Cuk コンバータを用いた単相昇降圧電流形整流器の一構成

正員 伊藤 良三 (福岡大)

正員 石坂 耕一 (福岡大)

准員 徳田 和弘 (福岡大)

A Single-Phase Step-Up/Down Current-Source Rectifier Configuration Using Cuk Converter

Ryozo Itoh, Member, Kouichi Ishizaka, Member, Kazuhiro Tokuda, Associate (Fukuoka University)

キーワード：電流形単相整流器，Cuk コンバータ，昇降圧，正弦波電流，共振現象

再生動作を必要としないときの単相パルス幅変調電流形整流器の基本回路は、図1のように1個のスイッチ S を用いて実現できる⁽¹⁾。この整流器の目的は、デューティファクタ δ を時々刻々調整して直流電流を高周波でチョッピングし、電源電流を高力率で正弦波化することである。そのとき、出力電圧は全波整流電圧より低くなり、電源電圧が可変でない限り大幅な出力の制御は不可能である。また、キャパシタが電源側インダクタと常に接続された状態にあるため、 v - L_1 - C の回路で共振を生じやすい。本報告は、上記のような従来の欠点を解決するための単相電流形整流器の一構成を提案したものであり、併せて実験による検証結果を報告する。

図2に提案する整流器回路構成を示す。本構成は、ダイオードブリッジと電流出力形 Cuk コンバータ⁽²⁾ が縦続接続されたものと考えることができ、 L_2 が十分大きく i_2 が連続して流れるものと仮定して、以下に基本的な動作を説明する。 S がオンのとき i_1 は v - L_1 - S の回路で増加し、 C の電荷は S を介して放電しながら負荷にパワーを供給する。一方、 S がオフのとき i_1 は v - L_1 - C - D の回路で C を充電して減少し、 i_2 は L_2 - D - R_2 を通って環流する。この動作からわかるように、 L_1 と C からなる共振回路は S がオフのときだけ形成されるので、 S のスイッチング周波数を共振周波数 $1/(2\pi\sqrt{L_1C})$ より十分高くすれば共振の持続を防ぐことができる。本報告では、 S のスイッチング法として i_1 が基準正弦波電流の上下 $H/2$ の誤差範囲内に収まるように S をオンオフさせるヒステリシス制御を採用した。また、回路定数を $L_1=1.8$ mH

図1 基本単相降圧整流器

Fig. 1. Basic single-phase step-down rectifier.

図2 単相昇降圧整流器

Fig. 2. Single-phase step-up/down rectifier.

($R_1=0.28 \Omega$), $C=20 \mu\text{F}$, $L_2=98 \text{ mH}$, $R_2=37.5 \Omega$ とし、動作条件を v の実効値 $V=50 \text{ V}$ 、電源周波数 $f=60 \text{ Hz}$ 、ヒステリシス幅 $H=0.5 \text{ A}$ に設定した。なお、スイッチ S として、高周波スイッチング動作が可能ないようにパワー MOSFET を用いた。

いま、出力電圧の基準値 E_{base} をダイオードブリッ

図 3 実測波形

Fig. 3. Experimental waveforms.

図 4 昇圧比に対する特性

Fig. 4. Characteristics for step-up ratio.

ジの無負荷平均出力電圧 $2\sqrt{2}V/\pi$ とし、昇圧比 λ を
 $\lambda = R_2 I_2 / E_{\text{base}} \dots \dots \dots (1)$
 と定義する。ただし、 I_2 は i_2 の平均値であり、 $\lambda < 1$
 のとき降圧動作、 $\lambda > 1$ のとき昇圧動作となる。図 3
 に、 $\lambda = 1$ としたときの実測電圧、電流波形を示す。
 同図より、電源電流はほぼ力率 1 で正弦波状に制御さ
 れている。実際に FFT アナライザによる周波数分析
 の結果からも、波形ひずみの原因となる低次高調波は
 存在しないことがわかる。図 4 は、昇圧比を変えたとき
 の定常特性であり I_1 は i_1 の実効値、 E 、 e_m はコン
 デンサ電圧 e のそれぞれ平均値と最大値である。 e の
 脈動は C 、 R_2 が小さく、 λ が大きいほど大きくなり、
 図 4 では λ が概略 1.6 以上で e に零電圧期間が現れ

不連続となるが、同図からわかるように、これに伴う
 急激な特性変化はない。なお、試作装置の e_m は $\lambda = 2$
 のとき E の約 1.7 倍となり、 C が小さいほどこの傾
 向が顕著になるので、使用コンデンサの選定に際して
 は e_m の大きさに注意しなければならない。

以上、昇降圧動作が可能で共振を防止した単相電流
 形整流器の一回路構成を提案し、昇圧比を変えた実験
 による検証から、その妥当性を示した。今後、出力電
 流を制御する観点から、エネルギー移送用コンデンサ
 による位相遅れの影響および負荷変動などに対する制
 御性能を考慮したフィードバック制御法を検討する所
 存である。 (平成 4 年 8 月 12 日に受付)

文 献

- (1) 数野：「複合 PWM 方式を用いた高力率正弦波入力三相制
御整流装置」, 平 3 電気学会大会, No. 483
- (2) D. M. Mitchell: DC-DC Switching Regulator Analysis
(1988) McGraw-Hill Book Company

伊 藤 良 三 (正員)

昭和 22 年 10 月 9 日生。50 年 3 月九
 州大学大学院工学研究科電気工学専攻博
 士課程修了。同年 4 月福岡大学工学部講
 師, 54 年 4 月同助教授, 63 年 4 月同教
 授, 現在に至る。工学博士。パワーエレクトロニクスに関
 する研究に従事。

石 坂 耕 一 (正員)

昭和 28 年 11 月 13 日生。51 年 3 月福
 岡大学工学部電気工学科卒業。同年 4 月
 同大学工学部教育技術職員, 現在に至
 る。パワーエレクトロニクスに関する研
 究に従事。

徳 田 和 弘 (准員)

昭和 44 年 6 月 3 日生。平成 4 年 3 月
 福岡大学工学部電子工学科卒業。同年 4
 月同大学大学院工学研究科電子工学専攻
 修士課程入学, 現在に至る。電流形正弦
 波整流器に関する研究に従事。