

低損失コンパクト電力変換応用機器

背景・目的

低炭素社会の実現に向けた省エネ、電化、再生可能エネルギー導入の推進において、パワーエレクトロニクスへのイノベーションが果たす役割は大きい。その核として低損失化、小型化および制御の高機能化が期待できる、SiC半導体を用いたデバイス(SiCデバイス)を適用した電気機器の普及が期待されている。このような次世代機器の普及のためには、SiCデバイスの適用効果の大きい応用機器から優先的に実用化を進めていくことが重要である。

本課題では、SiCデバイスを適用した次世代機器の実用化を目指し、要素技術としてのパワーエレクトロニクス回路のシミュレーション技術、制御技術を確立するとともに、適切な実用化対象を選定した上で、その実証機を開発する。

主な成果

開発対象として配電系統用の柱上設置STATCOM^{*1}(表1)を取り上げ、SiCデバイス適用機器の実用化開発を進めている(株東芝との共同研究)。これは、太陽光発電の大量導入に対し不可欠となる配電線電圧調整装置を、高効率かつ省スペースで実現するものであり、SiCの適用メリットを最大限に活用できる。

平成21年度には、概念設計による柱上設置STATCOMの実現可能性と、実証機開発へのSiC-JFET^{*2}の適用可能性を明らかにした。

1. 柱上設置STATCOMの最適回路構成

小型軽量化のためには、変圧器を用いない構成とする必要がある。これを前提に、採用可能な回路構成を抽出し、シミュレーション解析による動特性評価等に基づいて、必要素子数、部品総体積、効率、製作上の容易性を相互比較した結果、最適回路構成としてY結線MMC(Modular Multilevel Converter)^{*3}(図1)を選定した[R09010]。

2. 柱上設置STATCOMの実装設計

上記検討で得られた交流フィルタ、直流コンデンサの所要L、C値や算定効率(99.1%)を用いてY結線MMCを採用した場合のSTATCOMの実装設計を行い、柱上設置が可能であることを明らかにした(図2)。なお、筐体外形寸法はW0.8m×D0.5m×H1.5mであり、重量は約500kg(交流フィルタ部約300kg、インバータ部約200kg)と推定できる。

3. SiC-JFETの適用性評価

新型デバイスであるSiC-JFET^{*4}の特性評価を実施し、1)特性オン抵抗は $2.8\text{m}\Omega\text{cm}^2$ と小さいこと、2)スイッチング損失に関しては、同定格のSi-IGBTに比して、ターンオン損失は約 $1/6$ に、ターンオフ損失は約 $1/8$ に低減できること、3)SiCショットキバリアダイオードとの組み合わせによるオールSiCでの安定なインバータ動作が可能であることを、を検証した。

以上の結果により、このデバイスが今後製作予定のSTATCOM実証機に適用できることを明らかにした。

表1 柱上設置STATCOM の設計仕様

配電線に連系設置される設備であり、発生高調波の他、可聴ノイズの低減にも配慮した。

定格容量	100 kVA
定格電圧	6600 V
高調波	総合電流歪率 2.5%以下
直流電圧変動	±5%以内
等価スイッチング 周波数	20 kHz

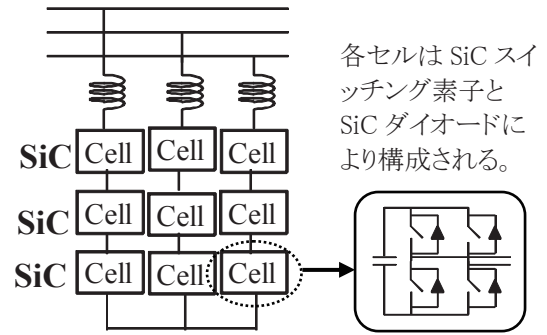
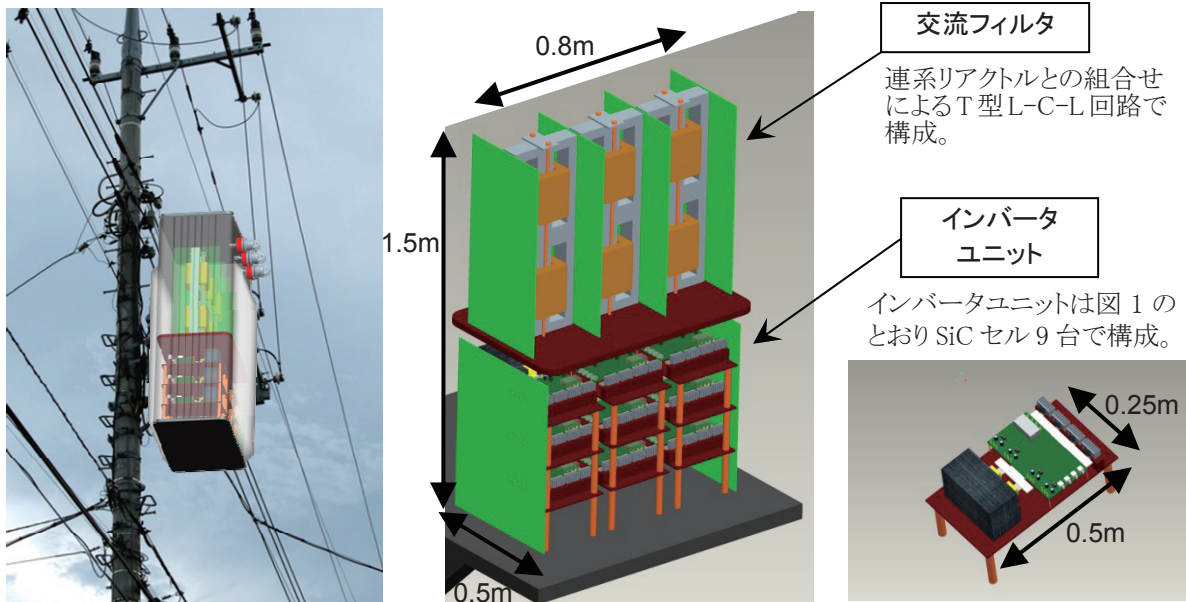


図1 Y結線MMCによるSTATCOM構成
適用可能な回路構成を比較評価した結果、Y結線MMCが小型STATCOMの実現に最適であると判断した。



(a) 装柱イメージイラスト

(b) 実装イメージ図

(b) 実装イメージ図

図2 6.6kV-100kVA柱上設置STATCOMのイメージ図

実装設計により、柱上設置STATCOMが実現可能であることを明らかにした。

- * 1 : STATCOM (STATic synchronous COMPensator) : 自励式変換器を用いた無効電力補償装置。
- * 2 : SiC スイッチングデバイスとしては、SiC-JFETとSiC-MOSFETの開発が進められているが、現時点では、SiC-JFETが最も実用化に近いデバイスとして期待されている。
- * 3 : 複数のセル(モジュール)を多段接続することにより構成する変換器(図1)。
- * 4 : ノーマリーオフ型デバイス。定格電圧、電流: 1200V、30A。