非線形キャパシタンス回路を用いた 高力率ダイオード整流回路

正 員 高 橋 勲 (長岡技科大)
学生員 佐 藤 俊 彰 (長岡技科大)

An Improved Power Factor Rectifier Using the Nonlinear Capacitance Circuit
Isao Takahashi, Member, Toshiaki Sato, Student Member (Nagaoka University of Technology)

キーワード：非線形キャパシタンス，ダイオード整流回路，力率改善

1. まえがき

コンデンサ入力型の整流回路は簡単かつ安価な回路であるが，最近ではその電源側に流れる高調波電流が問題となっている。整流回路の入力電流波形を改善する方法としては，スイッチング素子を用いたPWMコンバータなどが数多く発表されているが，それらは制御回路を必要とするために複雑・高価となり，かつ信頼性に欠ける。

そこで，ダイオードとコンデンサのみで構成する非線形キャパシタンス回路を提案し，整流回路の入力電流波形を改善する方法について述べる⁽¹⁾。

2. 回路構成とその動作

図1に提案する非線形キャパシタンス回路を示す。この回路は，電流 i が(a)図の向きに流れる場合は D_2 が導通して C が直列となるのでキャパシタンスは $C/2$ となり， i が(b)図の向きで流れる場合には D_1 、 D_3 が導通してキャパシタンスは $2C$ となる。このとき，回路の両端の電圧はそれぞれ v ， $v/2$ となる。この回路を通常ダイオード整流回路に適用することにより，入力電流波形を改善することができる。

図2に提案する整流回路を示す。簡単のためにリアクトル L は0とし， C_1 と C_2 の値は等しいものとする。かつ，入力電圧 v_s が正の半周期での四つのモードについてのみ動作を説明する。

(1) v_s が正になると D_{22} が導通し， C_2 が直列に充電される。この充電動作は入力電圧が最大になるまで行われるので， C_2 はそれぞれ入力電圧の最大値 V_m の $1/2$ まで充電される。これは，図1において i が正の場合に相当する。

(2) さきに述べた充電動作のために C_1 は $V_m/2$

図 1 非線形キャパシタンス回路
Fig. 1. A nonlinear capacitance circuit.

図 2 非線形キャパシタンス回路を用いた
ダイオード整流回路
Fig. 2. A rectifier using nonlinear
capacitance circuits.

図 3 入力電流波形 (半周期)
Fig. 3. Waveforms of the input current.

図 4 入力電流波形 (実験値)
Fig. 4. Experimental waveforms of the input current.

に充電されているので、 $v_s + v_1 > v_d$ となった時点で D_{11} と D_{13} が導通し、直流側に電流が供給される。電流が流れることにより C_1 に蓄えられていた電荷は徐々に放出され、電圧 v_1 は減少する。これは、図 1 において i が負の場合に相当する。

(3) $v_1 = 0$ となった時点で $v_s > v_d$ であれば、回路は全波整流回路と同様の動作を行う。

(4) 直流側に電流が供給されない場合、すなわち (1) のみの動作を行っている場合、あるいは (2)、(3) の条件を満たさなくなった場合には、 C_d に蓄えられた電荷のみによって負荷に電流が流れる。

回路動作を別々にみると以上ようになるが、実際には (1) と (4)、(1) と (2)、(1) と (3) の動作を同時に行う場合もある。電流波形の一例を図 3 (a) に示す。また、 L が存在する場合には、(b) 図のような滑らかな波形になる。

3. 実験結果

図 4 に、 L が 0 および 6.6 mH、入力電圧は 100 V、50 Hz、 $C_d = 4,400 \mu\text{F}$ 、 $C_1 = C_2 = 157 \mu\text{F}$ 、 $I_d = 10 \text{ A}$ の時の入力電流波形を示す。また、図 5 は $L = 6.6 \text{ mH}$ の場合の負荷特性である。

この条件では最大力率は 98% 程度が得られている。また、無負荷時の出力電圧は入力電圧の最大値の 1.5 倍となる。

図 5 負荷特性および高調波特性
Fig. 5. Load characteristics and harmonics.

4. むすび

非線形キャパシタンス回路の一つの応用例としてコンデンサ入力型整流回路に適用し、従来の回路よりも良好な入力電流波形と高い力率を得られることを示した。この回路は、近いうちに実施されるであろう高調波規制にも十分に対処できると考える。

(平成 4 年 11 月 13 日受付)

文 献

- (1) 佐藤・高橋：「ダイオードを用いた非線形インピーダンス回路—単相整流回路の入力電流波形改善への応用」，平 4 電気学会産業応用大会，99

高橋 勲 (正員)

昭和 17 年 3 月 10 日生。46 年 3 月東京工業大学大学院研究科博士課程修了。53 年 4 月長岡技術科学大学工学部助教授，現在，同教授。主として，電力システム，エネルギー貯蔵システム，サーボシステムの研究に従事。IEEE 会員。

佐藤 俊 彰 (学生員)

昭和 45 年 3 月 6 日生。平成 4 年 3 月長岡技術科学大学電気・電子システム工学課程卒業。同年 4 月同大学工学研究科修士課程入学，現在に至る。