

プロジェクト課題 - 次世代電力需給基盤の構築

低損失コンパクト電力変換応用機器

背景・目的

低炭素社会の実現や再生可能エネルギー導入拡大を含む電力の安定供給において、パワーエレクトロニクスのイノベーションが果たす役割は大きい。その可能性として、SiCデバイスの適用による電力機器の大幅な低損失化・小型化と制御の高機能化がある。さらに、最近クローズアップされている、系統連系の強化、および再生可能エネルギー

の導入拡大に向けて、新型直流送電システムの開発・適用による電力供給システムの安定性向上が考えられる。

本課題では、パワーエレクトロニクス・システムのシミュレーション技術、制御技術の開発に基づく、SiCデバイス適用機器の実用化開発を実施するとともに、今後のニーズに応える新型直流送電システムの開発を行う。

主な成果

1 既存のSiCデバイスを用いた配電系統用STATCOMの開発

早期の実用化を目指し、既存のSiCとSiデバイスを組み合わせた6.6kVトランスレスSTATCOM^{*1}の試作機を開発した(図1)。試作機では、複数電圧カスケード変換器構成^{*2}の適用により6.6kV直接出力を実現し、さらに変換器のパルス制御方式を工夫することで連系フィルタの小型化と損失低減を実現した。この試作機による基本性能検証試験を実施し、重要な制御機能である無効電力制御と、段間および相間の直流電圧のバランス制御が、

定常運転状態において実用レベルの性能であることを確認した。なおこれは東芝との共同研究により得られた成果である。

この試作機開発成果は、系統事故時の制御性能の検証と、当所開発のシミュレーションモデル[R11028]による設計最適化を行うことにより、柱上設置容器に実装した実証機の開発に利用できる。

2 新型直流送電システムの提案

従来の自励式直流送電システムは、直流線路事故時に、変換器を停止しても事故電流が継続して流れることから、交流遮断器を用いて事故を除去する必要があった。このため、送電再開までに要する時間が長く、架空送電線区間のある直流送電への適用には、雷事故等からの迅速な復旧に課題があった。この解決策として、二つの方式を提案した。一つは、フルブリッジセルMMC^{*3}を適用し、変換器制御により直流事故時の事故電流を抑制する方式である

[R11021]。もう一つは、半導体スイッチを用いた高速な直流遮断器^{*4}により、直流事故区間を切り離す方式である(図2)[R11018]。これらにより、直流線路事故時にも高速な送電再開が可能となる。前者は、既存の他励式システムの制御保護技術が利用できることから短期間で実用化可能であり、後者は、事故区間のみを切り離し得るため、将来の直流多端子系統への適用に有効である。

*1 STATic synchronous COMpensatorの略称。自励式変換器を用いた無効電力補償装置。

*2 異なる直流電圧の単相インバータモジュールを、複数個直列接続して大容量の変換器を構成する回路方式。

*3 同一セル(モジュール)を多段接続することにより構成する変換器をMMC (Modular Multilevel Converter)と呼ぶ。フルブリッジセルMMCとは多段接続するセルにフルブリッジ(単相インバータ)セルを用いたものである。

*4 純粋な半導体スイッチのほか、高速な機械式スイッチと半導体スイッチを組み合わせた方式も考えられる。

連系電圧 : 6.6kV
 変換容量 : 100kVA

耐熱4.5kV
 Si-IGBT
 インバータ
 モジュール

ワンパルス制御
 直流電圧2.3kV

耐圧1.2kV
 SiC-JFET
 インバータ
 モジュール

PWM制御
 (スイッチング
 周波数4.7kHz)
 直流電圧650V

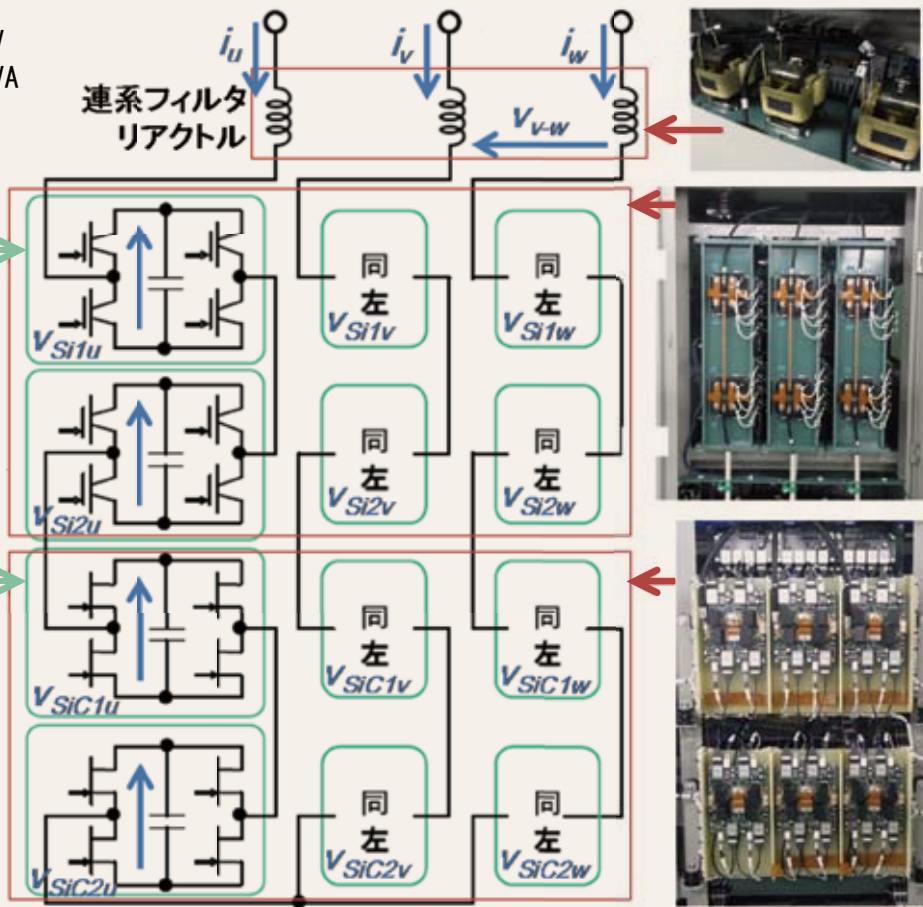


図1 SiCとSiを組み合わせたトランスレスSTATCOM試作機(定格6.6kV、100kVA)

スイッチング特性に優れた1.2 kV SiC-JFETと、導通特性に優れた4.5kV Si-IGBTを組み合わせたフルスケールのSTATCOM試作機を開発し、基本性能の検証試験を行って、設計どおりの動作を確認した。

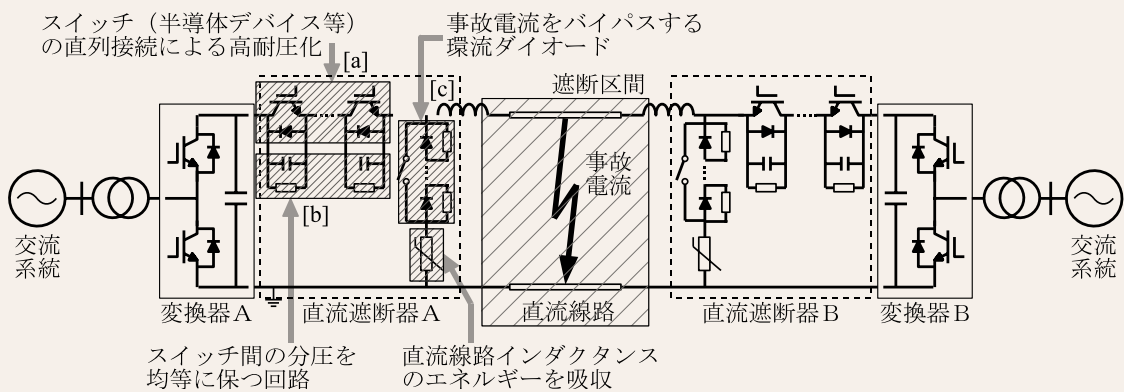


図2 提案する直流遮断器を用いた自動式直流送電システムの構成

直流遮断器の高耐圧化を行うため、半導体デバイスを用いたスイッチ[a]に、分圧を均等に保つための回路[b]を付加し、複数のスイッチの直列接続を可能とした。また、電流遮断に伴うサージ電圧を抑制するため、事故電流をバイパスする環流ダイオード[c]を接続し、事故電流を緩やかに低減可能とした。