

SiC デバイスを適用した配電系統用 STATCOM の最適回路構成

背景

当所では、電気機器の大幅な高効率化、コンパクト化を図るため SiC デバイスを適用した変換器の開発を進めており、開発対象として配電系統用の柱上設置 STATCOM を取り上げている。これは、今後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、低コストかつ設置スペースの制約なしに実現するものである。しかしながら、配電用 STATCOM の開発に当たっては採用可能な回路構成が複数存在するため、最適な回路構成を明らかにしておく必要がある。

目的

SiC 素子を適用した 6.6 kV 柱上設置 STATCOM の最適回路構成を明らかにする。

主な成果

1. 回路構成の一次スクリーニング

柱上設置を実現するためには、STATCOM をトランスレスとする必要がある。このトランスレス STATCOM への適用が可能な 9 種類^{注1)}の回路構成から、6.6 kV 直接連系かつ等価スイッチング周波数 20 kHz を最小の素子数で実現できる次の 4 種類の回路構成に絞り込んだ。Y 結線 MMC (Modular Multilevel Converter)^{注2)}、ハイブリッド MMC、階調制御 MMC、フライングキャパシタ形変換器。

2. 体積、効率面からの最適回路構成の選定

上記の 4 種類の回路構成に対して、要求仕様（表 1）に従い、詳細回路シミュレーションにより、部品総体積を算出した。また、素子の特性に基づき効率の評価を行った。以上の検討により以下の結果を得た（表 2）。

- 1) 部品総体積は階調制御 MMC、Y 結線 MMC、ハイブリッド MMC、フライングキャパシタ形変換器の順に小さい。
- 2) ハイブリッド MMC と階調制御 MMC は、異なる電圧、スイッチング周波数で動作するセルを組み合わせるため、回路構成や制御が複雑となる。また、Si セルはスイッチングする電圧が大きいいため、他の 2 方式と比べてスイッチング時に電流波形が乱れることがある（図 1）。
- 3) 効率に関しては、各回路方式ともほぼ同じであり、99.1～99.2%程度となる。

以上の結果により、Y 結線 MMC が 6.6 kV トランスレス STATCOM の最適回路構成と判断した。

注 1) 2 レベル変換器、ダイオードクランプ形変換器、フライングキャパシタ形変換器、MMC6 種類の計 9 種類。

注 2) 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。

表 1 STATCOM の設計仕様

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	約±5%以内
等価スイッチング周波数	20 kHz

表 2 変換器の比較表

回路構成	Y 結線 MMC	ハイブリッド MMC 注 3)	階調制御 MMC 注 4)	フライング キャパシタ形変換器
概略図				
方式の概要				
実現容易性	全セルが同じ構成で、他に回路素子が必要ないため、構成が平易 ()	異周波、異電圧のセルが混在しているため、回路・制御が複雑 (×)	異周波、異電圧のセルが混在しているため、回路・制御が複雑 (×)	クランプコンデンサがあるため、寄生インダクタンスが大きくなる (×)
部品総体積[l]	20.3 ()	24.1 (×)	17.0 ()	25.1 (×)
総合効率[%]	99.1 ()	99.1 ()	99.1 ()	99.2 ()
総合評価		×		×

注 3) MMC において Si セルと SiC セルを混合 (ハイブリッド) した変換器。

注 4) Si セルと SiC セルで、電圧が段階的に異なる変換器。

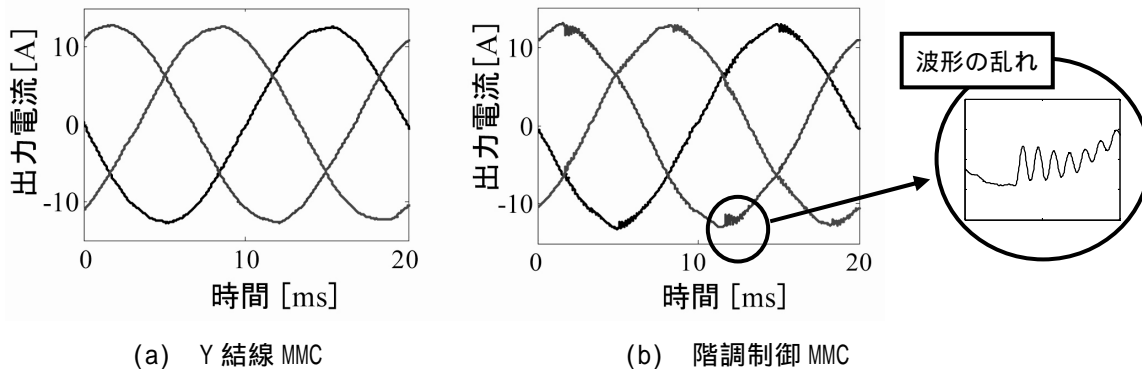


図 1 シミュレーションによる出力電流波形

研究報告 R09010	キーワード：パワーエレクトロニクス，瞬時値解析，マルチレベル変換器，STATCOM，SiC デバイス
担当者	菊間 俊明 (システム技術研究所 需要家システム領域)
連絡先	(財) 電力中央研究所 システム技術研究所 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : serl-rr-ml@criepi.denken.or.jp