

B-23 入力直列 DC-DC コンバータの制御方式に関する一考察

鈴田高登, 長嶺海大, 今田翔, 梶原一宏, 黒川不二雄
(長崎総合科学大学)

1. はじめに

データセンタの電力需要が急速に増加する中で、効率的な電力供給および再生可能エネルギーの活用が可能な直流給電システムの導入が注目されている。直流給電は交流方式より電力変換回数を減らし、高電圧送電によって送電損失を大幅に低減できる。一方、高電圧に対応したDC-DCコンバータにはオン抵抗の大きな高耐圧素子が必要となる。そこで複数のDC-DCコンバータの入力側を直列、出力側を並列に接続することで、オン抵抗の小さな低耐圧素子を使用できる。ただし、回路パラメータやスイッチングのずれが生じると、あるDC-DCコンバータに大きな負担がかかり、素子の破壊に繋がる。そのため、各入力電圧のバランスが重要となる。ドループ制御は独立した制御回路で良好な入力電圧バランスを得られる方式である[1]。しかし、入力電圧の変動により出力電圧のレギュレーション特性が悪化するという問題がある。そこで本稿では、入力電圧のバランスと出力電圧のレギュレーション特性を両立可能なバランス制御を提案し、回路パラメータがばらついた場合の入力電圧のバランス特性および入力電圧の変動に対する出力電圧のレギュレーション特性についてドループ制御との比較を行ったので報告する。

2. 電圧バランス制御手法

図1に入力直列DC-DCコンバータの回路図を示す。本回路は2台のフルブリッジコンバータを入力直列、出力並列接続した回路構成である。図2に提案する電圧バランス制御のブロック図を示す。 $V_{in1}[n]$, $V_{in2}[n]$ および $V_{out}[n]$ はそれぞれ n スイッチング周期における V_{in1} , V_{in2} および V_{out} のデジタル値である。バランス制御器では、 $V_{in1}[n]$ および $V_{in2}[n]$ を比較し、値が小さい側のコンバータの出力電圧目標値 $N_r[n]$ を調整する。調整された $N_r[n]$ をもとにPID制御を行うことで各コンバータの時比率を決定する。

3. シミュレーション結果

今回のシミュレーションにおける回路パラメータは、入力電圧 V_{in} は600V~1000V、出力電圧 V_{out} は48V、定格出力電流 I_{out} は62.5A、定格出力電力は3kWおよびスイッチング周波数は80kHzとした。回路パラメータのずれとして $Q_{11} \sim Q_{14}$ から構成されるフルブリッジコンバータの二次側に 0.3Ω の抵抗 r を追加し、ドループ制御と提案方式の比較を行った。図3に入力電圧の変動に対する入力電圧バランス特性を示す。 ΔV_{in} は $V_{in1} - V_{in2}$ である。図3より、バランス制御なしの場合では全入力範囲で ΔV_{in} が40V以上となり、 $V_{in}=1000V$ のときに最大78.5Vとなる。一方、ドループ制御および提案方式では $\Delta V_{in} \approx 0$ となり、良好な電圧バランスが得られる。図4に入力電圧の変動に対する出力電圧のレギュレーション特性を示す。ドループ制御では $V_{in}=600V$ のときに出力電圧が基準値より5%減少し、1000Vのときに5%増加していることが確認できる。一方、提案方式では V_{in} の変動に対しても良好な出力電圧のレギュレーション特性を示す。結果として、提案方式である電圧バランス制御手法を用いることで、入力電圧バランスおよびレギュレーション特性の両立が可能となる。

参考文献

[1] W. Chen et al.: IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 61, no. 11, pp. 6022-6030, Nov. 2014.

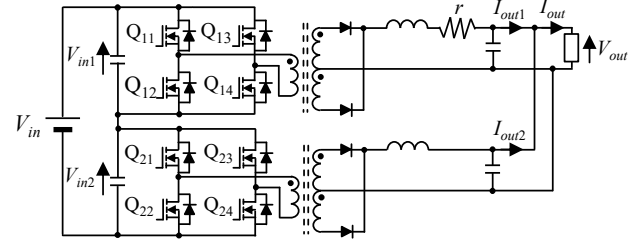


図1 入力直列DC-DCコンバータ

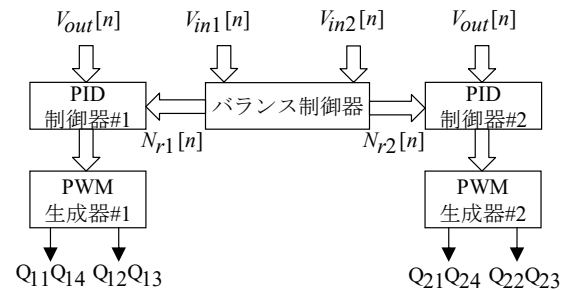


図2 提案方式の制御ブロック図

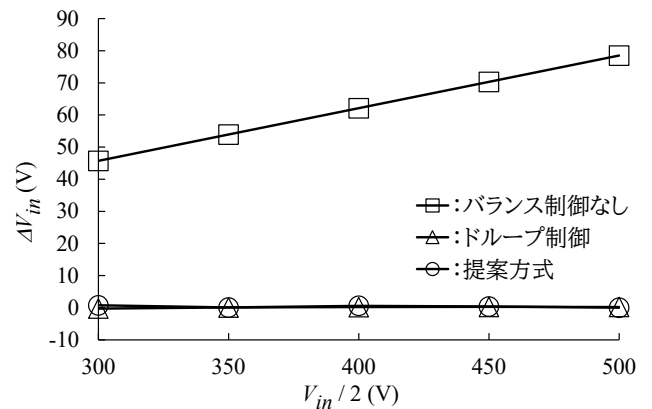


図3 入力電圧の変動に対する入力電圧バランス特性

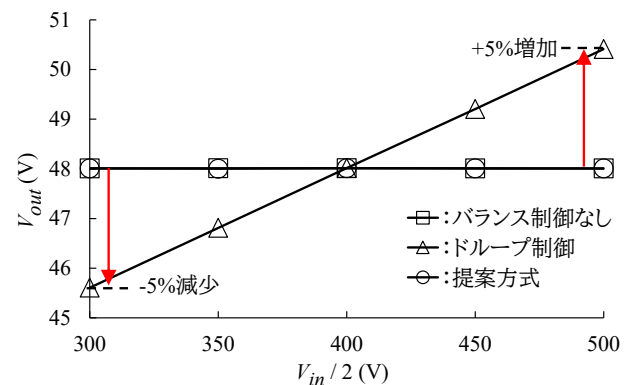


図4 入力電圧の変動に対する出力電圧のレギュレーション特性