

## 本当によくわかる電験2種二次試験の過去問完全解説 2020年版 第1巻

### 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
本書の特長 .....	6
電力・管理 .....	7
試験会場に持ち込める「最強の武器」.....	84
機械・制御 .....	86
関連書籍のご紹介.....	146

## 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 種二次試験の 2 科目についての 6 年間（2014～2019 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。

### 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売しているため、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となりました。

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 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>）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 2018 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や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 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。

2020 年 8 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。

## 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 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

		2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
合格点		102 点	90 点	99 点	99 点	108 点	108 点
平均点	電力・管理	平均点-5 点	平均点-5	平均点-5 点	平均点-5 点	平均点-5 点	平均点
	機械・制御	平均点-5 点	平均点-5	平均点-5 点	平均点-5 点	平均点-5 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  $\epsilon_r$  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  $\epsilon_0$  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) $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r^2 - 1)a^2}{d} E^2$	(レ) $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)^2 a^2}{d} E^2$
(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

②

【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い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  $\epsilon$ 、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  $\epsilon_r$  の誘電体を挿入すると、極板間の誘電率  $\epsilon$  は、真空の誘電率  $\epsilon_0$  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

2014年 問1

問題 【難易度】★★☆☆☆（やや易しい）

フランス水車を設置するダム水路式水力発電所における水撃作用について、次の問に答えよ。

- (1) 水撃作用が発生する主な原因を説明せよ。
- (2) 設計段階で水撃作用に対する機械的強度の確保や対策設備の設置を考慮しなかった場合、水車及び水路のどのような部分に被害の発生が考えられるか説明せよ。
- (3) この発電所で水撃作用による被害を避けるため、機械的強度の確保とは別に採用される、設備による対策事例を二つ挙げ、その設備名称、設備の設置場所及びその仕組みを説明せよ。

【正答チェック表】

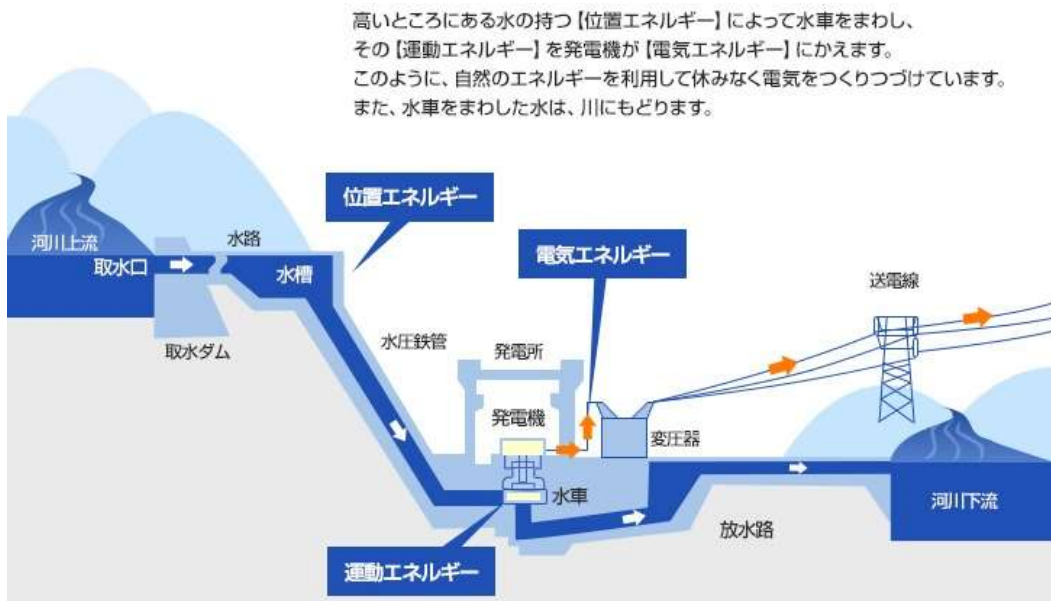
日にち	(1)	(2)	(3)

【ワンポイント解説】

水力発電所のフロー図とそれぞれの目的を理解していれば、比較的容易に解ける問題であるため、本問を選択した受験生は多いと思います。

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



## 【解答】

**(1)水撃作用が発生する主な原因**

(ポイント)

- ・送電線事故等により負荷の需給バランスが取れなくなると、タービン発電機が回転数が乱れる。負荷が少なくなった場合は周波数が上昇し、タービン発電機の回転数が上昇する。
- ・発電所において、タービンや発電機の損傷は甚大な事故に繋がるため、定格回転数の 111%以上となると非常调速機が働き、入口のガイドベーンを急閉する仕組みになっている。
- ・入口ガイドベーンが閉じるとそれまでタービンに流れていた水の運動エネルギーが圧力エネルギーとなり、水圧管路等を損傷させる可能性がある。

(試験センター解答例)

発電機や発電所構内事故あるいは送電線事故などにより、保護装置が発電機の負荷を自動遮断した場合、水車・発電機が危険な速度まで速度上昇しないよう、(调速機及び保護装置により)ガイドベーンを急速閉止する。この場合、流水を急激に停止させたことにより、運動エネルギー(水流による慣性)が圧力エネルギー(高圧力)となって、水撃が発生する。

**(2)水撃作用により水車及び水路のどのような部分に被害の発生**

(ポイント)

- ・ワンポイント解説のフローから、サージタンクがなかった場合、どの辺りに被害が生じるかを考えれば良い。

(試験センター解答例)

水撃作用の圧力変動により、水車のケーシング、水圧管路あるいは圧力トンネルを損傷するおそれがある。

**(3)機械的強度の確保とは別に採用される、設備による対策事例を二つ挙げ、その設備名称、設備の設置場所及びその仕組みを説明**

(ポイント)

- ・水撃作用の対策として、第一にサージタンクを圧力トンネルの途中又は末端に取り付ける。
- ・サージタンクとは別に、水圧調整装置としてペルトン水車にはデフレクタ、フランシス水車には制圧機を設ける。

(試験センター解答例)

- ①サージタンクを圧力トンネルの末端付近に設置し、水撃作用による圧力変動を吸収させる。
- ②制圧機をケーシングあるいは水圧管路の末端に設置し、水圧が危険圧力まで上昇しないよう、调速機(ガバナー)によるガイドベーンの急速閉止に連動して、この制圧機の弁体を開放し、ケーシング及び水圧管路内の水圧を逃がす。

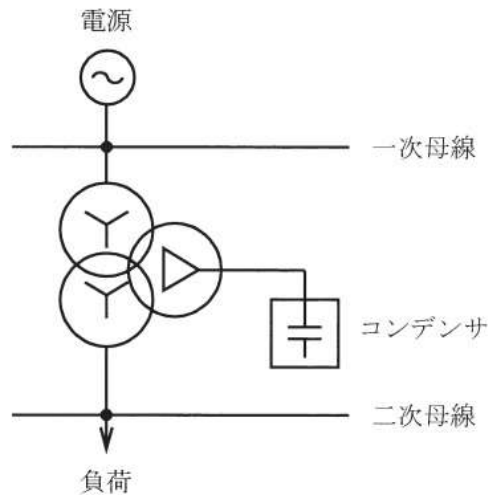
2014年 問2

問題 【難易度】★★★☆☆ (普通)

図のように変電所から、皮相電力 $100 \text{ MV}\cdot\text{A}$ 、遅れ力率 $80\%$ の負荷に電力を供給している。変圧器の一次、二次及び三次の定格線間電圧は $154 \text{ kV}$ 、 $77 \text{ kV}$ 、 $22 \text{ kV}$ であり、巻線の結線は、一次側Y結線、二次側Y結線、三次側 $\Delta$ 結線である。変圧器の三次には $30 \text{ Mvar}$ の進相コンデンサが接続されている。変圧器の容量及び%インピーダンスは以下のとおりとする。

- ・容量 一次  $200 \text{ MV}\cdot\text{A}$  二次  $200 \text{ MV}\cdot\text{A}$  三次  $50 \text{ MV}\cdot\text{A}$
- ・%インピーダンス
 

一次-二次	15 %	( $200 \text{ MV}\cdot\text{A}$ ベース)
一次-三次	8 %	( $200 \text{ MV}\cdot\text{A}$ ベース)
二次-三次	2 %	( $50 \text{ MV}\cdot\text{A}$ ベース)



- (1) 二次-三次巻線間の%インピーダンスの p.u. 値を一次容量基準で表せ。
- (2) 一次、二次及び三次巻線の%インピーダンスの p.u. 値をそれぞれ一次容量基準で表せ。
- (3) 一次母線の電圧が  $152 \text{ kV}$  の場合、二次母線の電圧を求めよ。

ただし、変圧器のタップは一次  $154 \text{ kV}$  / 二次  $77 \text{ kV}$  とする。また、変圧器の励磁電流や有効電力による電圧への影響は考慮しなくてよく、巻線リアクタンスでの無効電力消費は無視する。なお、電圧降下が十分に小さいとして、簡略な計算法を用いてよい。

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)

## 【ワンポイント解説】

(3)の百分率インピーダンスにおける電圧降下の簡略な計算式を知っているかが、この問題の攻略の大きなポイントとなると思います。式の導出は電験一種レベルなので、二種では覚えるだけでも良いと思います。

**1.百分率インピーダンスの基準容量変換**

基準容量 $P_B$ で百分率インピーダンスが $\%Z_B$ であるとき基準容量 $P_A$ での百分率インピーダンス $\%Z_A$ は、

$$\%Z_A = \frac{P_A}{P_B} \%Z_B$$

となります。

**2.送電線の電圧降下の簡略式**

図1, 図2のように示される系統図及びベクトル図において、 $\dot{V}_s$ と $\dot{V}_r$ の位相差がほぼ無視できるとすると、

$$V_s \cong V_r + RP + XQ$$

となります。

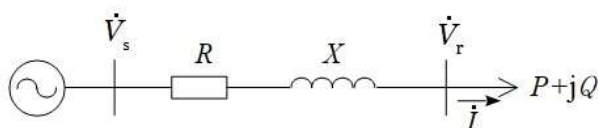


図1

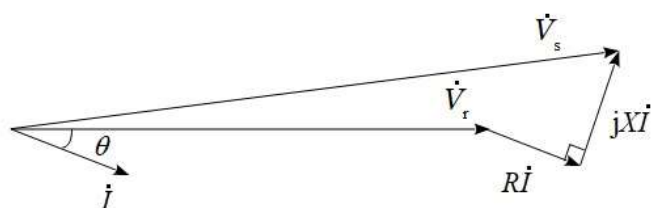


図2

① 電力工学では系統負荷を考えると遅相であることが多いため、遅相無効電力を正とした公式となっています。

## 【解答】

**(1)二次-三次巻線間の百分率インピーダンスのp.u.値**

ワンポイント解説「1.百分率インピーダンスの基準容量変換」より、二次-三次巻線間の百分率インピーダンス $\%X_{23}$ (200 MV・Aベース)は、

$$\%X_{23} = \frac{200}{50} \times 2 = 8 [\%] \rightarrow 0.08 [\text{p.u.}]$$

と求められる。

**(2)一次、二次及び三次巻線の百分率インピーダンスのp.u.値**

一次、二次及び三次巻線の百分率インピーダンスのp.u.値

を $X_1, X_2, X_3$ とすると、

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 &= 0.15 \\ X_1 + X_3 &= 0.08 \\ X_2 + X_3 &= 0.08 \end{aligned}$$

であるから、これを解くと、

$$\begin{aligned} X_1 &= 0.075 [\text{p.u.}] \\ X_2 &= 0.075 [\text{p.u.}] \\ X_3 &= 0.005 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

と求められる。

**(3)一次母線の電圧が152 kVの場合、二次母線の電圧**

一次母線の電圧のp.u.値 $V_{1\text{p.u.}}$ は、

$$\begin{aligned} V_{1\text{p.u.}} &= \frac{152}{154} \\ &\cong 0.98701 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

となる。皮相電力が100 MV・A、遅れ力率80%であるから、負荷に供給される無効電力の大きさ $Q_L$ は、

$$\begin{aligned} Q_L &= 100 \times \sqrt{1 - 0.8^2} \\ &= 60 [\text{Mvar}] \end{aligned}$$

であるから、そのp.u.値は、

$$\begin{aligned} Q_L &= \frac{60}{200} \\ &= 0.3 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

となる。三次側母線のコンデンサの容量のp.u.値 $Q$ は遅れを正とすると、

$$\begin{aligned} Q &= -\frac{30}{200} \\ &= -0.15 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

となる。

よって、一次二次母線間の電圧降下 $\Delta V_{12}$ は、

$$\begin{aligned} \Delta V_{12} &= X_1 \times (Q_L + Q) + X_2 Q_L \\ &= 0.075 \times (0.3 - 0.15) + 0.075 \times 0.3 \\ &= 0.03375 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

と求められる。したがって、二次側母線電圧 $V_{2\text{p.u.}}$ は、

$$\begin{aligned} V_{2\text{p.u.}} &= V_{1\text{p.u.}} - \Delta V_{12} \\ &= 0.98701 - 0.03375 \\ &= 0.95326 [\text{p.u.}] \end{aligned}$$

となるので、二次側母線電圧 $V_2$ は、

$$\begin{aligned} V_2 &= 77 \times V_{2\text{p.u.}} \\ &= 77 \times 0.95326 \\ &\cong 73.4 [\text{kV}] \end{aligned}$$

と求められる。

**2014年 問3**

**問題 【難易度】 ★★★☆☆ (普通)**

架空送電線の電線の太さの選定について、次の問に答えよ。

架空送電線の電線の太さを選定するにあたっては、様々な要因を考慮する必要があるが、その要因としては、電氣的要因、機械的要因（強度・重量・耐振性・工事上の取り扱いなど）や価格などがある。

- (1) 太さの選定に関係する主要な電氣的要因を4項目挙げて、その概要を説明せよ。
- (2) 上記の文章で説明されている要因のうち、機械的強度、重量、価格に上記(1)で挙げた各項目を加えた7項目の要因それぞれに関して、電線の太さが太い方が望ましいか細い方が望ましいかを理由を付して述べよ。

**【正答チェック表】**

日にち	(1)	(2)

**【ワンポイント解説】**

電線の太さの基本としては電氣的には太い方が望ましいですが、太くするとその分電線の重量が重くなるため、電線の材料費や鉄塔の建設費の増大が懸念されます。したがって、電力会社では本問に関する内容や電力安定性、経済性を含め総合的に判断し、電線の太さの選定を行っています。

## 【解答】

**(1)太さの選定に関係する主要な電氣的要因を4項目**

(ポイント)

- ・許容電流，電力損失，コロナ，電圧降下が挙げられます。電圧，電流，インピーダンス，電力等電気に関わる部分から想像することが肝要となります。
- ・あくまで本問は架空送電線に関することなので，誘電損やシース損の話は入れない方が良いでしょう。

(試験センター解答例)

許容電流，電力損失，コロナ，電圧降下のような項目が挙げられる。そこで以下には，これらの項目について記す。

## ①許容電流

一般に電線に電流が流れると温度が上昇し，ある限度以上に高くなると引張強さなどの性能が低下するので，電線の性能に悪影響を及ぼさない温度限度（最高許容温度）以下で使用しなければならない。この限度の電流を許容電流といい，電線の材質，構造，表面の状況，周囲温度，日射状態，風雨などにより異なる。

## ②電力損失

電線の径が小さい場合，抵抗 $R$ が大きくなる。抵抗 $R$ の電線に電流 $I$ が流れると $I^2R$ に相当する電力損失が発生するが，エネルギー輸送の観点から望ましいことではない。

## ③コロナ

特に高電圧の送電線において電線の径が小さい場合，周囲の電界強度が高くなり，これが過大な場合にはコロナ放電が発生し電力損失，ラジオ雑音，近接通信線の誘導障害などを与えるので，これが発生しない範囲（AC 21 kV/cm 程度）で使用しなければならない。

## ④電圧降下

電線の径が小さい場合，抵抗 $R$ と作用インダクタンス $L$ が共に大きくなるので，直列インピーダンス $\dot{Z} = R + j\omega L$ も大きくなる。直列インピーダンス $\dot{Z}$ の電線に電流 $I$ を流すと $\dot{Z}I$ の電圧降下が生じるが，送配電機器や負荷の電圧は可能なかぎり定格値近くで運用する方が望ましい。すなわち，電圧降下が過大にならないようにしなければならない。

**(2)機械的強度，重量，価格に上記(1)で挙げた各項目を加えた7項目の要因それぞれに関して，電線の太さが太い方が望ましいか細い方が望ましいか**

(ポイント)

- ・電氣的には太い方が良いことは当然として，最終的には経済性との争点が重要となります。したがって，電気事業法の第一条にも「電気事業の運営を適正かつ合理的にならしめることによって，電気の利用者の利益を保護」することが規定されています。

(試験センター解答例)

## ①機械的強度

電線の材質が同じであれば電線が太い方が，引張強さが向上するため有利である。

## ②重量

電線の材質が同じであれば電線が細い方が軽量化できるため有利である。

## ③価格

電線の材質が同じであれば電線が細い方が安価であり有利である。

## ④許容電流

電線の材質が同じであれば電線が太い方が許容電流は大きく有利である。

## ⑤電力損失

電線の材質が同じであれば電線が太い方が低抵抗となり電力損失は小さく有利である。

## ⑥コロナ

同一の材質の電線を単導体で比較すれば電線が太い方が電界強度が低くなり，コロナ発生は小さく有利である。ただし多導体を採用する場合には実効的な電界強度によって性能が左右される。

## ⑦電圧降下

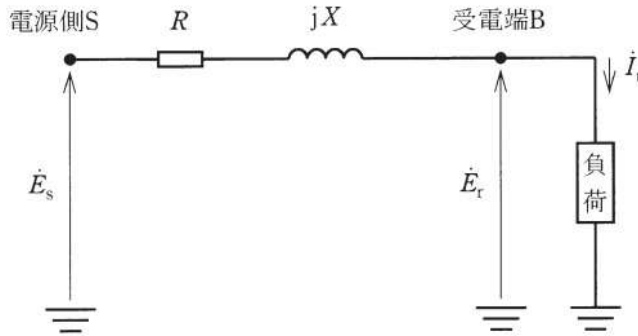
電線の材質が同じであれば電線が太い方が抵抗，リアクタンスが低くなるため，電圧降下が小さくなるので有利である。

2014年 問4

問題 【難易度】★★★★☆ (やや難しい)

図に示す等価回路の三相3線式1回線の高圧配電系統がある。電源側S点の線間電圧6.93 kV, 1線当たりの抵抗5 Ω, リアクタンス7 Ωであるとき, 次の問に答えよ。ただし, 負荷は三相抵抗負荷とする。

- (1) 電源側の相電圧 $\dot{E}_s$ , 受電端の相電圧 $\dot{E}_r$ , 負荷電流 $\dot{I}_r$ のベクトルを図示せよ。
- (2) 負荷電流が50 A流れた際の受電端の線間電圧 $\sqrt{3}|\dot{E}_r|$  [kV]を上記(1)で表したベクトル図の関係式から求めよ。ただし, 当該線路に他の負荷はなく, 漏れ電流は無視できるものとする。
- (3) 受電端B点において線路の電圧降下率が10 %となる三相抵抗負荷電力[kW]及びそのときの負荷電流[A]を求めよ。



三相3線式1回線高圧配電系統の1相分の等価回路

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)

【ワンポイント解説】

本問の場合は電圧降下の簡略式を使用して良いと書いていないので, (3)では電圧降下率の定義から正確に求める必要があります。計算がやや複雑になってしまいますが, 考え方はそれほど難しい問題ではないため, よく理解するようにしましょう。

1.電圧降下率 $\varepsilon$

送電側の相電圧を相電圧 $\dot{E}_s$ , 受電端の相電圧 $\dot{E}_r$ とした時, 電圧降下率 $\varepsilon$ は,

$$\varepsilon = \frac{|\dot{E}_s| - |\dot{E}_r|}{|\dot{E}_r|} \times 100 [\%]$$

となります。

## 【解答】

(1)電源側の相電圧 $\dot{E}_s$ , 受電端の相電圧 $\dot{E}_r$ , 負荷電流 $\dot{I}_r$ のベクトル

題意より, 負荷は三相抵抗負荷であるから, 受電端の相電圧 $\dot{E}_r$ と負荷電流 $\dot{I}_r$ の位相は等しくなる。したがって,  $\dot{E}_r$ を基準としてベクトル図を描くと図1のようになる。

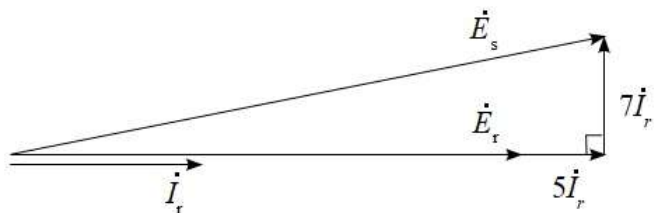


図 1

(2)負荷電流が 50 A 流れた際の受電端の線間電圧  $\sqrt{3}|\dot{E}_r|$  [kV]

題意より, 電源側S点の線間電圧6.93 kVであるから, 相電圧 $\dot{E}_s$ の大きさは,

$$\begin{aligned} |\dot{E}_s| &= \frac{6.93}{\sqrt{3}} \\ &\approx 4.0010 \text{ [kV]} \end{aligned}$$

となる。また,  $I_r = 50$  Aであるから, 線路の抵抗及びリアクタンス降下の大きさはそれぞれ

$$\begin{aligned} 5|\dot{I}_r| &= 5 \times 50 \\ &= 250 \text{ [A]} \\ 7|\dot{I}_r| &= 7 \times 50 \\ &= 350 \text{ [A]} \end{aligned}$$

となる。よって, これらを図1のベクトル図に当てはめると図2のようになる。三平方の定理より $|\dot{E}_r|$ の大きさを求めると,

$$\begin{aligned} (4.0010 \times 10^3)^2 &= (|\dot{E}_r| + 250)^2 + 350^2 \\ 16008001 &= |\dot{E}_r|^2 + 500|\dot{E}_r| + 62500 + 122500 \\ |\dot{E}_r|^2 + 500|\dot{E}_r| - 15823001 &= 0 \\ |\dot{E}_r| &= -250 \pm \sqrt{250^2 + 15823001} \\ &\approx 3735.7, -4235.7 \text{ (不適)} \rightarrow 3.7357 \text{ [kV]} \end{aligned}$$

となるので, 受電端の線間電圧の大きさは,

$$\begin{aligned} \sqrt{3}|\dot{E}_r| &= \sqrt{3} \times 3.7357 \\ &\approx 6.4704 \rightarrow 6.47 \text{ [kV]} \end{aligned}$$

と求められる。

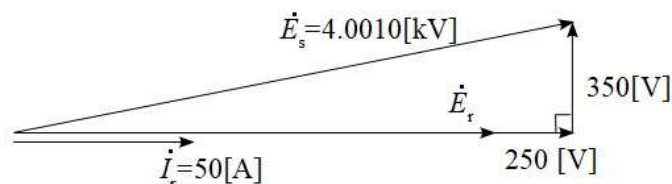


図 2

❗ 今回は純抵抗負荷であるため, ベクトル図が直角三角形になり $|\dot{E}_r|$ を求める計算が簡単になっています。

## (3)受電端B点において線路の電圧降下率が10%となる三相抵抗負荷電力[kW]及びそのときの負荷電流

## [A]

ワンポイント解説「1.電圧降下率 $\varepsilon$ 」より,

$$\begin{aligned} 0.1 &= \frac{|\dot{E}_s| - |\dot{E}_r|}{|\dot{E}_r|} \\ 0.1 &= \frac{4.0010 - |\dot{E}_r|}{|\dot{E}_r|} \\ |\dot{E}_r| &= \frac{4.0010}{1.1} \\ &\approx 3.6373 \text{ [kV]} \end{aligned}$$

であるから, ベクトル図は図3のようになる。三平方の定理により負荷電流の大きさ $|\dot{I}_r|$ を求めると,

$$\begin{aligned} (5|\dot{I}_r| + 3637.3)^2 + (7|\dot{I}_r|)^2 &= 4001.0^2 \\ 74|\dot{I}_r|^2 + 36373|\dot{I}_r| - 2778050 &= 0 \\ |\dot{I}_r| &= \frac{-36373 \pm \sqrt{36373^2 + 4 \times 74 \times 2778050}}{2 \times 74} \\ &\approx 67.189, -558.72 \text{ (不適)} \rightarrow 67.2 \text{ [A]} \end{aligned}$$

と求められる。また, 三相抵抗負荷電力 $P$ は,

$$\begin{aligned} P &= 3|\dot{E}_r||\dot{I}_r| \\ &= 3 \times 3.6373 \times 67.189 \\ &\approx 733.16 \rightarrow 733 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

と求められる。

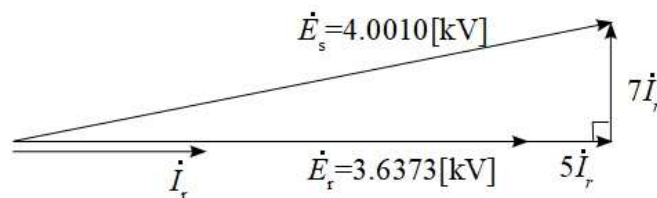


図 3

2014年 問5

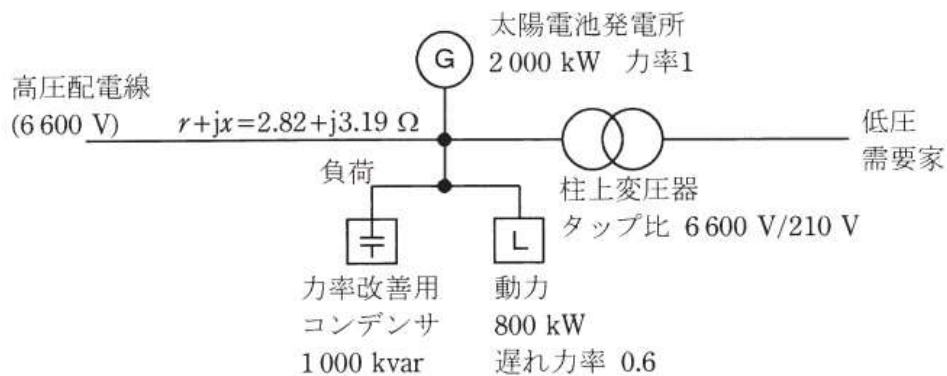
問題 【難易度】★★★★☆☆（普通）

図に示すような三相3線式高圧配電線の末端に負荷が接続されており、新たに太陽電池発電所を設置した場合の逆潮流による電圧上昇について、次の問に答えよ。

ただし、低圧需要家側の電流は無視し、計算諸元は次のとおりとする。

- ・ 高圧配電線電圧：高圧6600 V
  - ・ 高圧配電線インピーダンス： $r + jx = 2.82 + j3.19 \Omega$
  - ・ 柱上変圧器のタップ比：一次電圧/二次電圧 6600 V/210 V
  - ・ 負荷：動力800 kW，遅れ力率0.6  
力率改善用コンデンサ1000 kvar
  - ・ 太陽電池発電所：出力2000 kW，力率1
  - ・ 電流値計算にあたっては、高圧配電線電圧6600 Vを用いる
- (1) 負荷側に流れる有効電流 $I_{PL}$  [A]と無効電流 $I_{QL}$  [A]を求めよ。
  - (2) 太陽電池発電所が接続されることによる低圧需要家側の受電電圧 $V_L$  [V]を求めよ。ただし、逆潮流による配電線の電圧上昇 $\Delta V$ は、負荷側に流れる電流を正とした場合、  

$$\Delta V = -\sqrt{3}(\text{有効電流} \times \text{線路の抵抗分} + \text{無効電流} \times \text{線路のリアクタンス分})$$
 で求めよ。
  - (3) 上記(2)で求めた受電電圧 $V_L$  [V]は、法令で定める維持すべき電圧をいくら超えているか。その値 $V_D$  [V]を求めよ。
  - (4) 高圧配電線，負荷，太陽電池発電所及び柱上変圧器で考えられる電圧上昇抑制対策を二つ述べよ。



【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)



## 【ワンポイント解説】

太陽電池発電所を建設したことにより潮流計算から電圧上昇がどうなるかを求める、極めて近代的な問題と言えます。有効電流と無効電流の向きに注意して、電圧がどのように上昇するか考え解くようにして下さい。

**1.電気事業法施行規則における維持すべき電圧**

電気事業法施行規則第44条において維持すべき電圧は以下のように定められています。

標準電圧	維持すべき値
100 [V]	101 ± 6 [V]
200 [V]	202 ± 20 [V]

## 【解答】

**(1)負荷側に流れる有効電流 $I_{PL}$  [A]と無効電流 $I_{QL}$  [A]**

負荷の有効電力 $P$ と無効電力 $Q$ の大きさは、

$$P = 800 \text{ [kW]}$$

$$Q = 800 \times \frac{\sqrt{1-0.6^2}}{0.6} = 1000$$

$$\cong 66.667 \text{ [kvar]}$$

であるから、負荷側に流れる有効電流 $I_{PL}$  [A]と無効電流 $I_{QL}$  [A]の大きさは、

$$I_{PL} = \frac{P}{\sqrt{3} \times 6600}$$

$$= \frac{800 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6600}$$

$$\cong 69.981 \rightarrow 70.0 \text{ [A]}$$

$$I_{QL} = \frac{Q}{\sqrt{3} \times 6600}$$

$$= \frac{66.667 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6600}$$

$$\cong 5.8319 \rightarrow 5.83 \text{ [A]}$$

と求められる。

**(2)太陽電池発電所が接続されることによる低圧需要家側の受電電圧 $V_L$  [V]**

太陽電池発電所を接続することによる逆潮流 $I_G$  [A]は力率が1であるから、すべて有効電流となり、その大きさは、

$$I_G = \frac{2000}{\sqrt{3} \times 6600}$$

$$\cong 174.95 \text{ [A]}$$

となる。よって、設問にて与えられた電圧上昇の式より、配電線の電圧上昇 $\Delta V$ は、負荷側に流れる電流を正とすると、

$$\Delta V = -\sqrt{3}[(I_{PL} - I_G)r + I_{QL}x]$$

$$= -\sqrt{3}[(69.981 - 174.95) \times 2.82 + 5.8319 \times 3.19]$$

$$\cong 480.50 \text{ [V]}$$

と求められる。よって、低圧需要家側の受電電圧 $V_L$ はタップ比が与えられているので、

$$V_L = \frac{210}{6600}(6600 + \Delta V)$$

$$= \frac{210}{6600}(6600 + 480.50)$$

$$\cong 225.29 \rightarrow 225 \text{ [V]}$$

と求められる。

**(3)受電電圧の法令超過値 $V_D$  [V]**

ワンポイント解説「1.電気事業法施行規則における維持すべき電圧」より、200 [V]配電線での最大電圧は222 [V]であるから、法令超過値 $V_D$  [V]は、

$$V_D = 225.29 - 222$$

$$= 3.29 \text{ [V]}$$

と求められる。

**(4)高圧配電線、負荷、太陽電池発電所及び柱上変圧器で考えられる電圧上昇抑制対策を二つ**

(ポイント)

- ・電圧上昇対策の基本（夜間・軽負荷時の対策）を思い出し、記載すれば特に問題ないと思います。
- ・実際には設備を設置する際にSVC(無効電力補償装置)を設置することが多いと聞いたことがあります。

(試験センター解答例)

- ・電線を太くしインピーダンスを減少
- ・力率改善用コンデンサの開放
- ・新たな無効電力補償装置の設置
- ・太陽電池発電設備側でインバータによる無効電力補償の増
- ・柱上変圧器のタップ変更

**2014年 問6**

**問題 【難易度】★★☆☆☆（やや易しい）**

電気工作物の保全について、次の問に答えよ。

- (1) 電気工作物の保全について、技術的見地からその必要性(目的)について述べよ。
- (2) 保全方式は、事後保全(CM : Corrective Maintenance)と予防保全(PM : Preventive Maintenance)に大別される。
  - a.事後保全方式について説明せよ。
  - b.予防保全方式のうち、定期保全方式について説明せよ。
  - c.予防保全方式のうち、予知保全(状態監視保全)方式を採用する利点(メリット)を二つ述べよ。

**【正答チェック表】**

<b>日にち</b>					
<b>(1)</b>					
<b>(2)</b>	<b>(a)</b>				
	<b>(b)</b>				
	<b>(c)</b>				

**【ワンポイント解説】**

この論説問題は何かしら書けば部分点を取得できると思います。わかる範囲で記載するようにすれば、計算問題より解答時間もかからないので選択して良い問題であると思います。

**【解答】**

**(1)電気工作物の保全について、技術的見地からその必要性(目的)**

(ポイント)

- ・電気事業法の第1条や第39条等の条文を理解しているかを問うような問題であると思います。条文をよく理解しておくようにしましょう。

**<電気事業法第1条>**

この法律は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによつて、電気の利用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによつて、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ることを目的とする。

**<電気事業法第39条>**

事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物を主務省令で定める技術基準に適合するように維持しなければならない。

- 2 前項の主務省令は、次に掲げるところによらなければならない。
  - 一 事業用電気工作物は、人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えないようにすること。
  - 二 事業用電気工作物は、他の電氣的設備その他の物件の機能に電氣的又は磁氣的な障害を与えないようにすること。
  - 三 事業用電気工作物の損壊により一般送配電事業者の電気の供給に著しい支障を及ぼさないようにすること。
  - 四 事業用電気工作物が一般送配電事業の用に供される場合にあつては、その事業用電気工作物の損壊によ

りその一般送配電事業に係る電気の供給に著しい支障を生じないようにすること。

(試験センター解答例)

電気工作物の故障等の発生により、公共の安全や電力の安定供給等が脅かされるので、常に法令で定める技術基準に適合するよう、その性能等を維持すると共に、事故の未然防止を図ることが必要であり、それが保全の目的となる。

### **(2)a.事後保全方式について説明**

(ポイント)

- ・比較的重要度が低い設備等で行われる方法で、部品が簡単に手に入るものや故障により電気供給に支障がないものに採用される方式です。

(試験センター解答例)

故障停止又は著しい性能低下に至ってから修理を行う保全方式であり、通常事後保全と緊急保全とに管理上、分類できる。

### **(2)b.予防保全方式のうち、定期保全方式について説明**

(ポイント)

- ・重要な設備について壊れる前に部品交換を行ったり、点検を行ったりします。
- ・電力会社では定期点検として、何年か一度に一定期間設備を停止して、部品交換や補修を行います。

(試験センター解答例)

従来経験又は、その電気工作物の特性から一定期間の周期を定めて点検を行い、定期的に分解・清掃又は部品交換や補修を行い、突発事故を未然に防ぐ保全方式をいう。

### **(2)c.予防保全方式のうち、予知保全(状態監視保全)方式を採用する利点(メリット)を二つ**

(ポイント)

- ・運転状態を監視をしながら保全を行うので、そのメリットを想像して解答すれば概ね二つ程度は思い浮かぶと思います。

(試験センター解答例)

- ① 機器・設備の劣化状態等を把握できるので、無駄な交換が不要となり、保全費用を低減できる。
- ② 機器・設備の異常兆候の早期発見や予測などが可能であり、機器の故障やシステム停止を未然に防止できる。
- ③ 機器の劣化による機能低下を検知することができ、システムの機能及び性能の低下を防止できる。