

ゼロからわかる 回路シミュレータ PSIM 入門

日本パワーエレクトロニクス協会【編】

コロナ社

まえがき

電子回路設計の初心者が電気回路についての学習を始めると、最初から難しい数式がでてきて興味を失ってしまうことや、回路の動作がイメージできなくなるが多々あります。また、書籍に記載されている回路やその動作原理を読んだだけでは、すべてを理解するのは容易ではありません。やはり、実際に回路を組んでみて動かし、波形やデータを自分の目で確認し、初めて本当の理解を得ることができるのだと思います。しかしながら、実際に各種の電子部品を使って回路を組み立てながら学習を進めると、多くの時間と費用がかかります。このような問題を解決してくれるのが、回路シミュレータを用いた学習です。

本書では、パワーエレクトロニクス技術の研究開発現場で広く普及しているPSIM（ピーシム）と呼ばれる回路シミュレータの使い方とパワーエレクトロニクス技術の基礎について学びます。PSIMでは無期限で利用できるデモ版が準備されており、Webページから無償でダウンロードして利用することができます。またPSIMは、感覚的に回路を作成できる使い勝手のよいユーザインタフェースを備えており、シミュレーション結果である電圧電流波形も簡単に確認することができます。つまり、PSIMを利用することにより、安価で効率のよい学習を進めることができます。

PSIMは、パワーエレクトロニクス技術の研究開発用途に特化した回路シミュレータです。パワーエレクトロニクス機器の開発でよく使われるインバータやチョップパなどの多数のサンプル回路が準備されています。また、パワーエレクトロニクス機器につながるモータ、リチウムイオン電池、太陽電池などの多数の負荷モデルも準備されています。PSIMについて学習してうまく活用することができれば、パワーエレクトロニクス機器のシミュレーションを簡単に

行うことができます。大学や企業の技術者の方々が活用すれば、研究開発の効率を大幅に向上することができるでしょう。

本書の執筆にあたっては、回路シミュレータを使った経験がない方でも PSIM の使い方を習得できること、パワーエレクトロニクス技術の初心者でも事例として記載した回路解析手法やアプリケーション事例を理解できることを心掛けました。回路シミュレータの説明では、原則 PSIM のデモ版で利用できる機能のみを使い、学習を進められるよう配慮しました。本書が、回路シミュレータやパワーエレクトロニクス技術の学習を始める方々にとって、理解を深める一助となることを心から願っております。

最後になりましたが、本書の執筆にご協力頂きました Myway プラス株式会社の加舎栄彦氏、山岸歆氏、朝日直子氏、譚文静氏、そして松野知愛氏をはじめ、多くの皆様に心より感謝致します。

2019年4月

一般社団法人 日本パワーエレクトロニクス協会
理事長 相蘭 岳生

目 次

1

PSIM とは？

1.1	回路シミュレーションって何だろう？	1
1.2	PSIM って何だろう？	3
1.2.1	PSIM の 特 徴	4
1.2.2	PSIM の 構 成	6
1.2.3	さまざまなオプションモジュール	8

2

デモ版をインストール

2.1	デモ版 PSIM をダウンロードしてみよう！	11
2.2	デモ版 PSIM をインストールしてみよう！	14
2.3	トライアル版 PSIM について	17

3

回路シミュレーション基本操作

3.1 サンプル回路を動かしてみよう！	19
3.2 自分で回路を組んでみよう！	23
3.2.1 新規回路ファイルの作成と保存	23
3.2.2 PSIM 画面の便利なボタン	24
3.2.3 素子の配置	26
3.2.4 配線の接続	29
3.2.5 測定ポイントの配置	30
3.2.6 シミュレーション条件の設定	32
3.2.7 シミュレーションの実行	33
3.3 SimView の操作画面	35
3.3.1 SimView 画面の便利なボタン	35
3.3.2 波形データファイルのマージ機能	36
3.4 サンプル回路の活用事例	39

4

さまざまな回路解析手法

4.1 過渡解析	41
4.2 周波数解析	51
4.3 パラメータスイープを用いた解析	57
4.4 FFT 解析	61
4.5 オシロスコープを用いた解析	66

5

さまざまなアプリケーション事例

5.1 交流と抵抗, インダクタ, コンデンサの関係	72
5.2 ローパスフィルタと伝達関数	79
5.3 インバータの動作	88
5.3.1 抵抗負荷	90
5.3.2 容量性負荷 (抵抗と容量の直列接続)	92
5.3.3 誘導性負荷 (抵抗とインダクタの直列接続)	93
5.4 モータドライブ	99
5.5 太陽電池からバッテリーへの充電	104

6

PSIM の便利な使い方

6.1 途中結果保存機能	112
6.2 スクリプト機能	118
6.3 データシートキャプチャ機能	123
6.4 便利なカスタマイズ	128
6.4.1 ツールバーのカスタマイズ	128
6.4.2 キーボードのカスタマイズ	131
6.4.3 素子パラメータのデフォルト値の設定	132
6.4.4 カスタマイズ設定の別パソコンでの使用	132
6.5 制御を C 言語で書く	134
6.5.1 C ブロックの使い方	134
6.5.2 シミュレーション回路	139
6.5.3 シミュレーション結果	143

付録 A

ほかのツールとの連携

A.1 連携ができるソフトウェア一覧	144
A.1.1 JMAG との連携シミュレーション	145
A.1.2 MATLAB/Simulink との連携シミュレーション	146
A.2 JMAG との連携	147
A.3 MATLAB/Simulink との連携	156
A.3.1 初期設定	156
A.3.2 シミュレーション回路	157
A.3.3 Simulink と連携するための PSIM 側の回路の編集	158
A.3.4 MATLAB 側の操作	159
A.3.5 Simulink と連携するシミュレーション例	162
A.3.6 Simulink から PSIM へのパラメータの受け渡し	163

付録 B

モデルベース開発

B.1 パワーエレクトロニクス分野でのモデルベース開発	165
B.2 ラピッドコントロールプロトタイピング (RCP)	169
B.3 リアルタイムシミュレーション (HILS)	173
B.4 モデルベース開発の発展 (仕様書としての PSIM)	178
本書内で紹介しているダウンロード可能な PSIM 回路一覧	180
関連 Web ページ	182

1

PSIM とは？

PSIM はパワーエレクトロニクスおよびモータ制御のために開発された回路シミュレーションパッケージです。自動車、家電製品、航空宇宙、再生可能な自然エネルギーなどの幅広い産業分野で活用されています。本章では、PSIM について使い方を説明しながら解説を行います[†]。

1.1 回路シミュレーションって何だろう？

回路シミュレーションとは、実際の電子部品や基板を使って回路を作らなくても、パソコン上で回路図を入力すれば回路動作を確認できるシミュレーションのことです。

近年では、パソコンの計算速度が飛躍的に向上しており、回路シミュレーションの有用性はますます高まっています。つまり、より複雑な回路を短時間で解析することが可能になってきたといえます。

回路シミュレーションは、研究開発の現場でさまざまな目的で行われています。例えば

- 予想どおりの結果になるかどうかの確認（検証）
- 回路のアイデアを試す（フィージビリティスタディ）
- 回路定数の調整
- 実機で発生した不具合現象の再現と原因調査

などです。

[†] 本書で紹介している PSIM のバージョンは Ver.11 です。

2 1. PSIM とは？

パワーエレクトロニクスの分野では、自動車、家電製品、航空宇宙、再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、蓄電池）などの幅広い産業分野において、スイッチング電源、モータ駆動、電力変換装置などのさまざまなアプリケーションの検証に回路シミュレータが使われています。

回路シミュレータには、以下のようなメリットがあります。なお、本書では、回路で使用する電子部品のことを「素子」と呼びます。

① 実際の装置が不要でコストを抑えられる

パソコンが1台あればシミュレーションができますので、開発のたびに「新たな装置を購入する」、「新たな装置を製作する」といった必要がありません。

② 高速なコンピュータ資源を活用し、時間短縮できる

実際に、「回路を組む」、「素子を交換する」、「出力波形を計測する」といったことを行うと、短時間では終わりません。シミュレーションであれば、パソコン上で簡単に回路図を入力することができ、素子パラメータを変更することができ、出力波形も実際に測定しなくてもパソコン上に表示されます。最近の高速なパソコンを使用すれば、短時間でシミュレーションを行うことができます。

③ 実測不可能なものを計算することができる

シミュレーションを使うと、実際のセンサでは計測できないデバイス内部の電圧や電流、大電流や微小電流などを容易に計測することができます。また、実物を入手できない負荷などを模擬したシミュレーションを行うことも可能です。

④ 感電、電子部品の破裂などがなく、安全である

実際の回路では、不用意に触ると感電するおそれがあります。また配線が間違っていたりすると、電源を入れたときに破損や事故につながる可能性があります。シミュレーションは、パソコン上で実行しますので、回路図が間違っていたとしても感電やモノが壊れてしまうことはありません。

このように便利なシミュレーションを行う回路シミュレータですが、ただやみくもに使えばよいというわけではありません。結果を予想して回路を作成し、シミュレーションで「確認」というのが上手な使い方です。これに

は、結果を予想できるだけの「設計能力」が必要になります。

一方で、回路シミュレーションを実行したとしても、回路のモデリングが間違っている、目的に適合していないという場合もありますので、シミュレーション結果を盲信してはいけません。回路シミュレータの有用性と限界を理解したうえで使用する必要があります。つまり、設計能力とは別に「回路シミュレータを使いこなす能力」が必要となります。これには、適切なシミュレータの設定や素子モデルの選択も含まれます。場合によっては回路シミュレータそのものの選定を含むこともあるでしょう(図 1.1)。

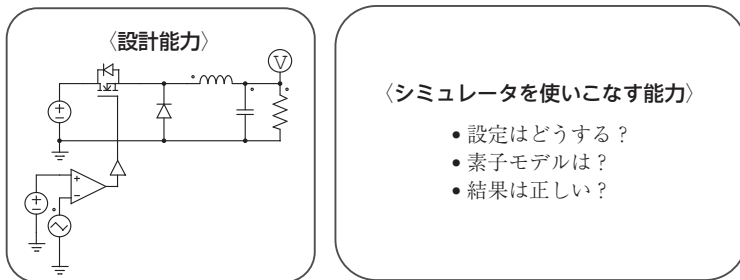


図 1.1 回路シミュレーションに必要なもの

これらを認識して使いこなせば、回路シミュレータの恩恵を受けることができます。

本書では、PSIM という回路シミュレータを使いこなす技術を、具体的な事例を交えながら紹介していきます。

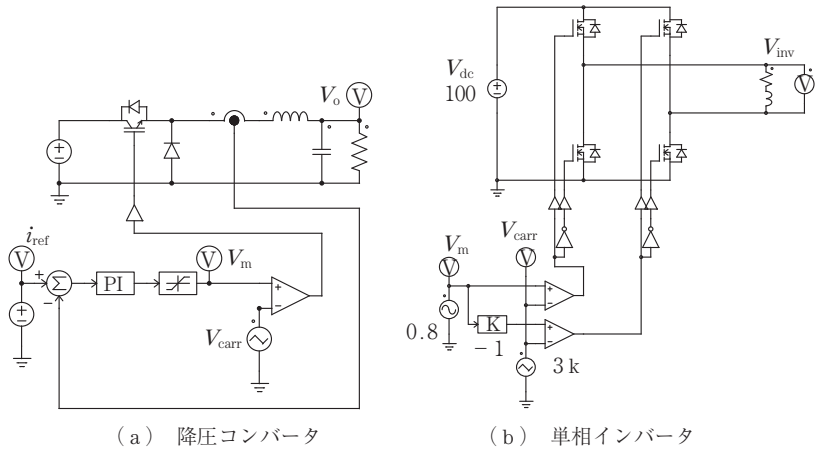
1.2 PSIM って何だろう？

回路シミュレータは電気回路設計全般で広く使われており、有償・無償のものも含め数多くの回路シミュレーション用ソフトウェアがあります。その中で、本書で扱う PSIM はパワーエレクトロニクス回路に特化したソフトウェアです。このため、パワーエレクトロニクス回路のシミュレーションにおいては、ほかのソフトウェアよりも簡単かつ便利に使うことができます。

4 1. PSIM とは ?

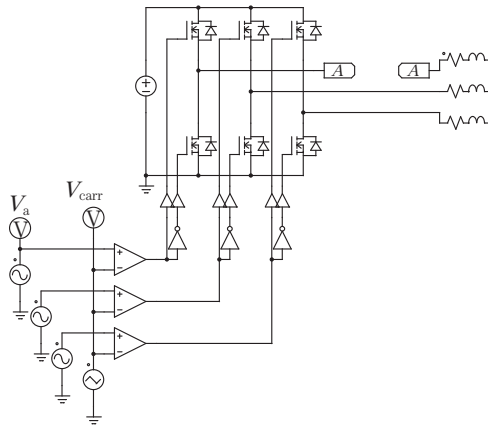
1.2.1 PSIM の特徴

PSIM は、高速シミュレーション、使いやすいユーザインタフェース、波形解析機能などの特長により、パワーエレクトロニクスの回路解析、制御系回路設計、インバータの研究開発などで利用されており、つぎのような用途に適しています。



(a) 降圧コンバータ

(b) 単相インバータ



(c) 三相インバータ

図 1.2 サンプル回路例

- 手軽に短時間で仕様段階の検討がしたい。
- モータとインバータを合わせてシミュレーションしたい。
- パワーエレクトロニクス回路の制御ロジックを C 言語で作成したい。

ここで PSIM の三つの特長を紹介します。

① シミュレーションの実行時間が短く、サンプル回路の活用で設計時間が短縮可能

PSIM では、半導体デバイスを理想スイッチとして扱っています。オン・オフ状態しか考慮していないので演算が収束しやすく、半導体デバイスの詳細モデルを使用しているほかの回路シミュレータと比較して、シミュレーションに時間がかからないという特長があります。つまり、半導体デバイスを数多く含むパワーエレクトロニクス回路のシミュレーションに適しています。さらに 250 種類以上用意されたサンプル回路 (図 1.2) と、直感的にわかりやすい素子を使って回路設計が手軽に行えます。

② パワーエレクトロニクス用に準備された負荷モデルを使ったシミュレーションが可能

図 1.3 に示すようにパワーエレクトロニクス機器につながる負荷は、モ-

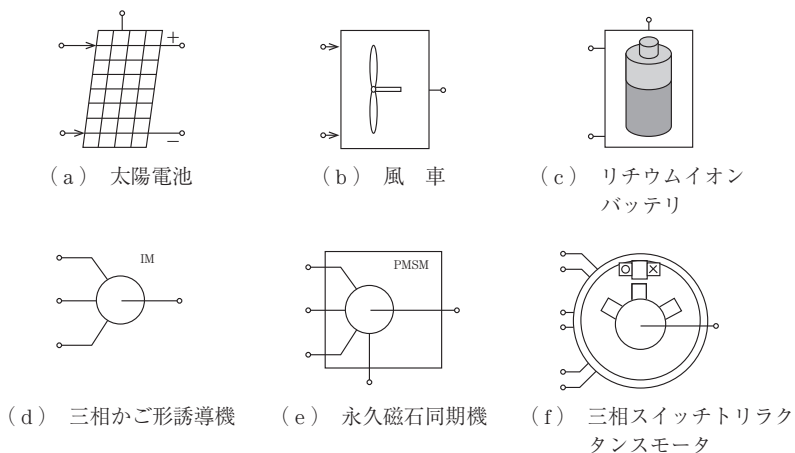


図 1.3 多種類の負荷モデル

ゼロからわかる回路シミュレータ PSIM 入門

Perfect Introduction to Circuit Simulator PSIM

© 一般社団法人 日本パワーエレクトロニクス協会 2019

2019年6月13日 初版第1刷発行



検印省略

編 者 一般社団法人
日本パワーエレクトロニクス協会
ホームページ <http://www.pwel.jp>

発 行 者 株式会社 コロナ社
代 表 者 牛来真也

印 刷 所 萩原印刷株式会社
製 本 所 有限会社 愛千製本所

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 978-4-339-00921-7 C3054 Printed in Japan

(松岡)



<出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

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います。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いません。落丁・乱丁はお取替えいたします。