

B-24 軽負荷における双方向DC-DCコンバータの特性改善について

坂口悠大, 鈴田高登, 梶原一宏, 黒川不二雄
(長崎総合科学大学)

1. はじめに

近年, GX(グリーントランスフォーメーション)の推進に伴い, 再生可能エネルギーや電気自動車(EV)の普及が進んでいる. 再生可能エネルギーシステムにおいては蓄電池を導入し, 双方向DC-DCコンバータと接続される. これにより, 再生可能エネルギーの発電量や電力需要に応じて充放電制御を行う. 絶縁形双方向DC-DCコンバータの一種であるDAB(Dual Active Bridge)コンバータは, パワー半導体素子におけるスイッチング時の電力損失を軽減するZVS(Zero Voltage Switching)動作が達成でき, 高効率な電力伝送が可能であることで知られている. 一方, DABコンバータにおける入出力の電圧差が大きくなるにつれ, 軽負荷時ではZVS動作ができなくなり, 電力効率の低下やスイッチングノイズの増大を招くという問題がある[1].

そこで本稿では, 軽負荷時のZVS動作改善を目的として, DABコンバータにリアクトルとコンデンサで構成される補助回路を付加することを提案し, その有効性を確認したので報告する.

2. 回路構成および検証内容

図1にDABコンバータの回路構成を示す. 一次側のスイッチ $Q_1 \sim Q_4$ と二次側のスイッチ $Q_5 \sim Q_8$ からなり, 双方がフルブリッジ構成である. 図2にDABコンバータの重負荷および軽負荷時のタイミングチャートを示す. 一次側 Q_1 および Q_4 と, 対応する二次側 Q_5 および Q_8 の位相を変化させることで双方向に電力伝送が可能である. Q_1 がZVS動作を達成するための条件は, Q_1 のターンオン時に Q_1 のドレイン電流 i_{d1} が負であることである. また, 漏れインダクタンス L に流れる電流 i_L の i_{LA} と i_{LB} および i_{LC} と i_{LD} がそれぞれ同符号の場合, ZVS動作が達成する.

今回は従来のDABコンバータに補助回路(L_X , C_{X1} および C_{X2})を一次側に付加することで, 軽負荷時のZVS動作を達成し, スwitchングノイズの低減に寄与する手法について検証する.

3. シミュレーション結果

検証に用いたシミュレーションの回路パラメータは, 一次側電圧 V_1 は610V, 二次側電圧 V_2 は800V, 巻き数比 $N_1:N_2$ は10:10, 定格出力電流は12.5A, 定格出力電力は10kW, スwitchング周波数は100kHzである. 補助回路のインダクタ L_X は100 μ H, コンデンサ C_{X1} および C_{X2} は1 μ Fである. なお, 一次側から二次側の電力伝送について検討を行った. 図3に $I_2=2.5$ A(負荷20%)における補助回路付加および補助回路なしの場合の動作波形を示す. 補助回路なしの場合は, Q_1 においてZVS動作は未達成だったが, 補助回路を付加することにより, Q_1 のターンオン時に i_{d1} が負であることから, ZVS動作が達成することを確認した.

以上のことから, 一次側に補助回路を追加することで軽負荷においてZVS動作の改善が可能であることを明らかにした.

参考文献

- [1] L. K. Pittala et al. : IEEE Proc. of ECCE, pp.458-463, 2023

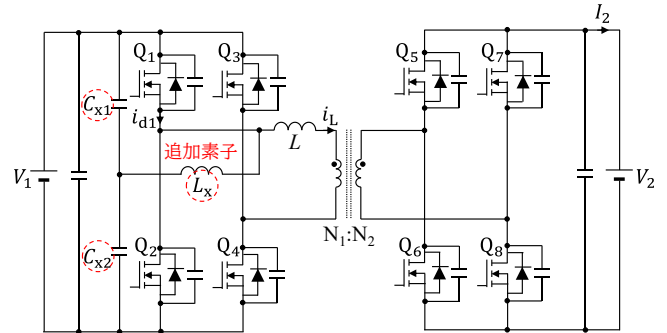


図1 DABコンバータ

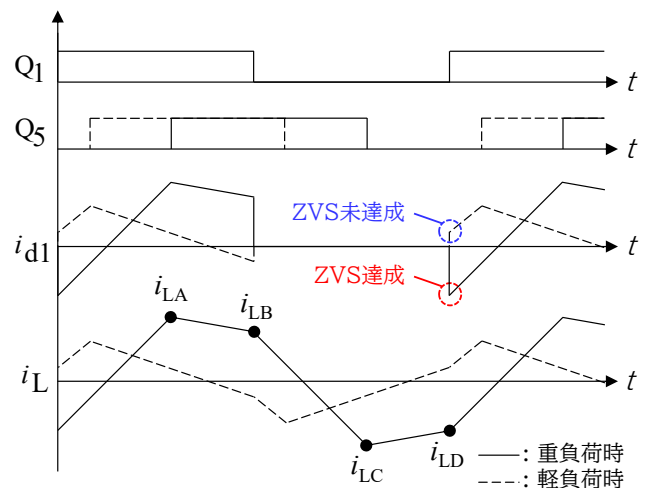


図2 重負荷および軽負荷時のタイミングチャート

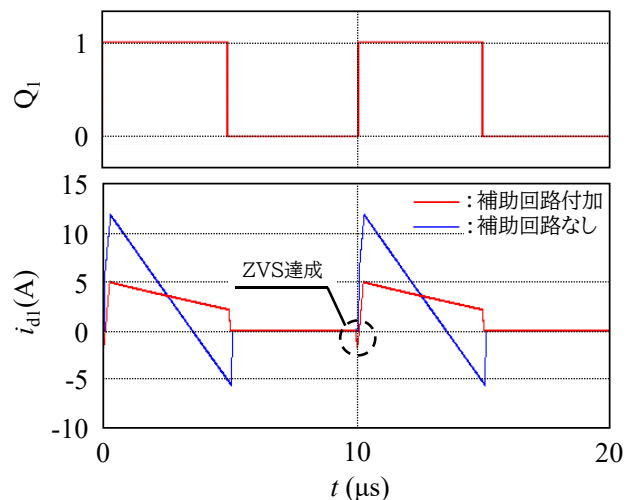


図3 補助回路付加および補助回路なしの場合の動作波形(負荷20%)