

巻線切替を用いた DAB コンバータにおける軽負荷領域での ZVS 範囲拡大法の検討

◎田代 祐太郎, 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年,電気自動車や DC スマートグリッドの普及に伴い,デュアルアクティブブリッジコンバータ(DAB コンバータ)が注目されている。DAB コンバータはゼロ電圧スイッチング(ZVS)によりスイッチング損失を低減できる。しかし,負荷電圧変動時に軽負荷領域において ZVS を得られず,効率低下の問題がある^[1]。

本稿では負荷電圧変動時の軽負荷領域における効率改善を目的に, ISOP (Input series output parallel)と IPOS (Input parallel output series)^[2]をスイッチングによって切り替えられる構造をもつ DAB コンバータを提案する。提案回路は,従来よりも ZVS 範囲を拡大できることをシミュレーションにて確認したので報告する。

2. 提案システム及び ZVS 範囲

図 1 に提案する DAB コンバータを示す。一般的な DAB コンバータの回路を縦列接続し,上段の下アームと下段の上アームを共有した回路構成である。スイッチングによって 4 つの動作モードを有しており,トランス 1 のみで電力伝送を行うモード A,トランス 2 のみで行うモード B,一次側巻線を直列接続し,二次側巻線を並列接続するモード C,一次側巻線を並列接続し,二次側巻線を直列接続するモード D がある。負荷に応じて動作モードを切り替える。

伝送電力 P_{out} はトランス一次側電圧 V_1 と二次側電圧 V_2 の位相差 δ で決まり,式(1)で表される^[3]。

$$P_{out} = \frac{V_1 N V_2}{\omega L} \delta \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right) \quad (1)$$

モード A $L = L_1, N = N_1$

モード B $L = L_2, N = N_2$

モード C $L = L_1 + L_2, N = N_1 + N_2$

モード D $L = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}, N = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}$

ここで, ω : 各周波数, L_1, L_2 : 漏れインダクタンス N_1, N_2 : トランス巻数比である。各モードで全スイッチが ZVS を達成する条件を式(2)に示す。

$$\frac{V_1 N V_2 \pi}{\omega L} \left\{ \left| 1 - \left(\frac{N V_2}{V_1} \right)^2 \right| \right\} \leq P_{out} \leq \frac{V_1 N V_2 \pi}{\omega L} \quad (2)$$

モード A $L = L_1, N = N_1$

モード B $L = L_2, N = N_2$

モード C $L = L_1 + L_2, N = N_1 + N_2$

モード D $L = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}, N = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}$

式(2)より, モード C では入力側の巻線を直列接続することでトランスに印加される電圧が分圧されるため,入出力電圧比が 1 以下の領域で ZVS 範囲が拡大できる。

式(2)より, モード D では出力側の巻線を直列接続することでトランスに印加される電圧が分圧されるため,入出力電圧比が 1 以上の領域で ZVS 範囲が拡大できる。

3. シミュレーション結果

Fig.2 に提案システムで得られる ZVS を達成する最小電力範囲を示す。Fig.2 は式(4)~(6)より描写している。Fig.2 より, 負荷電圧変動時の軽負荷領域にて ZVS 範囲が拡大していることがわかる。

Fig.3 に 350W においてモード C を用いるときのシミュレーション結果を示す。Fig.3 (a)より, 入力電圧が分圧されて,トランスに印加されていることがわかる。Fig.3(b)の

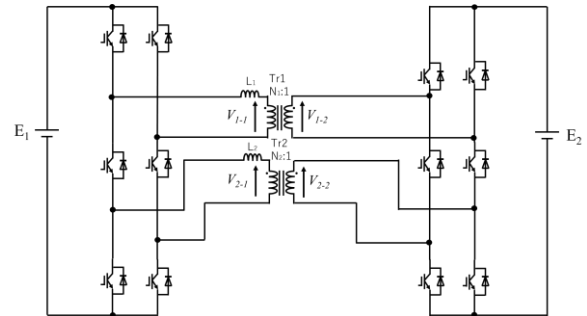


Fig.1 提案する DAB コンバータ

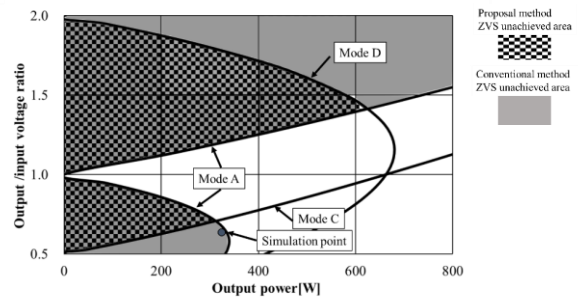
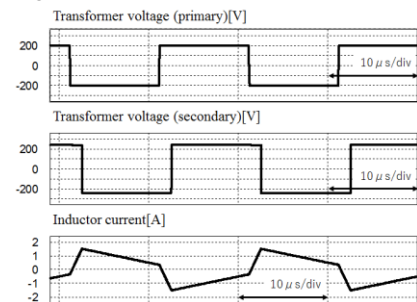
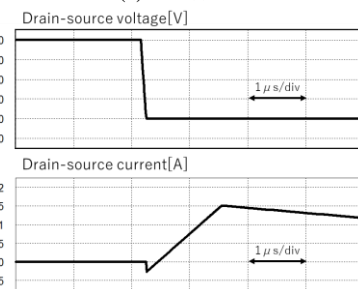


Fig.2 ZVS を達成する最小電力範囲



(a) 全体図



(b) 拡大図

Fig.3 シミュレーション結果

拡大図より, ターンオンする前にスイッチにかかる電圧が立ち下がり ZVS が達成されることが確認できた。

4. おわりに

本稿では負荷電圧変動時に軽負荷領域において ZVS 範囲拡大の検討を行った。負荷の状態に応じて使用する巻線や ISOP と IPOS を切り替えることで,ZVS 範囲が拡大することを確認した。

参考文献

- [1]. M H.Kheraluwala, et.al: IEEE, Vol.28, No.6 pp.1294-1301 (1992)
- [2]. 林 高井: 電学論 D, Vol.136, No.2 pp.152-161 (2015)
- [3]. 井上 赤木: 電学論 D, Vol.127, No.2 pp.189-197 (2007)