

令和4年度版

電子書籍版

電験王

電験1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23年～令和3年

最新11年分の過去問題を収録!

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4年度版

目次

はじめに	2
電験1種 試験の概要.....	3
収録年の合格点.....	5
年度別 問題一覧.....	6
分野別 問題一覧.....	12
本書の特長.....	17
電力・管理.....	18
令和3年.....	19
令和2年.....	35
令和元年	50
平成30年.....	62
平成29年.....	81
平成28年.....	92
平成27年.....	102
平成26年.....	112
平成25年.....	123
平成24年.....	138
平成23年.....	157
試験会場に持ち込める「最強の武器」.....	171
機械・制御	173
令和3年.....	174
令和2年.....	186
令和元年	199
平成30年.....	207
平成29年.....	217
平成28年.....	227
平成27年.....	240
平成26年.....	248
平成25年.....	258
平成24年.....	269
平成23年.....	282
関連書籍のご紹介	292

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 11 年間（令和 3 年～平成 23 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、本書の编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。

编者ご挨拶

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。電験王は编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/c1/>）で行っています。一方、编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甚です。

令和 4 年 5 月

筆者：電 験 王

编者：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：令和 4 年 8 月 20 日 (土)

二次試験：令和 4 年 11 月 13 日 (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。

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）にどのような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おらず、「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
令和3年	93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	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28年	99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26年	105点	平均点-5点	平均点-5点
平成25年	99点	平均点-5点	平均点-5点
平成24年	96点	平均点-5点	平均点-5点
平成23年	99点	平均点-5点	平均点-5点

年度別 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3年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問1	反動水車におけるキャビテーションに関する論説問題	水力
問2	発電所に設置された保護レールの誤動作に関する論説問題	変電
問3	ニュートン・ラフソン法を用いた電力潮流計算に関する計算問題	送電
問4	2台のタップ付き変圧器の並行運転に関する計算問題	変電
問5	特別高圧送電線で使用される懸垂がいし及び避雷装置に関する論説問題	送電
問6	高調波発生負荷による高調波電流の大きさの導出に関する計算問題	配電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問1	三相突極形同期発電機の誘導起電力や定態安定限界出力に関する計算問題	回転機
問2	PWM制御を用いた単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3	三相誘導電動機の無負荷試験、拘束試験に関する計算問題	回転機
問4	フィードバック制御系における減衰振動に関する計算問題	自動制御

令和2年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問1	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レール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	水車発電機で負荷遮断が発生した際のエネルギー演算に関する計算問題	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 パルスサイリ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

平成 24 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	汽力発電所におけるエンタルピー演算に関する計算問題	火力
問 2	屋外変電所における周辺の磁束密度に関する計算問題	変電
問 3	一線地絡事故の事故電流の導出に関する計算問題	送電
問 4	大容量変圧器及び GIS の輸送及び現地据付工事に関する論説問題	電気施設管理
問 5	我が国の電力系統に採用されている直流連系に関する論説問題	送電
問 6	電力系統における電力不足確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	三相巻線形誘導電動機のトルクと滑りの関係に関する計算問題	回転機
問 2	変圧器の電圧変動率に関する計算問題	変圧器
問 3	三相電圧形インバータの PWM 制御に関する計算問題	パワーエレクトロニクス
問 4	制御対象の出力を規範出力に追従させるサーボ系に関する計算問題	自動制御

平成 23 年

電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	水車ランナ内における水の流れに関する計算問題	水力
問 2	コンバインドサイクル発電と一般の汽力発電との比較に関する論説問題	火力
問 3	変電所における母線電圧算出に関する計算問題	変電
問 4	低圧制御回路のサージ対策に関する論説問題	配電
問 5	送電線保護装置の信頼度による供給支障確率に関する計算問題	送電
問 6	OF ケーブルに関する論説問題	送電

機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	三相誘導電動機に関する計算問題	回転機
問 2	三相同期発電機に関する計算問題	回転機
問 3	三相ブリッジ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	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
R03 問 1	反動水車におけるキャビテーションに関する論説問題
R01 問 1	水車発電機で負荷遮断が発生した際のエネルギー演算に関する計算問題
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
H23 問 1	水車ランナ内における水の流れに関する計算問題

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
H24 問 1	火力発電所におけるエンタルピー演算に関する計算問題
H23 問 2	コンバインドサイクル発電と一般の火力発電との比較に関する論説問題

変電

NO.	論点
R03 問 2	発電所に設置された保護リレーの誤動作に関する論説問題
R03 問 4	2台のタップ付き変圧器の並行運転に関する計算問題
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
H24 問 2	屋外変電所における周辺の磁束密度に関する計算問題

NO.	論点
H24 問 4	大容量変圧器及び GIS の輸送及び現地据付工事に関する論説問題

H23 問 3 変電所における母線電圧算出に関する計算問題

送電

NO.	論点
R03 問 3	ニュートン・ラフソン法を用いた電力潮流計算に関する計算問題

R03 問 5 特別高圧送電線で使用する懸垂がいし及び避雷装置に関する論説問題

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 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

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

NO.	論点
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
H24 問 3	一線地絡事故の事故電流の導出に関する計算問題
H24 問 5	我が国の電力系統に採用されている直流連系に関する論説問題
H24 問 6	電力系統における電力不足確率に関する計算問題
H23 問 5	送電線保護装置の信頼度による供給支障確率に関する計算問題
H23 問 6	OF ケーブルに関する論説問題

配電

NO.	論点
R03 問 6	高調波発生負荷による高調波電流の大きさの導出に関する計算問題
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
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
H23 問 4	低圧制御回路のサージ対策に関する論説問題

機械・制御問題一覧

同期機

NO.	論点
R03 問 1	三相突極形同期発電機の誘導起電力や定態安定限界出力に関する計算問題
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

NO.	論点
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
H23 問 2	三相同期発電機に関する計算問題

誘導機

NO.	論点
R03 問 3	三相誘導電動機の無負荷試験、拘束試験に関する計算問題
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
H24 問 1	三相巻線形誘導電動機のトルクと滑りの関係に関する計算問題
H23 問 1	三相誘導電動機に関する計算問題

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
H24 問 2	変圧器の電圧変動率に関する計算問題

パワーエレクトロニクス

NO.	論点
R03 問 2	PWM 制御を用いた単相インバータに関する計算問題
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
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

NO.	論点
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
H24 問 3	三相電圧形インバータの PWM 制御に関する計算問題
H23 問 3	三相ブリッジ整流回路に関する計算問題

自動制御

NO.	論点
R03 問 4	フィードバック制御系における減衰振動に関する計算問題
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
H24 問 4	制御対象の出力を規範出力に追従させるサーボ系に関する計算問題
H23 問 4	フィードバック制御に関する計算問題

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

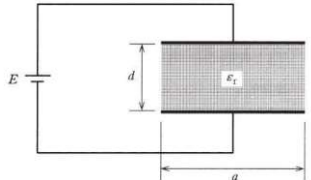
2013 年 問題

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辺の長さが 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、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) $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r a^2}{d} E^2$
(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) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r^2 - 1)a^2}{d} E^2$	(ワ) $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2 a^2}{d} E^2$
(ヅ) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2 a^2}{d} E^2$	(カ) $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 a^2}{d} E^2$	(コ) 0

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

②

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、

④

28

電力・管理

令和3年 問1

問題 【難易度】★★☆☆☆（やや易しい）

反動水車におけるキャビテーションに関して、次の各問に答えよ。

- (1) キャビテーションの発生メカニズムについて200字程度で述べよ。
- (2) キャビテーションが発生した場合、運転中の機器に与える影響を二つ挙げ、合わせて30字程度で述べよ。
- (3) キャビテーションを抑制するために、発電所を設計するうえで考慮すべきこと及び水車の設計・製作上で考慮すべきことを合わせて200字程度で述べよ。
- (4) 運用開始後に点検等でキャビテーションを確認した場合、運転上実施すべき対策を30字程度で述べよ。

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)

【ワンポイント解説】

水車のキャビテーションに関する問題です。
 令和3年の電力管理科目の中では最も取り組みやすい問題で、ほとんどの受験生が選択した問題であるかと思えます。
 合格のためにはぜひ完答を目指したい問題と言えるでしょう。

1.キャビテーション

水車の流水中の圧力が飽和蒸気圧以下になると、その部分に気泡が発生し、その後気泡が圧力が高いところに移動すると気泡が潰れて、その衝撃によりキャビテーションが発生します。

キャビテーションが発生すると以下の現象が発生します。

- ① 効率、出力、水流の減少が起こる
- ② キャビテーション発生場所（ランナ等）に壊食が起こる
- ③ 吸出し管入口の水圧変動が著しくなり、振動や騒音が発生する

2.キャビテーション発生抑制対策

キャビテーション発生を抑制する対策としては、以下の対策が挙げられます。

- ① 水車の比速度を一定値以下とする
- ② ランナベーンの形状を整え、表面を滑らかにする
- ③ 過度の部分負荷運転や過負荷運転をさける
- ④ 吸出し管の高さを一定値以下とする

① イメージしやすいところだと、キャビテーションは船のスクリューが回転するときの泡として観測できます。

【解答】

(1)キャビテーションの発生メカニズム

(ポイント)

- ・内容はワンポイント解説「1.キャビテーション」の通りです。
- ・キーワードとしては「飽和蒸気圧」「気泡」「気泡が潰れた衝撃」等が入っていると良いかと思えます。

(試験センター解答)

運転中の水車(又はポンプ水車)は各部の流速、圧力がそれぞれ異なる。ある点の圧力がそのときの水温における飽和蒸気圧以下に低下すると、その部分の水は蒸発して水蒸気となり、流水中に微細な気泡が発生する。この気泡が周囲の水とともに流れて圧力の高い部分に達すると突然つぶれ、その瞬間に非常に高い圧力が生じる。この現象をキャビテーションという。

(2)キャビテーションが発生した場合、運転中の機器に与える影響を二つ

(ポイント)

- ・内容はワンポイント解説「1.キャビテーション」の通りです。
- ・合わせて30字程度なので、結論のみをサラサラッと記載すれば十分かと思えます。

(試験センター解答例)

以下の機器に与える影響から二つ記載されていればよい。

- ①流水に接するランナ羽根に壊食が生じる
- ②水車効率が低下する
- ③振動・騒音が発生する

(3)キャビテーションを抑制するために、発電所を設計するうえで考慮すべきこと及び水車の設計・製作上で考慮すべきこと

(ポイント)

- ・内容はワンポイント解説「2.キャビテーション発生抑制対策」の通りです。
- ・発電所を設計するうえで考慮すべきこと及び水車の設計・製作上で考慮すべきことなので、両方の面を記載する必要があります。

(試験センター解答例)

キャビテーションを抑制するために、設計上、最も重要なのは吸出し高さの選定であり、吸出し高さを低くすることが効果的である。

これに加えて、プロファイルゲージ等を用いてランナ羽根の形状を適切に整形し、表面を平滑に仕上げることが重要で、水の流れがランナ表面から剥離しないことでのキャビテーションの抑制が期待できる。

(4)運用開始後に点検等でキャビテーションを確認した場合、運転上実施すべき対策

(ポイント)

- ・内容はワンポイント解説「2.キャビテーション発生抑制対策」の通りです。
- ・キャビテーション発生抑制対策の運用開始後として調節が可能なのは、過度の部分負荷運転や(行っている場合には)過負荷運転をさけることとなります。

(試験センター解答例)

部分負荷運転の下限値を上げることでキャビテーションの抑制を図る。

令和3年 問2

問題 【難易度】★★★★☆ (やや難しい)

発電所に設置された保護リレーが誤動作するおそれがある場合について、その理由と、保護リレーにおける誤動作防止策を、次の各問にそれぞれ200字程度で簡潔に答えよ。

- (1) 送電線保護に用いられる電流差動リレーが、外部事故時の大電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策
- (2) 変圧器保護に用いられる比率差動リレーが、変圧器の励磁突入電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策
- (3) 母線保護に用いられる電流差動リレーが、外部至近端事故により誤動作するおそれがある理由と、その防止策

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)

【ワンポイント解説】

保護リレーの誤動作に関する問題です。

差動リレー方式では、電流の差が正常値範囲外になった際に動作するように設定するため、大電流が発生するとその分電流差も大きくなりやすいことを理解していると解答の方向性が導き出しやすいかと思います。

1.電流差動リレー

送電線において、事故区間を高速かつ確実に遮断させるため、電流差動リレーが設けられています。

現在主保護リレーの主流となっているPCM(PulseCodeModulation)電流差動リレーは、送電線の二か所における瞬時値の電流差を測定し、設定した範囲から逸脱した場合に動作するリレーです。

2.励磁突入電流

変圧器を遮断器投入によって電路に接続すると、投入時の電圧の位相によっては定格電流の数倍から十数倍の大きな励磁電流が流れることがあり、これを励磁突入電流といいます。

ファラデーの電磁誘導の法則より、電圧 e [V] と磁束 ϕ [Wb] には、

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

$$Nd\phi = -edt$$

$$N \int d\phi = - \int edt$$

$$N\phi = - \int edt$$

という積分の関係があるため、仮に正弦波の電圧が加わっている状態で図1の+から-に切り替わる0 [V] 付近で投入された場合には、最大で2倍程度の磁束が発生し、残留磁束の影響でさらに磁束が大きくなると鉄心の飽和磁束密度を超えて大きな励磁電流が流れる可能性があります。

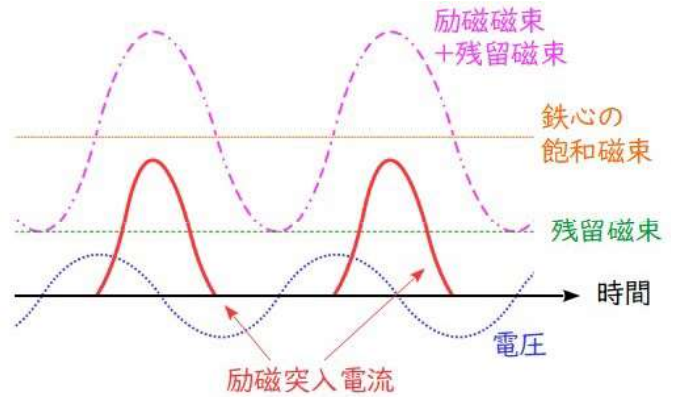


図1

したがって、励磁突入電流の対策としては励磁磁束と

残留磁束の合計値を小さくすれば良いので、残留磁束の消去や投入位相の制御等が有効となります。

3.比率差動リレー

図2に示されるような方式で、変圧器の一次側と二次側電流をCTを介して検出し、一次側と二次側の差が分かるようにするリレーです。通常時は

(a)のように動作コイルに流れる電流がほぼ零となるように整定しておき、異常発生時は(b)のように動作コイルに流れる電流が零でなくなります。しかし、一次側と二次側CTの違いや誤差等により、厳密に動作コイルに流れる電流を零とすることができないため、抑制コイルを設けています。また、抑制コイルには外部事故が発生した際等の誤動作防止の役割もあります。

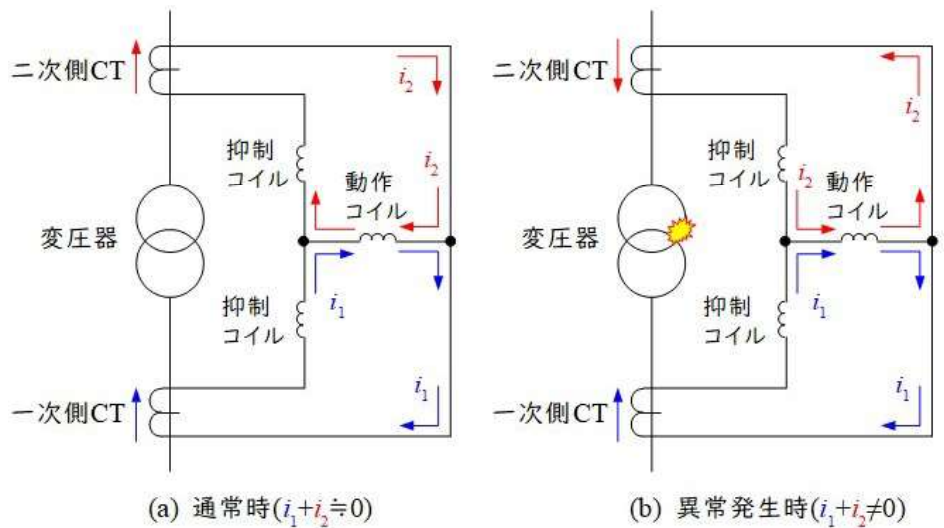


図2

【解答】

(1)送電線保護に用いられる電流差動リレーが、外部事故時の大電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策**(ポイント)**

- ・電流差動リレーは2箇所の電流の差でリレーを動作させるため、電流が大きくなると差分も比例して大きくなるため誤動作が発生しやすくなります。
- ・CT鉄心の磁気飽和により電流の誤差が大きくなる傾向があります。

(試験センター解答)

送電線の外部事故発生時において、故障電流が大電流になると、CTにも大きな電流が流れるため比例分誤差が大きくなる。特にCTの鉄心飽和に伴い電流値の誤差が大きくなると、端子間に不要な差電流が生じて電流差動リレーが誤動作するおそれがある。対策として、電流差動リレーの比率特性を小電流域特性と大電流域特性の二つの要素から構成し、大電流域において誤差が大きくなったときに動作感度を低下させることにより、誤動作を防止する。

(2)変圧器保護に用いられる比率差動リレーが、変圧器の励磁突入電流により誤動作するおそれがある理由と、その防止策**(ポイント)**

- ・励磁突入電流が遮断器投入により発生し、一時的に大きな電流が流れることを記載すると良いかと思えます。
- ・励磁突入電流が第2調波を多く含むことや、一時的であることから、高調波を含むときにリレーが動作しないように差動リレーの抑制量を増やすもしくは変圧器充電時に一定時間ロックする等の対応が取られます。

(試験センター解答例)

変圧器を停止したときに変圧器鉄心に残留磁束が残った状態で、次に変圧器を充電すると、系統電圧の位相によっては大きな励磁突入電流が発生するため差動回路に大きな差電流が発生し、比率差動リレーが誤動作するおそれがある。対策として、励磁突入電流には第二高調波が多く含まれることから、これを検出した場合は差動リレーの抑制量を増やしたり、リレーを短時間ロックすることにより、誤動作を防止する。

(3)母線保護に用いられる電流差動リレーが、外部至近端事故により誤動作するおそれがある理由と、その防止策**(ポイント)**

- ・事故回線は一時的に電流値が大きくなり差分が増加し、またCT鉄心の磁気飽和により電流の誤差がさらに大きくなり誤動作するおそれがあります。
- ・交流電流に直流分が重畳するため磁気飽和が発生しますが、1サイクルの間に磁気飽和しない区間があるため、その区間に無変化を検出した場合には外部事故と判断する方法がとられます。

(試験センター解答例)

母線の外部至近端の回線で事故が発生した場合、事故回線のCT一次側に大きな故障電流が流れる。この際、交流電流に過渡直流分が重畳するためCT鉄心に磁気飽和が発生し誤差が生じる。一方、事故回線以外の変圧器は飽和せず誤差も生じないため、母線保護リレーが不要な差電流を検出し誤動作するおそれがある。対策として、事故回線のCTの非飽和期間に差電流の無変化を検出した場合は外部事故と判定して、リレーを短時間ロックすることにより、誤動作を防止する。

令和3年 問3

問題 【難易度】★★★★★ (難しい)

図1の3母線の電力系統におけるニュートン・ラフソン法を用いた電力潮流計算に関して、次の間に答えよ。母線 k から系統に流入する複素電力を \dot{S}_k 、母線 k の電圧を \dot{V}_k とする。 $\dot{S}_k = P_k + jQ_k$ (P_k は有効電力, Q_k は無効電力), $\dot{V}_k = |\dot{V}_k|(\cos \theta_k + j \sin \theta_k)$ である。母線 k から系統に流入する電流 \dot{I}_k はノードアドミタンス行列 $[\dot{Y}_{kl}]$ を用いて、 $\dot{I}_k = \sum_{l=1}^3 \dot{Y}_{kl} \dot{V}_l$ と表すことができる。($k = 1, 2, 3, l = 1, 2, 3$)
 なお、数値は単位法で表し、遅れ無効電力を正とする。

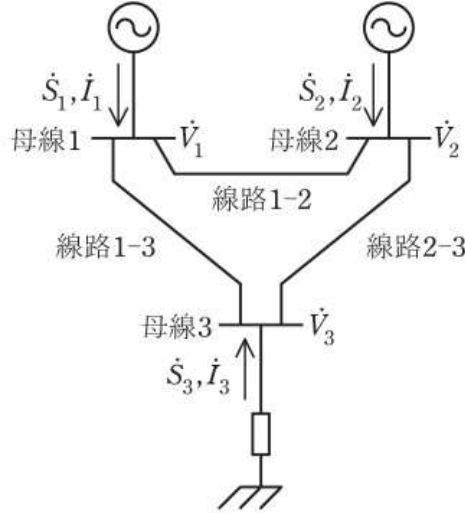


図1

- (1) 全ての線路を直列リアクタンス $X_{kl}(X_{12}, X_{13}, X_{23})$ のみを考慮した等価回路で表現した場合、 $[\dot{Y}_{kl}]$ を X_{kl} で表せ。また、計算過程を簡潔に記せ。
- (2) 図1において線路を π 型等価回路で表現し、直列リアクタンス X_{kl} に加えて並列キャパシタンス C_{kl} を考慮する場合、 $[\dot{Y}_{kl}]$ を表の値を用いて求めよ。なお、 ω は系統の角周波数、 $C_{kl}/2$ は線路両端の並列キャパシタンスである。

表

$k-l$	jX_{kl}	$j\omega C_{kl}/2$
1-2	$j0.1$	$j1$
1-3	$j0.1$	$j1$
2-3	$j0.1$	$j1$

- (3) 各母線の有効電力、無効電力を電圧の大きさと位相で表す式を電力方程式という。ノードアドミタンス行列の要素を $\dot{Y}_{kl} = G_{kl} + jB_{kl}$ として、 P_k, Q_k を $|\dot{V}_k|, |\dot{V}_l|, \theta_k, \theta_l, G_{kl}, B_{kl}$ で表せ。
- (4) 小問(2)の π 型等価回路の線路を考える場合、 P_2 に関する電力方程式を $\theta_2, \theta_3, |\dot{V}_3|$ を用いて示せ。なお、母線1では $\theta_1 = 0, |\dot{V}_1| = 1.0$ 、母線2では $P_2 = 0.7, |\dot{V}_2| = 1.05$ とする。
- (5) ニュートン・ラフソン法による潮流計算では、図2のように変数 x_e の推定値を修正し、指定値 y_s と計算値 $y(x_e)$ の誤差が十分に小さくなるまで繰り返し計算を行うことで x_e を求めることができる。ここで、本問において x_e は、 $\theta_2, \theta_3, |\dot{V}_3|$ のベクトル、 $y(x_e)$ は、 x_e によって計算される P_2, P_3, Q_3 のベクトル、 y_s は、 P_2, P_3, Q_3 の与えられた値のベクトルである。 $\theta_2 = 0, \theta_3 = 0, |\dot{V}_3| = 1.0$ を初期値とした場合、1回目の収束計算における P_2 の指定値と計算値との誤差を小問(4)の結果を用いて求めよ。

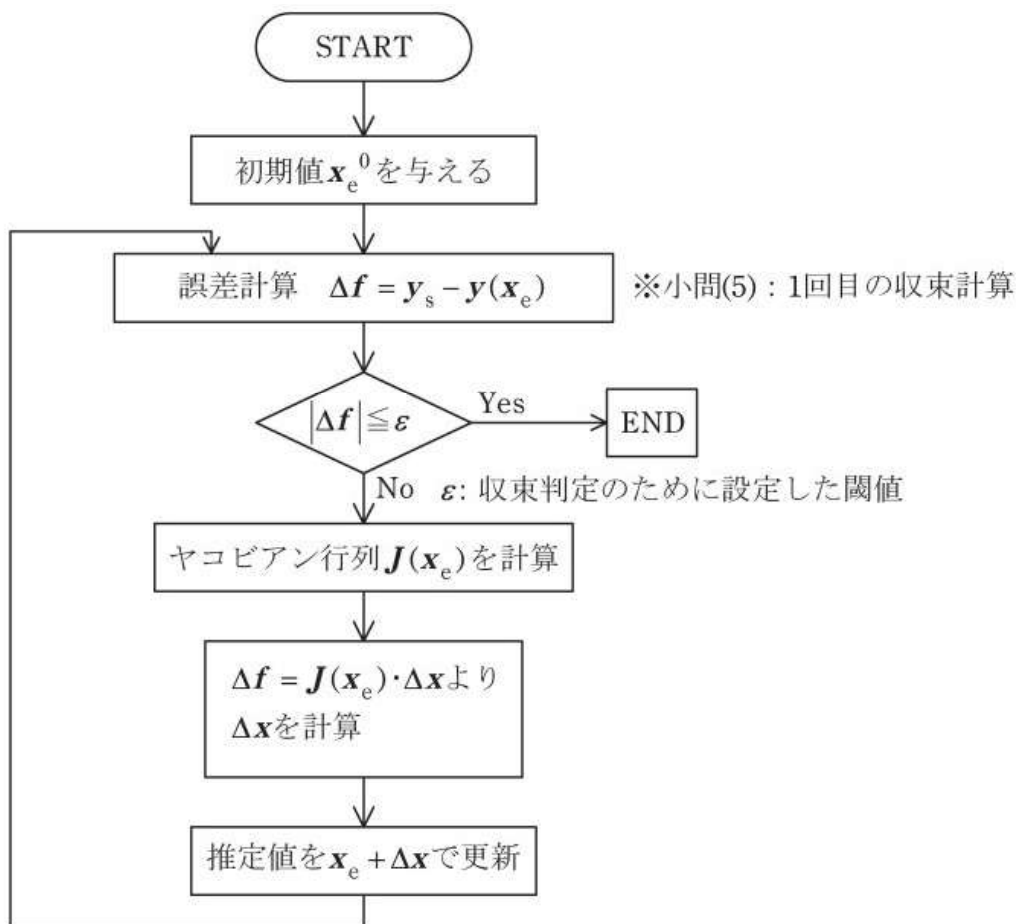


図2

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

電力の潮流計算に関する問題です。内容も難しく、解くのに非常に時間がかかる問題で、多くの受験生を苦しめた問題ではないかと思います。試験で本問を選択することは現実的ではないため、不要と感じる方は飛ばしてしまっても良いかもしれません。

1. π形等価回路とT形等価回路

送電線のこう長が大きくなると送電線のリアクタンスや静電容量が無視できなくなるので、π形等価回路やT形等価回路を適用します。送電線のインピーダンスを \dot{Z} 、アドミタンスを \dot{Y} とすると、π形等価回路は図3、T形等価回路は図4のようになります。

電験では送電線の抵抗分やサセプタンス分は無視し、送電線のインダクタンスを L [H]、静電容量を C [F] として、

$$\dot{Z} = j\omega L$$

$$\dot{Y} = j\omega C$$

として扱う問題がほとんどです。

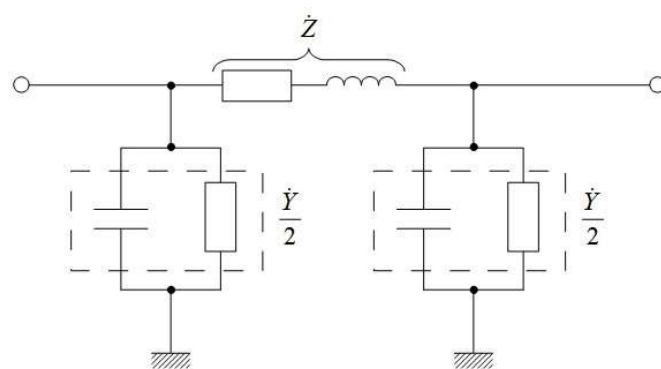


図3 π形等価回路

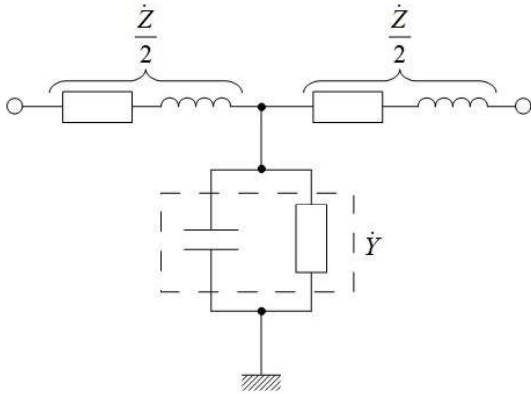


図4 T形等価回路

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。

❓ 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れる」(<https://den1-tanaoroshi.com/difference-between-synchronousmachinary>)

【解答】

(1) $[\dot{Y}_{kl}]$ を X_{kl} で表す

任意の母線 k から l へ流れる電流を i_{kl} とする。

題意より, i_k はノードアドミタンス行列 $[\dot{Y}_{kl}]$ を用いて, $i_k = \sum_{l=1}^3 \dot{Y}_{kl} \dot{V}_l$ の関係があり, 図1より,

$$\begin{aligned} i_1 &= i_{12} + i_{13} \\ &= \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{jX_{12}} + \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_3}{jX_{13}} \\ &= \left(\frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{13}} \right) \dot{V}_1 - \frac{1}{jX_{12}} \dot{V}_2 - \frac{1}{jX_{13}} \dot{V}_3 \\ i_2 &= i_{21} + i_{23} \\ &= \frac{\dot{V}_2 - \dot{V}_1}{jX_{12}} + \frac{\dot{V}_2 - \dot{V}_3}{jX_{23}} \\ &= -\frac{1}{jX_{12}} \dot{V}_1 + \left(\frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{23}} \right) \dot{V}_2 - \frac{1}{jX_{23}} \dot{V}_3 \\ i_3 &= i_{31} + i_{32} \\ &= \frac{\dot{V}_3 - \dot{V}_1}{jX_{13}} + \frac{\dot{V}_3 - \dot{V}_2}{jX_{23}} \\ &= -\frac{1}{jX_{13}} \dot{V}_1 - \frac{1}{jX_{23}} \dot{V}_2 + \left(\frac{1}{jX_{13}} + \frac{1}{jX_{23}} \right) \dot{V}_3 \end{aligned}$$

となり, これを行列式の形に整理すると,

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{13}} & -\frac{1}{jX_{12}} & -\frac{1}{jX_{13}} \\ -\frac{1}{jX_{12}} & \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{23}} & -\frac{1}{jX_{23}} \\ -\frac{1}{jX_{13}} & -\frac{1}{jX_{23}} & \frac{1}{jX_{13}} + \frac{1}{jX_{23}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{V}_3 \end{bmatrix}$$

となるので, ノードアドミタンス行列 $[\dot{Y}_{kl}]$ は,

$$[\dot{Y}_{kl}] = \begin{bmatrix} \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{13}} & -\frac{1}{jX_{12}} & -\frac{1}{jX_{13}} \\ -\frac{1}{jX_{12}} & \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{23}} & -\frac{1}{jX_{23}} \\ -\frac{1}{jX_{13}} & -\frac{1}{jX_{23}} & \frac{1}{jX_{13}} + \frac{1}{jX_{23}} \end{bmatrix}$$

と求められる。

(2)線路をπ型等価回路で表現し、直列リアクタンス X_{kl} に加えて並列キャパシタンス C_{kl} を考慮する場合、 $[\dot{Y}_{kl}]$ を表の値を用いて求める

ワンポイント解説「1.π形等価回路とT形等価回路」の通り、π形等価回路においては、線路の端にキャパシタンスが追加されると考えられ、各電流は並列キャパシタンス分の電流が上乘せされるので、(1)と同様に求めると、

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_{12} + \dot{I}_{13} + \dot{I}_{C1} \\ &= \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{jX_{12}} + \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_3}{jX_{13}} + \left(\frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{13}}{2} \right) \dot{V}_1 \\ &= \left(\frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{13}} + \frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{13}}{2} \right) \dot{V}_1 - \frac{1}{jX_{12}} \dot{V}_2 - \frac{1}{jX_{13}} \dot{V}_3 \\ \dot{I}_2 &= \dot{I}_{21} + \dot{I}_{23} + \dot{I}_{C2} \\ &= \frac{\dot{V}_2 - \dot{V}_1}{jX_{12}} + \frac{\dot{V}_2 - \dot{V}_3}{jX_{23}} + \left(\frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} \right) \dot{V}_2 \\ &= -\frac{1}{jX_{12}} \dot{V}_1 + \left(\frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{23}} + \frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} \right) \dot{V}_2 - \frac{1}{jX_{23}} \dot{V}_3 \\ \dot{I}_3 &= \dot{I}_{31} + \dot{I}_{32} + \dot{I}_{C3} \\ &= \frac{\dot{V}_3 - \dot{V}_1}{jX_{13}} + \frac{\dot{V}_3 - \dot{V}_2}{jX_{23}} + \left(\frac{j\omega C_{13}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} \right) \dot{V}_3 \\ &= -\frac{1}{jX_{13}} \dot{V}_1 - \frac{1}{jX_{23}} \dot{V}_2 + \left(\frac{1}{jX_{13}} + \frac{1}{jX_{23}} + \frac{j\omega C_{13}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} \right) \dot{V}_3 \end{aligned}$$

となるので、ノードアドミタンス行列 $[\dot{Y}_{kl}]$ は、

$$[\dot{Y}_{kl}] = \begin{bmatrix} \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{13}} + \frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{13}}{2} & -\frac{1}{jX_{12}} & -\frac{1}{jX_{13}} \\ -\frac{1}{jX_{12}} & \frac{1}{jX_{12}} + \frac{1}{jX_{23}} + \frac{j\omega C_{12}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} & -\frac{1}{jX_{23}} \\ -\frac{1}{jX_{13}} & -\frac{1}{jX_{23}} & \frac{1}{jX_{13}} + \frac{1}{jX_{23}} + \frac{j\omega C_{13}}{2} + \frac{j\omega C_{23}}{2} \end{bmatrix}$$

となり、各値を代入すると、

$$\begin{aligned} [\dot{Y}_{kl}] &= \begin{bmatrix} \frac{1}{j0.1} + \frac{1}{j0.1} + j1 + j1 & -\frac{1}{j0.1} & -\frac{1}{j0.1} \\ -\frac{1}{j0.1} & \frac{1}{j0.1} + \frac{1}{j0.1} + j1 + j1 & -\frac{1}{j0.1} \\ -\frac{1}{j0.1} & -\frac{1}{j0.1} & \frac{1}{j0.1} + \frac{1}{j0.1} + j1 + j1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -j18 & j10 & j10 \\ j10 & -j18 & j10 \\ j10 & j10 & -j18 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

と求められる。

(3) P_k, Q_k を $|\dot{V}_k|, |\dot{V}_l|, \theta_k, \theta_l, G_{kl}, B_{kl}$ で表す

ワンポイント解説「2.複素電力」の通り、遅れ無効電力を正とすると、

$$\begin{aligned} P_k + jQ_k &= \dot{V}_k \overline{\dot{I}_k} \\ &= \dot{V}_k \sum_{l=1}^3 \overline{\dot{Y}_{kl} \dot{V}_l} \end{aligned}$$

となる。ここで、

$$\begin{aligned} \dot{V}_k &= |\dot{V}_k|(\cos \theta_k + j \sin \theta_k) \\ \overline{\dot{V}_l} &= |\dot{V}_l|(\cos \theta_l - j \sin \theta_l) \\ \overline{\dot{Y}_{kl}} &= G_{kl} - jB_{kl} \end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned}
 P_k + jQ_k &= |\dot{V}_k|(\cos \theta_k + j \sin \theta_k) \sum_{l=1}^3 (G_{kl} - jB_{kl}) |\dot{V}_l|(\cos \theta_l - j \sin \theta_l) \\
 &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| (\cos \theta_k + j \sin \theta_k)(\cos \theta_l - j \sin \theta_l)(G_{kl} - jB_{kl}) \\
 &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| \{ \cos \theta_k \cos \theta_l + \sin \theta_k \sin \theta_l + j(\sin \theta_k \cos \theta_l - \cos \theta_k \sin \theta_l) \} (G_{kl} - jB_{kl}) \\
 &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| \{ \cos(\theta_k - \theta_l) + j \sin(\theta_k - \theta_l) \} (G_{kl} - jB_{kl}) \\
 &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| [G_{kl} \cos(\theta_k - \theta_l) + B_{kl} \sin(\theta_k - \theta_l) + j\{G_{kl} \sin(\theta_k - \theta_l) - B_{kl} \cos(\theta_k - \theta_l)\}]
 \end{aligned}$$

と整理できるので、 P_k 及び Q_k は、

$$\begin{aligned}
 P_k &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| \{G_{kl} \cos(\theta_k - \theta_l) + B_{kl} \sin(\theta_k - \theta_l)\} \\
 Q_k &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_k| |\dot{V}_l| \{G_{kl} \sin(\theta_k - \theta_l) - B_{kl} \cos(\theta_k - \theta_l)\}
 \end{aligned}$$

と求められる。

(4) P_2 に関する電力方程式を θ_2 , θ_3 , $|\dot{V}_3|$ を用いて示す

(3)解答式に $k=2$ を代入すると、

$$P_2 = \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_2| |\dot{V}_l| \{G_{2l} \cos(\theta_2 - \theta_l) + B_{2l} \sin(\theta_2 - \theta_l)\}$$

となり、題意より任意の $G_{2l} = 0$ であるから、

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \sum_{l=1}^3 |\dot{V}_2| |\dot{V}_l| B_{2l} \sin(\theta_2 - \theta_l) \\
 &= |\dot{V}_2| |\dot{V}_1| B_{21} \sin(\theta_2 - \theta_1) + |\dot{V}_2|^2 B_{22} \sin(\theta_2 - \theta_2) + |\dot{V}_2| |\dot{V}_3| B_{23} \sin(\theta_2 - \theta_3) \\
 &= |\dot{V}_2| |\dot{V}_1| B_{21} \sin(\theta_2 - \theta_1) + |\dot{V}_2| |\dot{V}_3| B_{23} \sin(\theta_2 - \theta_3)
 \end{aligned}$$

となり、各値を代入すると、

$$\begin{aligned}
 0.7 &= 1.05 \times 1.0 \times 10 \sin(\theta_2 - 0) + 1.05 |\dot{V}_3| \times 10 \sin(\theta_2 - \theta_3) \\
 &= 10.5 \sin \theta_2 + 10.5 |\dot{V}_3| \sin(\theta_2 - \theta_3)
 \end{aligned}$$

と求められる。

(5) $\theta_2 = 0$, $\theta_3 = 0$, $|\dot{V}_3| = 1.0$ を初期値とした場合、1回目の収束計算における P_2 の指定値と計算値との誤差を求める

図2に沿って P_2 の計算値 $P_2(\mathbf{x}_e)$ を求めると、

$$\begin{aligned}
 P_2(\mathbf{x}_e) &= 10.5 \sin \theta_2 + 10.5 |\dot{V}_3| \sin(\theta_2 - \theta_3) \\
 &= 10.5 \sin 0 + 10.5 \times 1.0 \sin(0 - 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

となり、 P_2 の指定値 $P_{2s} = 0.7$ であるから、その誤差 ΔP_2 は、

$$\begin{aligned}
 \Delta P_2 &= P_{2s} - P_2(\mathbf{x}_e) \\
 &= 0.7 - 0 \\
 &= 0.7
 \end{aligned}$$

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

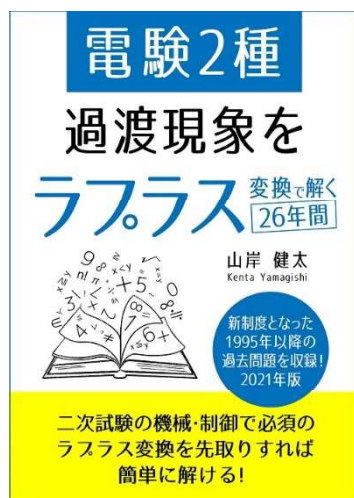
電験 3 種から 1 種まで幅広く試験に対応しています。

収録問題	収録年数	販売予定日
電験 3 種 全科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 3 種 理論科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 3 種 電力科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 3 種 機械科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 3 種 法規科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 2 種一次試験 全科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 2 種一次試験 理論科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 2 種一次試験 電力科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 2 種一次試験 機械科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 2 種一次試験 法規科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	発売中
電験 2 種二次試験 全科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	発売中
電験 1 種一次試験 全科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 1 種一次試験 理論科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 1 種一次試験 電力科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 1 種一次試験 機械科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	販売中
電験 1 種一次試験 法規科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 年間	発売中
電験 1 種二次試験 全科目	平成 23 年～令和 3 年の 11 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 4 年度版

令和 4 年 5 月 31 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

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。