

**戦略的イノベーション創造プログラム
(SIP)
2021年度
研究開発成果等報告書**

課題名：IoE社会のエネルギーシステム

**研究開発項目：B-①(1). WBG系半導体向け高速デジタルコン
トローラの開発**

**研究開発テーマ：「超高速デジタル制御を有するノイズフリーUSPM
とその応用技術の開発」**

研究期間：2021年4月1日 ～ 2022年3月31日

研究 責任者	氏 名	伊東 淳一
	所属機関	国立大学法人 長岡技術科学大学
	部 署	大学院工学研究科 技術科学イノベーション専攻
	役 職	教授

研究開発成果等の概要

① 個別テーマ1「ノイズフリーEMC フィルタの開発」:

- ・鉄損特性を考慮して設計した多巻型 PCC が広いスイッチング周波数範囲で連続動作可能であることを実験によって明らかにした。
- ・DC リンクコンデンサの ESL, ESR により発生するディファレンシャルモードノイズを低減可能な DC リンクコンデンサバンクについて検討した。

② 個別テーマ2「デジタルアクティブゲートドライバの開発」:

- ・ゲートドライバの安定性を向上する検討、およびデジタル制御系の支援によるフィードバック系の動的調整により、スイッチング損失を低減する課題について、回路シミュレーションと実機実験により検討を行った。インバータ主回路と MOSFET、ゲートドライバを含めた小信号等価回路を導出し、負帰還動作が不安定化する要因を明らかにした。また波形整形フィルタによってスイッチング損失とサージのトレードオフを改善できることを確認した。アクティブゲートドライバに必要な周波数帯域について検証を行い、主回路の共振周波数が 50 MHz と高い条件においても、スイッチング損失を 20-50%低減できることを確認した。出力段にダイオードクランプ式リニアアンプの適用を検討した。回路シミュレーションの結果、従来のプッシュプル増幅段と比較して最大 70%の消費電力低減が可能であることを確認した。

③ 個別テーマ3「瞬時デジタル駆動制御向け制御手法・ハードウェアの開発」:

- ・USPM コントローラを小型化した USPM コントローラ Rev.2 の仕様設計、回路設計、ア트워크設計を行い、試作（15 式）を完了させた。また、USPM のパワー部ハードウェアの仕様設計、回路設計、ア트워크設計、機構設計を行い、試作（15 式）を完了させた。さらに、USPM を用いた実証試験用ハードウェア（ハイブリッド PCS）の仕様設計、回路設計、機構設計を行い、試作（2 式）を完了させた。
- ・USPM コントローラの 50MHz ADC を用いて 12.5MHz マルチサンプリングデッドビート制御を系統連系システムに適用し、PI 制御（従来方式）と外乱補償型 12.5Mhz マルチサンプリングデッドビート制御（提案方式）で応答を比較した。

④ 個別テーマ4「USPM のマスターコントローラとシステム応用技術開発」:

- ・当初の目標である、USPM により構成された三相 MMC の入出力制御法を提案し、実機検証を通して、提案制御法の有効性を確認し、目標を達成した。実験結果より、定常状態においては線間電圧のひずみ率は 0.6%以下となり良好な正弦波波形が得られることを確認した。さらに、提案したセルコンデンサ電圧の指令値偏差改善制御により、セルコンデンサ電圧の指令値偏差は 4%程度改善されることを確認した。
- ・これまでに検討した制御を三相入力構成に拡張し、シミュレーションによりその基本動作を確認した。
- ・これまでに開発した並列化技術を応用して三相 DAB コンバータシステム（30 kW, 4 並列）を試作し、その動作確認を行った。