

比例ゲイン切替方式昇降圧形コンバータ

濱川和洋, 青木浩志, 梶原一宏, 黒川不二雄
(長崎総合科学大学)

1. はじめに

情報通信技術の普及に伴い、情報通信用電源システムでの省エネルギー化が大きな課題となっている。そこで、運用面から省エネルギー化を図るエネルギーマネジメントの実装が求められており、デジタル制御電源の適用が検討されている^[1]。デジタル制御は経年劣化に強いことや柔軟な制御が可能である。一方、A-D変換時間や演算時間からなる遅れ時間の影響により、負荷急変時に出力電圧の変動が大きくなり、機器の誤動作や故障の原因となる。一般に、出力電圧の変動を抑制するにはフィードバックゲインを大きくする必要があるが、系の安定性が低下するため、負荷急変時のみゲインを大きくすることが望ましい^[2]。

そこで本論文では、負荷急変時のみ比例ゲインを大きくする比例ゲイン切替方式を昇降圧形コンバータに適用し、過渡特性について評価を行った。結果として、提案方式では優れた過渡特性が実現できたため報告する。

2. 回路構成および原理

図1に比例ゲイン切替方式昇降圧形コンバータの回路を示す。 L はリアクトル、 S はスイッチ素子、 D はダイオード、 C は出力コンデンサ、 R は負荷抵抗である。入力電圧は E_i 、出力電圧は e_o とする。デジタル制御部はPID制御器と比例ゲイン切替器で構成され、 S のオン時間は e_o のデジタルPID制御演算値により決定する。図2に比例ゲイン切替方式の動作原理を示す。 K_{P_L} は定常状態の比例ゲイン、 K_{P_H} は変化直後の比例ゲインおよび T_{tr} は K_{P_H} から K_{P_L} へ戻るまでの時間を表す。出力電圧 e_o がしきい値 V_{th} を超えると、比例ゲインは K_{P_L} から K_{P_H} に変更され、その後 T_{tr} の時間をかけて指数的に K_{P_L} へ復帰する。これにより、負荷急変時のみ比例ゲインを大きくし、定常時は小さな比例ゲインを用いることができ、過渡特性を改善しながら定常時の安定性も確保できる。

3. シミュレーション結果

検証したシミュレーション回路パラメータは、 $E_i=10V$ 、出力電圧目標値 $e_o=10V$ 、スイッチング周期 $T_s=10\mu s$ 、 $L=250\mu H$ および $C=500\mu F$ である。図3には、負荷抵抗 R を 20Ω から 10Ω へステップ的に変化させた際の負荷変動応答を示す。従来手法では比例ゲイン K_P を 1 に固定し、提案手法では比例ゲインを $K_{P_L}=1$ 、 $K_{P_H}=25$ と設定した。さらに、 $T_{tr}=0.3ms$ 、しきい値 V_{th} は $9.9V$ とした。評価指標としては、オーバーシュート δ_{over} 、アンダーシュート δ_{under} および収束時間 t_{cv} を用い、 t_{cv} は目標値 $\pm 1\%$ 以内に収まるまでの時間と定義する。図3(a)の従来方式では、 δ_{under} が 4.7% 、 δ_{over} が 1.5% 、 t_{cv} が $9.0ms$ であった。提案方式では、抵抗 R が変化すると同時に比例ゲインが $K_{P_H}=25$ に切り替わり、 δ_{under} が 1.5% 、 t_{cv} が $6.5ms$ となり、 δ_{over} は発生しなかった。このとき、図3(b)から抵抗 R が変化すると同時に比例ゲイン K_{P_H} が 25 に切り替わっていることがわかる。結果として、提案方式は従来方式と比較して、 δ_{under} が約 53% 、 t_{cv} が約 72% 改善され、 δ_{over} が完全に抑制されており、比例ゲイン切替方式昇降圧形コンバータの有効性が確認された。

参考文献

- [1] Y. Qiu et al. : IEEE Tran. on Power Electronics, 25, 6, pp. 1537-1545, 2012.
- [2] Y. Furukawa et al, Proc. of IEEE INTELEC, pp. 1179-1183, Oct. 2015.

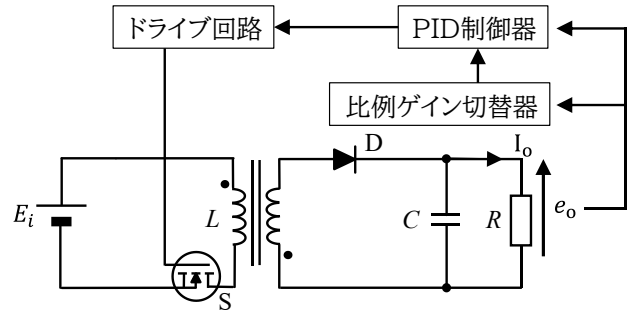


図1 比例ゲイン切替方式昇降圧形コンバータ

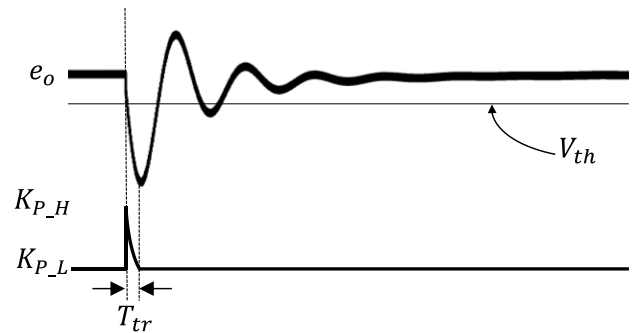
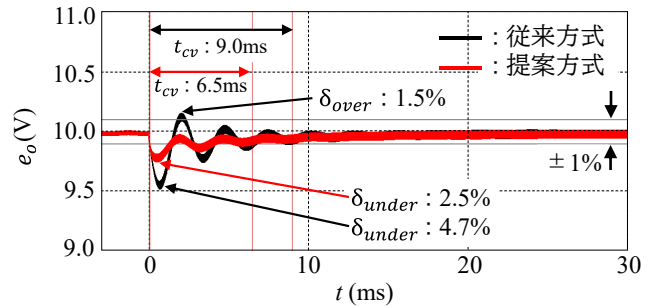
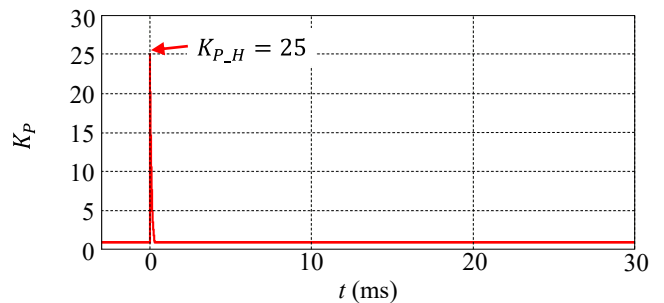


図2 比例ゲイン切替方式の動作



(a) e_o の過渡特性



(b) 提案方式の比例係数

図3 負荷急変特性