

I-F 変換器を用いたピーク電流モード DC-DC コンバータの出力特性

仁部 真太郎*, 古川 雄大*, 黒川 不二雄*, Ilhami Colak**
 (*長崎大学大学院工学研究科)(**Istanbul Gelisim University)

1 はじめに

近年、地球温暖化に伴う二酸化炭素の抑制のため、再生可能エネルギーが注目を集めている。また、再生可能エネルギーシステムにおいては直流での電力供給が着目されている。再生可能エネルギーシステムでは再生可能エネルギーを最大限に活用するためにエネルギーマネジメントが必要とされている。そこでデジタル制御方式は回路状態のモニタリングおよびエネルギーマネジメント等により省エネに有効である。また、電流モード制御方式は系を安定させることができる。そのためデジタル制御での電流モード制御方式の実装を考える[1]。ピーク電流モードのデジタル制御への応用は、高速処理可能な DSP および高速 A-D 変換器による演算処理を行う必要がある。そのため遅れ時間を考慮すると実用化は困難とされてきた。そこで著者らは高速 A-D 変換器の代用として VCO(Voltage Controlled Oscillator)を用い、その周波数を検出するピーク電流モードでの制御を可能としている[2]。本稿ではこのピーク電流モード DC-DC コンバータと電圧モードの出力特性についての比較および検討を行う。

2 動作原理

図 1 に本方式であるピーク電流モード DC-DC コンバータの回路構成図を示す。スイッチで電流 i_{Tr} は検出抵抗 R_s によって両端電圧 $R_s i_{Tr}$ として検出され VCO に送られる。また、前置増幅器によって $A_i T_r R_s i_{Tr}$ に増幅される。VCO が $A_i T_r R_s i_{Tr}$ を FM パルス信号 S_f に変換して出力する。ここで $A_i T_r$ は前置増幅器の増幅率である。さらに、プログラマブル遅延回路により位相を遅らせた信号 S_{fd} を生成し、 S_f および S_{fd} は信号周波数検出器へと送られる。この信号周波数検出器において PWM 信号のオフするタイミングが決定される。また、プログラマブル遅延回路においての遅延時間 τ の制御は PID 制御部で行われる。出力電圧 e_o は A-D 変換をし、PID 制御部で PID 演算が行われている。この演算値 N_{PID} によって τ が決定する。図 2 にスイッチがオンの間における制御回路のタイミングチャートを示す。信号周波数検出器では交互に立ち上がる S_f および S_{fd} の比較が行われ、 S_{fd} が立ち上がる間に S_f が 2 回立ち上がった瞬間をピーク点とし、スイッチをターンオフする。

3 シミュレーション結果

図 3 はピーク電流モードおよび電圧モードの過渡応答である。(a)がピーク電流モード、(b)が電圧モードである。制御ゲインはそれぞれピーク電流モードでは $K_P=5, K_I=0.2$ および $K_D=1$ であり、電圧モードでは $K_P=20, K_I=0.01$ および $K_D=1$ である。電圧モードにおいて制御ゲインを大きくすることで過渡特性は良くなったが、分解能の影響によりリミットサイクルが生じている。さらに遅れ時間の影響もあり系が不安定になりやすいためキャパシタを $2000\mu F$ と大きくしなければならない。一方でピーク電流モードでは系が安定しているので制御ゲインを大きくしても緩やかな応答となり、またキャパシタも $990\mu F$ と抑えることができた。また詳細な検討について口頭発表の際に議論する。

参考文献

- [1] F.Kurokawa et al. in Proc. of IEEE ICRERA, pp. 19-22, 2014
 [2] F.Kurokawa et al. in Proc. of IEEE INTELEC, pp. 1-5, 2012

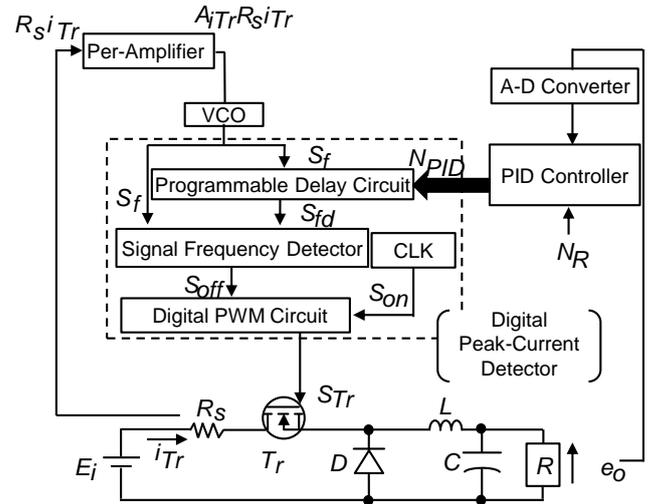


図 1 ピーク電流モード DC-DC コンバータの回路構成

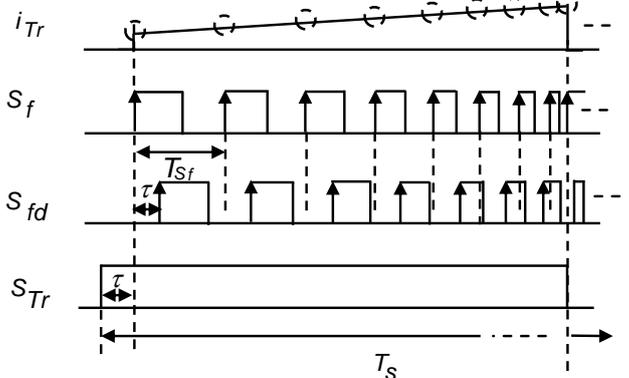
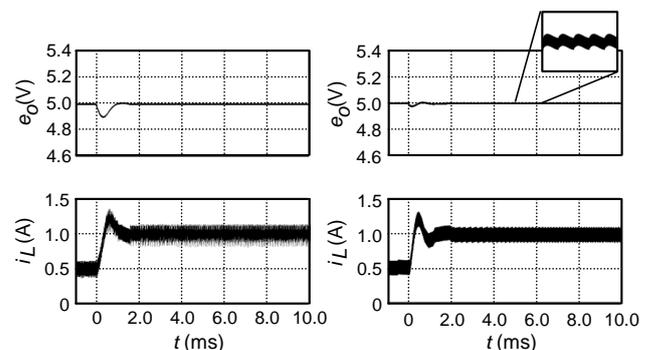


図 2 制御部のタイミングチャート



(a) 提案方式

(b) 従来方式

図 3 出力電圧およびリアクトル電流の過渡特性