://den1-tanaoroshi.com/difference-between-synchronousmachinary>)

【解答】

(1) 図2のベクトル図に \dot{V}_1 , $r\dot{i}$, δ 及び $jx\dot{i}$ を追加する

抵抗分の電圧降下 $r\dot{i}$ は \dot{i} と同相, リアクタンス分の電圧降下 $jx\dot{i}$ は \dot{i} より 90° 進みであり, 図1より $\dot{V}_1 = \dot{V}_2 + (r + jx)\dot{i}$ なので, ベクトル図は図3のようになる。

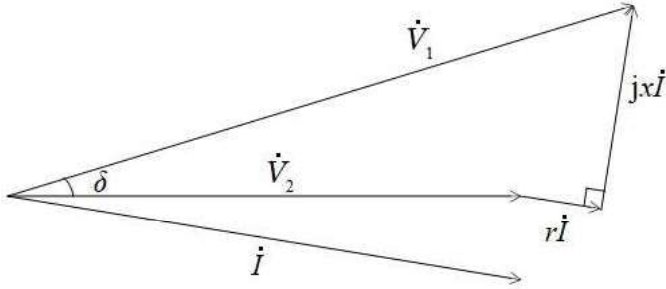


図3

(2) \dot{i} を P , Q , \dot{V}_1 を用いて表す

ワンポイント解説「2.複素電力」の通り, 送電端側の送電電力は,

$$P + jQ = \dot{V}_1 \bar{\dot{i}}$$

となるので,

$$\begin{aligned} \bar{\dot{i}} &= \frac{P + jQ}{\dot{V}_1} \\ \dot{i} &= \frac{\overline{P + jQ}}{\overline{\dot{V}_1}} \\ &= \frac{P - jQ}{\overline{\dot{V}_1}} \end{aligned}$$

と求められる。

(3) r 及び x を V_1 , V_2 , δ , P , Q を用いて表す

図3より,

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= \dot{V}_2 + (r + jx)\dot{i} \\ r + jx &= \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{\dot{i}} \\ &= \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{\frac{P - jQ}{\overline{\dot{V}_1}}} \\ &= \frac{(\dot{V}_1 - \dot{V}_2)\overline{\dot{V}_1}}{P - jQ} \quad \dots \dots \quad \textcircled{1} \end{aligned}$$

であり, ワンポイント解説「1.オイラーの公式」の通り,

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= V_1(\cos \delta + j \sin \delta) \\ \dot{V}_2 &= V_2 \end{aligned}$$

であるから,

$$\begin{aligned} r + jx &= \frac{\{V_1(\cos \delta + j \sin \delta) - V_2\}V_1(\cos \delta - j \sin \delta)}{P - jQ} \\ &= \frac{V_1^2(\cos \delta + j \sin \delta)(\cos \delta - j \sin \delta) - V_1V_2(\cos \delta - j \sin \delta)}{P - jQ} \\ &= \frac{V_1^2(\cos^2 \delta + \sin^2 \delta) - V_1V_2(\cos \delta - j \sin \delta)}{P - jQ} \\ &= \frac{V_1^2 - V_1V_2 \cos \delta + jV_1V_2 \sin \delta}{P - jQ} \cdot \frac{P + jQ}{P + jQ} \\ &= \frac{P(V_1^2 - V_1V_2 \cos \delta) - QV_1V_2 \sin \delta + j\{PV_1V_2 \sin \delta + Q(V_1^2 - V_1V_2 \cos \delta)\}}{P^2 + Q^2} \\ &= \frac{PV_1(V_1 - V_2 \cos \delta) - QV_1V_2 \sin \delta + j\{PV_1V_2 \sin \delta + QV_1(V_1 - V_2 \cos \delta)\}}{P^2 + Q^2} \end{aligned}$$

となるので, 実数部と虚数部を比較すると,

$$\begin{aligned} r &= \frac{PV_1(V_1 - V_2 \cos \delta) - QV_1V_2 \sin \delta}{P^2 + Q^2} \\ x &= \frac{PV_1V_2 \sin \delta + QV_1(V_1 - V_2 \cos \delta)}{P^2 + Q^2} \end{aligned}$$

と求められる。

(4) $\sin \delta$, $\cos \delta$ の値

①式を変形すると,

$$\begin{aligned} r + jx &= \frac{(\dot{V}_1 - \dot{V}_2)\overline{\dot{V}_1}}{P - jQ} \\ (r + jx)(P - jQ) &= \dot{V}_1\overline{\dot{V}_1} - \dot{V}_2\overline{\dot{V}_1} \\ Pr + Qx + j(Px - Qr) &= V_1^2 - V_1V_2(\cos \delta - j \sin \delta) \\ &= (V_1^2 - V_1V_2 \cos \delta) + jV_1V_2 \sin \delta \end{aligned}$$

となるので, 実数部と虚数部を比較すると,

$$\begin{aligned} Pr + Qx &= V_1^2 - V_1V_2 \cos \delta \\ \cos \delta &= \frac{V_1^2 - (Pr + Qx)}{V_1V_2} \\ Px - Qr &= V_1V_2 \sin \delta \\ \sin \delta &= \frac{Px - Qr}{V_1V_2} \end{aligned}$$

と整理できるので, 各値を代入すると,

$$\begin{aligned} \cos \delta &= \frac{1.08^2 - (1.20 \times 0.0414 + 0.215 \times 0.245)}{1.08 \times 1.02} \\ &\doteq 0.966 \\ \sin \delta &= \frac{1.20 \times 0.245 - 0.215 \times 0.0414}{1.08 \times 1.02} \\ &\doteq 0.259 \end{aligned}$$

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

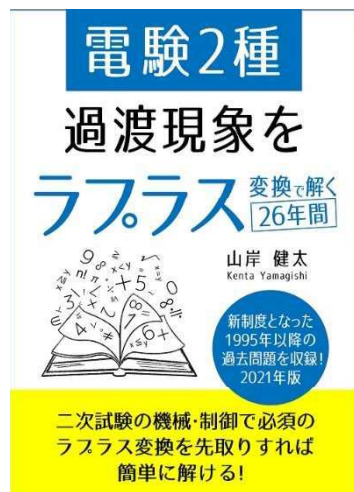
電験 3 種から 1 種まで幅広く試験に対応しています。

収録問題	収録年数	販売予定日
電験 3 種 全科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 3 種 理論科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 3 種 電力科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 3 種 機械科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 3 種 法規科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 2 種一次試験 全科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 2 種一次試験 理論科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 2 種一次試験 電力科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 2 種一次試験 機械科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	販売中
電験 2 種一次試験 法規科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	発売中
電験 2 種二次試験 全科目	平成 24 年～令和 2 年の 9 年間	発売中
電験 1 種一次試験 全科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	販売中
電験 1 種一次試験 理論科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	販売中
電験 1 種一次試験 電力科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	販売中
電験 1 種一次試験 機械科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	販売中
電験 1 種一次試験 法規科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	発売中
電験 1 種二次試験 全科目	平成 25 年～令和 2 年の 8 年間	発売中

※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コストで印刷でき、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。

電験 2 種 過渡現象をラプラス変換で解く 26 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 26 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 1 種二次試験 過去問徹底解説 令和 3 年度版

令和 3 年 6 月 25 日 第 1 版

著 者：電験王

ホームページ：電験王

URL：https://denken-ou.com

twitter：@denkenou

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）は著作権法上で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。