

# わかりやすい電気回路

工学博士 齋藤 利通 共著  
博士(工学) 神野 健哉

コロナ社

## まえがき

「数学は自然科学の言語であり，回路は工学の言語である」といわれている。科学技術のさまざまな概念を文章で記述することは困難であり，マクスウェルの方程式やキルヒホッフの法則のように数式を用いて表現することが多い。さまざまな工学システムを文章で記述することは困難であり，回路モデルを用いて考察することが多い。電気回路の概念を身につけることは，スイッチング電源回路やアナログ-デジタル変換回路のような実用回路を設計するための基礎となるだけでなく，さまざまな工学システムの動作を理解し，その性能を高めていくための基礎となる。

本書は，その電気回路を学ぶための入門書である。キルヒホッフの法則と重ねの理が成り立つ電気回路を対象とし，その動作を把握するための方法を学ぶ。内容を理解するためには，高等学校で学んだ数学の知識が必要である。大学で学ぶ行列や複素数に関する知識も必要であるが，これについては付録に要点を記述した。

本書を教科書あるいは参考書として使用する場合と，独習書として使用する場合がありますと思われる。独習する場合は以下の3点に注意していただきたい。

- (1) 基礎事項の理解を重視したため，省略した内容もある。立体回路の解析法や分布定数回路などである。このような事項については，基礎を固めた後で学んでいただきたい。
- (2) 正弦波定常状態の解析（フェーザ法）では，電力工学のみでなく，信号処理や通信工学への発展も考慮した。
- (3) 例題と章末問題は内容の理解を助けるためのものである。したがって，各問題がどのような概念の理解につながるのかを十分考えて学習していただきたい。解法を暗記するような学習法では理解は深まらない。

本書は，基本構想を相談しながら，神野が1章と3章，斎藤がそれ以外の部分を執筆した。執筆にあたりお世話になったコロナ社に深く感謝する。最後に，図面作成などで協力してもらった法政大学大学院の山岡慧君，村田康臣君，坂本秀人君，草野弘之君，田中嶋孝祐君，多田直樹君，佐藤龍直君，高橋理沙さんに感謝する。

2016年7月

斎藤 利通  
神野 健哉

# 目 次

## 1. キルヒホッフの法則

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1.1 抵抗, コンダクタンス .....      | 1  |
| 1.2 回路のグラフ, 枝電圧, 枝電流 ..... | 3  |
| 1.3 キルヒホッフの法則 .....        | 4  |
| 1.4 テレゲンの定理 .....          | 7  |
| 1.5 電 源 .....              | 8  |
| 1.6 電 源 の 変 換 .....        | 10 |
| 章 末 問 題 .....              | 12 |

## 2. 抵抗回路網の解析

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.1 節点電圧と節点方程式 .....          | 13 |
| 2.2 網路電流と網路方程式 .....          | 17 |
| 2.3 重 ね の 理 .....             | 20 |
| 2.4 テブナンの等価回路とノートンの等価回路 ..... | 23 |
| 章 末 問 題 .....                 | 25 |

## 3. キャパシタとインダクタを含む回路

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3.1 キ ャ パ シ タ .....        | 26 |
| 3.2 合成キャパシタンス .....        | 28 |
| 3.3 キャパシタに蓄えられるエネルギー ..... | 30 |
| 3.4 イ ン ダ ク タ .....        | 31 |
| 3.5 合成インダクタンス .....        | 32 |
| 3.6 インダクタに蓄えられるエネルギー ..... | 34 |
| 3.7 RC回路の動作 .....          | 35 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3.8 初期値, DC 定常解, 時定数 ..... | 38 |
| 章 末 問 題 .....              | 41 |

#### 4. 正弦波定常状態の解析

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 4.1 正 弦 波 電 源 .....              | 43 |
| 4.2 フェーザと微分方程式 .....             | 46 |
| 4.3 インピーダンスとアドミタンス .....         | 49 |
| 4.4 インピーダンスとアドミタンスを用いた回路解析 ..... | 52 |
| 4.5 正弦波定常状態の網路方程式 .....          | 54 |
| 4.6 正弦波定常状態の節点方程式 .....          | 56 |
| 4.7 正弦波定常状態の重ねの理 .....           | 57 |
| 4.8 共 振 回 路 .....                | 60 |
| 章 末 問 題 .....                    | 62 |

#### 5. 正弦波定常状態の電力

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 5.1 平均電力と実効値 .....         | 64 |
| 5.2 正弦波定常状態の実効値 .....      | 66 |
| 5.3 有効電力, 無効電力, 皮相電力 ..... | 67 |
| 5.4 整 合 .....              | 69 |
| 5.5 三 相 交 流 .....          | 71 |
| 章 末 問 題 .....              | 75 |

#### 6. フーリエ級数

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 6.1 周期信号とフーリエ正弦級数 .....        | 76 |
| 6.2 フーリエ余弦級数と重ねの理 .....        | 78 |
| 6.3 複素形のフーリエ級数とパーシヴァルの定理 ..... | 80 |
| 章 末 問 題 .....                  | 84 |

## 7. 2 ポート

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 7.1 2ポートの基本表現        | 85  |
| 7.2 パラメータの意味と相反定理    | 88  |
| 7.3 2ポートの等価          | 91  |
| 7.4 伝送行列             | 92  |
| 7.5 入力インピーダンスとジャイレータ | 93  |
| 7.6 2ポートの接続          | 94  |
| 7.7 相互インダクタ          | 96  |
| 7.8 従属電源             | 98  |
| 章末問題                 | 100 |

## 8. RLC回路の解析

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 8.1 LC回路と振動          | 103 |
| 8.2 RLC回路を記述する微分方程式  | 104 |
| 8.3 指数関数代入法          | 105 |
| 8.4 正弦波電源を含むRLC回路の解析 | 110 |
| 8.5 直流電源を含むRLC回路の解析  | 113 |
| 8.6 DC定常解の導出法        | 114 |
| 章末問題                 | 117 |

## 9. ラプラス変換

|                  |     |
|------------------|-----|
| 9.1 ラプラス変換と微分方程式 | 118 |
| 9.2 RLC回路への応用    | 121 |
| 9.3 部分分数展開       | 122 |
| 章末問題             | 129 |

## 10. 状態方程式

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 10.1 状態方程式             | 130 |
| 10.2 ラプラス変換による状態方程式の解法 | 131 |
| 10.3 状態方程式の導出          | 134 |
| 10.4 スイッチを含む回路の複雑な初期値  | 136 |
| 10.5 従属電源を含む回路         | 140 |
| 章末問題                   | 143 |

## 付 録

|                   |     |
|-------------------|-----|
| A.1 行列式, クラームルの公式 | 145 |
| A.2 複素数           | 147 |
| 引用・参考文献           | 149 |
| 章末問題解答            | 150 |
| 索引                | 156 |

# 4

## 正弦波定常状態の解析

正弦波電源，抵抗，キャパシタ，インダクタで構成される回路の電圧と電流は，定常状態では正弦波に落ち着く。この正弦波定常解を簡単に求める方法を学ぶ。その方法はフェーザ法と呼ばれ，エネルギー供給用回路，通信用回路など，さまざまな回路の解析や設計の基礎として重要である。

### 4.1 正弦波電源

正弦波電源 (sinusoidal wave power source) は三角関数を用いて，以下のように記述される。

$$\text{電圧源：} e(t) = E \sin(\omega t + \phi_s), \quad \text{電流源：} i(t) = J \sin(\omega t + \phi'_s) \quad (4.1)$$

$$\text{電圧源：} e(t) = E \cos(\omega t + \phi_c), \quad \text{電流源：} i(t) = J \cos(\omega t + \phi'_c) \quad (4.2)$$

図 4.1 に電圧源の波形を示す。 $\omega$  は角周波数 (angular frequency) で単位は [rad/s]， $E$  は振幅 (amplitude) で単位は [V]， $\phi_c$  と  $\phi_s$  は位相 (phase) で単位は [rad] である。ただし， $0 \leq \phi_c < 2\pi$ ， $0 \leq \phi_s < 2\pi$  とする。正弦波の周期 (period) は  $T = 2\pi/\omega$  [s] で与えられる。電流源についても同様である。以降では単位を省略する場合もある。

この波形は，エネルギー供給用回路では交流電源 (alternating-current power source)，情

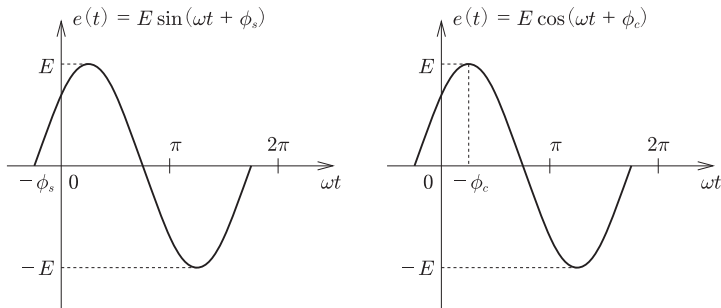


図 4.1 正弦波電源の波形

報通信用回路では音声信号の基本波などに対応する。ここで、 $\phi_s - \phi_c = \pi/2$  とすれば、式(4.2)と式(4.1)は一致するので、正弦波の表現には、 $\cos$  と  $\sin$  のどちらを用いてもよいことに注意する。本書では、両者を用いる。

図4.2に示すように、一つの正弦波電源を含む回路を考える。この正弦波電源が交流電源を表す場合、 $\omega$  は固定された値となる（日本では、 $\omega = 100\pi$  か  $120\pi$ ）。しかし、さまざまな回路の動作を考察するためには、角周波数  $\omega$  を変数としたほうが都合がよい。例えば、音声信号を扱う回路では、回路の動作が  $\omega$  に依存して変化し、その変化の様子を把握することは回路を設計するために非常に重要となる。本章では、 $\omega$  は固定された値ではなく、変数として考えることにする。正弦波電源が交流電源に対応する場合の回路の電力やエネルギーについては、5章で説明する。

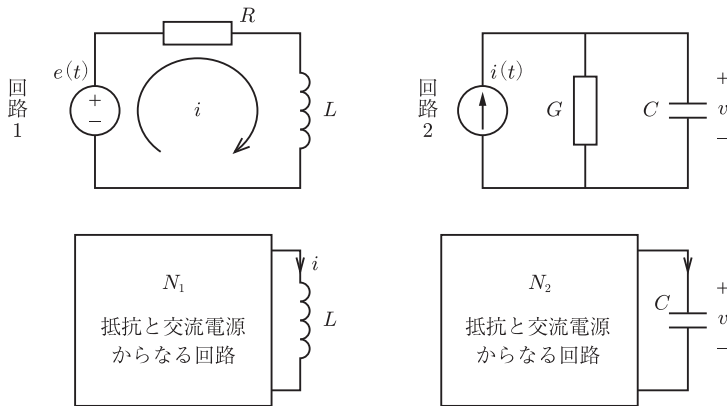


図4.2 一つのメモリ素子と正弦波電源を含む回路  
 $e(t) = E \cos(\omega t + \phi_c)$ ,  $i(t) = J \sin(\omega t + \phi_s)$

正弦波電源と抵抗によって構成される回路は代数方程式で記述され、直流電源を含む場合と同様に解析することができる。しかし、回路がキャパシタやインダクタを含むと、回路の動作は微分方程式で記述される。その回路の解析をできるだけ簡潔に行う方法について考える。

図4.2の回路で、回路1のインダクタ電流  $i$  と、回路2のキャパシタ電圧  $v$  が時間に対してどのように変化するかを考える。ここで、「回路1は  $N_1$  をテブナンの等価回路に置き換えたもの」、「回路2は  $N_2$  をノートンの等価回路に置き換えたもの」とみなすことができることに注意する。ただし、 $N_1$  と  $N_2$  は角周波数  $\omega$  の正弦波電源と抵抗で構成された回路である。正弦波電源と抵抗の個数はおおのいくつあってもかまわない。すなわち、回路1の  $i$  を求めることは、任意の個数の正弦波電源、任意の個数の抵抗、一つのインダクタで構成されるほとんどすべての回路の  $i$  を求めることに対応する。一方で、回路2の  $v$  を求めることは、任意の個数の正弦波電源、任意の個数の抵抗、一つのキャパシタで構成されるほとんど



# 7 | 2 ポート

本章では、二つの端子対（ポート）の電圧と電流の関係に基づいて回路を考察する方法を学ぶ。この方法を用いると、回路の入出力関係などを簡潔に把握することができる。また、2ポートとしてとらえることができる重要な素子である、相互インダクタンス、ジャイレータ、従属電源についても学ぶ。

## 7.1 2ポートの基本表現

図 7.1 の回路で、箱  $N$  は、基本回路素子と電源から構成される回路である。この箱から二つの端子対を抽出し、端子間の電圧  $v_1, v_2$  と、端子を流れる電流  $i_1, i_2$  に着目して回路の考察をする。本書では、端子対をポート (port)、端子間の電圧  $v_1, v_2$  をポート電圧 (port voltage)、端子を流れる電流  $i_1, i_2$  をポート電流 (port current) と呼ぶことにする。また、ポートの片方の端子から流入する電流は、もう片方の端子から流出する電流と等しいとする。このような回路は二つの端子対で代表されるので、2ポート (two-port) と呼ぶことにする<sup>†</sup>。回路が正弦波定常状態にある場合、ポート電流  $i_1$  と  $i_2$  のフェーズを  $I_1, I_2$  とし、ポート電圧  $v_1$  と  $v_2$  のフェーズを  $V_1, V_2$  とする。2ポートは、四つの変数 ( $i_1, i_2, v_1, v_2$ ) から二つずつの組を作って表現するので、その表現方法は六通りある。本書では、その六通りのうち、基本的な三つの表現を説明する。

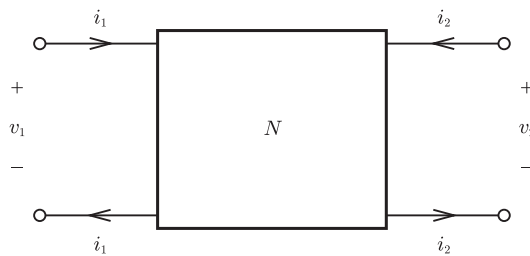


図 7.1 2ポート，ポート電圧 ( $v_1, v_2$ )，ポート電流 ( $i_1, i_2$ )

<sup>†</sup> 2端子対回路あるいは4端子回路などと呼ばれることもある。

電圧ベクトル  $[V_1, V_2]^T$  と電流ベクトル  $[I_1, I_2]^T$  の関係に基づく表現を考える。このような表現法は二つある。一つ目は、電流ベクトルが与えられたときに、電圧ベクトルが得られる表現で、つぎのように定式化される。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\ V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \end{cases} \quad (7.1)$$

これを、 $\mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{I}$  と略記することがある。また、 $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ,  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$  を  $\mathbf{Z}$  パラメータあるいはインピーダンスパラメータ (impedance parameter) と呼ぶ。 $\mathbf{Z}$  パラメータの単位は  $[\Omega]$  である。また、 $\mathbf{Z}$  を  $\mathbf{Z}$  行列あるいはインピーダンス行列 (impedance matrix) と呼ぶ。

例として、図 7.2 (a) の抵抗と電流源からなる回路を考える。電流源 ( $i_1, i_2$ ) が網路電流 ( $i_1, i_2$ ) と一致していることに注意して、KVL を適用すると

$$\begin{aligned} -v_1 + r_1 i_1 + r_3(i_1 + i_2) &= 0 \\ -v_2 + r_2 i_2 + r_3(i_1 + i_2) &= 0 \end{aligned}$$

を得る。整理すると  $\mathbf{Z}$  行列が得られる。

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 + r_3 & r_3 \\ r_3 & r_2 + r_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \quad (7.2)$$

図 7.2 (b) のように正弦波定常状態にある回路も同様に考えると、以下のように  $\mathbf{Z}$  行列が得られる。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + j\omega L & R \\ R & R + j\omega L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

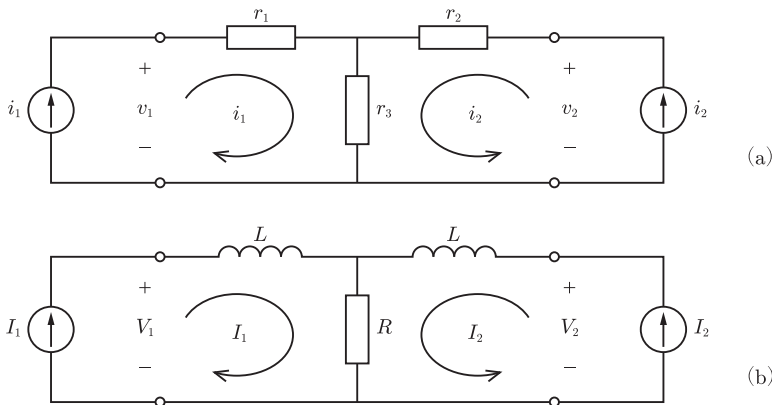


図 7.2  $\mathbf{Z}$  行列の例

# 索引

|              |       |             |      |            |        |
|--------------|-------|-------------|------|------------|--------|
|              |       |             |      |            |        |
| <b>【あ】</b>   | キャパシタ | 26          | ショート | 9          |        |
| アドミタンス       | 50    | キャパシタ電圧の連続性 | 27   | 初期条件       | 105    |
| アドミタンス行列     | 87    | キャパシタンス     | 26   | 初期値        | 38     |
| アドミタンスパラメータ  | 87    | 共振          | 61   | 振幅         | 43     |
|              |       | 共振角周波数      | 61   | 振幅スペクトル    | 82     |
|              |       | 共振周波数       | 61   |            |        |
| <b>【い】</b>   |       | 行列          | 145  | <b>【せ】</b> |        |
| 位相           | 43    | 行列式         | 145  | 正弦波定常状態    | 46     |
| 位相スペクトル      | 82    | 虚数          | 147  | 正弦波電源      | 43     |
| 一般解          | 106   | 虚部          | 147  | 整合         | 10, 70 |
| インダクタ        | 31    | キルヒホッフの電圧則  | 5    | 絶対値        | 147    |
| インダクタ電流の連続性  | 32    | キルヒホッフの電流則  | 4    | 節点         | 3, 13  |
| インダクタンス      | 31    |             |      | 節点電圧       | 14     |
| インピーダンス      | 50    | <b>【く】</b>  |      | 節点方程式      | 15     |
| インピーダンス行列    | 86    | 偶関数         | 78   | 線間電圧       | 72     |
| インピーダンスパラメータ | 86    | クラーメルの公式    | 21   | 線形回路       | 21     |
|              |       | グラフ         | 3    |            |        |
| <b>【え】</b>   |       |             |      | <b>【そ】</b> |        |
| 枝            | 3, 13 | <b>【け】</b>  |      | 相互インダクタ    | 97     |
| 枝電圧          | 3     | 減衰振動        | 107  | 双対         | 54     |
| 枝電流          | 3     |             |      | 相電圧        | 72     |
| エネルギー        | 1     | <b>【こ】</b>  |      | 相電流        | 72     |
|              |       | 交流電源        | 43   | 相反定理       | 88     |
| <b>【お】</b>   |       | コンダクタンス     | 2    |            |        |
| オイラーの公式      | 106   | <b>【さ】</b>  |      | <b>【た】</b> |        |
| オームの法則       | 1     | 三相交流        | 71   | 単位ステップ関数   | 120    |
|              |       |             |      | 短絡         | 9      |
| <b>【か】</b>   |       | <b>【し】</b>  |      | <b>【ち】</b> |        |
| 解            | 106   | 実数形のフーリエ級数  | 81   | 中性点        | 72     |
| 開放           | 9     | 実効値         | 65   | 直流電源       | 38     |
| 回路           | 3     | 実効フェーザ      | 67   | 直流分        | 76     |
| 回路素子         | 1     | 実数          | 147  | 直列接続       | 95     |
| 角周波数         | 43    | 実部          | 147  |            |        |
| 過減衰          | 108   | 時定数         | 39   | <b>【て】</b> |        |
| 重ねの理         | 21    | ジャイレータ      | 93   | 抵抗         | 1      |
| カスケード接続      | 94    | 周期          | 43   | テブナンの定理    | 23     |
| カットセット       | 134   | 従属電源        | 98   | テブナンの等価回路  | 23     |
|              |       | ジュールの法則     | 2    | テレゲンの定理    | 7      |
| <b>【き】</b>   |       | 瞬時電力        | 64   | 電圧         | 1      |
| 木            | 134   | 状態変数        | 131  | 電圧制御電圧源    | 99     |
| 奇関数          | 76    | 状態方程式       | 131  | 電圧制御電流源    | 99     |
| 逆行列          | 145   |             |      |            |        |

|            |         |
|------------|---------|
| 電圧フォロア     | 100     |
| 電荷         | 1       |
| 電気         | 1       |
| 伝送行列       | 92      |
| 伝送パラメータ    | 92      |
| 電流         | 1       |
| 電流制御電圧源    | 99      |
| 電流制御電流源    | 99      |
| <b>【と】</b> |         |
| 等価         | 10, 91  |
| 導体         | 1       |
| 特性根        | 36, 105 |
| 特性方程式      | 36, 106 |
| <b>【な】</b> |         |
| 内積         | 77      |
| 内部抵抗       | 8       |
| <b>【に】</b> |         |
| 入力インピーダンス  | 93      |
| 任意定数       | 105     |
| <b>【の】</b> |         |
| ノートンの定理    | 23      |
| ノートンの等価回路  | 24      |
| <b>【は】</b> |         |
| パーシヴァルの定理  | 82      |
| 発振器        | 142     |
| パワースペクトル   | 82      |

|            |     |
|------------|-----|
| <b>【ひ】</b> |     |
| 非線形微分方程式   | 142 |
| 皮相電力       | 68  |
| 微分方程式      | 103 |
| <b>【ふ】</b> |     |
| フーリエ正弦級数   | 76  |
| フーリエ余弦級数   | 78  |
| フェーザ       | 46  |
| フェーザ法      | 48  |
| 複素共役       | 147 |
| 複素形のフーリエ級数 | 81  |
| 複素数        | 147 |
| 負性抵抗       | 100 |
| 部分分数展開     | 122 |
| <b>【へ】</b> |     |
| 平均電力       | 64  |
| 平衡点        | 38  |
| 平面回路       | 13  |
| 並列接続       | 95  |
| 閉路         | 3   |
| ヘビサイドの展開定理 | 123 |
| 偏角         | 147 |
| 変数         | 13  |
| <b>【ほ】</b> |     |
| 飽和         | 142 |
| ポート        | 85  |
| ポート電圧      | 85  |

|            |       |
|------------|-------|
| ポート電流      | 85    |
| 補木         | 134   |
| <b>【ま】</b> |       |
| マクスウェルの方程式 | 138   |
| <b>【む】</b> |       |
| 無効電力       | 68    |
| <b>【も】</b> |       |
| ネットワーク     | 17    |
| ネットワーク     | 3     |
| ネットワーク電流   | 17    |
| ネットワーク方程式  | 19    |
| <b>【ゆ】</b> |       |
| 有効電力       | 68    |
| <b>【よ】</b> |       |
| 余因子        | 147   |
| <b>【ら】</b> |       |
| ラプラス逆変換    | 118   |
| ラプラス変換     | 118   |
| <b>【り】</b> |       |
| 力率         | 68    |
| 理想変成器      | 98    |
| <b>【る】</b> |       |
| ループ        | 3, 17 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>【A】</b>                       |     |
| admittance                       | 50  |
| admittance matrix                | 87  |
| admittance parameter             | 87  |
| alternating-current power source | 43  |
| amplitude                        | 43  |
| amplitude spectrum               | 82  |
| angle                            | 147 |
| angular frequency                | 43  |
| apparent power                   | 68  |
| arbitrary constant               | 105 |
| average power                    | 64  |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>【B】</b>              |    |
| branch                  | 3  |
| branch current          | 3  |
| branch voltage          | 3  |
| <b>【C】</b>              |    |
| capacitance             | 26 |
| capacitor               | 26 |
| cascade connection      | 94 |
| CCCS                    | 99 |
| CCVS                    | 99 |
| characteristic equation | 36 |
| characteristic root     | 36 |
| charge                  | 1  |
| circuit                 | 3  |

|  |     |
|--|-----|
| circuit element                          | 1   |
| cofactor                                 | 147 |
| complex conjugate                        | 147 |
| complex number                           | 147 |
| conductance                              | 2   |
| conductor                                | 1   |
| continuity property of capacitor voltage | 27  |
| continuity property of inductor current  | 32  |
| co-tree                                  | 134 |
| Cramer's rule                            | 21  |
| current                                  | 1   |
| current-controlled current source        | 99  |

|                               |     |                                  |     |                               |     |
|-------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| current-controlled voltage    |     | initial value                    | 38  |                               |     |
| source                        | 99  | inner product                    | 77  | <b>[P]</b>                    |     |
| cut-set                       | 134 | input impedance                  | 93  | parallel connection           | 95  |
|                               |     | instantaneous power              | 64  | Parseval's theorem            | 82  |
| <b>[D]</b>                    |     | internal resistor                | 8   | partial fraction expansion    | 122 |
| damped oscillation            | 107 | inverse Laplace transform        | 118 | period                        | 43  |
| DC 定常解                        | 38  | inverse matrix                   | 145 | phase                         | 43  |
| DC component                  | 76  |                                  |     | phase current                 | 72  |
| DC stationary solution        | 38  | <b>[J]</b>                       |     | phase spectrum                | 82  |
| dependent source              | 98  | Joule's law                      | 2   | phase voltage                 | 72  |
| determinant                   | 145 |                                  |     | phasor                        | 46  |
| differential equation         | 103 | <b>[K]</b>                       |     | phasor method                 | 48  |
| direct-current power source   | 38  | KCL                              | 4   | planar circuit                | 13  |
| dual                          | 54  | Kirchhoff's current law          | 4   | port                          | 85  |
|                               |     | Kirchhoff's voltage law          | 5   | port current                  | 85  |
| <b>[E]</b>                    |     | KVL                              | 5   | port voltage                  | 85  |
| effective phasor              | 67  |                                  |     | power factor                  | 68  |
| effective power               | 68  | <b>[L]</b>                       |     | power spectrum                | 82  |
| effective value               | 65  | Laplace transform                | 118 | principle of superposition    | 21  |
| electricity                   | 1   | linear circuit                   | 21  |                               |     |
| energy                        | 1   | line voltage                     | 72  | <b>[Q]</b>                    |     |
| equilibrium point             | 38  | loop                             | 3   | Q 值                           | 61  |
| equivalent                    | 10  |                                  |     | quality factor                | 61  |
| Eular's formula               | 106 | <b>[M]</b>                       |     |                               |     |
| even function                 | 78  | magnitude                        | 147 | <b>[R]</b>                    |     |
|                               |     | matching                         | 10  | reactive power                | 68  |
| <b>[F]</b>                    |     | matrix                           | 145 | real number                   | 147 |
| Fourier cosine series         | 78  | Maxwell's equation               | 138 | real part                     | 147 |
| Fourier series, complex form  | 81  | mesh                             | 3   | reciprocity theorem           | 88  |
| Fourier series, real form     | 81  | mesh current                     | 17  | resistance                    | 1   |
| Fourier sine series           | 76  | mesh equation                    | 19  | resistor                      | 1   |
|                               |     | mutual inductor                  | 97  | resonance                     | 61  |
| <b>[G]</b>                    |     |                                  |     | resonance angular frequency   | 61  |
| general solution              | 106 | <b>[N]</b>                       |     | resonance frequency           | 61  |
| graph                         | 3   | negative resistor                | 100 | <b>[S]</b>                    |     |
| gyrator                       | 93  | neutoral point                   | 72  | saturation                    | 142 |
|                               |     | node                             | 3   | second-order differential     |     |
| <b>[H]</b>                    |     | node equation                    | 15  | equation                      | 105 |
| Heaviside's expansion theorem | 123 | node voltage                     | 14  | series connection             | 95  |
|                               |     | non-linear differential equation | 142 | short                         | 9   |
| <b>[I]</b>                    |     |                                  |     | sinusoidal steady state       | 46  |
| ideal transformer             | 98  | Norton's equivalent circuit      | 24  | sinusoidal wave power source  | 43  |
| imaginary number              | 147 | Norton's theorem                 | 23  | solution                      | 106 |
| imaginary part                | 147 |                                  |     | state equation                | 131 |
| impedance                     | 50  | <b>[O]</b>                       |     | state variable                | 131 |
| impedance matrix              | 86  | odd function                     | 76  |                               |     |
| impedance parameter           | 86  | Ohm's law                        | 1   | <b>[T]</b>                    |     |
| inductance                    | 31  | open                             | 9   | Tellegen's theorem            | 7   |
| inductor                      | 31  | oscillator                       | 142 | Thevenin's equivalent circuit | 23  |
| initial condition             | 105 | over-damping                     | 108 | Thevenin's theorem            | 23  |

three-phase alternating  
 current  
 time constant  
 transmission matrix  
 transmission parameter  
 tree  
 two-port

**【U】**

unit step function

71  
 39  
 92  
 92  
 134  
 85  
 120

**【V】**

variable  
 VCCS  
 VCVS  
 voltage  
 voltage follower  
 voltage-controlled current  
 source  
 voltage-controlled voltage  
 source

13  
 99  
 99  
 1  
 100  
 99  
 99

**【Y】**

Y 行列  
 Y パラメータ

**【Z】**

Z 行列  
 Z パラメータ

**【数字】**

2 ポート  
 2 階の微分方程式

87  
 87  
 86  
 86  
 85  
 105

— 著者略歴 —

斎藤 利通 (さいとう としみち)

1980年 慶應義塾大学工学部電気工学科卒業  
1982年 慶應義塾大学大学院工学研究科修士課程  
修了 (電気工学専攻)  
1985年 慶應義塾大学大学院工学研究科博士課程  
修了 (電気工学専攻)  
工学博士  
1985年 相模工業大学専任講師  
1989年 法政大学助教授  
1998年 法政大学教授  
現在に至る

神野 健哉 (じんの けんや)

1991年 法政大学工学部電気工学科卒業  
1993年 法政大学大学院工学研究科博士前期課程  
修了 (電気工学専攻)  
1996年 法政大学大学院工学研究科博士後期課程  
修了 (電気工学専攻)  
博士 (工学)  
1996年 上智大学助手  
1998年 日本工業大学助手  
1999年 日本工業大学専任講師  
2003年 日本工業大学助教授  
2004年 関東学院大学助教授  
2007年 関東学院大学准教授  
2008年 ERATO合原複雑数理プロジェクト研究員  
2009年 日本工業大学准教授  
2010年 日本工業大学教授  
現在に至る

わかりやすい電気回路

Introduction to Electric Circuit Theory

© T. Saito, K. Jinno 2016

2016年9月16日 初版第1刷発行

★

検印省略

著者 斎藤 利通  
神野 健哉  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03)3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00885-2 (斎藤) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします