



Title	パワーエレクトロニクス回路のシミュレーションによる設計法に関する研究
Author(s)	王, 兆安
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/36539
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	王	兆	安
学位の種類	工	学	博
学位記番号	第	8480	号
学位授与の日付	平成元年3月2日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
学位論文題目	パワーエレクトロニクス回路のシミュレーションによる 設計法に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 村上 吉繁	教授 平木 昭夫	教授 藤井 克彦
	教授 松浦 虔士	教授 加藤 義章	教授 鈴木 胖
	教授 黒田 英三	教授 白藤 純嗣	教授 中島 尚男

論文内容の要旨

本論文は、パワーエレクトロニクス回路のシミュレーションとその応用に関する研究の成果をまとめたもので、6章から成っている。

第1章は緒論であり、本論文の意義と構成を示している。

第2章では、従来充分に検討されていなかった自己消弧形スイッチ素子を含むパワーエレクトロニクス回路の定式化を確立している。電力用半導体素子を理想スイッチによってモデル化するために、オンスイッチの電圧およびオフスイッチの電流をそれぞれ零電圧電圧源および零電流電流源と見なして、回路の制御入力とし、制御入力に双対なスイッチ変数を回路の出力変数と定めている。これより状態方程式と出力方程式からなるシステム方程式を導出し、状態変数およびスイッチ変数は超関数として定義し、その演算則に従って取り扱うこととしている。モードに対応する方程式はシステム方程式の行列の基本変換によって導くことができる。これよりモード変化に伴う状態変数の跳躍量とスイッチ変数のインパルスを数学的に正確に演算することができるようになっている。この方法に基づきパワーエレクトロニクス回路の汎用解析プログラムATCAPⅢを開発し、その内容を本章で記述している。

第3章では、パワーエレクトロニクス回路の転流動作中の半導体素子を物理的過程に基づく詳細モデル、他の素子は理想スイッチモデルを用いて記述するハイブリッドシミュレーションの手法を提案している。転流中に素子については、非線形微分方程式で表現し、他の回路の部分は、システム方程式によって表現し、この二組の方程式を組み合わせて、連立方程式の解を求める方法により、非線形方程式の解の収束が保証され、解析に要する時間も短縮されている。

以上の方針により開発したパワーエレクトロニクス回路の汎用シミュレーションプログラムを応用して、

超電導エネルギー貯蔵の交直電力変換装置より発生する高調波を補償するためのアクティブフィルタについて、回路設計を行い、さらに高調波補償特性の検討を行っている。

第4章では、電圧形アクティブフィルタの主回路の設計を行うとともに、制御方式と高調波補償特性を検討している。すなわち、シミュレーションにより導出したフィルタの伝達関数に基づいて、フィルタ制御系の安定化設計を行っている。

第5章では、電流形アクティブフィルタのPWM制御のキャリア周波数および交流側のコンデンサ容量について設計を行い、また、電流形と電圧形のアクティブフィルタの補償特性を比較している。

第6章の結論で、以上の研究成果を総括している。

論文の審査結果の要旨

近年、自己消弧能力を持つ半導体スイッチ素子が開発され、またマイクロプロセッサの導入により半導体電力変換装置の制御特性は格段に向上し、パワーエレクトロニクスは成熟期に入り、回路はますます複雑となり、シミュレーションによる解析と設計が要請されている。本論文では、パワーエレクトロニクス回路を状態方程式と出力方程式の組合せによるシステム方程式によって表現する定式化法に基づいて、汎用の計算機シミュレーションプログラムを開発し、自己消弧形素子を含む回路に適用して、回路動作を解析できることを初めて明快に示している。さらに転流状態にあるスイッチの物理過程を非線形微分方程式で表現し、その他のスイッチは理想スイッチとして取り扱うハイブリッドシミュレーションの手法を追求し、そのシミュレーションソフトウェアも開発している。

開発した汎用シミュレーションプログラムを用いて、電力変換によって発生する高調波除去のためのアクティブフィルタを設計し、またその制御系の構成手法を確立している。その成果は以下のように要約される。

- (1) パワーエレクトロニクス回路をシステム方程式によって定式化し、状態変数およびスイッチ変数を超関数として定義することにより、これらの変数の不連続性を統一的に取り扱うことを可能にしている。また、システム方程式行列の基本変換によりスイッチ開閉の組合せ（モード）の変化に伴う方程式を導出するアルゴリズムを確立している。この定式化法に基づくパワーエレクトロニクス回路の汎用解析プログラムを開発し、自己消弧形スイッチ素子を含む回路のシミュレーションを初めて行っている。
- (2) 転流動作中の半導体素子を非線形微分方程式で表現する詳細モデル、その他の素子は理想スイッチモデルを用いるハイブリッドシミュレーションの手法を提案している。この手法により、比較的短時間の計算で正確なシミュレーションの結果が得られることを明らかにしている。
- (3) 以上の解析手法と開発したプログラムを応用して、超伝導エネルギー貯蔵の交直電力変換装置より発生する高調波を補償するためのアクティブフィルタについて、シミュレーションによって回路設計を行い、また高調波補償特性と動特性を研究している。
- (4) 電圧形および電流形の二種類のアクティブフィルタについてシミュレーションにより回路パラメータ

を設計する手法を導き、従来経験に基づき行っていた設計に初めて一般的な設計手順を導入している。更に、シミュレーションによって得られた伝達関数に基づくアクティブフィルタ制御系の構成方法を確立している。

以上のように本論文は、パワーエレクトロニクス回路の解析とシミュレーションのために新しい方法を導出するとともに、シミュレーションを用いて回路と制御系を構成する手法を与えるなど、多くの重要な新知見を含み、電気工学、電子工学、制御工学および超伝導工学に寄与する所が極めて大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。