

1. 目的

高効率化や高性能化，地球環境問題対策など，パワーエレクトロニクス（PE）技術により解決できる課題は多い。このため，シミュレーションを用いた機器設計や動作検証が行われる。漏れインダクタンスや漂遊容量を考慮したモデルを適用したスイッチングサージの解析や，鉄心の磁気飽和モデルを適用したモータモデルなど，瞬時値レベルでより実測に近いシミュレーション解析が求められるようになってきた。一方で，パワーエレクトロニクス機器がシステムの一部として組み込まれる場合，システム規模が大きくなるにしたがい，解析効率が重視されるため，平均値あるいは実効値レベルでの精度が求められることが多い。例えば，モデルベース開発（MBD：Model Based Development）では，シミュレーションにより個々のモデルの仕様を決定し，これらを組み合わせてシステムを構築していく。システムが大規模になるにつれて，これを効率よく，かつ円滑に進めるには，瞬時値解析モデルではなく平均値・実効値解析モデルを適用するが，個々の解析モデルのモデリング手法や解析精度，異なるシミュレーション環境で開発されたモデルを組み合わせる連成シミュレーション技術などが課題となる。このような状況を鑑みると，解析用途に応じた実用的なモデリング手法の理論的・系統的調査検討や解析精度，連成シミュレーション技術に関する調査検討が必要である。

これまでに電気学会産業応用部門半導体電力変換技術委員会に設置された一連のPEシミュレーションに関する協同研究委員会では，PEに関連するシミュレーション技術，モデリング技術，シミュレーションプログラムについて幅広い調査や体系化，標準的モデルの提案を行ってきた。特に2012年に設置された「パワーエレクトロニクスシミュレーションのための標準モデル開発協同研究委員会」ではスマートグリッドWG，モータドライブWG，電源回路WG，自動車WGを設置し，これらの分野でよく使用される構成要素の標準的モデルの提案およびそのモデルに適用するパラメータに関する検討を行ってきた。

本協同研究委員会ではこれらの調査検討結果をふまえ，解析結果と実測結果との対比に基づいた実用的なモデリング手法の理論的・系統的調査検討や解析精度，連成シミュレーション技術に関する調査検討を行うことを目的とする。瞬時値解析モデルでは漏れインダクタンスモデルや漂遊容量を考慮したモデル，インダクタンス鉄心の磁気飽和モデルなど，設定パラメータを含めたモデリング手法に関する調査検討を行う。単なる詳細モデルだけでなく，実用に供するためのモデル構成要素の取舍選択手法についても検討する。平均値あるいは実効値解析モデルにおいてもモデリング手法の調査および実用上の精度等について検討を行う。連成シミュレーション技術に関しては，PE回路シミュレータと電磁界解析の連成や，異なるシミュレーション環境で開発されたモデル間連成，リアルタイムシミュレータなど，幅広い観点から調査検討を行う。基本的な標準的モデル群の拡充，理論的なシミュレーション手法や解析設計法の調査も継続して行いたい。

2. 背景および内外機関における調査活動

PE回路のスイッチング素子はSiデバイスからSiCデバイスやGaNデバイスといったワイドバンドギャップ半導体への移行が始まりつつある。現状では効率向上および熱対策が主な目的であるが，将来的には動作周波数の上昇も見込まれる。これにより，これまでのモデリング手法では適応できなくなる可能性が指摘されている。例えば，配線もモデリングの対象となり，その手法のひとつに分布定数回路モデルがある。スイッチングサージの解析に分布定数回路モデルや接合容量を適用する事例があるが，実測値に対する差が生じていることは否めない。

また，IPMSMやスイッチドリラクタンスモータのように，鉄心の磁気飽和領域を積極的に利用して出力向上を目指すモータの研究が盛んに行われている。これらのモータには磁気飽和モデルを必要とし，多くは実測あるいは電磁界解析によるテーブルモデルが適用されている。テーブルモデルはPE回路シミュレータで直接読み込み，あるいはFEMソフトウェアとPE回路シミュレータの連成解析で適用するが，磁気飽和に対するモデリング精度やPE回路シミュレータとの相性などの問題が指摘されている。

一方、MBDによるシステム開発手法は自動車分野を中心に広がりつつある。このような手法に適用されるPE分野のモデルは平均値モデルや実効値モデルの他、実測値に基づいたテーブルモデルが適用される場合もある。このことはPE分野における実用的モデルの必要性が要求されている現れでもある。

本委員会における実用的なモデリング手法の理論的・系統的調査検討や解析精度、連成シミュレーション技術に関する調査検討は、このような社会的要求に応えることでもあり、電気学会の活動として価値が高い。

海外では、例えばIEEEのCOMPEL (Control and Modeling for Power Electronics) においてPE回路の制御系設計やシミュレーション手法の開発・検討が多岐にわたって行なわれている。自動車分野ではドイツのFAT-AK30において、自動車部品のモデルがライブラリーとして公開されている。IEEE Power & Energy Societyではスマートグリッド(分散電源)に関連したシミュレーションの簡単なガイドを作成している。IEEE Computer SocietyのICSEをはじめとする国際会議でMBDに関する議論が活発に行われている。

以上の状況から、電気学会で本協同研究委員会を設置し活動するのは大変意義があり、時宜を得ている。

3. 調査検討事項

- (1) 実測との対比に基づいた、解析目的や対象に応じたモデル構成要素の取捨選択およびパラメータ選定を含むPEシステムの実用的モデリング手法の調査および系統的分類
- (2) PE回路シミュレータと電磁界解析や、異なるPEシミュレーション環境で開発されたモデル間連成など、PEシステムの解析に適用される連成シミュレーション技術に関する調査
- (3) 標準的モデルの基本モデル群の拡充および標準的モデルの適用範囲拡大に関する検討
- (4) パワーエレクトロニクスに関連するシミュレーション技術の調査
- (5) ウェブサイトによる継続的な情報提供

4. 予想される効果

設置予定の協同研究委員会の調査検討により、解析目的および解析対象に適した実用的なモデリング手法およびモデル構成要素の選択指針を把握でき、技術者の目的とする解析・設計をより円滑に達成することを可能にする。

5. 調査期間

平成27年(2015年)8月～平成29年(2017年)7月

6. 委員の構成

職名	氏名	(所属)	会員・非会員区分
委員長	石川 裕記	(岐阜大学)	会員
委員	青柳 滋久	((株)日立製作所)	会員
委員	阿部 貴志	(長崎大学)	会員
委員	井上 馨	(同志社大学)	会員
委員	大橋 俊介	(関西大学)	会員
委員	小笠原 悟司	(北海道大学)	会員
委員	柿ヶ野 浩明	(立命館大学)	会員
委員	加藤 利次	(同志社大学)	会員
委員	加藤 久嗣	(田淵電機株式会社)	非会員
委員	木村 紀之	(大阪工業大学)	会員
委員	久保田 裕孝	(三菱重工業(株))	会員
委員	黒江 康明	(京都工芸繊維大学)	会員
委員	甲野藤 正明	(ヤンマー株式会社)	会員
委員	斉藤 亮治		会員
委員	重松 浩一	(サイバネットシステム株式会社)	会員
委員	庄山 正仁	(九州大学)	会員

委員	関末 崇行	(アンシス・ジャパン株式会社)	会員
委員	関場 陽一	((株)電力計算センター)	会員
委員	寺園 勝志	((株)安川電機)	会員
委員	徳田 寛和	(富士電機 (株))	会員
委員	西田 保幸	(千葉工業大学)	会員
委員	野田 琢	((一財)電力中央研究所)	会員
委員	舟木 剛	(大阪大学)	会員
委員	堀口 剛司	(三菱電機株式会社)	会員
委員	森實 俊充	(大阪工業大学)	会員
委員	山口 忠	(岐阜大学)	会員
幹事	加藤 真嗣	(神戸市立工業高等専門学校)	会員
幹事	河野 佑介	((株)東芝)	会員
幹事補佐	井上 征則	(大阪府立大学)	会員

7. 活動予定

委員会 6回/年 幹事会 6回/年

8. 報告形態

- (1) 電気学会全国大会もしくは産業応用部門大会におけるシンポジウムの開催
- (2) Web ページによる公開: (標準的モデル, ベンチマークテスト, リンク集など)

9. 活動収支予算

収入: 委員負担金	6,000 円	×29 名	=174,000 円
支出: 会議費	12,000 円	×12 回	=144,000 円
web サイト運営費	15,000 円	×2 ヶ年	=30,000 円
合計: 収入-支出=0 円			