

Dual Active Bridge コンバータの軽負荷時における 電力伝送誤差に関する一考察

岩本 拓巳・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、急速充電器や蓄電システムなどに適用する電力変換器として、デュアルアクティブブリッジ(DAB)コンバータが盛んに研究されている⁽¹⁾。DAB コンバータはデッドタイムの影響により、軽負荷領域で出力電力が伝送電力指令に一致しないことが知られている⁽²⁾。しかし、伝送電力がゼロ付近の極軽負荷における DAB コンバータの振る舞いについてはあまり検討されていない。

本論文では、極軽負荷時における電力伝送誤差の要因について解析を行ったので報告する。

2. 電力伝送誤差の原因

図 1 に DAB コンバータの回路構成を示す。本論文ではデッドタイム期間中の回路の振る舞いに影響を与えるトランスの励磁インダクタおよび追加インダクタの寄生容量、スイッチング素子の寄生容量を考慮する。

図 2 にデッドタイム付近における各波形を示す。図 2(a)は電力誤差が発生する条件(Case1)、同図(b)は位相差が小さく電力誤差が発生しない条件(Case2)である。領域 2 において、 S_2 がオフすると C_{ds1} が放電され、 v_{ds1} は V_{DC1} から 0V となる。Case1 の領域 3 ではデッドタイム期間中に電流方向が変わるため、 C_{ds1} が充電され再び V_{DC1} の電圧が印加される。その後、領域 4 では S_1 がオンすることで C_{ds1} が放電し 0V となる。ここで、領域 3 は無効電力が発生する領域のため電力誤差が生じる。デッドタイムより 1 次側と 2 次側の位相差が小さい場合、 S_4 が 1 次側のデッドタイム期間中にオフすることで領域 3 が小さくなり電力誤差は小さくなる。さらに、位相差が小さくなると Case2 のようにトランス電流が 0A になる前に S_4 がオフし、全スイッチオフの区間が発生する。この状態では、領域 3 が発生せず電力誤差が発生しない。

3. 実験結果

図 3 に Case1 と Case2 の動作波形を示す。Case1 では 1 次側のデッドタイム期間中に電流がゼロになった瞬間から v_{ds1} が低下している。 v_{ds1} が 0V まで低下していない原因は C_{ds} が大きく充電時間よりデッドタイムが短いためである。一方、Case2 ではデッドタイムが 3 μ s であるのに対して位相差が 700ns と小さいため、デッドタイム期間中に電圧の変動は発生していない。なおトランス電流に重畳している高周波成分は C_{ds} と漏れインダクタの共振である。

図 4 に電力指令値に対する伝送電力を示す。図 4 より、50W から 180W では図 3(a)で示すデッドタイムの影響により伝送電力誤差が発生する。一方、50W 以下では図 3(b)の動作となり伝送電力誤差は発生しない。今後は、電力伝送誤差の有無を考慮した誤差補償法を検討する。

文 献

- (1) M. Mao, et al.: IEEJ Journal, Vol. 4, No. 4, (2015)
- (2) B. Zhao, et al.: IEEE Trans. PELS, Vol.29, No.4, (2014)

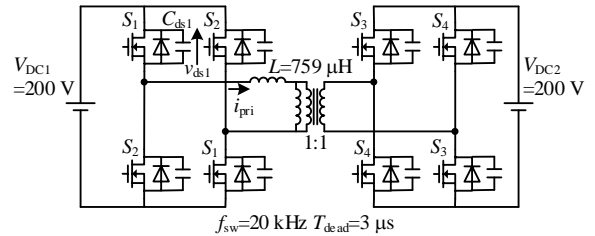


Fig.1. Dual active bridge converter.

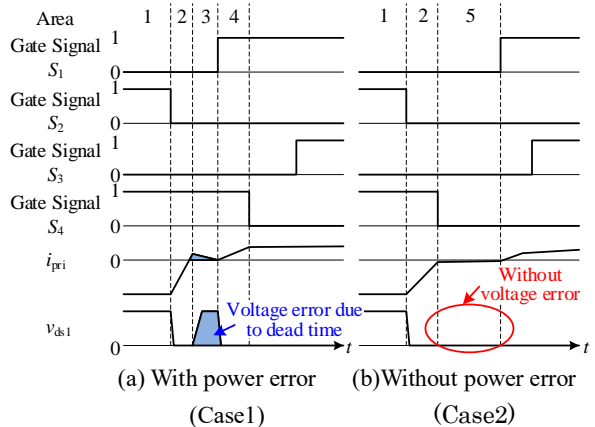


Fig.2. Power error due to dead time.

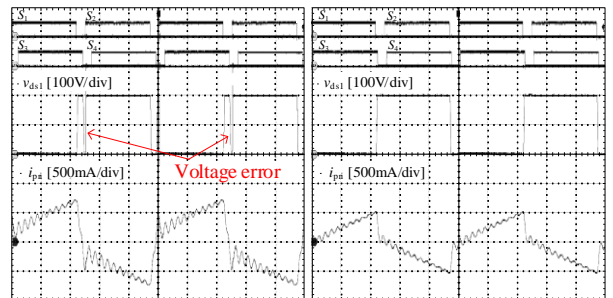


Fig.3. Experimental waveforms.

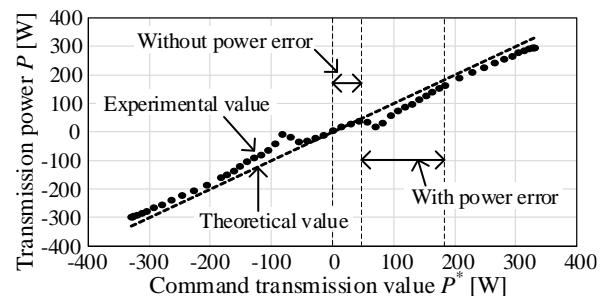


Fig.4. Characteristics of transferred power.