

単セルバッテリーを用いた小型宇宙機電源システム用 インタリーブコンバータ

井上 将彦 永田 光 鵜野 将年 (茨城大学)

研究背景

バス電圧: 28-50 V

従来の宇宙機電源システム

- 電圧が高い
- 高コスト

低コスト化

単セルを使用した宇宙機電源システム

- 電圧が低い
- 低コスト

インタリーブコンバータ

スイッチングタイミングに位相差を持たせ複数台のコンバータを並列動作

- 大電流入力が可能
- 入力コンデンサの小型化が可能

(バッテリーの製造コスト) > (単セルの製造コスト)

従来のインタリーブコンバータ (d: Q₁-Q₃のオンデューティ)

ダイオードの耐圧: V_{out}

電圧変換比 $M = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-d}$

スイッチの耐圧: V_{out}

従来回路の課題

- i_{L1}, i_{L2}, i_{L3}の電流バランス制御が必要
- 半導体素子の電圧ストレスが高い

従来のインタリーブコンバータの課題

従来方式の各種課題を解決可能な新方式を提案

提案するインタリーブコンバータ

提案回路 (d: Q₁-Q₃のオンデューティ)

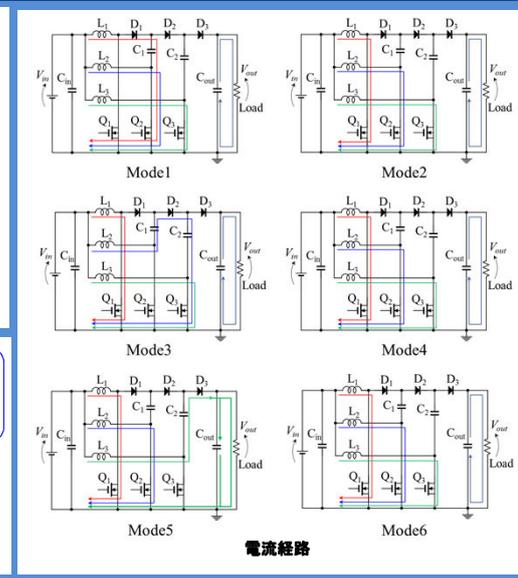
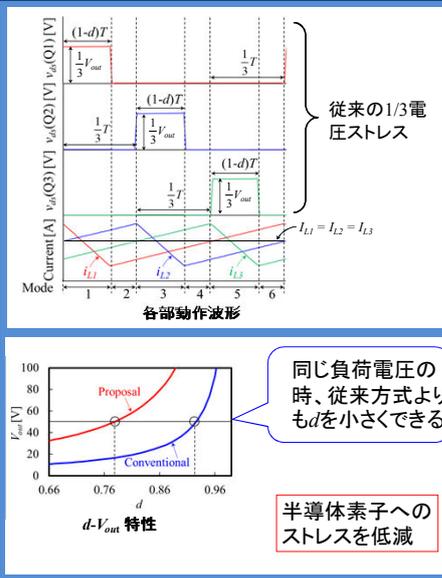
ダイオードの耐圧: $\frac{1}{3}V_{out}$

電圧変換比 $M = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{3}{1-d}$ (従来方式の3倍)

スイッチの耐圧: $\frac{1}{3}V_{out}$

提案回路の利点

- 高い電圧変換比
- 無制御でi_{L1}, i_{L2}, i_{L3}の電流バランスが可能
- 半導体素子へのストレス低減が可能



3相の電流バランス原理

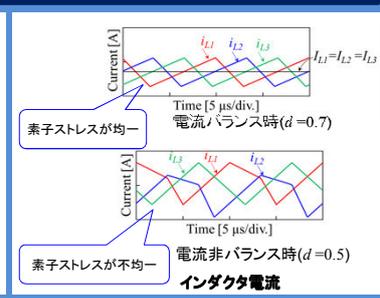
3相の電流バランス原理 (d ≥ 0.66)

$$\frac{I_{L1}(1-d)T}{q_1} - \frac{I_{L2}(1-d)T}{q_2} = 0 \quad (1 \text{ 周期における } C_1 \text{ の電流の和})$$

$$\frac{I_{L2}(1-d)T}{q_2} - \frac{I_{L3}(1-d)T}{q_3} = 0 \quad (1 \text{ 周期における } C_2 \text{ の電流の和})$$

I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}

電流バランス (I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}: インダクタの平均電流) (d₁-d₃: Q₁-Q₃のオンデューティ)



実機検証

70 Wプロトタイプ

素子定数

Elements	Value
C _{in}	200 μF
C _{out}	660 μF
C ₁	94 μF
C ₂	44 μF
L ₁₋₃	15 μH

リチウムイオン電池の単セルを想定
リチウムイオン電池 (2.7 V - 4.2 V)

定格時: 87.2%

Parameters	Value
V _{in}	3.7 V
V _{out}	50 V
P _{out}	70 W
f	100 kHz

d-電圧変換比特性

各部動作波形

電力変換効率

損失内訳 (定格70 W時)

- Switching Loss
- Conduction Loss
- Diodes
- Capacitors
- Switches
- Inductors

今後の予定

双方向コンバータ

ダイオードをスイッチに置き換えて回路の双方向化を行う

ダブラー方式

- 電圧変換比の異なるダブラー方式の実機検証を行う
- 電圧変換比の観点から提案方式と用途の比較を行う