

半導体電力変換器の制御プラットフォームに関する調査専門委員会
設置趣意書

半導体電力変換技術委員会

1. 目的

エネルギー変換の効率向上や小型化において、パワーエレクトロニクス機器は重要な役割を果たしており、その中でも特にパワーエレクトロニクスの制御技術は、機器の性能、信頼性、効率を左右する重要な要素の一つである。

半導体電力変換技術委員会では、パワーエレクトロニクス用の制御技術について、以前に一度調査活動を実施した。前委員会終了からすでに 10 年が経過しており、その間に制御ハードウェアの性能向上や SiC (Silicon Carbide)・GaN (Gallium Nitride)などのワイドバンドギャップパワー半導体の普及が進んでいる。この状況を鑑みて、本調査専門委員会では、今一度、パワーエレクトロニクスの制御機器に関して、ハードウェア・ソフトウェアの両面から網羅的に調査し、体系的に整理する。これら最新技術動向の調査、整理を通じて、パワーエレクトロニクスの制御技術の将来の方向性について議論し、産業界・学術界の発展に寄与することを目的とする。

2. 背景および内外機関における調査活動

パワーエレクトロニクス機器の制御は古くから行われており、平成初期頃まではアナログ演算回路を駆使して d-q 変換やフィードバック制御などが実装されてきた。これにかわって近年では、DSP (Digital Signal Processor) や FPGA (Field Programmable Logic Array)、マイクロコントローラなどを用いたデジタル演算・制御技術が一般に使われており、複雑な制御手法が容易に実装可能となっている。この一方で、デジタル制御は離散時間系としての制御遅延を避けることができず、演算遅延やサンプリング誤差を考慮した制御系設計や、パイプライン化・ハードウェア並列処理などによる遅延低減技術が継続的に発展してきた。これらのデジタル演算・制御技術は、パワー半導体や変換器技術の急速な発展とともに、更なる技術革新が求められている。近年では、省エネルギー化に向けた技術として、SiC や GaN などのワイドバンドギャップパワー半導体が市場に出回り、広く使われるようになってきた。これに伴い、従来の Si パワー半導体よりも高速・高周波のスイッチングが可能となり、制御機器にはこれを使いこなす性能が求められている。例えば、スイッチング周波数の高周波化に伴い、制御演算や A/D (Analog to Digital) 変換に要する時間を削減できない場合、電力変換器の制御性がかえって低下する恐れがあるため、制御機器には高速に信号処理する能力が必要とされる。また、スイッチングの高速化に伴い増大する電磁ノイズに対して、その影響を受けにくいセンサ回路や信号伝送方式も制御機器に必要な不可欠な要素技術である。

一方で、制御器側では余裕のある処理性能を活用し、モデルベース開発環境やリアルタイムシミュレータと連携した HILS 技術、さらにはノーコード開発ツールなど、設計効率の観点からも新たな要求が生まれている。また、複数の電力変換器や系統機器が通信ネットワークを介して連携する分散電源や EV 充電インフラの普及により、通信規格やセキュリティといった要素もコントローラ技術の設計に影響を及ぼし始めている。

国内外では、電力変換器を含む制御機器の通信・保護を規定する国際標準や、分散/階層制御・モデル予測

制御に関する研究が活発化している。さらに近年では、ゲートドライバ IC (Integrated Circuit) や制御 SoC (System on Chip) の独自開発が進み、制御アルゴリズムとハードウェアがより密に結合したアーキテクチャ開発も進展している。

半導体電力変換技術委員会では、2012 年 1 月～2013 年 12 月に「パワーエレクトロニクス用コントロールシステム構成要素に関する調査専門委員会」(委員長: 横山智紀) を設置し、当時のマイコン DSP プラットフォームと制御コンポーネントの体系整理を行った。しかしその後 10 年間で、制御対象となるデバイス・回路構成の変化、モデルベース開発や AI の台頭、通信・セキュリティ要件の顕在化など、調査対象が大きく変化している。したがって、前委員会の成果を踏まえつつ、最新の制御プラットフォームや高度制御やインテリジェント化に関する観点から再整理を行う必要がある。

3. 調査検討事項

本委員会では、半導体電力変換器の制御プラットフォームに関する以下の調査および検討を行う。

(i) 制御プラットフォーム・アーキテクチャ

組み込み用マイクロコントローラ / DSP / FPGA / SoC

センサ・A/D 変換・通信技術

複雑な制御(モデル予測・AI など)に向けた制御ハードウェア

RTOS (Real Time Operating System)

高周波サンプリング・リアルタイム制御, 遅延補償

(ii) 開発プラットフォーム

モデルベース開発, ノーコード開発

リアルタイムシミュレータ, HILS (Hardware In the Loop Simulation)

(iii) システム応用例

分散電源・PCS (Power Conditioning System) ・電動車(xEV) などにおける協調制御や通信

4. 予想される効果

本調査専門委員会により、パワーエレクトロニクス用コントローラに関する最新技術を体系的に整理することで、期待できる効果は次の通り。

(1) 制御プラットフォーム, および高度制御に関する研究開発の現状と課題が整理されることで、当該分野の技術動向や今後の方向性を把握しやすくなる。

(2) 各種制御方式やハードウェア構成の特徴・利点・設計課題が比較できるようになるため、制御機器設計や研究開発における評価指標や検討材料として活用できる。

(3) 新しい制御手法や設計技術の動向を整理することで、他の応用分野における活用可能性や設計着眼の共有が進み、今後の技術検討に寄与できる。

5. 調査期間

2026 年 (令和 8 年) 10 月～2029 年 (令和 11 年) 9 月

6. 活動予定

(部門共通・規程 1-2)

委員会	4回／年	幹事会	2回／年
見学会	1回／年		

7. 報告形態（調査専門委員会は必須）

技術報告および産業応用部門大会または全国大会のシンポジウム開催をもって成果報告とする。

8. 規格化・標準化活動との連携について

☐ 希望あり ☒ 希望なし ※1