

# カレントダブルを用いた 絶縁形マルチポート DC/DC コンバータ

松下由憲\* (静岡大学, 矢崎総業), 野口季彦 (静岡大学)  
田口範高, 石居 真 (矢崎総業)

Galvanically Isolated Multiport DC/DC Converter Using Current-Doubler

Yoshinori Matsushita (Shizuoka University, Yazaki Corporation), Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

Noritaka Taguchi, Makoto Ishii (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、更なる低損失化のために出力を高電圧化する手法が用いられる。しかし、低電圧電源を要求する負荷の需要も依然として残っているため、ひとつのシステムで複数の異なる電圧を出力させる構成が望まれる。その場合、DC/DC コンバータを複数搭載するとシステムの大形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形 DC/DC コンバータが求められる。そこで筆者らは、カレントダブルを用いた絶縁形マルチポート DC/DC コンバータを提案してきた。これまでの報告では、提案するコンバータの動作をシミュレーションにより確かめてきたが、本稿では実験を行い、想定通りの動作を確認できたので報告する。

## 2. 回路構成と動作原理

Fig. 1 に提案回路を示す。入力電圧を  $V_{in}$ 、出力電圧を  $V_{out1}$ 、 $V_{out2}$  とするマルチポート DC/DC コンバータである。一次側は S1~S4 から成る Hブリッジインバータで構成され、高周波トランスと接続されている。トランスの二次側は L1, L2, D1, D2, C1 から成るカレントダブルと、S5, S6, D1, D2, L3, L4, C2 から成る降圧チョップパとで構成されている。D1, D2 が両回路を兼ねており、部品点数削減に寄与している。

提案回路の制御ブロック線図を Fig. 2 に示す。カレントダブル出力である  $V_{out1}$  は一次側インバータのパルス幅制御 (PWC) により調節され、降圧チョップパ出力である  $V_{out2}$  は二次側回路の S5, S6 を用いたパルス幅変調 (PWM) により制御されている。

提案回路の定常動作時における 6 つの動作モードを Fig. 3 に示す。トランスの一次側に 3 レベルの電圧が印加される場合を考える。このとき、一次側電圧に対応した二次側電圧  $V_{tx2}$  が 3 レベルで出力される。カレントダブルのインダクタは、 $V_{tx2}$  が正のとき L1 が充電され (mode1, 2)、負のとき L2 が充電される (mode4, 5)。一方、降圧チョップパのインダクタは、 $V_{tx2}$  が正かつ S5 が ON のときに L3 が充電され (mode2)、 $V_{tx2}$  が負かつ S6 が ON のときに L4 が充電される (mode5)。

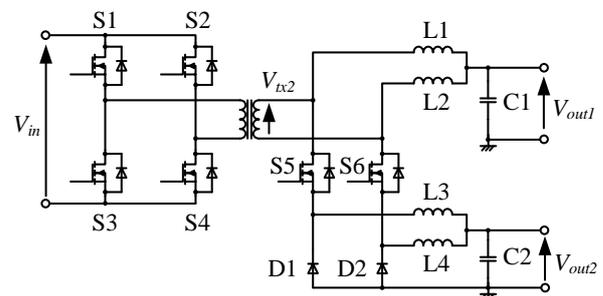


Fig. 1. Proposed dual port DC/DC converter.

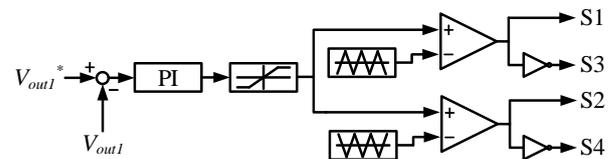


Fig. 2. Block diagram of proposed circuit controller.

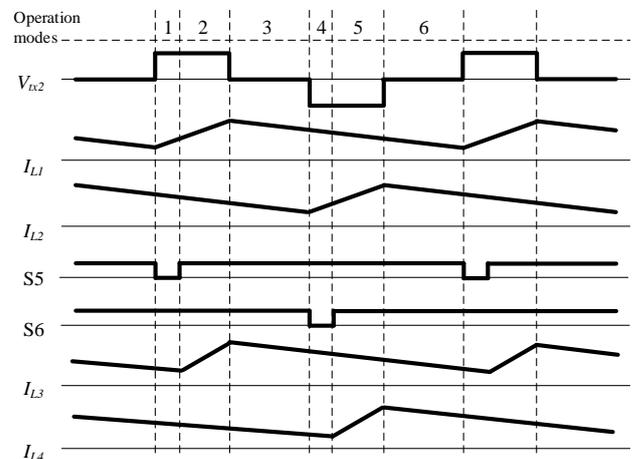


Fig. 3. Operation modes of proposed dual port DC/DC converter.

$V_{tx2}$  がゼロのときは、すべてのインダクタは放電される (mode3, 6)。

二次側回路は  $V_{out1}$  出力に対して L1, L2 の電流経路をもつので、負荷電流の経路がひとつのときと比べて導通損が半減される。また、それらの電流の位相は  $180^\circ$  ずれてインターリーブ動作をするため、C1 におけるリップル周波数はインバータ周波数の 2 倍になる。これは C1 の容量、つまり体積を低減できることを意味する。L3, L4 についても同様の動作となるため、C2 の体積も小形化することができる。

### 3. 実験条件と実験結果

Fig. 4 に提案回路の電源投入から定常状態に至るまでの出力電圧  $V_{out1}$ ,  $V_{out2}$  を示し、Fig. 5 に Fig. 3 に対応する各部 ( $V_{tx2}$ ,  $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ ,  $V_{gs5}$ ,  $V_{gs6}$ ,  $I_{L3}$ ,  $I_{L4}$ ) の波形をそれぞれ示す。なお、L1, L2 に  $15 \mu\text{H}$ , L3, L4 に  $3 \mu\text{H}$  のインダクタを、C1 に  $22 \mu\text{F}$ , C2 に  $47 \mu\text{F}$  のキャパシタを用いた。入力電圧  $V_{in}$  は  $150 \text{ V}$ 、スイッチング周波数は  $400 \text{ kHz}$ 、トランス巻数比は 2:1、出力電圧指令値  $V_{out1}^*$ ,  $V_{out2}^*$  はそれぞれ  $24 \text{ V}$ ,  $12 \text{ V}$ 、負荷抵抗は両出力とも  $4 \Omega$  とした。

Fig. 4 より、 $V_{out1}$ ,  $V_{out2}$  共にオーバーシュートしてはいるものの、電源立ち上げから  $100 \text{ ms}$  以内には指令値に達し定常動作することが確認できる。よって、提案した 2 種類の異なる電圧を出力するマルチポート DC/DC コンバータが正常に機能することが実験的に確認できた。定常状態でのリップル電圧は約  $\pm 1.5 \text{ V}$  であった。定常動作の各部波形は、 $V_{tx2}$  が正のときに L1 に充電電流が、負のときに L2 に充電電流が流れており、 $V_{tx2}$  が正かつ  $V_{gs5}$  が ON のときに L3 に充電電流が、 $V_{tx2}$  が負かつ  $V_{gs6}$  が ON のときに L4 に充電電流が流れていることを確認できる。その結果、 $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$  と  $I_{L3}$ ,  $I_{L4}$  はそれぞれインターリーブ動作をしており、所期の動作が Fig. 3 に示した通りに実現されている。 $V_{tx2}$  の波形にはノイズが見られるが、これは S5, S6, D1, D2 のスイッチングに起因することが判明しており、今後改善していく。

### 4. まとめ

本稿では 1 台のインバータで異なる 2 つの電圧を出力するマルチポート DC/DC コンバータを提案し、入力電圧  $150 \text{ V}$ 、出力電圧  $24 \text{ V}$ ,  $12 \text{ V}$  の条件で実機により想定通りの動作を確認した。今後は出力電力を増加するとともに、負荷変動試験、負荷率-効率特性試験などを行い、種々の運転特性について総合的な評価を行っていく所存である。

### 文 献

- (1) 松下由憲, 倉 耀倫, 野口季彦, 木村 修, 砂山竜男: 「昇流形マルチポート DC/DC コンバータ」, 平成 28 年電気学会全国大会, 4-109
- (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の提案」, *IEE Trans on IA*, Vol. 124, No. 2, pp. 230 - 237 (2004)

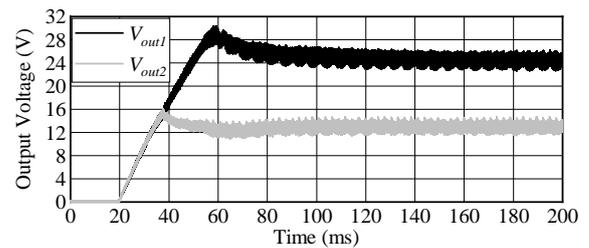


Fig. 4. Dual port output voltage waveforms.

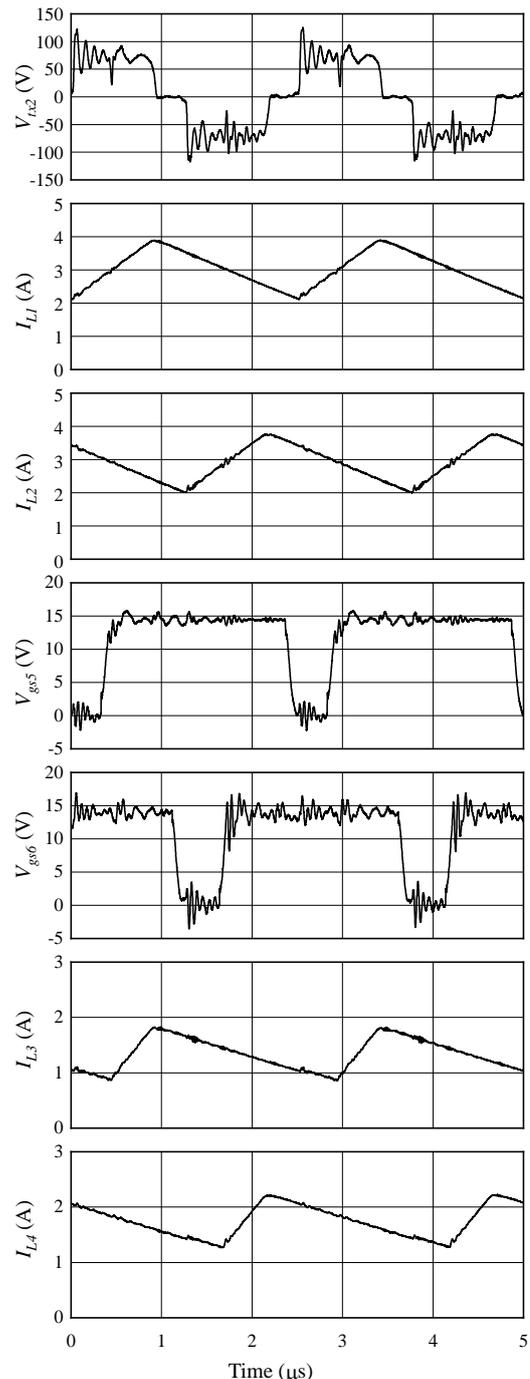


Fig. 5. Waveforms in proposed circuit.