


【サンプル版】

電験2種 二次試験 直前対策の超薄型参考書

このPDFファイルは、サンプル版です。紙の本は、Amazon.co.jpでご購入いただけます。

	<p>電験2種 二次試験 直前対策の超薄型参考書</p> <p>ページ数：41</p> <p>著者：ブリュの公式ブログ</p> <p>出版：BOOKs Project</p> <p>発売日：2023年8月26日</p> <p>ISBN：978-4-910922-07-2</p> <p>【本書の特徴】</p> <ul style="list-style-type: none">・電験2種 二次試験の重要事項まとめ・直前対策に最適・B5 サイズ/厚さ 2.5mm の薄型・クリアファイルに入れて持ち運びできる。
--	--

【お願い】

- ・サンプル版には透かしを入れてあります。ご了承ください。
- ・サンプル版ではページ番号は振っていません。
- ・二次配布はご遠慮ください。
- ・ご購入は Amazon.co.jp からどうぞ。



ブリュの公式ブログ

BOOKs Project

～実体化する"Intelligence"～

©ブリュの公式ブログ BOOKs Project
～実体化する"Intelligence"～

電験2種向け!

ブログ・関連書籍のご案内

■電験解説ブログについて（順次更新中！）

ブリュの公式ブログでは、電験解説サイト「ブリュの公式ブログ.org」を運営しています。

- 電力・管理科目
- 機械・制御科目
- 電験2種 過去問解説

のコンテンツを運営しており、電験2種受験皆様のお役立ち情報を順次公開しています。

※ブログ更新は、すき間時間を使って”順次”になる点はご了承ください。

■関連する参考書について

Amazonにて、みんなのおススメ！ シリーズ（全4種）を販売中です。

①電力・管理 科目

- ・電験2種 2次試験 電力・管理の計算対策

②機械・制御 科目

- ・電験2種 2次試験 機械・制御の計算対策（電気機器編）
- ・電験2種 2次試験 機械・制御の計算対策（パワーエレクトロニクス編）
- ・電験2種 2次試験 機械・制御の計算対策（自動制御編）

ブログ・参考書ともに、電験2種対策にお役立てください。

詳しくは、<https://brionac-yu-yake.org> に直接アクセスいただくか、Googleなどで、「ブリュの公式ブログ 電験解説」で検索してください。

ブリュの公式ブログ 電験解説



はじめに

本書は、第2種 電気主任技術者試験 2次試験の、重要ポイントの総まとめしています。2次試験では、各公式の導出過程も出題対象になります。本書では重要公式を導出するまでのスタートとゴールを明記しているので、導出できるか、直前対策として、また受験戦略の参考として、活用ください。

■電力・管理科目

- 故障電流の計算
- 送配電・変電・管理
- 発電

が出題されます。難解な対称座標法も、本書では約1ページでスマートにまとめているので、学習の効率化にも役立つものと思います。

■機械・制御科目

- 電気機器（変圧器/誘導機/同期機/直流機）
- パワーエレクトロニクス
- 自動制御

が出題されます。範囲は広いですが、それぞれの問題はパターン化されているので、ある程度対策はしやすいでしょう。

さて、ブリュの公式ブログは、もともと個人ブログとして発足した小さなメディアでした。本書はブログの延長線上として、

ブリュの公式ブログ

BOOKs Project

～実体化する“Intelligence”～

をテーマに書籍化を行ったものです。

本書が皆様のお手元に届き、第2種 電気主任技術者試験の合格を手にするのを、心から願っています。

ブリュの公式ブログ 管理人より

©ブリュの公式ブログ BOOKs Project

～実体化する“Intelligence”～

サンプル版 目次

第 1 章 電力・管理	1
故障電流の計算	2
送配電・変電・管理	3
発電	4
第 2 章 機械・制御	5
変圧器	6
誘導機	7
同期機	8
直流機	9
パワーエレクトロニクス	10
自動制御 (s 領域)	11
自動制御 (周波数応答)	12

第1章 電力・管理

電験2種2次試験 電力・管理科目を受験するに当たり必要となる重要事項をまとめました。重要公式について、導出のスタート地点とゴールは明示しているので、実際に導出してみて、知識の確認・試験直前対策にお役立てください。（電力・管理科目では導出過程も頻繁に出題されています。）

通常の場合、電力・管理科目は計算3問、論説3問の中から合計で4問を選択し6割を得点（問題数に換算すれば2.4問に相当）する必要があるため、計算3問を限りなく完答することが合格への近道です。

特に重要な項目として、「故障電流の計算」、「送配電・変電・管理」を重点的に対策してください。確実に2～3題は出題され、正答率が合否を分けます。

「発電」については出題範囲が広く、出題されない年度もあるため、どこを対策するかは受験戦略上の取捨選択も必要になります。

Contents

- (1) 故障電流の計算
- (2) 送配電・変電・管理
- (3) 発電

故障電流の計算

故障電流の計算では、短絡電流と地絡電流がメインになります。短絡電流は短絡比と基準電流の積で計算できるので、単位法の復習をしておいてください。地絡電流は、テブナンの定理や対称座標法など、対策しておかないと解けない問題が出題されます。

(1) 三相短絡電流の計算

送電線において、基準容量 S_{BASE} [V・A]、基準電圧 V_{BASE} [V]とすれば、基準電流 I_{BASE} は、

$$I_{BASE} = \frac{S_{BASE}}{\sqrt{3}V_{BASE}}$$

で計算できる。また基準インピーダンス Z_{BASE} [Ω]は、

$$Z_{BASE} = \frac{V_{BASE}}{\sqrt{3}I_{BASE}}$$

となるので、インピーダンスの実測値 Z [Ω]について単位法 p.u. 値で表記すれば、

$$\%Z = \frac{Z}{Z_{BASE}} [\text{p. u.}]$$

となる。ここで短絡比 k として、

$$k = \frac{1}{\%Z [\text{p. u.}]}$$

とおくと、三相短絡電流 I_S [A]は、

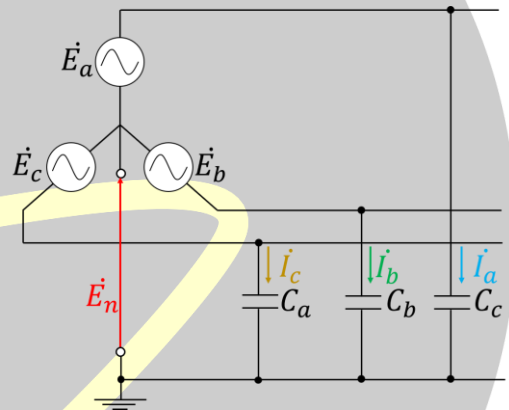
$$I_S = kI_{BASE}$$

となる。

(2) 中性点電位

送電線の各相における対地静電容量に不平衡があれば、中性点に電位が生じる。

つまり、中性点と大地を接続すれば電流が流れる。このとき生じている中性点と大地の間の電位(中性点電位) \dot{E}_n を計算する。



各相の電源電圧を \dot{E}_a , \dot{E}_b , \dot{E}_c とすれば、三相平衡状態なので、ベクトルオペレーター a を使用して、

$$\begin{cases} \dot{E}_a = E \\ \dot{E}_b = a^2 E \\ \dot{E}_c = a E \end{cases}$$

である。

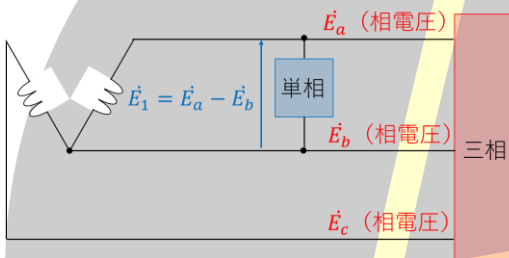
送電線の各相の対地静電容量 C_a , C_b , C_c を通して大地に電流 \dot{I}_a , \dot{I}_b , \dot{I}_c が流れているとき、流出する電流の総和は0であることから、

送配電・変電・管理

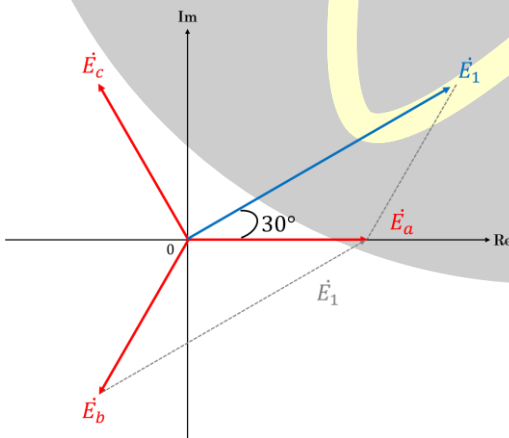
計算が難しいのは灯力共用 V 結線方式ぐらいで、あとは比較的なじみやすい計算です。調相設備では、コンデンサは進み無効電力を消費する、言い換えれば遅れ無効電力を供給するので、この進み・遅れの消費・供給のイメージを確実なものにしてください。

(1) 灯力共用 V 結線方式

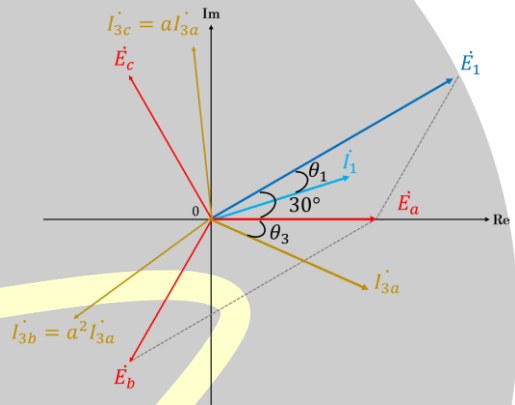
V 結線で三相交流を引出し、その内 2 線を使用して单相負荷を接続する。



下図に示す通り、单相交流回路は三相交流回路の線間電圧で動作するため、位相差 30° に注意する。つまり、**三相負荷の力率は赤のベクトルを基準**とし、**单相負荷の力率は青のベクトルを基準**とする。



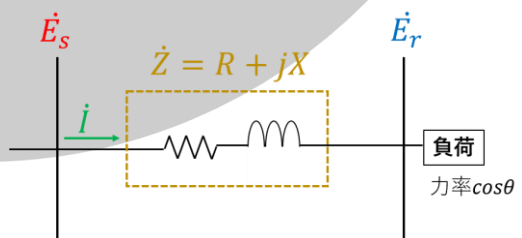
例えば、三相負荷の力率 θ_3 、单相負荷の力率 θ_1 は下図の通りになる。



(2) 分布負荷

(i) 等価抵抗

送電端相電圧 E_s 、受電端相電圧 E_r とし、その間に $Z = R + jX$ の線路インピーダンスが存在する場合を考える。



ベクトル図は下図になるが、 E_s と E_r の位相差が非常に小さいとすれば、虚軸成

発電

発電分野は出題例が少ない上に、出題範囲が広く、得点源とするにはコストパフォーマンスが悪いです。火力発電の化学的な計算とか、対策し始めるとキリがありません。知っている問題が出題されればラッキーぐらいでいいでしょう。なお、水車の比速度、水車の比速度、負荷遮断試験あたりは対策しておいてください。比較的計算が簡単なので、出題されれば儲けものです。

(1) 水車の比速度

$$n_s = n_n \frac{\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

導出方法は、まず形状が相似な 2 つの水車 A、B を用意し、

■水車 A

- ・出力 P_1
- ・直径 D_1
- ・有効落差 H_1
- ・使用水量 Q_1

■水車 B

- ・出力 P_2
- ・直径 D_2
- ・有効落差 H_2
- ・使用水量 Q_2

ここで、水車 B の必要とする単位時間あたりの水の量は、水車の体積（相似比の 3 倍）と回転数に比例するので、流量の比率について、

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

次に単位時間に水車に供給されるエネル

ギーは、水の密度を ρ 、落差を H とすれば、

$$P = \rho Q g H$$

となるので、 P は Q と H の比例関係にあり、

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 H_1}$$

また、流速 v は、

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g H$$

から、

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

となる。また流速は別の視点から、水車の周速度と回転数を利用して、

$$v = r N \propto D N$$

とでき、

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{D_2 N_2}{D_1 N_1}$$

となる。以上より、

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{D_2 N_2}{D_1 N_1}$$

となる。

ここまでの式から、

第2章 機械・制御

電験2種2次試験 機械・制御科目を対策するうえで必要となる各種重要事項をまとめました。

機械・制御科目では、電気機器（変圧器・誘導機・同期機・直流機）、パワーエレクトロニクス、自動制御が出題されます。

重要公式については、試験問題で小問に沿って導出過程を問われることがあるため、一通り自力で導出できるようになっておく必要があります。重要事項では、導出のスタートとゴールを明示しているので、何度か導出過程に触れておくことで、試験当日スラスラ書けるぐらいになっておいてください。

Contents

- (1) 変圧器
- (2) 誘導機
- (3) 同期機
- (4) 直流機
- (5) パワーエレクトロニクス
- (6) 自動制御

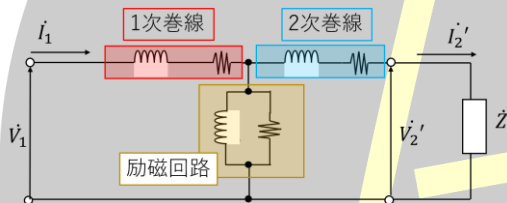
変圧器

変圧器のポイントとして、等価回路、効率計算、特性試験、電圧変動率、並列運転があります。計算時には、1次側換算か、2次側換算かに注意しながら計算してください。電圧変動率を除き、計算は比較的シンプルです。

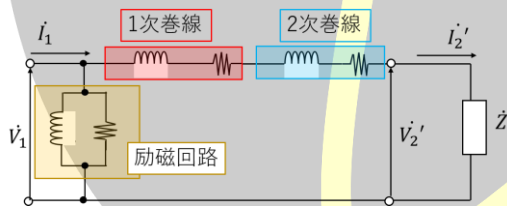
(1) 等価回路

■ T形とL型

変圧器の等価回路にはT形とL型がある。厳密にはT形だが計算が簡単なのはL型。電験では通常L形で考える。



T形等価回路



L型等価回路

■ 換算

インピーダンスを1次側に換算する時、1次側2次側電圧・電流を V_1, V_2, I_1, I_2 、巻数比 a とすれば、

(i) 1次側に換算

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{aV_2}{I_2} = a^2 \frac{V_2}{I_2}$$

より、インピーダンスを a^2 倍にする。

(ii) 2次側に換算

$$\frac{V_2}{I_2} = \frac{V_1}{\frac{aI_1}{a}} = \frac{1}{a^2} \frac{V_1}{I_1}$$

より、インピーダンスを $\frac{1}{a^2}$ 倍する。

(2) 効率

■ 規約効率

変圧器の出力 $P = VI\cos\theta$ 、銅損 $P_c = RI^2$ 、鉄損 P_i とすれば、規約効率 η は、

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P}{P + P_c + P_i} \times 100[\%] \\ &= \frac{VI\cos\theta}{VI\cos\theta + RI^2 + P_i} \times 100[\%] \end{aligned}$$

で示される。

■ 最大効率

規約効率を以下のとおり変形し、

$$\eta = \frac{V\cos\theta}{V\cos\theta + RI + \frac{P_i}{I}} \times 100[\%]$$

変数 I に関して関数 $f(I)$ として取り出し、

$$f(I) = RI + \frac{P_i}{I}$$

誘導機

誘導機のポイントは、L形等価回路、特性計算、比例推移です。等価回路は基本的に1次側換算のL形等価回路なのでワンパターンになります。比例推移はトルクと滑りの比例（近似的な特性）と組み合わせた問題に注意。最大トルク、最高出力は計算が複雑になります。

(1) 同期速度と滑り

誘導電動機の極数 p 、交流周波数 f [Hz]とすれば同期速度 N_0 は、

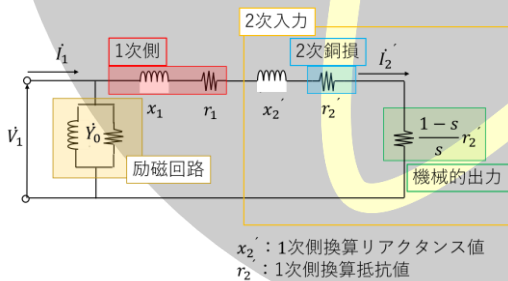
$$N_0 = \frac{120}{p} f [\text{min}^{-1}]$$

この時、回転数 N [min^{-1}]で回転していたとすれば、滑り s は、

$$s = \frac{N_0 - N}{N_0}$$

(2) 等価回路

誘導電動機の等価回路は変圧器に似たものとなる。



(3) 特性計算

入力する相電圧 V_1' 、1次巻線抵抗、リアクタンスをそれぞれ r_1 、 x_1 、2次巻線抵抗、リアクタンスの1次側換算値を r_2' 、 $2x_1'$ とする。

■2次電流の1次側換算値 I_2'

$$I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{(x_1 + x_2')^2 + \left(r_1 + \frac{1}{s} r_2'\right)^2}}$$

■2次入力 P_2 (回転子に加わるエネルギー)

$$P_2 = 3I_2'^2 \frac{1}{s} r_2'$$

■2次銅損 P_{2c}

$$P_{2c} = 3I_2'^2 r_2'$$

■機械的出力 P_0

$$P_0 = 3I_2'^2 \frac{1-s}{s} r_2'$$

■トルク T

機械的な同期角速度を ω_0 とすると、

$$T = \frac{P_0}{(1-s)\omega_0}$$

同時に、 $P_0 = (1-s)P_2$ から、

$$T = \frac{P_2}{\omega_0}$$

(4) 最大トルク T_m

$\frac{dT}{ds} = 0$ より最大トルクとなる s_T が計算できるので、

同期機

同期機のポイントは等価回路とベクトル図、特性曲線（無負荷飽和曲線・三相短絡曲線）です。等価回路とベクトル図のみで計算できるので、過去の出題パターンは似ています。特性曲線は界磁電流と短絡比の関係が重要であり、導出も含め要チェックです。

(1) 同期速度

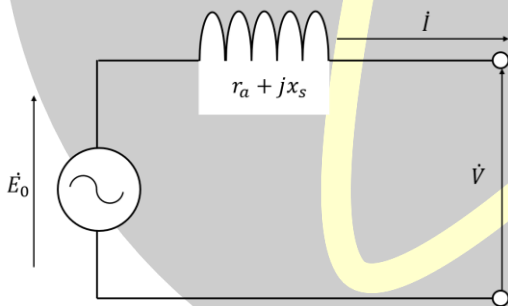
同期機の極数 p 、交流周波数 f [Hz]とすれば同期速度 N_0 は、

$$N_0 = \frac{120}{p} f [\text{min}^{-1}]$$

(同期速度の計算は誘導機と同じ。)

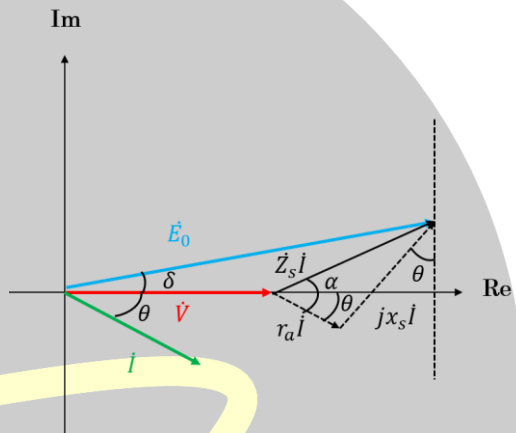
(2) 等価回路とベクトル図

同期発電機の等価回路は交流発電機に同期リアクタンス jX を接続したものになる。



ベクトル図は端子電圧に jXI を加えると内部誘導起電力になる。

ここで、内部相差角（負荷角） δ 、インピーダンス角 α 、力率 Φ 、内部誘導起電力と負荷電流の位相差 θ ($\delta + \Phi$)である。



(3) 特性計算

■無負荷誘導起電力 E_0

ベクトル図より、 E_0 について実軸成分が、

$$V + r_a I \cos\theta + x_s I \sin\theta = E_0 \cos\delta$$

であり、虚軸成分は、

$$x_s I \cos\theta - r_a I \sin\theta = E_0 \sin\delta$$

となる。これより、

$$E_0 = \sqrt{V^2 + Z_s^2 I^2 + 2VI(r_a \cos\theta + x_s \sin\theta)}$$

■内部相差角 δ

$$\delta = \tan^{-1} \frac{\text{Im}[E_0]}{\text{Re}[E_0]}$$

直流機

直流機のポイントは誘導起電力の計算と種類に関する知識です。誘導起電力の公式を知っていれば、単なる直流計算のみなので他の電気機器と比べて最も容易です。最近はお題例がないですが、パワーエレクトロニクスと関連して出題される場合があります。

(1) 誘導起電力

極数 p 、毎極の磁束 Φ 、電機子巻数 Z 、並列回路数 a 、回転速度 $N[\text{min}^{-1}]$ の時、誘導起電力 E は、

$$E = \frac{p}{a} Z \Phi \frac{N}{60}$$

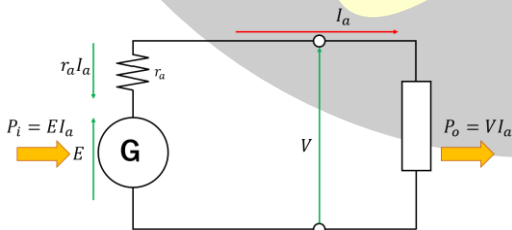
(2) 電圧変動率

無負荷端子電圧 V_0 、定格電圧 V_n とすると、電圧変動率 ϵ は、

$$\epsilon = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100$$

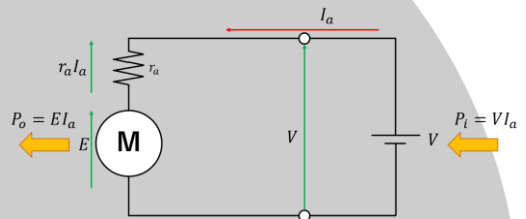
(3) 出力式

直流発電機は外部から $P_i = EI_a$ の機械的エネルギーを受け取り、負荷に $P_o = VI_a$ の電気エネルギーを供給する。巻線抵抗 r_a の電圧降下 $r_a I_a$ など、あとは直流回路の計算問題になる。



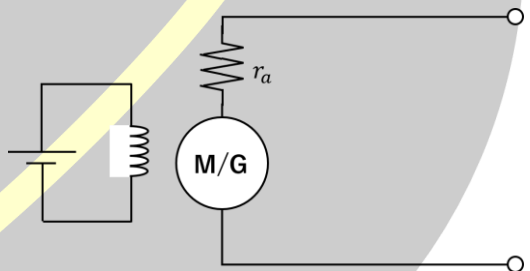
直流電動機は外部電源から $P_i = VI_a$ のエネルギーを受け取り、機械出力として

$P_o = EI_a$ を出力する。発電機同様、あとは直流回路の計算問題になる。

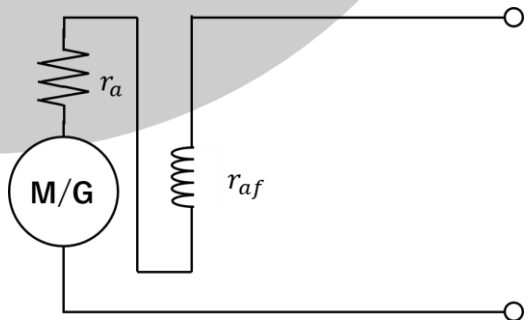


(4) 種類

■他励式



■直巻



パワーエレクトロニクス

パワーエレクトロニクスは、チョップ回路、整流回路、インバータがメインです。積分計算が多く、他分野と比較して相対的に難易度は高めですが、計算に慣れてしまえばパターン化されるので、試験問題選択時の回避先としては十分選択の余地があります。

(1) チョップ回路

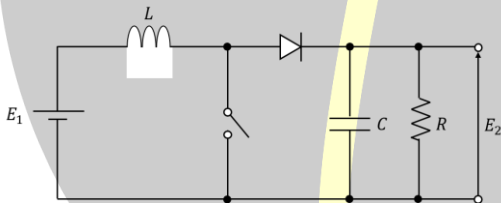
■昇圧チョップ回路

昇圧チョップ回路は電源電圧を昇圧する ($E_1 \leq E_2$)。

スイッチの ON 時間を T_{on} 制御周期を T とすれば、出力電圧 E_2 は、

$$E_2 = \frac{T}{T - T_{on}} E_1 = \frac{1}{1 - \frac{T_{on}}{T}} E_1 = \frac{1}{1 - \delta} E_1$$

となる。ただし、 $\delta = \frac{T_{on}}{T}$ であり、通流比という。



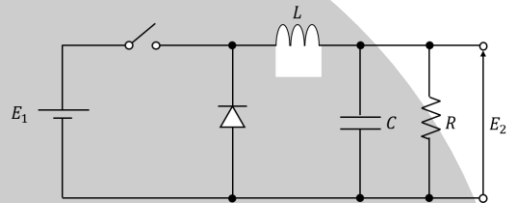
■降圧チョップ回路

降圧チョップ回路は電源電圧を降圧する ($E_1 \geq E_2$)。

出力電圧 E_2 は、

$$E_2 = \frac{T_{on}}{T} E_1 = \delta E_1$$

となる。

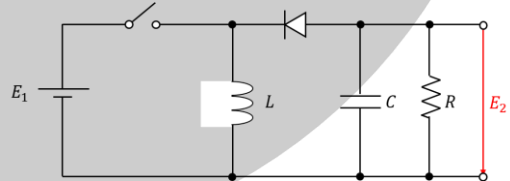


■昇降圧チョップ回路

昇降圧チョップ回路は、電源電圧を昇圧または降圧する。 $\delta = 0.5$ を境に、 $0 < \delta < 0.5$ で降圧動作、 $0.5 < \delta < 1$ で昇圧動作を行う。

$$E_2 = \frac{T_{on}}{T - T_{on}} E_1 = \frac{\frac{T_{on}}{T}}{1 - \frac{T_{on}}{T}} E_1 = \frac{\delta}{1 - \delta} E_1$$

回路図においては、出力電圧 E_2 の向きに注意する。



(2) 整流回路

交流電源とダイオード・サイリスタで構成する。以下、 E_{DC} は波形より計算した直流平均電圧、 E は交流(相)電圧実効値、 V は線間電圧実効値 ($V = \sqrt{3}E$) を示す。

自動制御（s領域）

自動制御（s領域）ではラプラス変換表の暗記の他、各種計算があります。試験問題では、多くの場合フィードバック制御系の伝達関数を求め、特性方程式から安定条件を探す・与えるといったパターンで決まっているので、得点源にしやすい分野です。

(1) ラプラス変換

ラプラス変換の定義式は

$$\mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

であるが、通常は以下のラプラス変換表を暗記して既知のものとして取り扱う。

$f(t)$	$F(s)$
$\delta(t)$	1
$u(t)$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\frac{dx(t)}{dt}$	$sX(s) - x(0)$
$\int x(t)dt$	$\frac{X(s)}{s} + \frac{x^{-1}(0)}{s}$
$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$

(2) 初期値定理と最終値定理

初期値定理と最終値定理はいずれの場合も微分のラプラス変換

$$\int_0^{\infty} \frac{dx(t)}{dt} e^{-st} dt = sX(s) - x(0)$$

において、 $s \rightarrow \infty$ や $s \rightarrow 0$ を計算することで導ける。

■初期値定理

$$x(0) = \lim_{s \rightarrow \infty} sX(s)$$

■最終値定理

$$x(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sX(s)$$

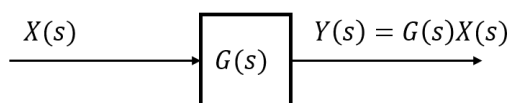
(3) 伝達関数とブロック線図

■伝達関数とブロック線図

s領域において、入力信号 $X(s)$ 、出力信号 $Y(s)$ のとき、

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

を伝達関数という。伝達関数を図で示せば下図になり、これをブロック線図という。



自動制御（周波数応答）

周波数応答では、 s 領域との関連性に注意してください。同じシステムを周波数分解したものが周波数応答なので、フーリエ級数展開・フーリエ変換で、元の s 領域に戻ります。そのため、ラウス・フルビッツとナイキストの安定判別法は同じ結果を得ます。

(1) 周波数伝達関数

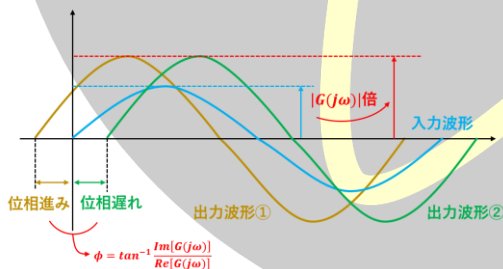
s 領域の伝達関数 $G(s)$ について、 $s = j\omega$ で置き換え、 $G(j\omega)$ としたものを周波数伝達関数という。

周波数伝達関数において、ゲインを
 $|G(j\omega)| = \sqrt{(\text{Re}[G(j\omega)])^2 + (\text{Im}[G(j\omega)])^2}$
偏角を、

$$\angle G(j\omega) = -\tan^{-1} \frac{\text{Im}[G(j\omega)]}{\text{Re}[G(j\omega)]}$$

と計算する。

ゲインは正弦波入力を $|G(j\omega)|$ 倍し、偏角は位相 $\angle G(j\omega)$ だけ進める、または遅らせる。



周波数伝達関数は、対象システムの特
定の周波数を抜き出したものであり、検
討しているシステムは同じもの。したが
って、 s 領域と周波数応答は全く別のもの

であるという考えは誤り。最終的にはフーリエ変換によって両者は関連付けられる。

(2) ベクトル軌跡

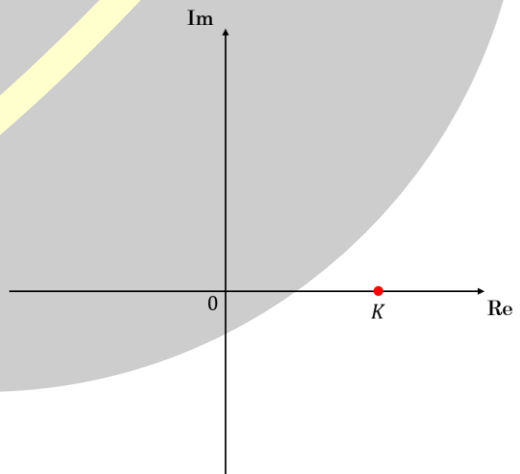
ω の値を $0 \sim$ 無限大まで変化させたときの複素平面上における周波数伝達関数 $G(j\omega)$ の軌跡をベクトル軌跡という。

■ 比例要素

周波数伝達関数は

$$G(j\omega) = K$$

であり、 ω に依存しないので1点になる。



■ 積分要素

周波数伝達関数は、

書籍・著者の紹介

【電験2種 二次試験】

直前対策の超薄型参考書

2023年8月26日 第1版発行

著者 : ブリュの公式ブログ
発行 : BOOKs Project
〒651-0072
兵庫県神戸市中央区脇浜町3-5-10-903
050-3690-0800
ホームページ : ブリュの公式ブログ BOOKs Project
<https://brionac-yu-yake.jp>
ISBN : 978-4-910922-07-2

正誤表、および正誤のお問い合わせについては、<https://brionac-yu-yake.jp> をご確認ください。(電話でのご質問はお受けできません。)

そのほか、ブリュの公式ブログではテーマ別に、
自動車系 : ブリュの公式ブログ.com (<https://brionac-yu-yake.com>)
IT系 : ブリュの公式ブログ.net (<https://brionac-yu-yake.net>)
学術系 : ブリュの公式ブログ.org (<https://brionac-yu-yake.org>)
を展開しています。

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。複写される場合は、そのつど事前に、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を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。

©ブリュの公式ブログ BOOKs Project
～実体化する”Intelligence”～