

# 広い出力電圧利得を有するトランス切り替え型 LLC コンバータの検討

木下 勇輝・芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

プラグイン電気自動車 (PEV) には、リチウムイオンバッテリーパックと絶縁型 DC-DC コンバータが搭載されている。バッテリーパックの電圧は、充電状態に伴って変化するため、広い電圧範囲で高効率に充電できる DC-DC コンバータが求められている。一般的な LLC コンバータでは、出力電圧範囲は駆動周波数で制限されるため、全ての充電状態をカバーすることができない<sup>[1]</sup>。

本稿では、パワーデバイスを用いてトランスの接続状態を切り替えられる回路方式を提案する。提案回路は広い出力電圧利得を得る LLC コンバータの特長を持つ。シミュレーションで基本特性を確認したので報告する。

## 2. 提案回路構成

図 1 に提案する LLC コンバータを示す。1 次側は 6 つの MOSFET ( $S_1 \sim S_6$ ), トランス ( $T_{r1}, T_{r2}$ ), 共振用コンデンサ ( $C_{r1}, C_{r2}$ ) で構成する。2 次側はダイオード整流器, 平滑コンデンサ, 抵抗負荷で構成する。ここで,  $T_{r1}, T_{r2}$  のパラメータは等しく, 巻き数比  $n_1 = n_2 = n$ , 漏れインダクタンス  $L_{r1} = L_{r2} = L_r$ , 励磁インダクタンス  $L_{m1} = L_{m2} = L_m$ , 共振用コンデンサ  $C_{r1} = C_{r2} = C_r$  とする。共振周波数  $f_r$  は

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (1)$$

と定義する。図 2 に提案回路の各動作モードを示す。パワーデバイスによりトランスに流れる電流経路を変更することで、広い電圧利得を実現する。Mode1 はトランス  $T_{r1}, T_{r2}$  を直列に接続することで、駆動周波数  $f_s = f_r$  で得られる電圧利得は 0.5 となる。Mode2, 3 は  $T_{r1}, T_{r2}$  をそれぞれ片方のみ動作させることで従来の LLC コンバータと同様の動作を行う。Mode4 は  $T_{r1}, T_{r2}$  を並列に接続し,  $f_s = f_r$  で電圧利得 2.0 が得られる。

## 3. シミュレーションおよび実験結果

図 3 に Mode1, Mode2, Mode4 における出力電圧利得特性, シミュレーション条件は入力電圧  $V_{in} = 400V$ , 負荷抵抗  $R_o = 50, 500 \Omega$ , 駆動周波数  $f_s = 30 \sim 200kHz$ ,  $n = 2$ ,  $L_r = 120\mu H$ ,  $L_m = 250\mu H$ ,  $C_r = 21.1nF$  である。Mode1 で, 出力電圧利得  $G = 0.4 \sim 0.75$ , Mode2, 3 で  $G = 0.75 \sim 1.5$ , Mode4 で  $G = 1.5 \sim 3.0$  の利得範囲を ZVS 領域で実現できる。

図 3 (a), (b) より, 異なる負荷条件において, 駆動周波数と各モードを切り替えることで広い出力電圧利得が得られることを示す。また, 一般的な LLC コンバータと同様に, 駆動周波数範囲を ZVS 領域に制限した場合においても, 動的にモードの切り替えを行うことで, 出力電圧利得  $G = 0.4 \sim 3.0$  程度の電圧利得範囲が得られる。

図 4 に Mode4, 負荷抵抗  $R_o = 50 \Omega$ ,  $f_s = 80kHz$  におけるスイッチング波形を示す。MOSFET のターンオン時に ZVS が確認でき基本動作を確認できている。

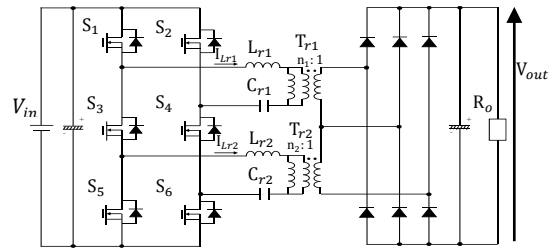


図 1 提案回路の構成

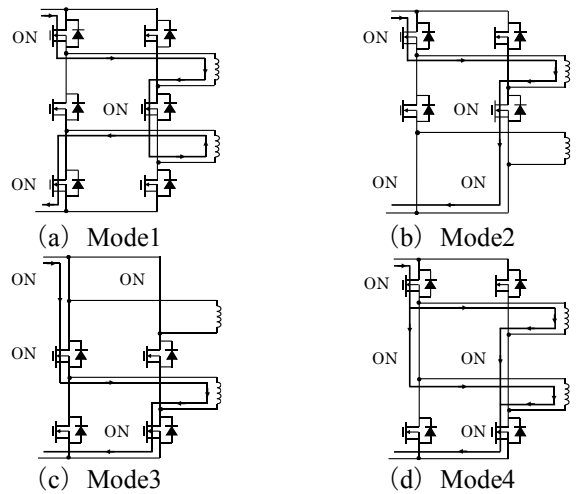


図 2 各モードにおける電流経路

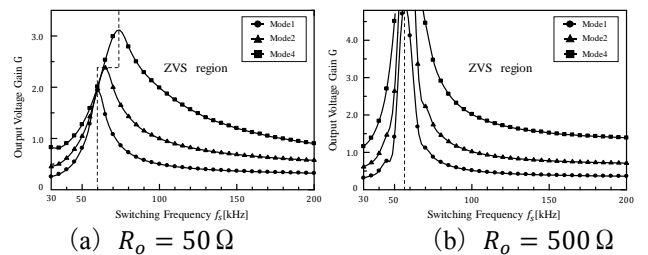


図 3 出力電圧利得特性

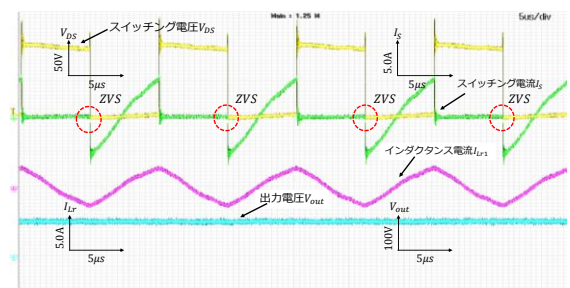


図 4 Mode4 における電圧, 電流波形

## 4. おわりに

本稿では, 広い出力電圧利得を持つ LLC コンバータを提案した。今後, 各モードの切り替えを動的に行う制御の検討とシステムの高効率化に取り組む。

### 文 献

[1]. H.Wang, S. Dusmez, and A.Khaligh, "Maximum efficiency point tracking technique for LLC-based PEV chargers through variable DC link control," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 11, pp. 6041-6049, 2014.