

令和 5 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4年

最新12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5年度版（年度順）

## 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
年度順 問題一覧.....	6
分野順 問題一覧.....	12
本書の特長.....	18
電力・管理.....	19
令和4年.....	20
令和3年.....	36
令和2年.....	51
令和元年.....	65
平成30年.....	78
平成29年.....	97
平成28年.....	108
平成27年.....	118
平成26年.....	128
平成25年.....	140
平成24年.....	155
平成23年.....	173
試験会場に持ち込める「最強の武器」.....	187
機械・制御.....	189
令和4年.....	190
令和3年.....	203
令和2年.....	214
令和元年.....	227
平成30年.....	235
平成29年.....	245
平成28年.....	255
平成27年.....	268
平成26年.....	277
平成25年.....	287
平成24年.....	298
平成23年.....	312
関連書籍のご紹介.....	322

## 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 12 年間（令和 4 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 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/c1/>）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 5 年 3 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が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 問題の出来が良かつたからといって油断していると、足元を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 5 年 8 月下旬

二次試験：令和 5 年 11 月中旬

## **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。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4年	108点	平均点	平均点
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 4 年

#### 電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	火力発電所におけるタービン発電機の進相運転に関する論説問題	火力
問 2	四端子定数を用いたフェランチ効果の検討に関する計算問題	送電
問 3	変電所の効率的な運用に関する計算問題	変電
問 4	1 機無限大母線系統における過渡安定性とその向上対策に関する論説問題	送電
問 5	油入変圧器の絶縁劣化診断するための試験に関する空欄穴埋問題	電気施設管理
問 6	異容量 V 結線方式による電力供給に関する計算問題	配電

#### 機械・制御科目

NO.	論点	分類
問 1	単位法を使用した三相円筒形同期発電機の演算に関する計算問題	回転機
問 2	回生制動している三相誘導電動機に関する計算問題	回転機
問 3	三相インバータの出力電圧に関する計算問題	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偏差に関する計算問題	自動制御

### 令和 3 年

#### 電力・管理科目

NO.	論点	分類
問 1	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	発変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	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变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	超高压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

## 分野順 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
R04 問 1	火力発電所におけるタービン発電機の進相運転に関する論説問題
R02 問 1	汽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	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
H23 問 2	コンバインドサイクル発電と一般的な汽力発電との比較に関する論説問題

#### 変電

NO.	論点
R04 問 3	変電所の効率的な運用に関する計算問題
R04 問 5	油入変圧器の絶縁劣化診断するための試験に関する空欄穴埋問題
R03 問 2	発変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

NO.	論点
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
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
<b>送電</b>	
NO.	論点
R04 問 2	四端子定数を用いたフェランチ効果の検討に関する計算問題
R04 問 4	1 機無限大母線系統における過渡安定性とその向上対策に関する論説問題
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され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	超高压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

NO.	論点
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
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
<b>配電</b>	
NO.	論点
R04 問 6	異容量V結線方式による電力供給に関する計算問題
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
R04 問 1	単位法を使用した三相円筒形同期発電機の演算に関する計算問題
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
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
R04 問 2	回生制動している三相誘導電動機に関する計算問題
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

NO.	論点
H24 問 2	変圧器の電圧変動率に関する計算問題
<b>パワーエレクトロニクス</b>	
NO.	論点
R04 問 3	三相インバータの出力電圧に関する計算問題
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变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
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
<b>自動制御</b>	
NO.	論点
R04 問 4	フィードバック制御系の定常偏差に関する計算問題
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

**NO.** 論点

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

①

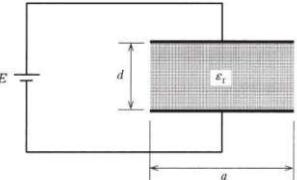
問題 【難易度】★★☆☆☆ (次々や易しい)

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<sub>r</sub>、比誘電率がε<sub>r</sub>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<sub>0</sub>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)である。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)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2 a^2}{d}$
(ト)	$\frac{\epsilon_0 a^2}{d}$	(チ)	$\frac{3}{2}\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)a^2}{d}E^2$	(リ)	$\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)a^2}{d}E$
(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)	$\frac{1}{2}\frac{\epsilon_0 a^2}{d}E^2$	(ヨ)	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<sub>r</sub>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<sub>0</sub>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ε = ε<sub>r</sub>ε<sub>0</sub>、各極板の面積S = a<sup>2</sup>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: ハ

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

④

# 電力・管理

## 令和4年 問1

## 問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

火力発電所におけるタービン発電機の進相運転に関する問題です。

(1) 進相運転を実施する目的を100字程度で答えよ。

(2) 進相運転時の留意点を三つ挙げ、合わせて100字程度で答えよ。

(3) 小問(2)の留意点に対する発電所における対策を二つ挙げ、合わせて100字程度で答えよ。

## 【正答チェック表】

日ouchi	(1)	(2)	(3)

## 【ワンポイント解説】

火力発電所での進相運転に関する問題です。

進相運転に関しては系統負荷の重負荷時と軽負荷時の特性の違い、定態安定度のメカニズム等総合的な知識が必要となります。

それぞれ忘れてしまった方は2種のテキスト等で復習するようにして下さい。

## 1.送電端電圧と受電端電圧の関係

送電端電圧  $\dot{V}_s$ 、受電端電圧  $\dot{V}_r$ 、負荷電流  $\dot{I}$ 、送電線の抵抗  $R$ 、送電線のリアクタンス  $X$  とすると、遅れ負荷、進み負荷に電力を供給するときのベクトル図は図1のようになります。

これより、受電端電圧  $\dot{V}_r$  が等しいときには、送電端電圧  $\dot{V}_s$  は進み負荷の方が小さくなることがわかります。

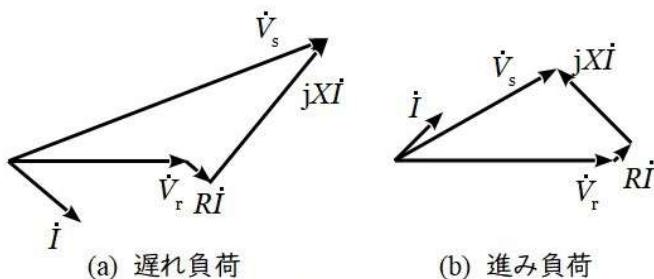


図1

② 界磁電流の強弱と電気子電流の位相の向きの覚え方については、以下のブログ記事も参考になるかと思います。

<https://den1-tanaoroshi.com/difference-between-synchronousmachinary>

## 2.定態安定度のメカニズム

送電端電圧を  $V_s$  [V]、受電端電圧を  $V_r$  [V]、送電線のリアクタンスを  $X$  [ $\Omega$ ]、 $V_s$  と  $V_r$  の負荷角を  $\delta$  [rad] とすると、送電電力  $P$  [W] は、

$$P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta$$

で表され、同期化力  $\frac{dP}{d\delta}$  は、

$$\frac{dP}{d\delta} = \frac{V_s V_r}{X} \cos \delta$$
 となります。 $\frac{dP}{d\delta} > 0$  の時、発電機は安定となり、 $\delta = \frac{\pi}{2}$  の時安定限界となります。

したがって、定態安定度を上げるには電圧階級を上げる、送電線のリアクタンスを下げる、負荷角を小さくする、等の方法があることがわかります。

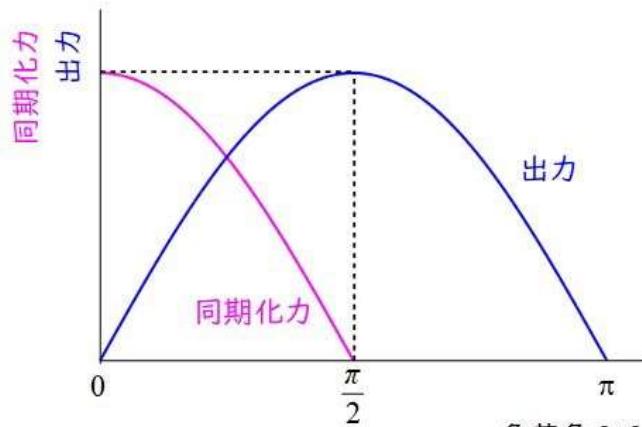


図2

## 【解答】

## (1)進相運転を実施する目的

## (ポイント)

- 一般に昼間の重負荷時は力率は遅れとなり、夜間軽負荷時はケーブルや送電線の静電容量により力率は進みとなります。
- 分路リアクトルや調相設備で力率を調整する一方、発電機では進相運転を行い系統の電圧上昇を抑制します。

## (試験センター解答)

深夜などの軽負荷時に系統側の進み負荷が過剰となり系統電圧が上昇する。そこで系統側で発生する過剰な無効電力を、タービン発電機の励磁電流を下げ進相運転を行うことで吸収し、系統電圧の上昇を抑制するのが目的である。

**(2)進相運転時の留意点を三つ****(ポイント)**

- ・ワンポイント解説「1.送電端電圧と受電端電圧の関係」の通り、進相運転により発電機電圧は低くなります。
- ・ワンポイント解説「2.定態安定度のメカニズム」の通り、発電機電圧が下がると定態安定度は低下します。
- ・進相運転では、固定子鉄心端部を通る漏れ磁束が増加することにより過熱しやすくなります。

**(試験センター解答例)**

- ① 内部誘導起電力が低くなるため、同期化力が減少し、定態安定度が低下する。
- ② 漏れ磁束が固定子端部に通りやすくなり渦電流が増え、発電機固定子鉄心端部が過熱する。
- ③ 端子電圧低下により所内電圧が異常に低下する。

**(3)小問(2)の留意点に対する発電所における対策を二つ****(ポイント)**

- ・定態安定度は電圧が下がるとどうしても下がってしまうので、高速度 AVR を導入する等で電圧の変動を小さくする方法が取られます。
- ・固定子鉄心端部の過熱対策には、回転子保持環を非磁性体にしたり、漏れ磁束に対する磁気抵抗を高めたりする等の対策が取られます。
- ・所内電圧の調整には、所内変圧器に負荷時タップ切換器を設置して所内電圧が異常低下しないようにしています。

**(試験センター解答例)**

以下の対策から二つ記載されればよい。

- ① 高速度 AVR を設置し端子電圧の変動を少なくさせ定態安定度を向上させるとともに、不足励磁制限装置により下限値設定を行う。
- ② 所内電圧が異常に低下しないように所内変圧器に負荷時タップ切換器を設置して安全運転範囲内にする。
- ③ 非磁性保持環、鉄心の段落とし、磁束シャントなどの採用により、固定子鉄心端部を通る漏れ磁束を低減する。
- ④ 非磁性押え板、押え板の銅板シールド、鉄心端部のスリットなどの採用により固定子鉄心端部の渦電流を低減する。

## 令和4年 問2

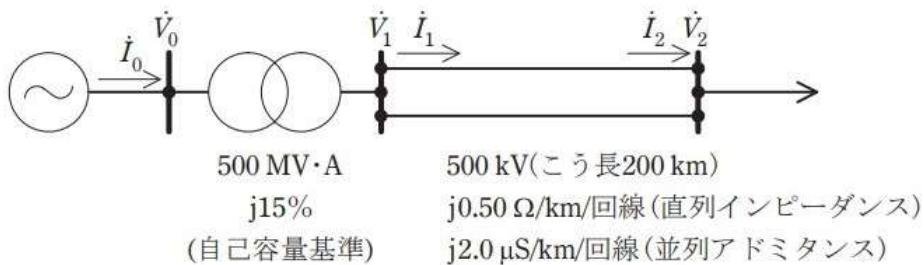
## 問題 【難易度】★★★☆☆ (普通)

図に示す電源、変圧器、架空送電線から構成される三相が平衡した電力系統を対象として、四端子定数を用いてフェランチ効果の検討を行う。送電線は公称電圧 500 kV、こう長 200 km の二回線送電線とし、その直列リアクタンスは  $0.50 \Omega/km$ 、並列サセプタンスは  $2.0 \mu S/km$  (ともに正相に対する一回線値)とする。また変圧器は容量  $500 \text{ MV}\cdot\text{A}$  で、漏れリアクタンスは 15 % (自己容量基準)とする。ここで、上記以外のインピーダンス等は全て無視する。

- (1) 二回線送電線の  $\pi$  形等価回路を示し、回路中の直列インピーダンス、並列アドミタンスを単位法で記せ。ここで、基準容量は  $1000 \text{ MV}\cdot\text{A}$  とし、基準電圧は線路の公称電圧とする。

小問(2)以降の計算は全て単位法で行う。

- (2) 送電線の送電端の電圧  $\dot{V}_1$ 、電流  $\dot{I}_1$  をそれぞれ受電端の電圧  $\dot{V}_2$ 、電流  $\dot{I}_2$  で表す式を導出せよ。ここに  $\dot{I}_1$ 、 $\dot{I}_2$  は二回線合計の電流であり、その向きは図示のとおりとする。  
 (3) 電源の端子電圧  $\dot{V}_0$ 、電流  $\dot{I}_0$  をそれぞれ  $\dot{V}_1$ 、 $\dot{I}_1$  で表す式を導出せよ。ここに  $\dot{I}_0$  の向きは図に示すとおりとする。  
 (4) 送電線を無負荷 ( $\dot{I}_2 = 0$ ) とするとき、送電線の受電端電圧の大きさ  $|\dot{V}_2|$  を求めよ。なお電源の端子電圧の大きさ  $|\dot{V}_0|$  は 1.05 p.u. とする。



## 【正答チェック表】

日ouchi	(1)	(2)	(3)	(4)

### 【ワンポイント解説】

四端子定数を用いた送電線の電圧計算に関する問題です。

解法自体は1種としてはそれほど難解ではなかったと思いますが、(1)で二回線送電線のインピーダンスやアドミタンスの取扱いを間違えると、その後も連鎖的に間違えてしまう落とし穴がありますので、十分に注意して取り組んで下さい。

#### 1.オーム法から単位法への変換

基準容量  $P_n$  [V·A]、基準電圧  $V_n$  [V]、基準電流  $I_n$  [A] の時、インピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ] を単位法で表すと、

$$\begin{aligned} Z [\text{p.u.}] &= \frac{Z [\Omega] I_n}{\frac{V_n}{\sqrt{3}}} (\text{定義}) = \frac{\sqrt{3}Z [\Omega] I_n}{V_n} \\ &= \frac{\sqrt{3}Z [\Omega] V_n I_n}{V_n^2} = \frac{P_n Z [\Omega]}{V_n^2} (\because P_n = \sqrt{3}V_n I_n) \end{aligned}$$

となります。

#### 2.単位法における容量換算

「1.オーム法から単位法への変換」の通り、単位法のインピーダンスは基準容量に比例します。したがって、基準容量  $P_A$  から  $P_B$  へ変換する場合の単位法におけるインピーダンスは、

$$Z_B [\text{p.u.}] = \frac{P_B}{P_A} Z_A [\text{p.u.}]$$

となります。

#### 3.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、 $\pi$ 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、 $\pi$ 形等価回路は図1、T形等価回路は図2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。

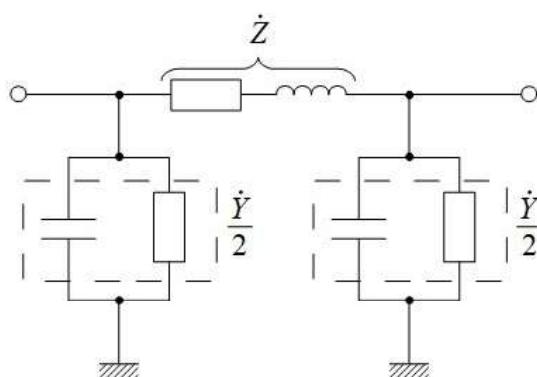


図1  $\pi$ 形等価回路

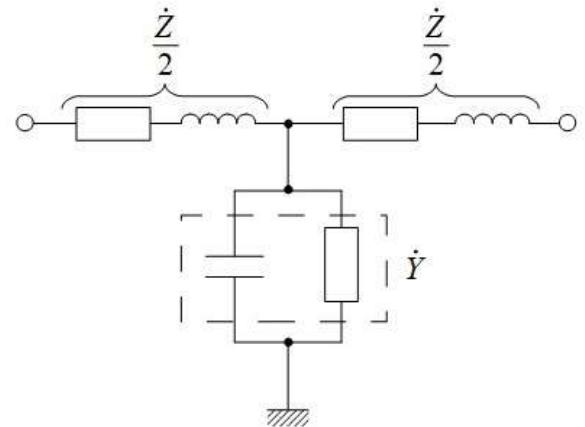


図2 T形等価回路

#### 【解答】

##### (1)二回線送電線の $\pi$ 形等価回路を示し、回路中の直列インピーダンス、並列アドミタンスを単位法で記す

二回線送電線の直列インピーダンス  $\dot{Z}$  [ $\Omega$ ] 及び並列アドミタンス  $\dot{Y}$  [ $\mu S$ ] は、

$$\begin{aligned} \dot{Z} &= \frac{j0.50 \times 200}{2} \\ &= j50 [\Omega] \\ \dot{Y} &= j2.0 \times 200 \times 2 \\ &= j800 [\mu S] \end{aligned}$$

であるから、それぞれ単位法で表すと、ワンポイント解説「1.オーム法から単位法への変換」の通り、

$$\begin{aligned} \dot{Z} [\text{p.u.}] &= \frac{P_n Z [\Omega]}{V_n^2} \\ &= \frac{1000 \times 10^6 \times j50}{(500 \times 10^3)^2} \\ &= j0.2 [\text{p.u.}] \\ \dot{Y} [\text{p.u.}] &= \frac{V_n^2 Y [\text{S}]}{P_n} \\ &= \frac{(500 \times 10^3)^2 \times j800 \times 10^{-6}}{1000 \times 10^6} \\ &= j0.2 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

となる。したがって、 $\pi$ 形等価回路はワンポイント解説「3.  $\pi$ 形等価回路とT形等価回路」の通り図3のように描け、直列インピーダンス  $\dot{Z} = j0.2$  [p.u.]、並列アドミタンス  $\frac{\dot{Y}}{2} = j0.1$  [p.u.] と求められる。

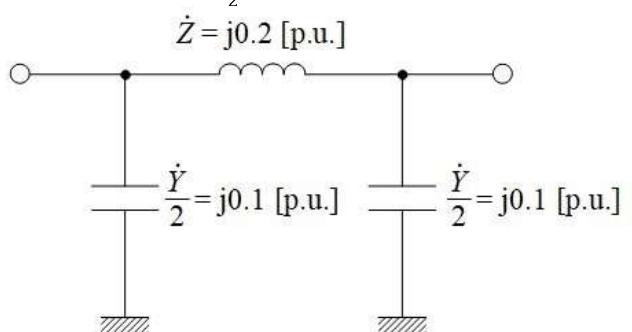


図3

**(2)  $\dot{V}_1, \dot{I}_1$  をそれぞれ  $\dot{V}_2, \dot{I}_2$  で表す式**図3より  $\dot{V}_1$  は、

$$\begin{aligned}\dot{V}_1 &= \dot{V}_2 + \dot{Z} \left( \dot{I}_2 + \frac{\dot{Y}}{2} \dot{V}_2 \right) \\ &= \dot{V}_2 + j0.2(\dot{I}_2 + j0.1\dot{V}_2) \\ &= \dot{V}_2 + j0.2\dot{I}_2 - 0.02\dot{V}_2 \\ &= 0.98\dot{V}_2 + j0.2\dot{I}_2\end{aligned}$$

と求められ、同様に  $\dot{I}_1$  は、

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= \frac{\dot{Y}}{2} \dot{V}_1 + \dot{I}_2 + \frac{\dot{Y}}{2} \dot{V}_2 \\ &= j0.1(0.98\dot{V}_2 + j0.2\dot{I}_2) + \dot{I}_2 + j0.1\dot{V}_2 \\ &= j0.098\dot{V}_2 - 0.02\dot{I}_2 + \dot{I}_2 + j0.1\dot{V}_2 \\ &= j0.198\dot{V}_2 + 0.98\dot{I}_2\end{aligned}$$

と求められる。

**(3)  $\dot{V}_0, \dot{I}_0$  をそれぞれ  $\dot{V}_1, \dot{I}_1$  で表す式**1 000 MV·A 基準の変圧器のインピーダンス  $\dot{Z}_T$  [p.u.] は、ワンポイント解説「2. 単位法における容量換算」の通り、

$$\begin{aligned}\dot{Z}_T &= \frac{1000}{500} \times j0.15 \\ &= j0.3 \text{ [p.u.]}\end{aligned}$$

であるから、

$$\begin{aligned}\dot{V}_0 &= \dot{V}_1 + \dot{Z}_T \dot{I}_1 \\ &= \dot{V}_1 + j0.3\dot{I}_1 \\ \dot{I}_0 &= \dot{I}_1\end{aligned}$$

と求められる。

**(4) 無負荷 ( $\dot{I}_2 = 0$ ) とするとき、送電線の受電端電圧の大きさ  $|\dot{V}_2|$** 

(2) 解答式及び(3)解答式を四端子定数で表すと、

$$\begin{aligned}\begin{pmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{I}_1 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 0.98 & j0.2 \\ j0.198 & 0.98 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{V}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} \dot{V}_0 \\ \dot{I}_0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & j0.3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{I}_1 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

であるから、この2式より、

$$\begin{aligned}\begin{pmatrix} \dot{V}_0 \\ \dot{I}_0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & j0.3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.98 & j0.2 \\ j0.198 & 0.98 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{V}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 0.98 - 0.0594 & j0.2 + j0.294 \\ j0.198 & 0.98 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{V}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 0.9206 & j0.494 \\ j0.198 & 0.98 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{V}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

となる。題意より無負荷 ( $\dot{I}_2 = 0$ ) であるから、

$$\dot{V}_0 = 0.9206\dot{V}_2$$

となるので、受電端電圧の大きさ  $|\dot{V}_2|$  は、

$$\begin{aligned}|\dot{V}_2| &= \frac{|\dot{V}_0|}{0.9206} \\ &= \frac{1.05}{0.9206} \\ &= 1.14 \text{ [p.u.]}\end{aligned}$$

と求められる。

※問題文に四端子定数と記載があるので解答では四端子定数の行列を使用して解説していますが、実際の試験では下記の方法の通り(2)及び(3)の解答式に  $\dot{I}_2 = 0$  を代入して、 $\dot{V}_0 = 0.9206\dot{V}_2$  を導き出しても良いかと思います。

(3) 解答式に(2)解答式を代入すると、

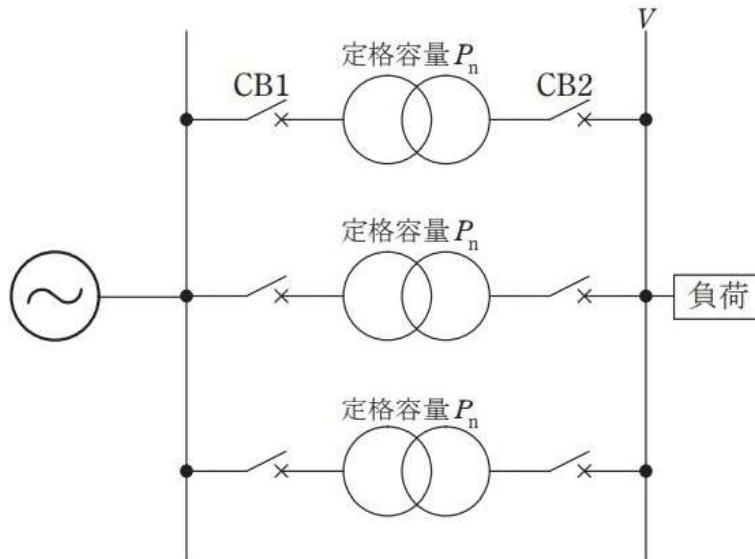
$$\begin{aligned}\dot{V}_0 &= \dot{V}_1 + j0.3\dot{I}_1 \\ &= 0.98\dot{V}_2 + j0.2\dot{I}_2 + j0.3(j0.198\dot{V}_2 + 0.98\dot{I}_2) \\ &= 0.98\dot{V}_2 + j0.3 \times j0.198\dot{V}_2 \\ &= 0.9206\dot{V}_2\end{aligned}$$

## 令和4年 問3

## 問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

図に示した変電所において効率的な運転を行いたい。3台の変圧器は同一特性である。変圧器1台当たりの定格容量を $P_n$ 、鉄損を $P_i$ 、銅損を $P_c$ 、変圧器の負荷側の電圧を $V$ 、電流を $I$ 、力率を1としたとき、変圧器1台当たりの効率 $\eta$ は①式で表される。なお、変圧器は全て定格電圧で運転されており、鉄損 $P_i$ は $V$ 、 $I$ に依存せず、銅損 $P_c$ は電流 $I^2$ に比例する。また、遮断器(CB)の開閉の前後で母線電圧は変化しないものとする。

$$\eta = \frac{\sqrt{3}VI}{\sqrt{3}VI + P_i + P_c} \times 100 [\%] \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad \textcircled{1}$$



変圧器3台運転から、CB1・CB2を開いて変圧器2台運転とした方が、変電所の効率が高くなる全変圧器負荷容量 $L$ の範囲を次のa)~f)に従い求めよ。ただし、変圧器1台当たりの定格運転時の銅損を $P_{c0}$ とする。

- a) 全変圧器負荷容量が $L$ のときの変圧器 $n$ 台運転時の1台当たりの銅損 $P_{c1}$ を $L$ 、 $P_{c0}$ 、 $P_n$ 、 $n$ を用いて表せ。
- b)  $n$ 台運転時の変圧器の全損失 $W_n$ を $L$ 、 $P_i$ 、 $P_{c0}$ 、 $P_n$ 、 $n$ を用いて表せ。
- c)  $(n-1)$ 台で運転したときの変圧器の全損失 $W_{n-1}$ を $L$ 、 $P_i$ 、 $P_{c0}$ 、 $P_n$ 、 $n$ を用いて表せ。ただし、 $n \geq 2$ とする。
- d)  $W_{n-1} < W_n$ の関係式を用いて $W_2 < W_3$ となる全変圧器負荷容量 $L$ の範囲を $P_i$ 、 $P_{c0}$ 、 $P_n$ を用いて表せ。

次に、変圧器は負荷率 $\varepsilon$ のときに最高効率 $k(<1)$ をとるものとし、このとき②式が成り立つ。

$$\text{鉄損 } P_i = \text{銅損 } P_c \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad \textcircled{2}$$

- e) 変圧器1台当たりの $P_i$ と $P_{c0}$ を $P_n$ 、 $k$ 、 $\varepsilon$ を用いて表せ。
- f) 前問d)における $W_2 < W_3$ となる全変圧器負荷容量 $L$ の範囲を $\varepsilon$ 、 $P_n$ を用いて表せ。

## 【正答チェック表】

日にち	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)

### 【ワンポイント解説】

変圧器の効率的な運用に関する問題です。  
条件がすべて与えられ、その場で考えながら解いていくいかにも1種らしい問題と言えます。  
合格に向けては本問のような問題を確実に選択し、  
高得点できるようになることが重要です。

### 【解答】

#### a)全変圧器負荷容量がLのときの変圧器n台運転時の1台当たりの銅損P<sub>c1</sub>

変圧器1台あたりの負荷分担は $\frac{L}{n}$ であり、銅損は負荷の2乗に比例するから、

$$P_{c1} = \left( \frac{L}{n} \right)^2 P_{c0} = \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 n^2}$$

と求められる。

#### b) n台運転時の変圧器の全損失W<sub>n</sub>

1台あたりの全損失W<sub>1</sub>は、

$$W_1 = P_i + P_{c1} = P_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 n^2}$$

であるから、n台運転時の変圧器の全損失W<sub>n</sub>は、

$$W_n = nW_1 = n \left( P_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 n^2} \right) = nP_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 n}$$

と求められる。

#### c) (n-1)台で運転したときの変圧器の全損失W<sub>n-1</sub>

b)の解答式をn→(n-1)に置き換えると、

$$W_{n-1} = (n-1)P_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 (n-1)}$$

と求められる。

#### d) W<sub>2</sub><W<sub>3</sub>となる全変圧器負荷容量Lの範囲

b), c)の解答式にn=3を代入してW<sub>2</sub><W<sub>3</sub>の式を整理すると、

$$2P_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 \times 2} < 3P_i + \frac{L^2 P_{c0}}{P_n^2 \times 3}$$

$$\frac{L^2 P_{c0}}{2P_n^2} - \frac{L^2 P_{c0}}{3P_n^2} < P_i$$

$$\frac{L^2 P_{c0}}{6P_n^2} < P_i$$

$$L^2 < \frac{6P_n^2 P_i}{P_{c0}}$$

$$L < P_n \sqrt{\frac{6P_i}{P_{c0}}}$$

と求められる。

#### e)変圧器1台当たりのP<sub>i</sub>とP<sub>c0</sub>

①式より導出される負荷率εのときの効率η(=k×100)からkは、

$$\eta = \frac{\varepsilon P_n}{\varepsilon P_n + P_i + \varepsilon^2 P_{c0}} \times 100$$

$$k = \frac{\varepsilon P_n}{\varepsilon P_n + P_i + \varepsilon^2 P_{c0}}$$

であり、題意よりP<sub>i</sub>=ε<sup>2</sup>P<sub>c0</sub>であるから、

$$k = \frac{\varepsilon P_n}{\varepsilon P_n + 2P_i}$$

$$\varepsilon P_n + 2P_i = \frac{\varepsilon P_n}{k}$$

$$2P_i = \frac{\varepsilon P_n}{k} - \varepsilon P_n$$

$$= \varepsilon P_n \frac{1-k}{k}$$

$$P_i = \varepsilon P_n \frac{1-k}{2k}$$

と求められる。また、P<sub>c0</sub>は、

$$P_{c0} = \frac{P_i}{\varepsilon^2}$$

$$= \varepsilon P_n \frac{1-k}{2k} \cdot \frac{1}{\varepsilon^2}$$

$$= P_n \frac{1-k}{2\varepsilon k}$$

と求められる。

#### f) W<sub>2</sub><W<sub>3</sub>となる全変圧器負荷容量Lの範囲

d) 解答式にe) 解答式を代入すると、

$$L < P_n \sqrt{\frac{6P_i}{P_{c0}}}$$

$$= P_n \sqrt{\frac{6\varepsilon P_n \frac{1-k}{2k}}{P_n \frac{1-k}{2\varepsilon k}}}$$

$$= P_n \sqrt{\frac{6\varepsilon}{\frac{1}{\varepsilon}}} = P_n \sqrt{6\varepsilon^2}$$

$$= \sqrt{6} P_n \varepsilon$$

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

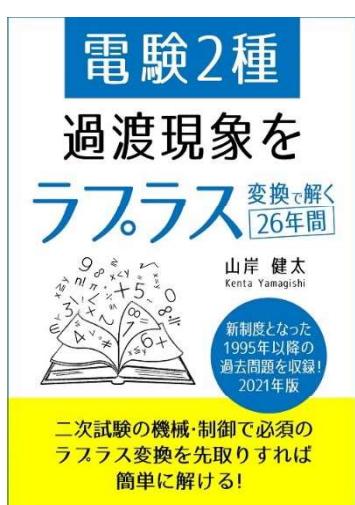
電験3種から1種まで幅広く試験に対応しています。

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4年上期の12回分	販売中
電験3種 理論科目	平成23年～令和4年上期の12回分	販売中
電験3種 電力科目	平成23年～令和4年上期の12回分	販売中
電験3種 機械科目	平成23年～令和4年上期の12回分	販売中
電験3種 法規科目	平成23年～令和4年上期の12回分	販売中
電験2種一次試験 全科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験2種一次試験 理論科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験2種一次試験 電力科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験2種一次試験 機械科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験2種一次試験 法規科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験2種二次試験 全科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種一次試験 全科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種一次試験 理論科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種一次試験 電力科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種一次試験 機械科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種一次試験 法規科目	平成23年～令和4年の12年分	販売中
電験1種二次試験 全科目	平成23年～令和4年の12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 5 年度版（年度順）

---

令和 5 年 3 月 15 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

表 紙：どんぶらこ design

- 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。