

昇圧チョッパにおける遅延時間と電圧リミットによる
電流応答限界に関する考察

渋谷 貴之・大沼 喜也・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年 LC 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⁽¹⁾⁽²⁾。制御応答は，遅延時間とハードウェア上の制約による操作量の上限により制限される。

本論文では，昇圧チョッパの電流制御系を例に取り，遅延時間の影響と電圧リミットの影響を定量的に示し，応答速度の限界について考察を行ったので報告する。

2. 検討方法

図 1 に昇圧チョッパの電流制御系のブロック図を，(1)式に i_{in}^* から i_{in} までの伝達関数を示す。

$$G(s) = \frac{K_p/T_i L(1+sT_i)(1+sT_d)}{T_d s^3 + s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1)$$

ただし， $\omega_n = \sqrt{\frac{K_p}{T_i L}}$ ， $\zeta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_p T_i}{L}}$ である。

遅延時間の影響は，任意の固有角周波数と制動係数を設定し，(1)式の遅延時間 T_d を変化させたときの根軌跡から検討する。次に固有角周波数を変化させ、指令値をステップ変化させたときの電流応答から電圧リミットの影響を検討する。ただし、遅延時間はゼロとして入力電流制御系を設計する。このとき，理論的な応答限界は，(1)式から二次系の時間応答を求め， $t=0$ で微分して直線近似することにより得られ，(2)式となる。

$$\omega_n = \frac{(V_{out} - V_{in})}{L(i_{in}^* - i_{in})\sqrt{1-\zeta^2}} \left(\frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{\zeta^2}{\sqrt{1-\zeta^2}} \right) \quad (2)$$

3. 計算結果と考察

図 2 に PI 制御の遅延を考慮した(1)式から導出した根軌跡を示す。ただし、制動係数を 0.7，固有角周波数を 6000 rad/s とした。 $T_d = 0$ s で根配置は 45° に位置するが，遅延時間の増加に伴い，根は不安定領域に移動することがわかる。根の位置が 60° のバターワース配置になるときを限界設計値とすれば， $T_d < T/4$ となる。

図 3 に固有角周波数 ω_n を増加させたときの電流応答を示す。シミュレーション条件は，入力電圧 1 pu,出力電圧 2 pu,インダクタンス T_L を 0.667 ms とする。 $\omega_n = 15000$ rad/s (応答時定数 $1/\omega_n = T_L/9$) 以上に設定しても電圧飽和により応答は限界に達

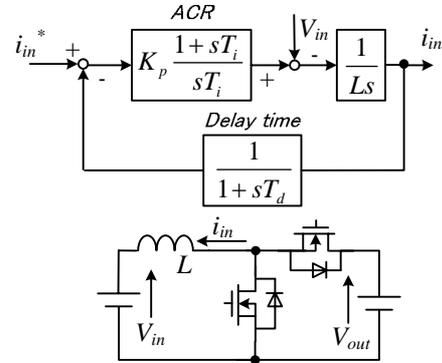


Fig. 1. Simulation system.

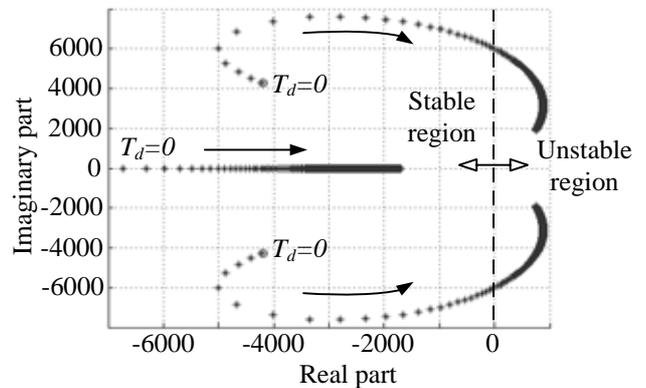


Fig. 2. Roots locus of PI controller.

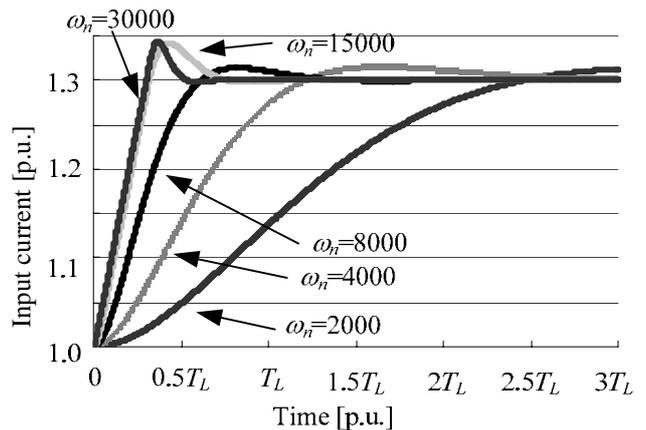


Fig. 3. Waveforms of current response.

する。(2)式により求めた応答限界は 15670 rad/s であるから，ほぼ一致し，(2)式が妥当であることがわかる。今後は実験による検証及び外乱特性について考察する予定である。

参考文献

- (1) 郭，城石，一ノ倉，信学技報，EE2003-17
- (2) 福田，古川，電学論 D，Vol.123，2003