乗算器を用いない入力電流指令値発生法

正員 茂木 進一 (東京電機大学)

学生員 清水 一彦 (東京電機大学)

正員 前田 明志 (東京電機大学)

A Novel Generating Process of Input Current Reference without Multiplier

Shin-ichi Motegi, Member, Kazuhiko Shimizu, Student Member and Akeshi Maeda, Member
(Tokyo Denki University)

キーワード：乗算器, 入力電流指令値, 高力率整流器

1. まえがき

一般に、高力率整流器は入力電流の正弦波化と出力電圧の定電圧化の為にその制御・変調器内で、電源電圧と同相の正弦波と入力電流の振幅指令値を乗算して入力電流の瞬時値指令値を演算している。この場合、電源電圧と同相の基準正弦波を発生する発振器や乗算器が必要で制御・変調器が複雑になりがちである。これに対し、基準正弦波を省略する方法⁽¹⁾や、乗算器を用いない高力率整流器⁽²⁾が提案されている。しかし、これらの提案は適用できる整流器が昇圧形に限定される等の難点がある。そこで筆者らは、正弦波の入力電流指令値を持つ各種高力率整流器に適用可能な、乗算器を用いない入力電流指令値発生法を提案する。

2. 構成と原理⁽³⁾

図1に従来から用いられている乗算器を使用した入力電流指令値発生法を示す。この方法では、出力電圧の定電圧化の為に誤差増幅器(PI)により大きさが調整された入力電流の実効値指令値 I_S^* と、基準信号発生器から得られた電源電圧と同相の基準正弦波 $\sqrt{2}\sin(\omega t)$ を乗算し、入力電流の瞬時値指令値 i_S^* を得ている。この場合、基準正弦波を発生する発振器と乗算器が必須となる。

次に、今回提案する乗算器を用いない入力電流指令値発生法を図2(a)に示す。同発生器は図2(a)に示す様に、極性切り替え増幅器(+1/-1)、電源電圧の極性を判断する比較器(Comp.)、通過周波数を電源周波数とした帯域フィルタ(BPF)及び同フィルタ出力の振幅を調整する増幅器から構成され、乗算器及び基準信号発生器を必要としない。以下では、図2(b)に示すモデル波形を用いて提案指令値発生器の動作を紹介する。

まず、出力電圧の定電圧化の為に大きさが調整された入力電流の実効値指令値 I_S^* が、電源電圧 v_S の極性に従って(+1)倍又は(-1)倍され、振幅が I_S^* の方形波 i_{SQ}^* となる。この方形波 i_{SQ}^* から帯域フィルタ(BPF)により電源周波

数成分のみを濾波する。この時、方形波 i_{SQ}^* の電源周波数成分(基本波成分)の実効値は $4/(\sqrt{2} \cdot \pi) \times I_S^*$ であるから、帯域フィルタ(BPF)の出力を $(\sqrt{2} \cdot \pi)/4$ 倍して実効値が I_S^* の入力電流の瞬時値指令値 i_S^* を得る。以上が、提案する乗算器を用いない入力電流指令値の発生法である。

3. 実験結果

<3・1> 提案指令値発生法の評価 高力率整流器への適用の前に、提案入力電流指令値発生法とその直線性を評価した。入力電流の瞬時値指令値 i_S^* は図3(a)に示す様に、

図1 従来の入力電流指令値発生器のブロック図
Fig. 1. A conventional generating process.

(a) ブロック図

(b) モデル波形

図2 乗算器を用いない入力電流指令値発生法
Fig. 2. A proposed generating process.

入力電流の実効値指令値 I_S^* が電源電圧 v_S の極性に従って、(+1) 倍又は(-1) 倍された方形波信号 i_{SQ}^* から、電源周波数成分(基本波成分)のみを濾波した波形となっている。また図 3(b)より、入力電流の瞬時値指令値の実効値 $(i_S^*)_{RMS}$ は入力電流の実効値指令値 I_S^* と一致し、同指令値発生器が原理通りに動作している事がわかる。このとき同発生器から得られた入力電流の瞬時値指令値 i_S^* の総合歪み率は全動作領域で 0.3[%]以下と良好な結果であった。

＜3・2＞ 高力率整流器への適用 提案入力電流指令値発生法を、図 4 に示す単相降圧形整流器に適用して実験を行った。入力電流の変調にはパルス面積変調⁽⁴⁾を用いた。この時の主回路の定数及び定格と、主要な測定結果をそれぞれ表 1、表 2 に、各部実験波形を図 5 に示す。

入力電流 i_S は図 5 に示す様に電源電圧 v_S と同相の正弦波を描いていることから、提案指令値発生法を適用した単相降圧形高力率整流器が原理通りに動作し、入力電流の低歪み率運転が実現されていることがわかる。尚、この時の入力電流 i_S の総合歪み率 $THDi$ は 0.68[%] (1[kHz]以内で測定)、総合入力力率 TPF は 99.6[%] (20[kHz]以内で測定)と良好な値が得られている。

尚、紙面の都合上過渡状態の検討については割愛しているが、特に支障がないことを文献(3)において確認している。

4. むすび

乗算器を用いない入力電流指令値発生法を提案し、一連の実験結果により基本的機能を検証した。本提案入力電流指令値発生法は、正弦波の入力電流指令値を持つ各種高力

図3 提案入力電流指令値発生法の評価
Fig. 3. Estimation of the proposed generating process.

図4 提案単相降圧形高力率整流器
Fig. 4. A proposed single-phase buck PFC converter.

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 $D_1 \sim D_4$	600[V], 50[A]
高調波フィルタ $\{L_F, C_F\}$	$\{0.9 [mH], 9.4 [\mu F]\}$	自励スイッチ SW_S	IGBT 600[V], 50[A]
直流キャパシタ C_O	2,200[μF]	高速ダイオード D_F	FRD 600[V], 50[A]
		変調(キャリア)周波数 f_{CAR}	10[kHz]

表2 主要測定結果
Table 2. Measurement data.

電源電圧実効値 V_S	100.2[V _{RMS}]
入力電流実効値 I_S	13.5[A _{RMS}]
入力電力 P_S	1.35[kW]
総合入力力率 TPF	99.6[%]*
総合歪み率 $THDi$	0.68[%]**
出力電圧 V_O	40.2[V _{AVG}]
出力電流 I_O	27.9[A _{AVG}]
出力電力 P_O	1.13[kW]
変換効率 η	84.2[%]

*: 20[kHz]まで測定, **: 1[kHz]まで測定

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

率整流器に適用可能であり、高速な応答は期待できないものの制御・変調器の簡略化が可能である。

(平成10年6月26日受付, 平成10年11月27日再受付)

文 献

- (1) 能登原保夫・二見基生・田原和雄・遠藤常博・山下孝二郎:「基準波形を省略した単相正弦波入力形コンバータ」, 電学論D, Vol.114, No.6, pp.654-661 (1994)
- (2) 長尾道彦・中小原隆:「乗算器を用いない高力率昇圧形 AC-DC コンバータの基本特性」, SPC-96-25, pp.97-102
- (3) 清水一彦・茂木進一・前田明志:「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
- (4) 茂木進一・前田明志:「出力電圧脈動を低減した単相昇降圧形高力率整流器」, 電学論D, Vol.117, No.7, pp.846-855 (1997)

茂木 進一

(正員) 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。1999年3月同大学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満期退学。同年4月同大学理工学部電子情報工学科助手、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。

清水 一彦

(正員) 1973年10月29日生。1997年3月東京電機大学理工学部応用電子工学科卒業。同年4月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。1999年3月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4月サンケン電気株式会社に入社、現在に至る。

前田 明志

(正員) 1935年8月2日生。1965年東京電機大学大学院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年理工学部電子情報工学科(旧応用電子工学科)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。