

# 電流形インバータによるゲート駆動回路の損失低減に関する基礎検討

◎提橋 郁人, 日下 佳祐, 折川 幸司, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

近年, SiC や GaN を用いた次世代半導体素子が登場し, 高周波スイッチングによる大容量電力変換器の小型化が盛んに研究されている<sup>(1-2)</sup>。しかし, それらの半導体は従来の Si に比べてゲート・ソース間容量が大きく, 従来の電圧形駆動回路では高速にスイッチングすることが困難である。さらに, 従来のゲート駆動回路ではゲート・ソース間容量の充電に用いられた電力は全て損失となるため, 高周波で回路を駆動する場合には損失がさらに増大する。

本論文では, 上記の課題を解決するため, 電流形のゲート駆動回路を提案し試作を行なった。さらに, 電圧形と損失を比較したので報告する。

## 2. ゲート駆動回路

図 1(a)に従来の電圧形, 図 1(b)に本論文で検討する電流形ゲート駆動回路の回路図を示す。駆動電圧は $\pm 12\text{ V}$ , 回路構成はフルブリッジ型を基本とする。なお, 図 1(b)には, 還流防止のため, 逆耐圧特性を持つスイッチングデバイスを使用する。

図 2 に本論文で検討する電流形ゲート駆動回路の動作モードを示す。本回路はゲート・ソース間容量  $C_{gs}$  に対して空芯の入力リアクトル  $L$  と駆動用 MOSFET のオン時間比率を適切に設計する。この結果, 入力リアクトル  $L$  の充電期間(Mode I, IV)およびゲート・ソース間容量の充放電期間(Mode II, V)を除いて入力リアクトル  $L$  に電流は流れないため, リアクトル電流  $I_L$  を不連続にすることができる。なお, 実験においては FET のゲート容量を想定した  $C_{gs}$  負荷を接続して測定を行う。

## 3. 実験結果

図 3 に電流形ゲート駆動回路の動作波形を示す。波形より,  $\pm 12\text{ V}$  のゲート電圧が出力されていることが分かる。また, 入力リアクトル電流  $I_L$  を波形から, ゲート電圧の立ち上がりとしち下がり以外のタイミングにおいて, 常に電流が 0 であり, リアクトル電流が不連続で動作していることが確認できる。

図 4 に実験結果より測定した電圧形, 電流形のゲート駆動時に発生する駆動回路の損失を示す。なお, 実機実験による測定は, スwitching 周波数  $f_{sw}=100\text{ kHz}$  から  $500\text{ kHz}$  の間で行なっている。図 4 より, 電流形の損失は電圧形と比較して,  $100\text{ kHz}$  は  $0.28\text{ W}$  となり約 10%低減可能であり,  $500\text{ kHz}$  では  $0.77\text{ W}$  で約 51%低減でき, スwitching 周波数が高いほど損失低減効果が大きいことが分かる。これは, 電流形ゲート駆動回路のモード II, V において, 逆極性の電圧を印加する際に, ゲート・ソース間容量に充電されたエネルギーが電源へ回生されるため, 低損失のゲート駆動回路が期待できる。以上の結果より, ゲート駆動に電流形を採用することで, 高周波スイッチング時でも高効率なゲート駆動回路を実現できる。

今後の課題は, MHz 帯のスイッチング周波数での動作検証および損失検討が挙げられる。

## 参考文献

- 山岸 達也・赤木 泰文・木ノ内 伸一・宮崎 裕二・小山 正人: 電気学会論文誌 D, Vol. 134, No. 5, pp. 544-553 (2014)
- 豊田 基・林 祐輔・三浦友史・伊瀬敏史: 平成 26 年電気学会全国大会, Vol. 4, No. 007, pp. 17-18 (2014)

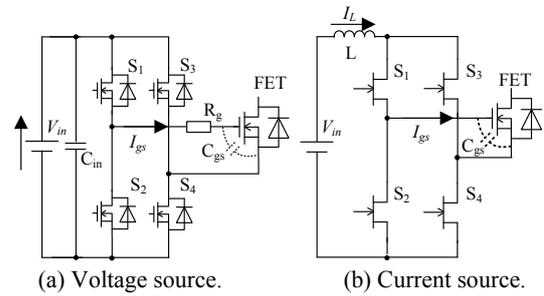


Fig. 1. Gate drive circuits.

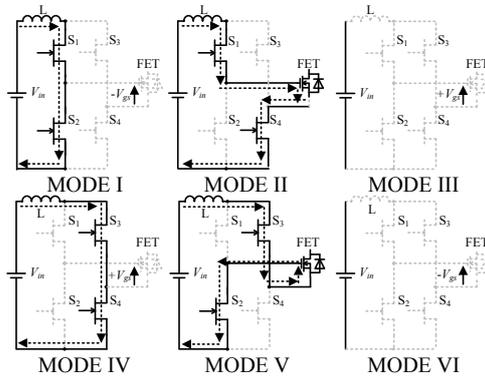


Fig. 2. Operation modes of current source gate drive circuit with discontinuous current.

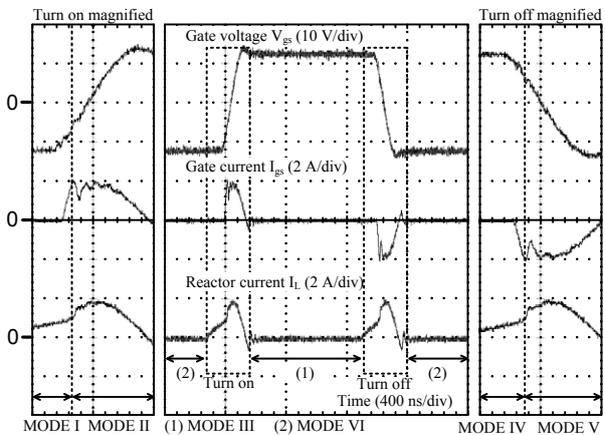


Fig. 3. Measurement waveform of the current source gate drive circuit.

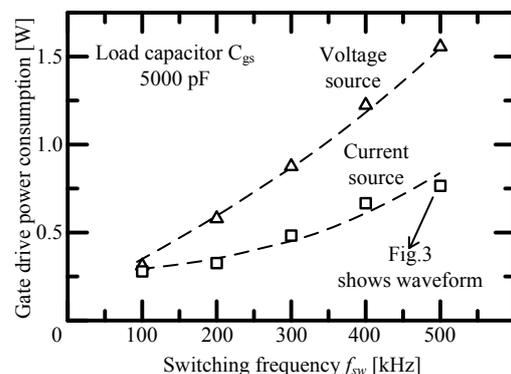


Fig. 4. Comparison of power consumption between two gate drive circuits.