

## 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く、中でも SiC デバイスの適用による電気機器の大幅な低損失化・小型化と制御の高機能化が期待されている。このような次世代機器の普及のためには、SiC デバイスの開発促進に繋がるよう、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、その試作機開発と性能検証を実施する。

### 主な成果

#### 1. SiC デバイスを用いた 6.6kV 配電システム用トランスレス STATCOM の開発

オール SiC 変換器による 6.6kV トランスレス STATCOM<sup>\*1</sup> の試作機を開発し、性能検証を実施した (図1)。具体的には、高効率化、小型化の面から、オール SiC 変換器による STATCOM の最適回路構成として、Y 結線モジュラーマルチレベル変換器<sup>\*2</sup> (図2) を試作機に採用した。この試作機開発においては、適用した 1.2 kV SiC-JFET<sup>\*3</sup> の過電流、過電圧耐量を明らかにし、損失低減からみた回路設計の最適化を実施した。試作機試験による性能検証では、設計最適化の効果を明らかにするとともに、STATCOM に必要な各種制御機能の安定動作を確認した。

さらに、実機開発時の詳細設計として、主回路と制御保護回路の設計、および熱流体解析 (図3) に基づく柱上設置容器への実装設計を実施し、実用化に必要な基盤技術を確立した。

これらは、(株)東芝との共同研究により得られた成果である。

#### 2. SiC デバイス適用変換器の制御方式の開発

SiC デバイスを用いた配電システム用 STATCOM の至近年での実用化を加速するため、近年製品化が急速に進みつつある 1.2kV SiC デバイスを用い、これと高耐圧 Si-IGBT を組み合わせたハイブリッド構成<sup>\*4</sup> の変換器に適用する制御方式を開発した。具体的には、ハイブリッド変換器のような異なる定格電圧のセルを組み合わせた変換器においては、各セルの直流電圧を維持するために直流電源を必要としていたが、波形ひずみを起こさずにセル間のエネルギー授受を可能とすることで直流電源を不要とし、体積とコストの低減を実現する実用性の高い直流電圧制御法を開発した [R10014]。さらに、配電システム用 STATCOM が具備すべき制御機能として要求が高まっている相間不平衡電圧補償制御に関し、従来実現が困難とされてきた Y 結線方式のマルチレベル変換器<sup>\*2</sup> においても、これを可能とする新しい制御方式を開発した [R10022]。

その他の報告書 [R10027] [R10039]

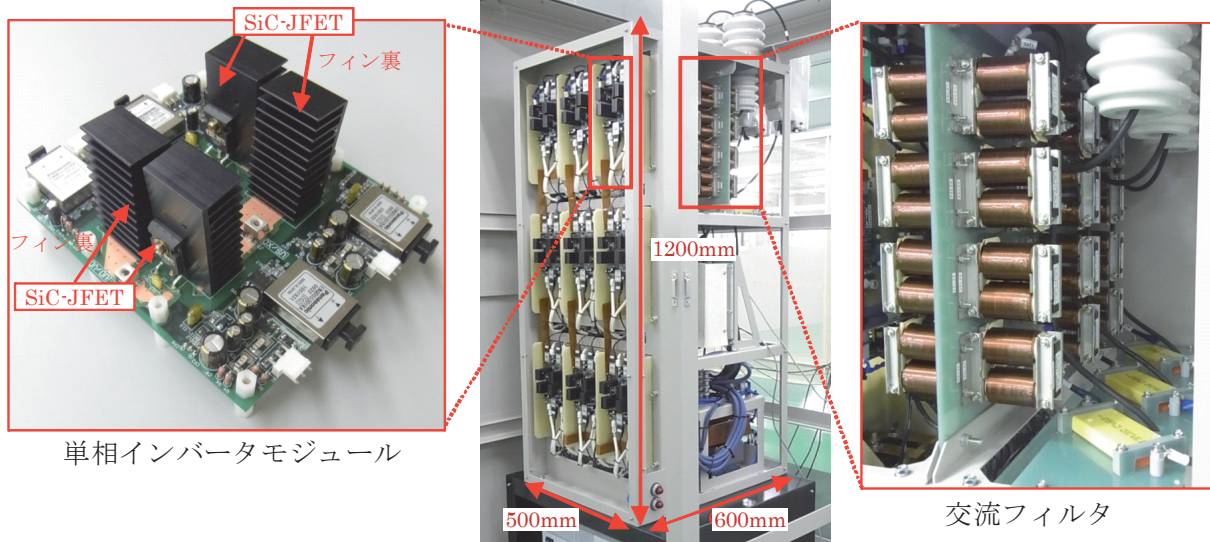


図1 オール SiC 変換器の試作機 (定格 2.2kV, 33.5kVA)

1.2 kV SiC-JFET 素子を適用したオール SiC 変換器の試作機を設計・製作し、性能検証を行うことで、実機開発にあたって基盤となる回路設計、制御系設計技術を確立した。

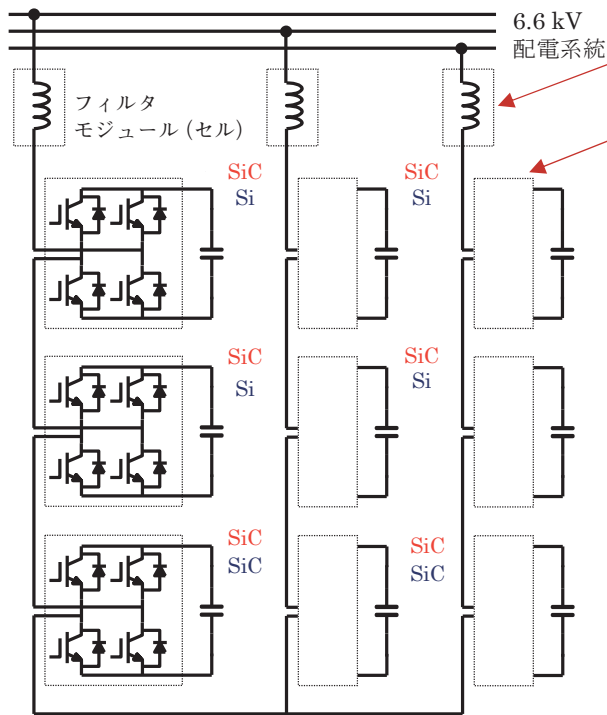


図2 Y結線マルチレベル変換器<sup>\*1, \*2</sup>構成

オール SiC 変換器とハイブリッド変換器は共通の変換器構成 (トポロジー) を有する

高調波フィルタは L-C-L 構成を採用

オール SiC 変換器は、同一定格の SiC セルにより構成され、ハイブリッド変換器は、定格電圧の異なる SiC セルと Si セルの組み合わせにより構成される。

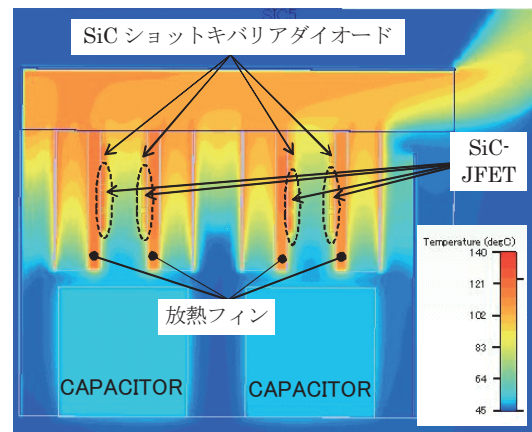


図3 インバータモジュールの熱流体解析

熱流体解析により装置内部の最高温度 (119°C) を許容値 (125°C) 以下に抑制可能であることを確認した。

- \* 1 : STATCOM (STATIC synchronous COMPensator) : 自励式変換器を用いた無効電力補償装置。
- \* 2 : 単相インバータモジュール(セル)を、複数個直列接続して構成する変換器をマルチレベル変換器という。このうち、同一定格のモジュールによるものをモジュラーマルチレベル変換器という。Y 結線方式と Δ 結線方式がある。
- \* 3 : 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 の製品化が先行している状況にある。
- \* 4 : ここでは、SiC デバイスと Si デバイスを組み合わせた変換器をハイブリッド変換器と呼ぶ。構成上はマルチレベル変換器であり、1.2kV SiC-JFET と高耐圧 Si-IGBT を用いたそれぞれ異なる定格電圧を持つセルを組み合わせる。