

昇流形マルチポート DC/DC コンバータ

学生員 松下 由憲* 学生員 詹 耀綸 正員 野口 季彦 (静岡大学)
 正員 木村 修 正員 砂山 竜男 (矢崎総業)

Current Boost Multi Port DC/DC Converter

Yoshinori Matsushita*, Student Member, Yaolun Chan, Student Member, Toshihiko Noguchi, Member (Shizuoka University)
 Osamu Kimura, Member, Tatsuo Sunayama, Member (Yazaki Corporation)

1. はじめに

バッテリーを電源とする小規模な直流給電システムでは、更なる高効率化を実現するために大電力負荷に対して出力を高電圧化する動きが出てきている。しかし、低電圧電源の需要も依然として残るため、ひとつのシステムで複数出力が混在する直流給電システムが必要になる。その場合、DC/DC コンバータを2台用いるとシステムの大型化や高コスト化につながるため、1台で複数の異なる電圧を出力できる小型 DC/DC コンバータの需要が出てくると考えられる。

本稿では、このような趨勢を鑑み、小型高効率の潜在的可能性をもつマルチポート DC/DC コンバータを提案し、提案回路の妥当性をシミュレーションにより確認したので報告する。

2. 提案回路と動作原理

Fig. 1 に提案回路の全体構成を示す。入力電源電圧を V_{in} とし、2 系統の出力 V_{out1} , V_{out2} をもつマルチポート DC/DC コンバータである。倍電流整流回路に基づく DC/DC コンバータに $S5$, $S6$, $L3$, $L4$ を追加することでマルチポート化を実現している。一次側は $S1 \sim S4$ からなる H ブリッジインバータであり、高周波単相トランスを介して二次側回路に接続されている。二次側回路は倍電流回路と降圧チョップを組み合わせた構成になっており、 $S7$, $S8$, $L1$, $L2$ が倍電流整流回路 (Fig. 2(a)), $S5$, $S6$, $D1$, $D2$, $L3$, $L4$ が降圧チョップ (Fig. 2(b)) に対応する。 $D1$, $D2$ を倍電流昇流動作と降圧動作のために共用することで全体の素子数を抑えることができる。

Fig. 2 に制御ブロック線図を示す。 V_{out1} の制御は一次側 H ブリッジインバータのパルス幅制御によって行われ、 V_{out2} の制御は二次側の $S5$, $S6$ によって実現される。

二次側回路は、 V_{out1} , V_{out2} の各出力に対してそれぞれ $L1$, $L2$ の経路、 $L3$, $L4$ の経路という 2 つの電流経路をもつため、負荷電流がひとつの素子を通る場合と比べて導通損が半減される。また、トランスから矩形の交流電圧が供給されるため、各電流経路の位相が 180° ずれてインターリーブ動作をする。その結果、 $C2$, $C3$ におけるリップル周波

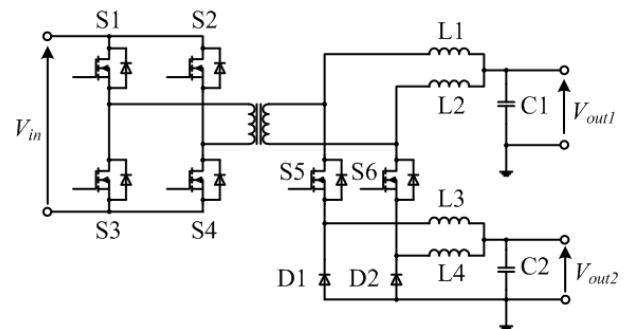
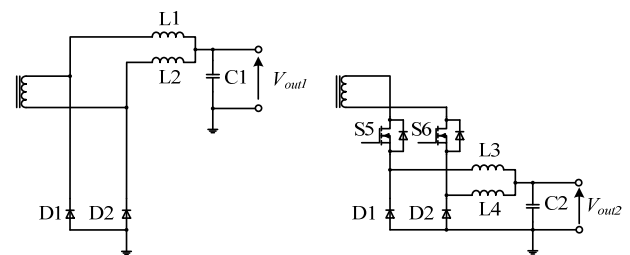


Fig. 1. 提案回路の全体構成



(a) 倍電流整流回路

(b) 降圧チョップ

Fig. 2. 複合化された二次側回路の構成

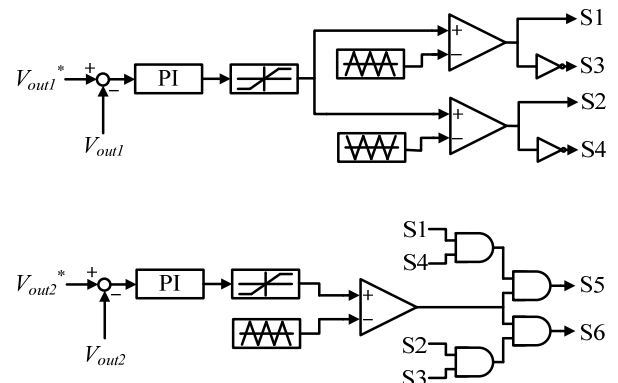


Fig. 3. マルチポート制御ブロック線図

数が増加するので、小容量化を図ることができる。また、インバータを多相化し、分流数をさらに増加させることで導通損の低減と C2, C3 の小容量化を更に推し進めることができる⁽¹⁾。分流数を増やすと素子数は増えるが、個々の素子の電流容量やサイズは小さくなる。そのため実装の自由度が増し、パッケージの充填率を上げて出力密度を稼ぐことができる。なお、D1, D2 の代わりに MOSFET を用いて同期整流を行うことにより、更なる損失低減を実現することができる。以上の点から、提案回路は DC/DC コンバータのマルチポート化だけでなく、その小型高効率化にも寄与すると考えられる。

3. シミュレーションによる動作検証

提案回路の基本的な動作特性を確かめるため、シミュレーションを実施した。シミュレーションの条件を Table 1 に、シミュレーション結果を Fig. 4 に示す。Fig. 4(a) より、2 つの異なる出力電圧を安定に制御できていることがわかる。また、Fig. 4(b), (c) より、二次側の各出力において、位相が 180° ずれた状態で電流が分流していることが確認できる。以上のことより、提案回路の成立性を確認することができた。

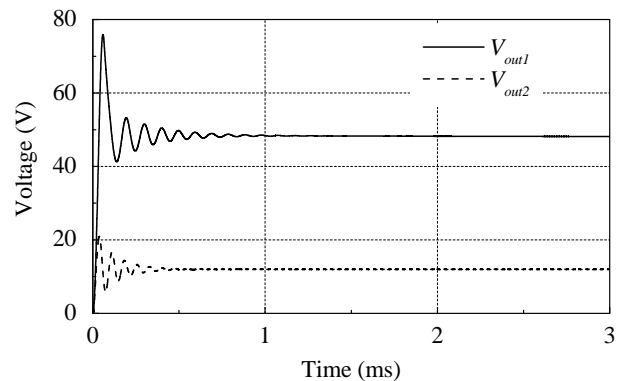
なお、このシミュレーションでは Table 1 の L , C の値は最適化されていない。提案回路の $L1 \sim L4$ は、Fig. 4(b), (c) に示されるように直流が重畳しているためコアの体積が大きくなる。体積の増大を防ぐには、分流数を増加し各インダクタの直流重畳成分を小さくする手法と、各インダクタンス値を小さくする手法の 2 つが考えられる。後者の手法では電流リップルが増大するが、後段のキャパシタ C2, C3 の容量を大きくすることでリップルを抑制することができる。インダクタの容量減少による体積低減とキャパシタの容量増大による体積増加では、前者のほうが体積へ与える影響が大きい。今後はこれら 2 つの考え方に基づき、最適な素子パラメータを決定していく。

4. まとめ

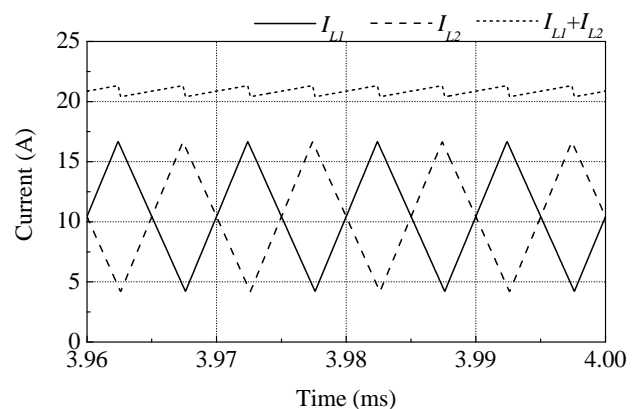
本稿では、昇流形マルチポート DC/DC コンバータを提案し、その妥当性について検討した。提案回路の特徴と動作原理について述べ、シミュレーションにより提案回路の動作特性を確認した。今後は、設計、試作を通して、提案回路の集積化と更なる高効率化について検討していく所存である。

Table 1. シミュレーションパラメータ

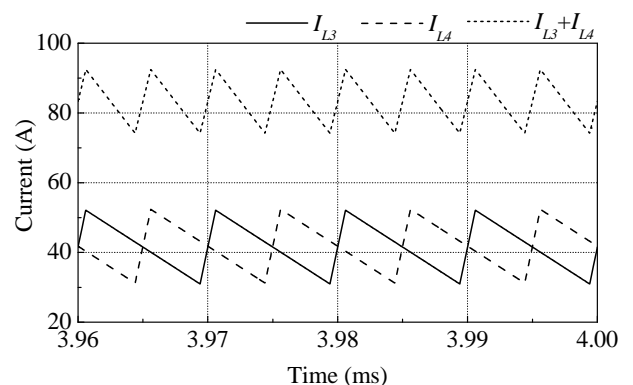
Parameters	Value
Switching Frequency	100 kHz
L1, L2	20 μ H
L3, L4	5 μ H
C1	47 μ F
C2	94 μ F



(a) 出力電圧波形



(b) V_{out1} 側のインダクタ電流と負荷電流



(c) V_{out2} 側のインダクタ電流と負荷電流

Fig. 4. シミュレーション結果

文 献

- (1) 詹 耀綸・松下由憲・野口季彦・木村 修・砂山竜男: 「多相インバータを用いた昇流形 DC/DC コンバータ」, 平成 27 年電気学会産業応用部門大会, pp. I-353 - I-356 (2015)
- (2) 山本 勇・松井景樹・森 秀樹・八尾祐吾: 「負荷多分割形チョップパの提案」, IEE Trans, IA, Vol. 124, No. 2, pp. 230 - 237 (2004)