

# 새로운 무손실 스너버 커패시터를 이용한 고효율 스텝 업 AC-DC 초퍼에 관한 연구

†곽동걸, 김상훈

강원대학교

e-mail : †*dkkwak@kangwon.ac.kr*

## A Study on Novel Step-Up AC-DC Chopper of High Efficiency by using Lossless Snubber Capacitor

†Dong-Kurl Kwak, Sang-Hoon Kim

Kangwon National University

e-mail : †*dkkwak@kangwon.ac.kr*

### Abstract

In this paper, authors propose a novel step-up AC-DC chopper operated with power factor correction (PFC) and with high efficiency. The proposed chopper behaves with discontinuous current control (DCC) of input current. The input current waveform in the proposed chopper is got to be a discontinuous sinusoid form in proportion to magnitude of ac input voltage under the constant duty cycle switching. Therefore, the input power factor is nearly unity and the control method is simple. In the general DCC chopper, the switching devices are turned-on with the zero current switching, but turn-off of the switching devices is switched at current maximum value. To achieve a soft switching of the switching turn-off, the proposed chopper is used a new partial resonant circuit. The result is that the switching loss is very low and the efficiency of chopper is high.

### I. 서론

최근 AC-DC 전력변환장치들의 정류회로부에 대한 역률개선, 고조파 제어 등의 입력전류 파형개선에 관한 연구들이 활발히 진행 중이다. 특히 입력단 정류회로에 스텝-업 초퍼를 접속하여 입력전류를 정현파 형태로 만드는 역률개선용(PFC) 초퍼들이 많이 연구된다.<sup>[1]</sup> PFC 초퍼의 제어방식은 입력전류를 연속모드로 제어하는 방식과 불연속모드로 제어방식으로 분류된다. 전류불연속 제어방식(DCC)은 입력전류를 불연속으로 제어하는 방식으로 제어기법과 제어회로가 간단하여 많은 초퍼들에 적용되고 있다.<sup>[2]</sup> 또한 DCC에 의한 입력전류 파형은 스위치의 듀티율 일정제어에 의해 정현파 입력전압의 크기에 비례된 정현파 형태의 불연속전류로 된다. 전류불연속 제어에 의한 컨버터에 있어, 사용된 제어스위치의 턴-온 동

작은 영전류 스위칭으로 되는 이점이 있지만, 스위치의 턴-오프 동작은 전류의 최대치에서 이루어지므로 스위칭 주파수의 증대와 더불어 스위치의 스트레스와 손실이 증대되고 초퍼의 효율을 감소시키게 된다.

본 논문에서는 스위치의 턴-온과 턴-오프를 소프트 스위칭으로 이루는 새로운 고효율 스텝 업 초퍼를 제안한다. 제안한 AC-DC 초퍼는 듀티율 일정제어에 의한 입력전류 불연속모드로 동작되어 제어기법과 제어회로가 간단하고, 소프트 스위칭을 위한 공진회로는 지속적인 공진 동작이 아닌 스위칭 동작에서 부분적인 공진을 가지는 부분공진기법<sup>[2]</sup>이 적용되어 공진소자들의 용량분담과 스트레스를 감소시키는 장점이 주어진다. 또한 공진소자로 이용된 커패시터는 축적된 에너지를 입력측으로 유입시켜 입력전류를 상승시킨다. 이는 기존의 스텝 업 AC-DC 초퍼와 비교하여 불요 고조파 성분이 저감되어 입력역률이 증대되는 특징이 있다.

### II. 제안한 고효율 스텝 업 AC-DC 초퍼

기존의 스텝 업 AC-DC 초퍼에서 나타난 효율감소의 문제점을 해결하고 더욱 높은 역률을 얻을 수 있는 전류 불연속 제어의 새로운 고효율 스텝 업 AC-DC 초퍼를 Fig. 1에 제안한다.

제안한 고효율의 PFC 초퍼의 회로구성은 기존의 하드 스위칭 PFC 초퍼의 입력측과 부하단 사이에 소프트 스위칭(ZCS, ZVS)과 스텝-업을 겸하는 부분공진 회로부를 접속한다. 부분공진 회로부는 제어소자들과 스텝 업(&공진용) 인덕터  $L_r$  그리고 스너버 커패시터  $C_r$ 로 구성된다. 또한 제안한 초퍼는 듀티율 일정 스위칭 제어에 의해 전류불연속 모드로 동작되고 고역률로 동작한다. 또한 스위치의 턴-온, 턴-오프를 소프트 스위칭으로 만들어 변환기의 효율을 증대시킨다.

제안한 고효율의 스텝 업 AC-DC 초퍼의 동작원리를 살펴보면, 먼저 출력 부하측 인덕턴스가 공진용 인덕턴스와 비교하여 충분히 큰 것으로 가정하면, 공진 1주기 동

안 부하를 정전류원  $I_0$ 로 보는 것이 가능하다. Fig. 2는 스위칭 1주기에 대한 동작모드별 등가회로를 나타낸다.

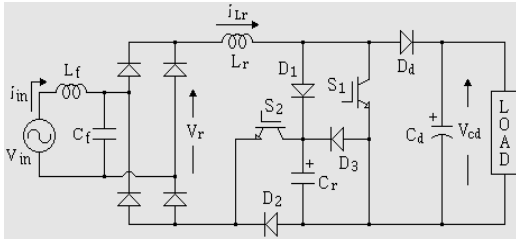


Fig. 1. A proposed step-up AC-DC converter.

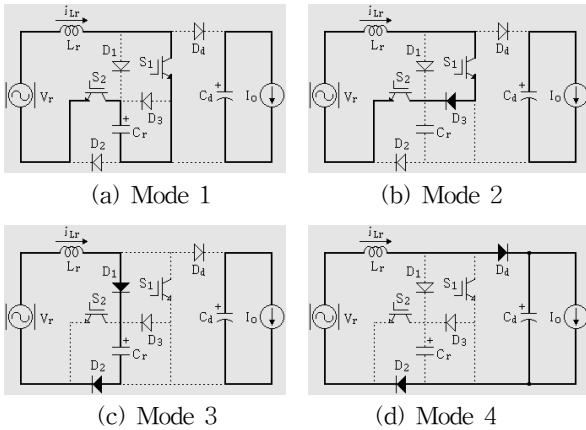


Fig. 2. Equivalent circuits in one cycle switching.

공진회로부의 초기조건으로 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 는 오프이며, 공진용 커패시터  $C_r$ 에는 출력 커패시터  $C_d$ 의 전압  $V_{cd}$ 로 충전되어 있다. 교류 입력전압  $v_{in}$ 과 전과정류기의 출력전압  $v_r$ 은 다음 식으로 놓는다.

$$v_{in} = V_m \sin \omega_s t \quad (1)$$

$$v_r = |v_{in}| = |V_m \sin \omega_s t| \quad (2)$$

**Mode 1 :  $T_1, t_0 < t \leq t_1$**

시각  $t_0$ 에서 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 를 동시에 턴-온하면, 회로 경로는  $v_{r+} - L_r - S_1 - C_r - S_2 - v_{r-}$ 의 직렬공진회로가 형성된다. 스위치 턴-온 직전의 인덕터  $L_r$ 에 흐르는 전류  $i_{Lr}$ 는 영이므로  $S_1, S_2$ 는 ZCS로 동작된다. 또한 정류기 출력전압  $v_r$ 와 커패시터  $C_r$ 의 초기전압  $V_{cd}$ 의 합이 인덕터에 인가되고, 커패시터는 방전한다.

**Mode 2 :  $T_2, t_1 < t \leq t_2$**

모드 2는 커패시터 전압이 영으로 되어 다이오드  $D_3$ 이 도통되는 모드이다. 제어스위치들에 의한 단락회로가 형성되어 인덕터 전류는 직선적으로 증가하며 에너지를 축적한다.

**Mode 3 :  $T_3, t_2 < t \leq t_3$**

시각  $t_2$ 에서 스위치  $S_1, S_2$ 를 오프하면, 인덕터 전류는  $D_1 - C_r - D_2$ 를 통하여 흐르며 인덕터  $L_r$ 와 커패시터  $C_r$ 는 다시 직렬공진을 하여  $C_r$ 를 충전시킨다. 커패시터  $C_r$ 와 병렬로 배치된 스위치  $S_1, S_2$ 의 턴-오프 동작은 공진초기

에 커패시터의 전압이 영이므로 ZVS로 동작된다. 이 모드는 커패시터 전압이 출력전압  $V_{cd}$ 로 되면 끝난다.

**Mode 4 :  $T_4, t_3 < t \leq t_4$**

모드 4는 커패시터의 충전이 끝난 후 다이오드  $D_d$ 를 통하여 인덕터 전류가 부하측으로 유입되는 모드이다. 이 모드는 인덕터 전류가 영으로 되면 끝난다.

**III. 시뮬레이션 및 실험 결과**

Fig. 3은 기존의 초퍼와 제안한 초퍼에 대한 입력전류 파형과 효율 및 역률 관계를 보인다. 제안한 초퍼가 기존 초퍼의 입력전류 파형보다 제로부근에서 상승된 이유는 공진용 커패시터의 충전전류가 공진동작에 의해 전원측으로 회생되었기 때문이다. 그 결과 제안한 초퍼가 더욱 정현파에 가깝게 되어 기본과성분이 증가되고 고조파성분이 감소된 결과를 얻었다.

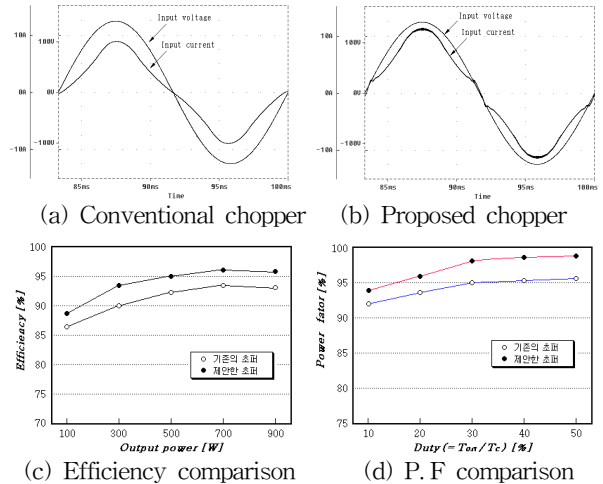


Fig. 3. Simulated and experimental results.

**IV. 결론**

본 논문에서는 기존의 스너버 커패시터를 이용한 새로운 고효율의 스텝 업 AC-DC 초퍼를 제안하여 기존의 스텝-업 초퍼와 비교 검토되었다. 제안한 PFC 초퍼는 부분공진 기법이 적용된 새로운 소프트 스위칭 회로가 설계되었으며, 스위칭 손실의 저감에 따른 기존의 PFC 초퍼와 비교하여 높은 효율과 역률을 가졌다.

- 감사의 글 -

본 연구는 2007년도 강원대학교 캠퍼스간 공동연구비 지원사업으로 수행되었음.

**참고문헌**

[1] B.Feng, D.Xu, "1-kW PFC Converter With Compound Active-Clamping", IEEE Trans. on PE, Vol. 20, No. 2, pp. 324-331, 2005.  
 [2] D.K.Kwak, "A Study on ZVCS DC-DC Chopper by using Partial Resonant Method", Journal of M&P Society, Vol. 15, No. 1, pp. 59-64, 2008.