

### 3.3 kV と 1.2 kV SiC-MOSFET の損失比較

佐川 啓・青柳 和樹・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

大嶽 浩隆・金武 康雄・澤井 泰・中村 孝（ローム株式会社）

#### 1. はじめに

近年、中圧(6.6 kV)向けの電力機器として Modular Multilevel Converter (MMC)や Solid-State Transformer (SST) などの研究が盛んに行われている<sup>(1)(2)</sup>。これらの回路ではスイッチング素子の耐圧が低いためセル段数が増加し、システムが複雑化する。

本稿では SST や MMC に適用する前段階として、現在開発が進められている 3.3 kV SiC-MOSFET のスイッチング損失およびオン抵抗を実測し、1.2 kV 素子と比較することで、3.3 kV SiC-MOSFET の効果とインバータへ適用した際の有用性を検討したので報告する。

#### 2. 計算手法

図 1 に損失計算に用いたインバータの回路図を示す。素子 1 つ当たりのスイッチング損失  $P_{sw}$ 、導通損失  $P_{con}$  はそれぞれ以下の式により導出できる。

$$P_{sw} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} (k_{on} + k_{off}) \frac{V_{dc}}{E_{nom}} i_{out} f_s \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{con} = \frac{8\sqrt{2}}{6\pi} k_r i_{out}^3 + \frac{1}{2} R_0 i_{out}^2 \dots\dots\dots(2)$$

ここで  $k_{on}$ ,  $k_{off}$  はスイッチング損失を直線近似した際の傾き、 $E_{nom}$  はスイッチング損失計測時のドレイン-ソース間電圧、 $f_s$  はスイッチング周波数、 $R_0$ ,  $k_r$  はそれぞれドレイン電流に対するオン抵抗特性を線形近似した際の切片と傾きである。

#### 3. 計算結果

図 2 に低圧(30 V)にてスイッチング試験を行い、実測したオン抵抗の特性を示す。オン抵抗値は 1.2 kV 素子 3 直列に比ベドレイン電流 14 A において 10%低減できる。

図 3 にスイッチング試験により実測したスイッチング損失特性を示す。今回試験した素子では 20 A におけるターンオフ損失が 1.2 kV 素子に比べて 2.74 倍大きい。ただし、1.2 kV 素子を実際に直列で使用する場合、電圧バランス用のスナバ回路が必要となり、スナバ回路の損失を考慮すると図 3 ほどの差は開かないと思われる。

図 4, 図 5 に 3.3 kV 素子および 1.2 kV 素子をインバータに適用した際のスイッチング周波数に対する変換器効率特性および損失内訳を示す。3.3 kV 素子はスイッチング損失が大きいため 2.48 kHz より高いスイッチング周波数にて制御を行うと、効率が 1.2 kV 素子を用いた際に比べて低くなるが、必要素子数を 1/3 に削減できるうえ、前述のバランス用スナバ回路も不要となる。

以上より 3.3 kV SiC-MOSFET の有用性を確認した。

#### 文 献

- (1) 中西他, 半導体電力変換研究会, SPC-13-067, pp. 49-54 (2013)
- (2) X.She 他, IEEE Trans., pp. 3982-3996 (2014)

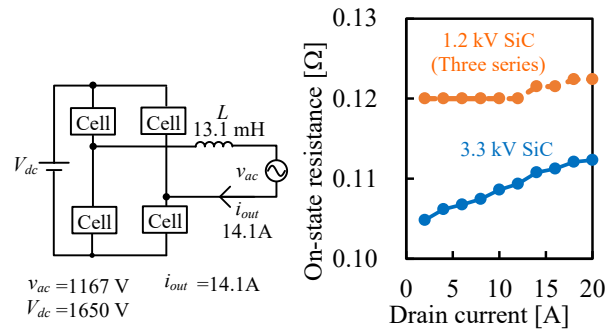


Fig.1 Circuit configuration of high voltage inverter.

Fig.2 Relationship between drain current and on-state resistance.

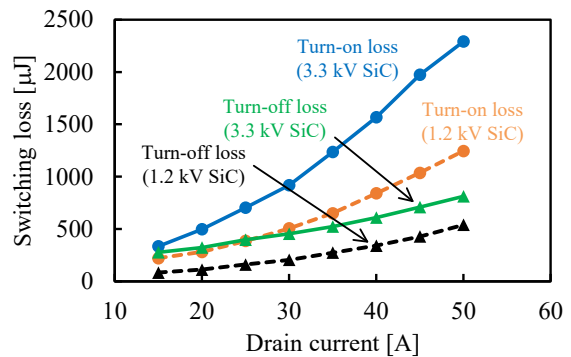


Fig.3 Relationship between drain current and switching loss.

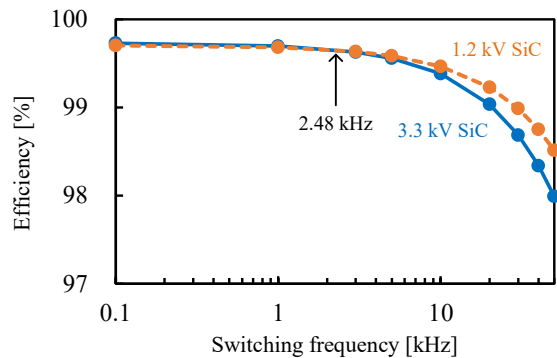


Fig.4 Relationship between switching frequency and efficiency.

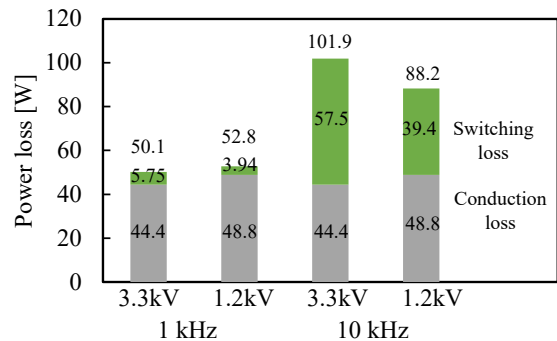


Fig.5 Relationship between switching frequency and power loss.