

SiC ダイオード適用インバータの開発

背景

民生や運輸、産業分野で幅広く利用されているパワーエレクトロニクス機器の高性能化には、インバータの高効率化、コンパクト化が不可欠となる。このための切り札として、シリコンカーバイド（SiC）半導体への期待が高まっているものの、これまでに、SiCインバータの実用機開発が行われた実績はなかった。SiCインバータの実用化は、至近年でのスイッチング素子開発が困難なため、ダイオードにのみSiCを用いたハイブリッドインバータから始まることが有望視されており、試作機による性能実証と設計指針の明確化が重要となる。

目的

ダイオードにのみSiCを適用したハイブリッドインバータに関し、試作機による性能実証を行い、SiCダイオードの適用メリットを明確にする。さらに、ハイブリッドインバータの実用化時の設計指針を整理し、効率、体積から見た限界性能を明らかにする。

主な成果

1. SiCダイオード適用インバータの性能実証

SiCダイオード適用の費用対効果分析に基づき選定した、太陽光発電などの分散形電源連系用インバータを開発対象として、定格出力3.3kWのSiCダイオード適用インバータ（図1）を試作し、その効率を実測した。この結果、Siデバイス適用の最高効率機に比して損失15%減となる、最高効率96.4%を達成した（図2）。さらに、スイッチング周波数の高周波化により、リアクトル体積の低減を同時に実現できたことから、装置体積も市販品に比較して14%減とできる見通しを得た。

2. SiCダイオード適用インバータの設計指針と限界性能

試作機インバータ（図1）での試験結果をベースに、当所開発の損失評価も可能なシミュレーションプログラムを用いたパラメータ解析を行い、SiCダイオード適用インバータに関して以下の知見を得た。

- (1) 設計指針：インバータの効率、体積を考慮した設計最適化には、チョッパ部ではスイッチング周波数とリアクトル値、インバータ部ではスイッチング周波数とフィルタリアクトル値の4つのパラメータ設計が重要となる。これらパラメータの最適化にあたっては、効率（損失）と体積からなる性能指標を定義し、チョッパ部では電流断続が生じないこと、インバータ部では流出高調波電流が規制値*¹を超えないことを条件に、性能指標が最大となる上記4パラメータの組み合わせを探索する。
- (2) 限界性能：損失低減と体積低減の効果を同等に考慮した性能指標*²に基づいてパラメータの最適化を行い、実機で到達可能な限界性能を評価した結果、チョッパスイッチング周波数のみ試作機設計の72kHzから36kHzに変更することで（図3）、損失はSiデバイス最高効率機の18%減、体積は市販品の15%減の性能向上が得られることがわかった。

今後の展開

大幅な損失低減、コンパクト化を実現するオールSiCインバータを開発する。

主担当者 システム技術研究所 需要家システム領域 上席研究員 高崎 昌洋
システム技術研究所 需要家システム領域 研究員 菊間 俊明

関連報告書 「インバータシミュレーションプログラムの開発（その2）—実測比較による解析精度の検証—」電力中央研究所報告：R07016（2008年3月）
「SiCダイオード適用インバータの設計指針と限界性能」電力中央研究所報告：R08027（2009年3月）

*1：系統連系規程によれば、基本波定格電流に対し、各次3%、総合5%以下となっている。

*2：性能指標を、[損失基準値] / [損失計算値] + [体積基準値] / [体積計算値] で定義。各基準値は、試作機での値。体積計算値は、試作機での実績をベースに、リアクトルに関してはインダクタンスに比例するものとして、また冷却フィンに関しては損失に比例するものとして算出した。

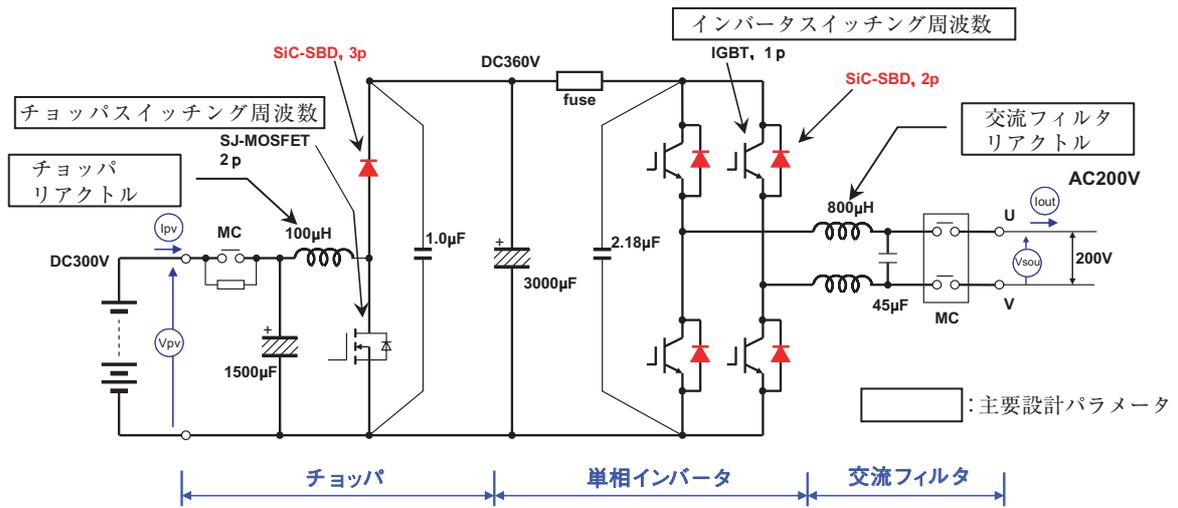


図1 SiCダイオード適用インバータ試作機 (定格出力3.3kW)

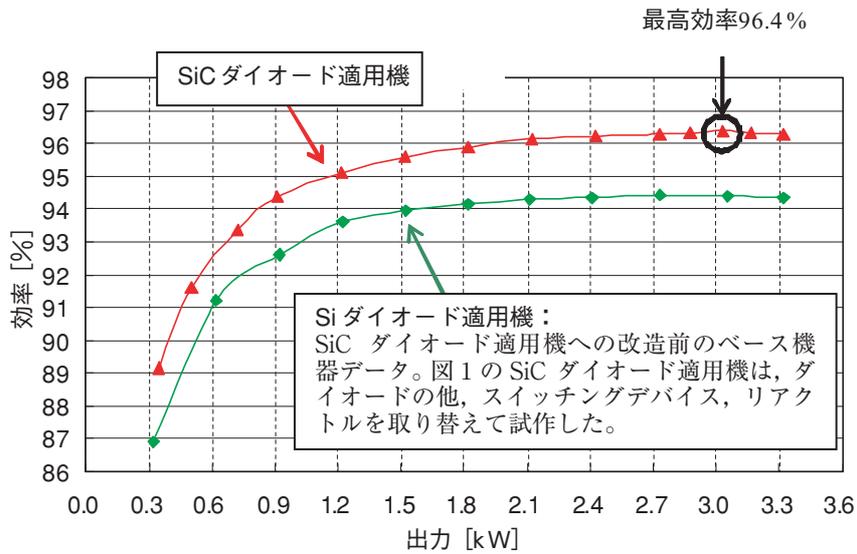
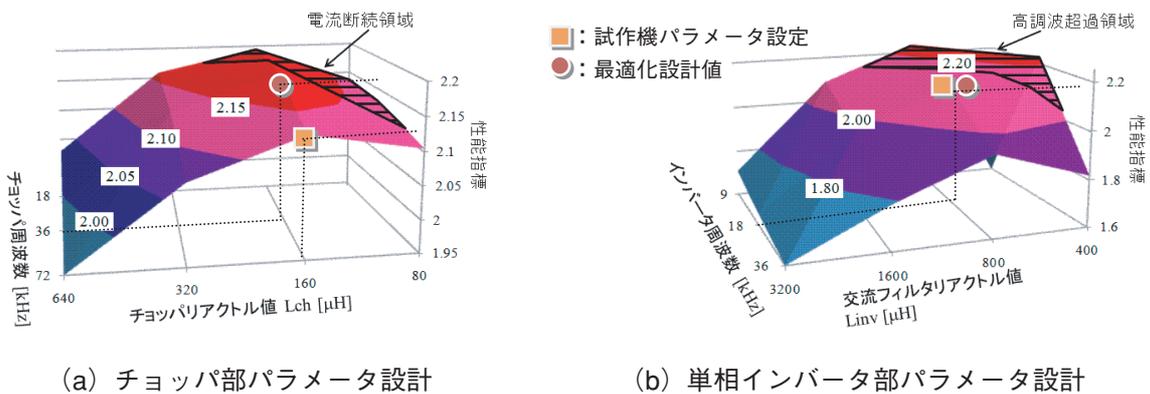


図2 試作機の効率実測結果



(a) チョッパ部パラメータ設計

(b) 単相インバータ部パラメータ設計

図3 効率・体積を考慮したパラメータの最適化設計