

# 電流三角波モードにおける軽負荷領域でのスイッチング周波数低減法

◎山本 晃生・山ノ口 皓喜・渡辺 大貴・伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

近年, LED の駆動回路として DC/DC コンバータと力率改善回路を組み合わせた回路方式が広く採用されている<sup>(1)</sup>。著者らはこれまでに電流三角波モード(TCM)を用いた AC/DC コンバータを提案している<sup>(2)</sup>。しかし, TCM では軽負荷領域でスイッチング周波数が増加し, 鉄損やゲートドライバの損失が増加する懸念がある。

本論文では TCM におけるインダクタの負電流を積極的に利用するスイッチング周波数低減法を提案する。実機検証によりその有効性を確認したので報告する。

## 2. 回路構成およびスイッチング周波数低減法

図 1 に検討回路構成を示す。本回路は力率改善用の PWM 整流器とパワーデカップリング機能を有する降圧型 DC/DC コンバータから構成される。なお, 本論文の実験では LED を抵抗負荷で模擬した。

図 2 に TCM におけるインダクタ電流波形を示す。ゼロ電流検出後に  $S_2$  のターンオフに対する遅延時間  $T_{delay}$  を設けることで負電流期間を生成する。負電流期間を設けることでデッドタイム期間中に MOSFET の電荷を放電し, ZVS を実現する。

TCM は臨界モードを基に実装するため, 軽負荷領域ではスイッチング周波数が増加する。そこで提案制御では, インダクタ電流ボトム値を積極的に増加させることでスイッチング周波数の上昇を抑制する。スイッチング周波数  $f_{sw}$  とインダクタ電流ピーク値  $I_{peak}$  およびインダクタ電流ボトム値  $I_{bot}$  の関係は(1)式で求められる。

$$f_{sw} = \frac{V_{load}(V_{dc} - V_{load})}{V_{dc}L_{dc}(I_{peak} + I_{bot})} \dots\dots\dots(1)$$

(1)式より  $I_{bot}$  を増加させるとスイッチング周波数を低減できる。従来手法では全負荷領域において  $I_{bot}$  は一定の負電流としていたが提案法では軽負荷領域で  $I_{bot}$  を増加して  $f_{sw}$  を低減する。これにより, 鉄損やゲートドライバの損失を低減する。

## 3 実験結果

図 3 に DC/DC コンバータの動作波形を示す。インダクタ電流が負の期間にスイッチングが行われ, ZVS が達成できている。

図 4 にボトム電流の条件を変更した際のインダクタ電流平均値とスイッチング周波数の関係を示す。図 4 より, インダクタ電流ボトム値を増加することでスイッチング周波数が低減できていることがわかる。特に軽負荷においてスイッチング周波数の低減効果が高くインダクタ電流平均値 0.1p.u.時に, スwitching周波数を 32%低減できることを確認した。今後は PWM 整流器への提案制御の適応を行う。

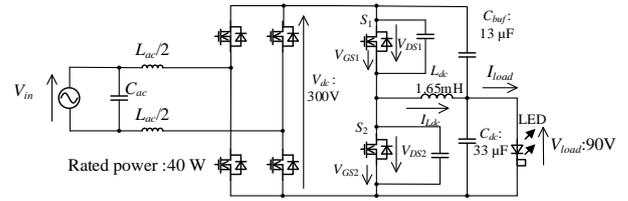


Fig.1. Circuit configuration of AC/DC converter

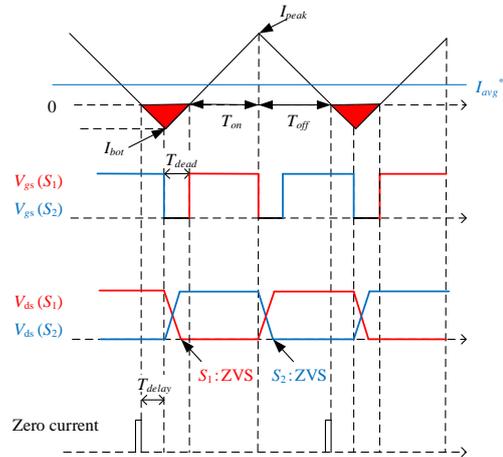


Fig.2. Inductor current waveform with TCM operation

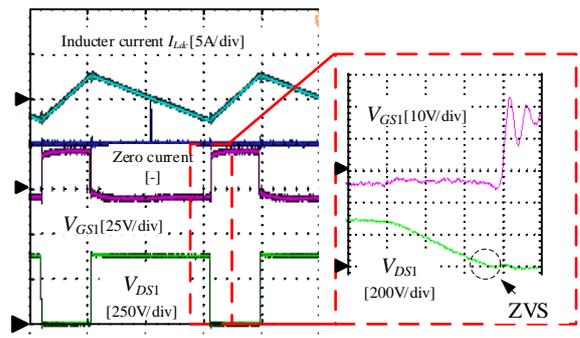


Fig.3. ZVS operating waveform at  $I_{bot\_min}$

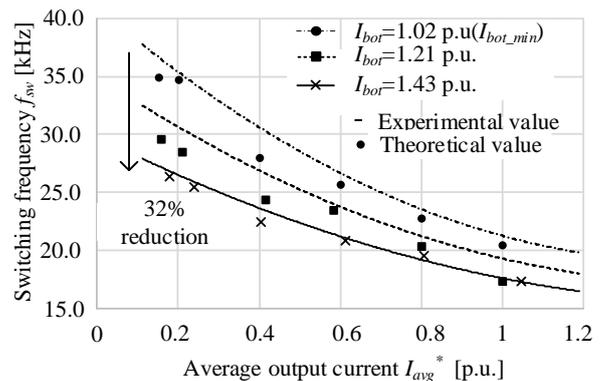


Fig.4. Relationship between switching frequency  $f_{sw}$  and average output current  $I_{avg}$

## 文 献

- (1)C. S. Wong, et al., in EPE'17 ECCE Europe(2017)
- (2)渡辺 他, 令和 3 年電気学会全国大会, No. 4-036 (2021)