

大容量 Current-Fed DAB コンバータの各動作モードにおける電流実効値の解析

大野 貴志・大畠 慶太・渡辺 大貴・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーとの高い親和性の観点から、直流給電システムが注目されている。直流給電システムにはバッテリーや PV パネルが接続される。そのため DC-DC コンバータには広い電圧範囲での高効率駆動が要求される⁽¹⁾。著者らはこれまで Current-fed DAB コンバータにおいて電流三角波モード(TCM)を適用することで幅広い電圧範囲で高効率化可能であることを確認している⁽²⁾。

本論文では、DC バスが高压化した場合に備え、フライイングキャパシタ(FC)型 3 レベルコンバータを適用した current-fed DAB コンバータにおける電流実効値について評価したので報告する。

2. 提案回路

図 1 に二相インターリーブ型 Current-Fed DAB コンバータの回路図を示す。低压 DC 側はインターリーブ昇圧チョップと DAB コンバータのレグを共通化し、素子数および電力変換回数を低減する。高压 DC バス側は FC 型 3 レベルコンバータで構成される。本回路ではフライイングキャパシタ電圧を利用することでフルブリッジ(FB)動作に加え、高压 DC 側の 1/2 の電圧を利用するハーフブリッジ(HB)動作が可能である。一般に、DAB コンバータはトランス電圧比と巻き数比が一致する条件で最も高効率となる。本回路は FB 動作と HB 動作を切り替えることで、幅広い入力電圧範囲において高効率動作を実現する。

図 2 に提案回路の動作波形を示す。FB モードと HB モードは入力電圧条件によって切り替える。FB モードに対して入力電圧が半値の条件になった場合は HB モードを利用し、トランス二次側電圧を高压 DC バス電圧の半値とすることでトランス電圧比と巻き数比を一致させる。

一次側のインターリーブ回路はデューティが 0.5 の条件で最も電源側のリップル電流を抑制できる。図 2(c)の FB モードではトランス電圧比と巻き数比の不一致により、トランス電流実効値が増加する。一方、図 2(b)の HB モードを適用することで電流実効値を抑制できる。

3. シミュレーション結果

図 3 に動作モードと電圧条件を変化させた場合の DAB インダクタ電流実効値を示す。図 3(a)は入力電圧 250V を 2 倍の 500V に昇圧し、トランス一次側電圧 v_{Tr} と電圧比を一致させる。一方、図 3(b),(c)では入力 125V 時から DC リンクコンデンサ電圧を 250V に昇圧する。この時、(c)の一次側電圧は 250V に対して、トランス一次側電圧は 500V であり、入出力電圧比が不一致の条件の動作となる。その結果、トランス一次側電流実効値は増加し、(a)に比べて約 2 倍となる。一方(b)は一次側電圧 250V に対して、FC の中間電圧を出力することでトランス一次側電圧を一致させた条件で動作可能となる。その結果、電流実効値は(c)に比べて 56%の電流実効値低減を達成し、(a)の電流と、ほぼ同等となる。

今後の課題として、インターリーブを使って昇圧した時と提案回路動作と損失を比較する。

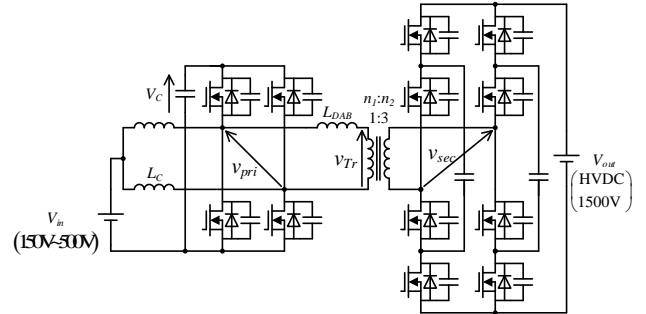


Fig.1. Flying capacitor-type current-fed DAB converter.

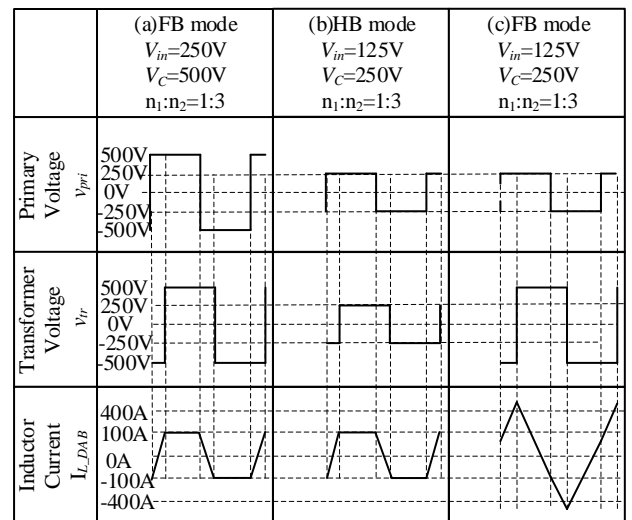


Fig.2. Operation waveform of proposed flying capacitor-type current-fed DAB converter.

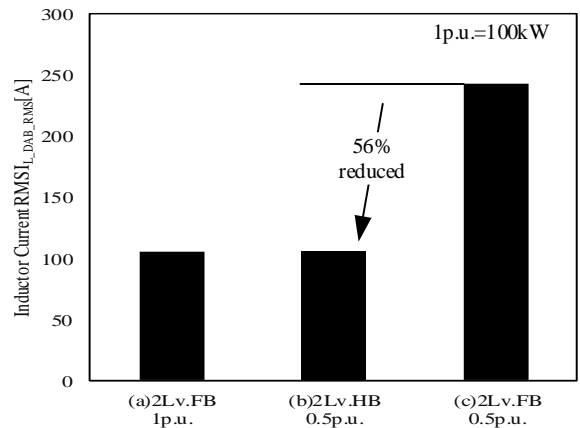


Fig.3. Comparison of boost inductor currents in each operating mode.

文 献

- (1) M.Mao et al., IEEJ Journal of IA, Vol.4, No.4, pp.331-338 (2015)
- (2) 玉川他, SPC-21-118 MD-21-105(2021)