

# 次世代デバイスを用いた PWM インバータにおける デッドタイムとオン電圧降下による出力電圧誤差の検討

荒木 隆宏・伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

近年, SiC や GaN を用いた次世代デバイスが盛んに研究されている<sup>(1)</sup>。これらは従来の Si デバイスより高速なスイッチングが可能で, オン電圧降下も小さい。そのためモータ駆動 PWM インバータに適用した場合, デッドタイムの短縮とオン電圧降下の低減により高精度な電圧出力が可能となる。本論文では GaN-FET を使用した PWM インバータにおいて出力電圧誤差の低減を確認したので報告する。

## 2. 出力電圧誤差の発生原理

図 1 にハーフブリッジインバータ回路と 1 キャリア中の出力電圧波形を示す。図よりデッドタイム期間中は出力電流が還流ダイオードを導通し,  $V_{DC}/2$  が出力される。(1)式にデッドタイムによる出力電圧誤差  $\Delta V_D$  を示す<sup>(2)</sup>。

$$\Delta V_D = \begin{cases} f_{sw} V_{DC} T_D & (i_o > 0) \\ 0 & (i_o = 0) \\ -f_{sw} V_{DC} T_D & (i_o < 0) \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

ここで,  $f_{sw}$ :インバータスイッチング周波数,  $V_{DC}$ :直流電圧,  $T_D$ :デッドタイムである。

また, 各素子に電流が導通する際, オン電圧やオン抵抗により電圧降下が発生する。(2)式にオン電圧降下による出力電圧誤差  $\Delta V_C$  を示す。

$$\Delta V_C = \begin{cases} V_{CE(sat)} & (IGBT) \\ R_{DS} i_o & (FET) \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

ここで,  $V_{CE(sat)}$ :IGBT のコレクタ-エミッタ間飽和電圧,  $R_{DS}$ :FET のオン抵抗である。

表 1 に GaN-FET インバータと Si-IGBT インバータの試験条件を示す。出力電圧はオープンループで制御し, デッドタイム誤差補償は行わない。(3)式に上記の条件におけるインバータ出力電圧実効値  $V_o$  を示す。

$$V_o = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (v_{ref} - \Delta V_C - \Delta V_D)^2 dt} \dots\dots\dots(3)$$

ここで,  $v_{ref}$ :出力電圧指令瞬時値である。

## 3. 実験結果

図 2 に GaN-FET インバータと Si-IGBT インバータの出力電圧特性を示す。図中の直線は理想インバータの特性を示し, この直線に近いほど出力

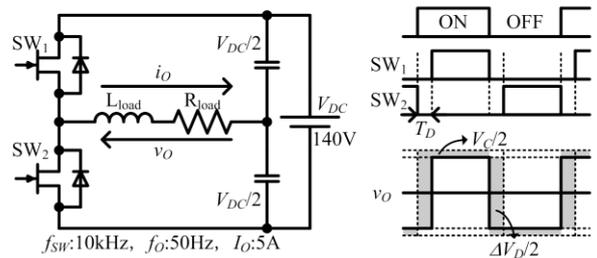


Fig.1. Half-bridge inverter circuit and output voltage in one carrier period.

Table1. Test condition of GaN-FET inverter and Si-IGBT inverter.

| Device  | $V_{CE(sat)}$ or $R_{DS}$ | $T_D$ |
|---------|---------------------------|-------|
| Si-IGBT | 1.6V                      | 2.3μs |
| GaN-FET | 50mΩ                      | 0.1μs |

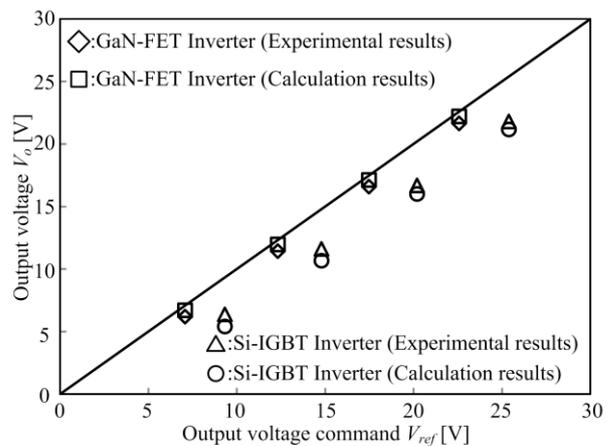


Fig.2. Characteristics of output voltage.

電圧誤差が小さい。結果より, GaN-FET インバータの出力電圧誤差は 0.89V で, Si-IGBT インバータの 2.98V と比較しておよそ 70%改善されている。そのため低電圧出力時の出力電圧誤差を大幅に低減することが可能である。なお, 変調率の低下に伴い出力電圧誤差は減少する。この原因は力率の低下により出力電流位相が遅れ, デッドタイム誤差の極性が反転するためである。また, GaN-FET インバータの実験結果は計算結果に対しておよそ 0.65V の差が発生している。これは GaN-FET のオン電圧降下が計算結果より大きいためである。今後は力率と出力電圧誤差の関係について検討を行う予定である。

## 文献

- (1)釜我, Sung, 大橋:電学論 D, Vol128, No.5, pp.569-576(2008)
- (2)杉本, 小山, 玉井:AC サーボシステムの理論と設計の実際