

# 昇圧チョッパにおけるデッドビート制御による 電流応答限界に関する考察

渋谷 貴之・野下 裕市・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

## 1. はじめに

近年、回路の小型化を目的として、電力変換回路の高速制御が盛んに研究されている<sup>(1)(2)</sup>。しかし、制御応答の限界は回路のハードウェアの制限により決定するため、制限以上の応答においては、指令値飽和が発生してしまう。

本論文では、チョッパの電流制御系を例に取り、理論限界応答の導出と高速応答が可能であるデッドビート制御における適切なサンプリング周波数の選定について考察を行ったので報告する。

## 2. デッドビート制御と理論限界応答

図 1 にシステムの構成を示す。ここで、 $L_1$  は基準化した値である。 $I_{L1}$  の微分値がサンプリング点間で一定であるとすると、 $I_{L1}(k+1)$ は(1)式で表せる。

$$I_{L1}(k+1) = I_{L1}(k) + \dot{I}_{L1}T_s = I_{L1}(k) + \frac{V_{in} - V_{conv}}{L_1} T_s \quad (1)$$

ここで、 $T_s$ はサンプリング周期であり、 $I_{L1}(k+1)$ を $I_{L1}^*$ とすると、コンバータ電圧指令値  $V_{conv}^*$ は(2)式で表せる。

$$V_{conv}^* = V_{in}(k) - \frac{L_1}{T_s} \{I_{L1}^* - I_{L1}(k)\} \quad (2)$$

また、理論限界応答  $f_{max}$  とハードウェアの制限の関係は、電流指令を振幅  $I_m$  の正弦波とすると、ゼロクロス付近で最大電流変化量( $V_L/L_1$ )となることから (3)式で表せる。

$$f_{max} = \frac{V_L}{2\pi I_m L_1} \quad (3)$$

$$V_L = \begin{cases} V_{in}, & V_{in} < V_{out} - V_{in} \\ V_{out} - V_{in}, & V_{in} > V_{out} - V_{in} \end{cases}$$

## 3. シミュレーション結果

図 2 にサンプリング周波数  $f_s=2.5\text{kHz}$ ,  $3.23\text{kHz}$ ,  $5\text{kHz}$ ,  $10\text{kHz}$  における  $I_{L1}$  の周波数特性を示す。これより、電流指令周波数  $f_{ref}$  が  $f_{max}$  を超えることでゲイン特性が大きく低下することがわかる。これは限界応答を超えることで指令値飽和が発生し、指令値を再現できなくなったためである。また、サンプリング周波数によりゲイン特性に影響が現れているが、これは量子化誤差とデッドビート制御の周波数特性によるものである。

図 3 にデッドビート制御の応答をサンプリング点間毎に直線近似した結果の周波数特性を示す。

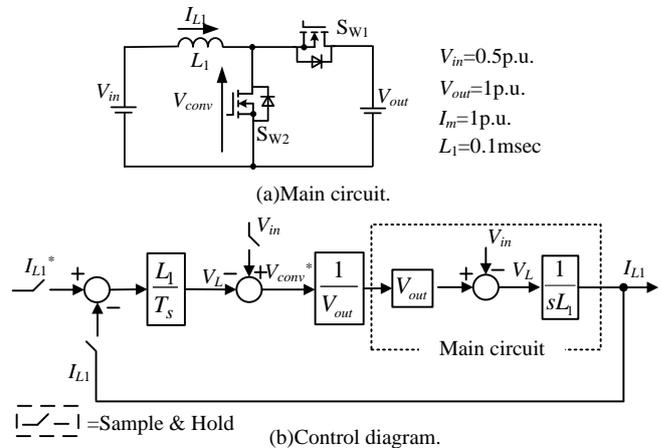


Fig.1. System configuration diagram.

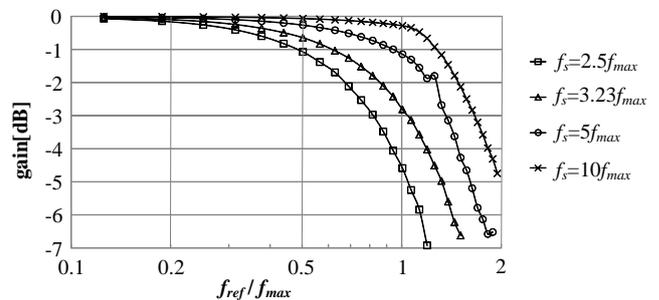


Fig.2. Amplitude frequency characteristic by sampling frequency.

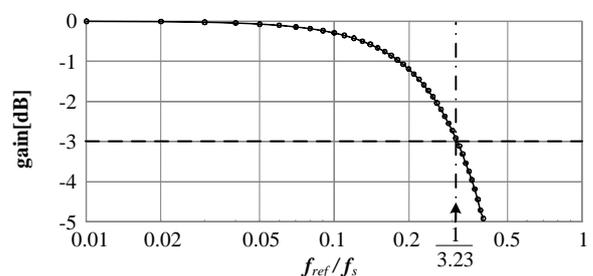


Fig.3. Amplitude frequency characteristic of system.

これより、 $f_s$  を  $f_{ref}$  に近づけることでゲイン低下が確認できる。本検討では理論限界応答においてゲイン低下の許容を  $-3 \text{ dB}$  とする。 $f_{ref} < 1/3.23f_s$  において、ゲイン低下量が  $3\text{dB}$  以下であることから、 $f_s$  を  $f_{max}$  の  $3.23$  倍以上に設計する必要があることがわかる。

## 参考文献

- (1) 三枝, 横山, Vol.2009, No.1, 電気学会産業応用部門大会
- (2) 渋谷, 春名, 伊東, 2011, 半導体電力変換研究会(兵庫)