

# 커패시터 충전 전류를 이용한 PFC 제어 방법

이승현, 이치환  
위덕대학교 전자공학과

## PFC control method using the charging current of the capacitor

Seung Heyon Lee, Chi Hwan Lee  
Dep. of Electronic eng. Uiduk University

### ABSTRACT

This paper is proposed the PFC control method of boost converter using a charging current of the capacitor. Around AC voltage peak point, PFC operation is stopped and the charging current of the capacitor is flowed. The charging current of the capacitor and the switching current makes the AC input current. The 150[W] converter was confirmed high PF and low THD.

### 1. 서 론

저전력 전원 장치에서 일반적으로 사용되는 커패시터 입력형 정류회로는 구성이 간단하고, 비용이 저렴한 장점을 가진다. 출력 커패시터에서 안정된 전압을 공급하지만, 입력 전류는 정류기의 짧은 전도 구간 동안 펄스성 피크 전류가 흐른다. 따라서 입력 전류의 높은 고조파 전류 왜곡은 같은 전력망에 연결된 다른 전자 기기들 사이에 문제를 일으키고, 저역률은 전력망에서 사용할 수 있는 유효 전력을 줄인다.

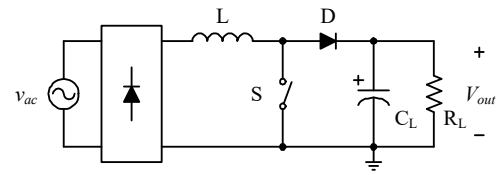
교류 직류 전력 변환 장치에서 역률 보상(PFC) 컨버터의 적용이 보편화되어 가고 있다. 이러한 컨버터들은 제어가 복잡하고, 구성 부품의 수가 증가하여 스위칭 작동에 의해 효율이 감소한다.<sup>[1,2]</sup> IEC 61000 3 2와 같이 국제 규제 법규를 만족시키기 위해 입력 전류의 고조파 저감에 대한 중요성은 강조된다.

본 논문에서는 커패시터 충전 전류를 이용한 PFC 부스트 컨버터의 제어 방법을 제안하여, 스위칭 손실을 줄여 효율을 향상하고, 고역률을 달성한다.

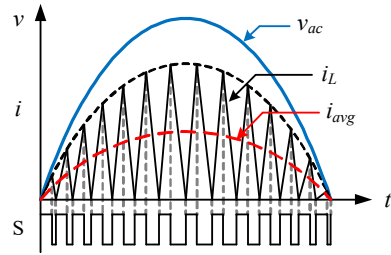
### 2. PFC 제어

#### 2.1 부스트 컨버터

역률 개선에 많이 적용되는 변환 장치는 그림 1(a)의 부스트 컨버터이다. 비절연형으로 부품 수가 적어서 구성이 간단하다. 승압형 컨버터로 입력 전압보다 출력 전압이 항상 크다. 스위치 S에서 스위칭 손실이 발생하기 때문에, 스위칭 주파수가 증가할수록 스위칭 손실이 증가하는 단점이 있다.<sup>[3]</sup> 그림 1(b)에서 스위칭 전류가 경계 전도 모드로 작동하면 입력 전압에 따라 스위칭 주파수가 변하는 특징이 있다. 스위치가 영전류에서 켜지므로 스위칭 손실을 감소시킬 수 있다.



(a) 기본 회로



(b) 작동 파형

그림 1 부스트 컨버터  
Fig. 1 Boost converter

#### 2.2 일반적인 제어 방법

PFC 부스트 컨버터는 그림 2처럼 이중 제어루프로 구성된다. 입력 전류가 입력 전압 파형에 추종하는 전류 제어루프와 기준 전압과 출력 전압을 비교하여 원하는 출력 전압을 얻기 위해 승압시키는 전압 제어루프이다. 전류 제어루프의 제어 기법에는 최대 전류모드 제어와 평균 전류모드 제어, 가변 히스테리시스 제어를 적용할 수 있고, 전압 제어루프의 제어 기법은 비례 적분 제어를 적용한다.

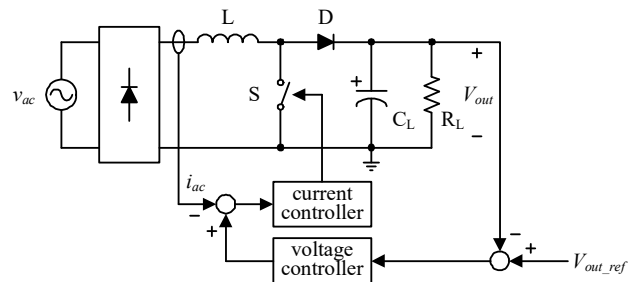


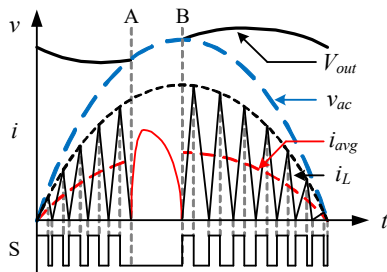
그림 2 PFC 부스트 컨버터의 일반적인 제어  
Fig. 2 Normal control of PFC boost converter

### 2.3 제안한 제어 방법

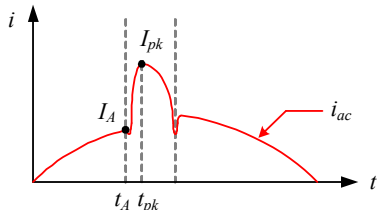
제안한 제어는 그림 3(a)처럼 입력 전압  $v_{ac}$ 가 출력 전압  $V_{out}$ 보다 큰 A 지점에서 스위치 S의 PWM 신호를 멈추고, 입력 최대 전압 B 지점에서 PWM 신호를 다시 발생시킨다. A B 구간은 스위치 S는 off 상태로, 인덕터와 다이오드를 통해 출력측으로 커패시터 충전 전류가 흐른다.

그림 3(b)에서 충전 전류는 스위칭 전류와 더하여 입력 전류  $i_{ac}$ 를 형성시키고, 입력 전압의 파형을 추종한다. 입력 전압  $v_{ac}$ 의 최대점 부근에서 높은 스위칭 전류로 인해 손실이 가장 많이 발생하기 때문에, A B 구간에서 손실을 줄일 수 있다.

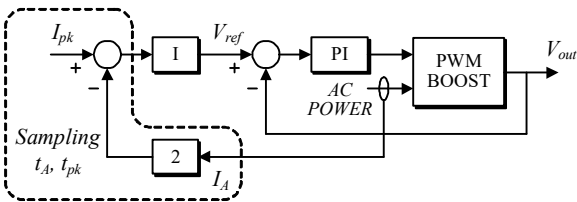
그림 3(c)는 제안한 PFC 제어기로, 입력 전압  $v_{ac}$ 가 출력 전압  $V_{out}$ 보다 클 때, A B 구간에서 충전 전류를 이용한다. 따라서 기준 전압  $V_{ref}$ 는 입력 전압  $v_{ac}$ 보다 클 수 없다. 입력 전압이 출력 전압보다 큰  $t_A$  지점의 전류  $I_A$ 와 입력 최대 전압  $t_{pk}$  지점의 전류  $I_{pk}$ 를 이용하여 입력 전류  $i_{ac}$ 가 입력 전압  $v_{ac}$ 의 파형을 추종할 수 있도록 설계한다.



(a) 작동 파형



(b) 입력 전류



(c) 제어기

그림 3 제안한 PFC 제어 방법

Fig. 3 Proposed PFC control method

### 2.4 실험 결과

제안한 방법으로 디지털 제어 PFC 컨버터를 설계하였고, 설계 사양은 표 1에 나타내었다. 출력 전력 150[W]를 기준으로 하여, 일반 PFC 컨버터와 제안한 PFC 컨버터를 비교 측정하여 표 2에 나타내었다.

표 1 설계 사양

Table 1 Specifications of design

| 파라미터  | 설정값       |
|-------|-----------|
| 입력 전압 | 220 [Vac] |
| 출력 전력 | 150 [W]   |
| 출력 전압 | 300 [Vdc] |

표 2 비교 측정

Table 2 Comparison of measured

| 부스트 | 전력[W] | 역률(PF) | 효율[%] |
|-----|-------|--------|-------|
| 일반  | 159   | 0.99   | 94    |
| 제안  | 155   | 0.95   | 97    |

측정한 결과, 약 20[%]의 전류 THD를 확인하였다. 그림 4는 측정된 AC 입력의 전압  $v_{ac}$ 과 전류  $i_{ac}$ 파형을 나타낸다.

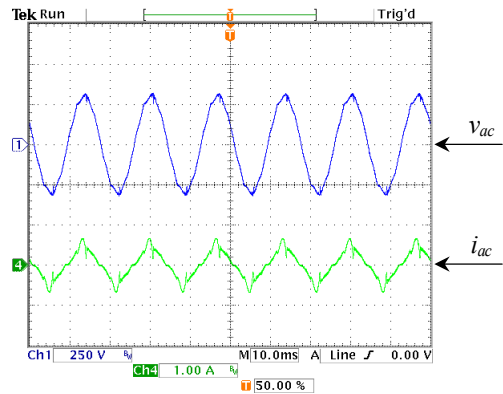


그림 4 측정된 AC 입력 파형

Fig. 4 Measured AC input waveforms

## 3. 결론

본 논문은 커패시터 충전 전류를 이용한 PFC 부스트 컨버터의 제어 방법을 제안하였고, 입력 전압의 최대점 부근에서 PWM 신호를 차단하여 고효율 PFC를 달성하였다. 기존의 컨버터에서 제어 방법만 개선하였기 때문에, 부품이 추가되지 않는다. 150[W] 디지털 제어 컨버터를 설계하였다. IEC 61000 3 2의 고조파 전류 제한에 만족하였고, 높은 역률을 달성하였다.

## 참고 문헌

- [1] L. Rossetto, G. Spiazzi, P. Tenti, "Control techniques for power factor correction converters", *proc. PEMC '94*, pp. 1310 1318, 1994.
- [2] J.C. Le Bunetel, M. Machmoum, "Control of boost unity power factor correction systems", *proc. of the IEEE 25th annual conf. of the IECON '99*, vol. 1, pp. 266 271, 1999
- [3] Z.J. Shen, Yali Xiong, Xu Cheng, Yue Fu and P. Kumar, "Power MOSFET Switching Loss Analysis: A New Insight", *proc. IEEE conf. Industry Applications conf.*, vol. 3, pp. 1438 1442, Oct. 2006.