

静的モデルを用いた高速 P 制御方式 DC-DC コンバータの過渡特性について

古川 雄大* 渡辺 慎悟* 黒川 不二雄* 江藤 春日* 松井 信正** Ilhami Colak***
 (*長崎大学)(**長崎総合科学大学)(***Istanbul Gelisim University)

1 はじめに

省エネルギー化が重要な課題となっているデータセンタの電源システムでは、スイッチング電源はエネルギーマネジメント、他機器との連携や消費電力の監視、更には通信機能による遠隔操作など機能的な動作が要求されている。この要求を満たすにはデジタル制御が有効であり、盛んに研究がなされている[1], [2]。また、サーバ等の機器は負荷の状態に応じて待機状態あるいは稼働状態となる。特に、待機状態から稼働状態への高速な復帰が重要となる。この動作においてコンバータの特性上、デューティ比を大幅に変化させなければならず、瞬時に応答することが難しい。これまで、デジタル制御の遅れ時間を低減する高速 P 制御によって過渡特性を改善してきたが、このような状況においてはこの手法でも大幅な改善が難しい。本稿では、高速 P 制御だけでなく、静的モデルを用いたフィードフォワード制御を適用することで、素早く動作点を変更し、変動幅の大きい負荷ステップにおける過渡特性の改善を図る。

2 原理

図 1 はデジタル制御方式 DC-DC コンバータの回路構成を示している。提案方式では、出力電圧の他に入力電圧および出力電流を検出する。図 2 にはデジタル制御回路の構成を示している。制御周波数は、モデル制御部および ID 制御部がスイッチング周波数と同じ制御周波数で、高速 P 制御がスイッチング周波数の 10 倍の制御周波数である。高速 P 制御部および ID 制御部では、出力電圧を用いてフィードバック制御を行う。P 制御は高速に演算を行うことで、遅れ時間の影響を低減する。モデル制御部では入力電圧および出力電流から制御のバイアス値を算出し、コンバータの動作点を最適化する。これらの演算値によってメインスイッチのオン時間を決定する。

3 シミュレーション

高速 P 制御および提案方式における待機状態から稼働状態への負荷ステップを想定した場合の過渡特性を図 3 に示している。提案方式ではモデル制御が負荷電流に追従して動作点を変更することで、メインスイッチのオン時間が適切な値へと素早く変化していることがわかる。これによって、出力電圧のアンダーシュートが低減され、高速 P 制御のみの場合と比較して良好な過渡特性を実現している。

4 まとめ

提案方式ではモデル制御が負荷電流に追従して動作点を変更することで待機状態から稼働状態を想定した大きな負荷ステップに対しても優れた応答性を示した。提案方式に関する詳細な議論は講演の際に行う。

参考文献

- [1] D. Maksimovic, R. Zane and R. Erickson, "Impact of digital control in power electronics," in Proc. IEEE ISPSD, pp. 13-22, May 2004.
- [2] W. Huang and J. A. Abu Qahouq, "Tuning of a digital proportional-integral compensator for dc-dc power converter," in Proc. the IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, pp. 270-275, March. 2013.

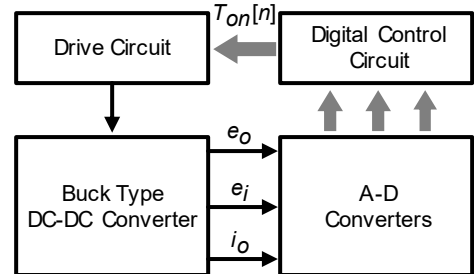


図 1 デジタル制御方式 DC-DC コンバータ

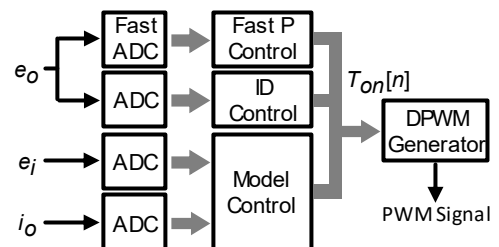
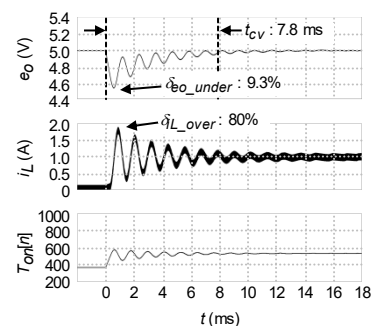
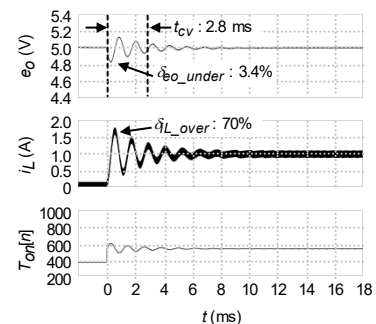


図 2 デジタル制御回路の構成



(a) 高速 P 制御



(b) 提案方式

図 3 出力電圧、リアクトル電流およびオン時間の過渡特性