单相降压形高力率整流器の過渡振動抑制法

学生員 茂木 進一 (東京電機大学)

学生員 井上 雅文 (東京電機大学)

正員 前田 明志 (東京電機大学)

Suppression for Transient Oscillation on Single-phase Buck PFC Converter

Shin-ichi Motegi, Student Member, Masafumi Inoue, Student Member and Akeshi Maeda, Member
(Tokyo Denki University)

キーワード：单相降压形，高調波フィルタ，過渡振動，帯域除去フィルタ

1. まえがき

スイッチングデバイスを用いた電流形高力率整流器は、正弦波状の入力電流を得るために LC フィルタを接続するが、電流指令値変更時に共振現象を生じ、電流波形に過渡振動を誘発する問題がある。これに対し、上記難点を解決するためのいくつかの手段^{(1),(2)}が提案されているが、制御方法が複雑になりがちである。そこで本稿では、上記難点の一対策法として帯域除去フィルタ (Band Reject Filter : BRF) を用いて LC フィルタの共振周波数を濾波する電流指令値発生法を提案する。本提案法によると、簡易な構成で電流指令値変更時に伴う過渡的な入力電流の共振現象の発生を抑制することが可能となる。

2. 主回路構成

図 1 に示す单相降压形高力率整流器⁽³⁾は、单相電源 v_s 、单相ダイオードブリッジ ($D_1 \sim D_4$)、高調波フィルタ (L_f , C_f)、降压用スイッチ SW_S 、降压用直流インダクタ L_d 、環

図 1 单相降压形高力率整流器
Fig. 1. Single-phase buck PFC converter system.

表 1 主回路定数及び素子定格
Table 1. Constants and ratings of power circuit.

直流インダクタ	L_d 7.75[mH]	ダイオードブリッジ $D_1 \sim D_4$
		(一般整流用) 800[V], 100[A]
高調波フィルタ	$\{ L_f$ 0.90[mH]	自励スイッチ SW_S : IGBT 600[V], 50[A]
	C_f 10.8[μ F]	高速ダイオード D_{FW} : FRD 600[V], 50[A]
直流キャパシタ	C_o 2200[μ F]	
キャリア周波数	f_{CAR} 10[kHz]	

流ダイオード D_{FW} から成る降压チョップパと直流フィルタキャパシタ C_o 及び負荷抵抗 R_o により構成されている。また、主回路定数及び素子定格を表 1 に示す。

3. 制御・変調原理

<3.1> 過渡振動抑制原理 図 1 に示した整流器の高調波フィルタ (L_f , C_f) の入出力電流特性は、図 2 に示すように共振周波数 f_c 付近でゲインが増大する。そのため、入力電流の振幅指令値急変時は瞬時値指令値に共振周波数付近の高調波成分が含まれ、入力電流は共振する。そこで本提案抑制法では、同フィルタ共振周波数付近の周波数成分

図 2 LCフィルタの周波数特性
Fig. 2. Frequency characteristic of LC filter.

図 3 BRFの周波数特性
Fig. 3. Frequency characteristic of BRF.

を入力電流瞬時値指令値から、図3にその周波数特性を示すBRFにより濾波し、過渡振動を抑制する。

3.2> 制御・変調器ブロック図 図4に本提案制御・変調器のブロック図を示す。本制御・変調器は、入力電流振幅指令値 I_S^* を乗算し、電源電圧と同相の正弦波を得るための同期発振器 (OSC)、共振周波数付近の周波数を濾波し、過渡振動を抑制する帯域除去フィルタ (BRF)、入力電流指令値 i_S^* をブリッジ電流指令値 i_B^* に変換する絶対値回路 (ABS)、同指令値 i_B^* に変調周期 T_{SW} を乗ずることで入力電流のパルス面積指令値 σ_B^* に変換する増幅器、変調周期毎に出力をリセットしながら、直流インダクタ電流 i_L を積分してキャリア信号 v_{CAR} を発生するリセット積分器 (Resettable-Integrator) 及びキャリア信号と指令値を比較しスイッチ SW_S のゲート信号 v_{GS} を発生する比較器 (Comp.) より構成される。

4. 実験結果

第3章で提案した過渡振動抑制法の妥当性を確認するた

図4 制御・変調器ブロック図
Fig. 4. Block diagram of controller/modulator.

図5 実験波形
Fig. 5. Experimental waveforms.

め、図1に示す主回路と図4に示す制御・変調器を用いて実験を行ったときの入力電流 i_s の波形を図5に示す。このとき、電源電圧 V_S は 100[V_{RMS}]とし、入力電流振幅指令値 I_S^* を電源電圧の 90[deg]付近で 5[A_{RMS}]から 10[A_{RMS}]に変更させて本整流器の運転を行っている。尚、図5(a)は BRF を挿入しない場合、同図(b)は本提案制御を適用した場合である。図5の入力電流波形より、BRF を挿入することで、電流振幅指令値急変後の過渡振動が十分に抑制されていることが確認できる。

5. まとめ

本稿では、単相降圧形高力率整流器に於ける電流指令値変更時に伴う入力電流の過渡振動抑制法として、制御・変調器内に帯域除去フィルタを挿入する方法を提案した。本提案抑制法は非常に制御方法が簡単でありながらも、過渡振動を十分に抑制できることが実験により確認できた。

(平成 10 年 7 月 3 日受付, 平成 10 年 10 月 19 日再受付)

文献

- (1) 佐藤, 片岡: 「電流形 PWM 整流回路における入力電流ひずみと過渡振動に関する一考察」, 電学論 D, Vol.114, No.12, pp.1249-1256 (1994)
- (2) 外山, 水野, 竹下, 松井: 「電流形三相 PWM コンバータにおける入力電圧・電流の過渡振動抑制」, 電学論 D, Vol.117, No.4, pp.420-426 (1997)
- (3) 清水, 茂木, 前田: 「乗算器を用いない入力電流指令値発生法」, H9 電学大全, No.847, Vol.4, pp.105-106

茂木 進一

(学生員) 1971年7月29日生。1994年東京電機大学理工学部応用電子工学科卒業。1996年同大学大学院理工学研究科応用電子工学専攻修士課程修了。同年同大学院理工学研究科応用システム工学専攻博士課程後期入学、現在に至る。高調波低減形整流器に関する研究に従事。電子情報通信学会、パワーエレクトロニクス研究会会員。

井上 雅文

(学生員) 1974年6月21日生。1998年東京電機大学理工学部応用電子工学科卒業。同年同大学大学院理工学研究科応用電子工学専攻修士課程入学、現在に至る。高調波低減形整流器に関する研究に従事。

前田 明志

(正員) 1935年8月2日生。1965年東京電機大学大学院理工学研究科博士課程修了。工学博士。同大学工学部電気工学科講師、助教授を経て1975年教授。1977年同大学理工学部経営工学科教授。1986年理工学部応用電子工学科教授となり、現在に至る。パワーエレクトロニクスに関する研究・教育に従事。IEEE (Senior Member), パワーエレクトロニクス研究会会員。