

新しいゼロクロス点検出回路を用いた 電流臨界モード PFC 回路の負荷特性について

王吉喆* 吉村一輝* 丸田英徳* 古川雄大* 黒川不二雄*
(*長崎大学 工学研究科)

1 はじめに

一般的な電源システムは Power Factor Correction (PFC) 回路と DC-DC コンバータが一緒に構成される。PFC 回路は力率、入力電流歪率および効率の改善が求められる。中小容量の電源では力率に優れる電流臨界モードが多く用いられる。PFC 回路を電流臨界モードで動作させる際には、リアクトル電流のゼロクロス点を検出する必要があり、従来方式では、リアクトル電圧の検出によりリアクトル電流のゼロクロス点を検出している。しかし実際の回路では、素子に存在する寄生容量の影響により、リアクトル電圧が共振することで、リアクトル電流のゼロクロス点検出に遅れが生じ、リアクトル電流に不連続時間が生じる [1]。

本稿では、PFC コンバータの力率と歪率に影響を与えるリアクトル電流の不連続時間の改善のため、新しいゼロクロス点検出回路を提案し、提案検出回路を用いた PFC コンバータの負荷特性について検討を行ったので報告する。

2 動作原理

図 1 に提案する電流臨界モード PFC コンバータの基本回路構成図を示す。 e_{ac} は入力電圧、 e_i は全波整流された電圧、 e_o は出力電圧、 i_L はインダクタ電流、 R は負荷抵抗、 T_r はメインスイッチ、 D はダイオード、 L はインダクタ、 C_i は入力コンデンサ、 C_o は出力コンデンサである。 e_o 、 e_i 、および i_L がデジタル制御回路に送られ、スイッチのオン時間 N_{Ton} を算出する。リアクトルの両端電圧はリアクトル電流のゼロクロス点を検出した後、スイッチをターンオンする。スイッチのターンオンと同時にスイッチに N_{Ton} がプリセットカウンタに取り込まれ、スイッチのオン時間をカウントし、スイッチのターンオフの信号を生成する。これにより、リアクトル電流のゼロクロス点を検出し電流臨界モードでのスイッチングを行う。

図 2 は提案するゼロクロス点検出回路である。微分回路を用いることで振動するリアクトル電圧を急激に立ち上げ、検出の遅れ時間を低減し、後段の差動増幅回路を用いて信号のゲインの不足を補う。その後、RS-FF にセット信号とリセット信号を入力することで PWM 信号を生成している。このような動作を繰り返すことで、ゼロクロス点をより早く検出し、電流臨界モードでの動作を維持できる。

3 シミュレーション検証

図 3 に従来方式および提案方式の出力電力対入力電流歪率(THD)特性を示す。 e_{ac} は 100 VAC、出力電圧目標値 E_o^* は 400 VDC、 L は 1.2 mH、 C_o は 15 μ F、スイッチング周波数 f_s は 80 kHz~120 kHz、出力電力の定格値は 30 W である。 P_o を定格の 30 W から軽負荷の 15 W まで変化させた場合、従来方式および提案方式とも、出力電力が小さくなるにつれて THD が大きくなることが確認できる。 P_o が定格の 30 W の時、THD が最小値を取る。従来方式と提案方式においてそれぞれの THD は 9.20 %、7.27 % である。定格時の改善率は 21.0 % である。 P_o が軽負荷の 15 W の時、THD が最大値を取る。この時、それぞれの THD は

14.8 %、12.6 % である。この時の改善率は 15.2 % となる。 P_o -THD 特性より、提案方式を用いることで、軽負荷においても、入力電流の歪率を低く抑えることができ、PFC コンバータの負荷特性が大きく改善されたことが確認できた。追加データと詳細な議論は講演の際に行う。

参考文献

- [1] J.W. Kim, H.S. Youn, and G.W. Moon, "A Digitally Controlled Critical Mode Boost Power Factor Corrector With Optimized Additional On Time and Reduced Circulating Losses," *IEEE Trans. On Power Electronics*, vol. 30, no. 6, Jun. 2015, pp. 3447-3456.

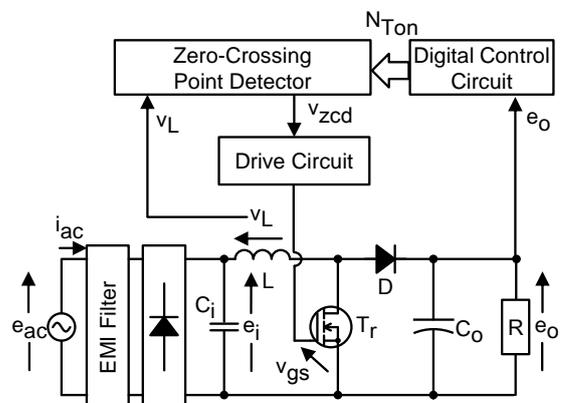


図 1 電流臨界モード PFC コンバータの基本回路構成図

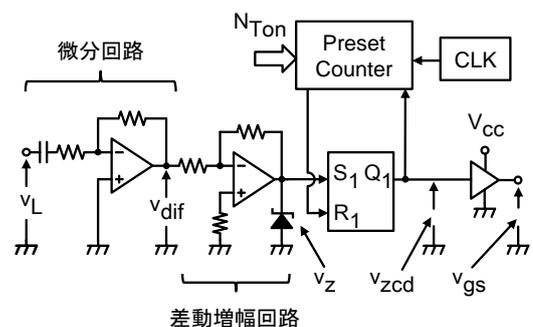


図 2 提案方式におけるゼロクロス点検出回路

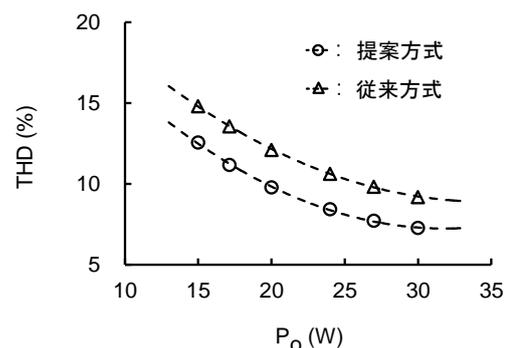


図 3 P_o vs. THD 特性