

# MCP 커패시터의 스위칭 전원장치 출력리플 특성에 관한 연구

가동훈\*, 길용만\*, 안태영\*, 허석\*\*, 이영훈\*\*  
 청주대학교 전자공학과\*, (주)삼화전기\*\*

## A Study on the Output Ripple Characteristics of Switching Power Supply with the MCP(Multi-layer Conductive Polymer) Capacitor

Dong Hoon Ga\*, Young Man Gil\*, Tae Young Ahn\*, Seok Heo\*\*, Young hoon Lee\*\*  
 \*Dept. of Electronic Eng. Cheongju Univ., \*\*Samwha Electric

### ABSTRACT

Buck converter must operate at fairly high switching frequency for miniaturizing a whole circuit and achieving a fast response. However, at the conditions of low output voltage, high output current, and high switching frequency, the influence of parasitic elements to circuit operation will become extremely obvious. In this paper, it has been shown that these parasitic elements of output capacitor link the ripple of the output voltage. The MCP capacitors and aluminum electrolytic capacitors are applied to the buck converter and observed characteristics and the experimental results were reported.

### 1. 서론

적층형 전도성 고분자(MCP) 커패시터는 기존 커패시터의 결점인 ESL의 영향을 해결하기 위하여 기존의 단자 부분을 제거한 커패시터의 전극을 전원라인의 일부로 구성하고 또 이 커패시터 전극 부분을 전송선로 구조로 하여 주파수에 의존하지 않는 일정한 임피던스특성을 가지고 있다. 또한 양극에 알루미늄, 음극에는 전기전도도가 우수한 도전성 고분자를 사용하면서 전송선로구조를 이용하여 넓은 주파수대역에 걸쳐 일정하게 수mΩ 정도로 대단히 낮은 임피던스 특성을 가지고 있다. 따라서 MCP 커패시터는 스위칭 전원장치에서 출력단 평활용 필터로 사용되고 있는 전해커패시터를 대체 할 수 있는 차세대 용량소자이다. 그러나 초저 임피던스의 특징을 유지하면서 부품으로서의 제품장착을 위해서는 커패시터의 정확한 회로 모델링 기술과 적용 기술이 병행되어야 한다. 일반적으로 MCP 커패시터의 임피던스는 사용 주파수 또는 측정 주파수에 의존하기 때문에 사용 환경에 따라 최적동작 조건이 달라지게된다. 본 논문에서는 530kHz, 1.8V, 20A급 강압형 컨버터에 MCP 커패시터 및 알루미늄 전해커패시터를 각각 적용하여 특성을 관측하고 그 결과를 보고하였다.

### 2. BUCK 컨버터의 출력전압 리플특성

그림 1에는 강압형 컨버터의 기본회로가 나타나 있으며 그림 2에는 출력커패시터 부분의 이론 파형이 나타나 있다. 그림 1에서 강압형 컨버터 출력단에는 대용량의 평활용 커패시터를 배치하여 출력전압을 안정화 시키며 스위칭 리플전압을 제거하는 역할을 수행하게 된다. 일반적으로 출력용 커패시터는 용량이 크고 사이즈가 작으며 소자의 수명이 장수명의 특징이 요구되고 있고 대부분 알루미늄 전해커패시터를 사용한다. 알루미늄 전해커패시

터와 같이 대용량의 커패시터는 제조 과정에서 소자의 특성 상 내부 기생저항과 기생 인덕턴스를 포함하게 되며 그림 2에서와 같이 내부 기생소자에 걸리는 전압이 증첩되어 다음의 식과 같이 출력 리플 전압으로 나타나게 된다<sup>[1,2]</sup>.

$$v_o = v_R + v_c + v_L \quad (1)$$

일반적으로 출력전압이 낮은 경우 출력 리플전압이 전원장치의 신뢰성과 안정성에 직접적으로 영향을 미치게 되며 필터의 선택이 중요하게 된다. 그림 1의 출력커패시터의 기생소자 중에서 등가내부저항의 크기에 따라 리플전압이 가장 크게 영향을 받게 되며 전압이 증첩되어 출력리플에 영향을 미치게 된다.

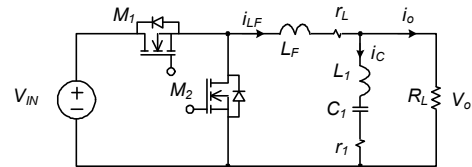


그림 1 Buck 컨버터의 기본회로  
 Fig. 1 Basic circuit of the Buck converter

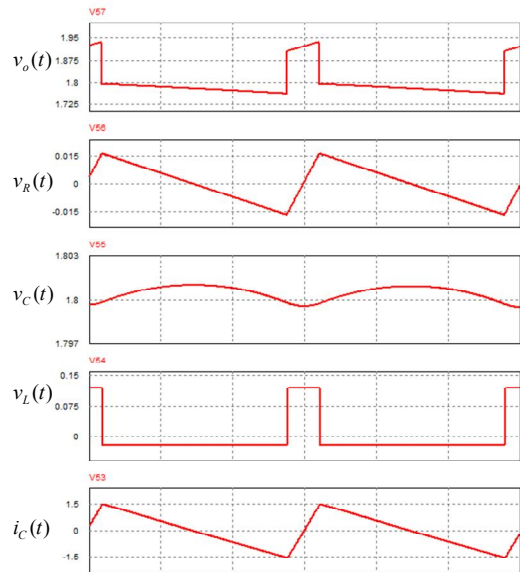


그림 2 Buck 컨버터의 주요 파형  
 Fig. 2 Key waveform of the Buck converter

그림 3에는 본 논문에서 검토하고 있는 MCP 커패시터와 일반적인 알루미늄 전해 커패시터의 임피던스 주파수 특성을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 측정에 사용된 MCP(Multi layer Conductive Polymer) 커패시터는 공진 주파수가 약 36kHz이고 이때 최저 임피던스가 약 11mΩ로 관측되었다. 또한 알루미늄 전해 커패시터는 약 100kHz에서 공진이 나타났으며 임피던스는 약 40mΩ로 관측되었다. 일반적으로 임피던스 주파수 특성에서 최저점은 다음 식과 같이 내부 등가저항만으로 나타날 때 측정되며 내부저항으로 판단하는 기준이 된다.

$$|Z| = \sqrt{\left(wL_1 - \frac{1}{wC_1}\right)^2 + r_1^2} \quad (2)$$

그림에서 1000μF/2V급 MCP 커패시터와 1500μF/6.3V급 알루미늄 전해 커패시터의 내부 저항은 약 4배 정도 차이가 발생한다는 것을 알 수 있었다.

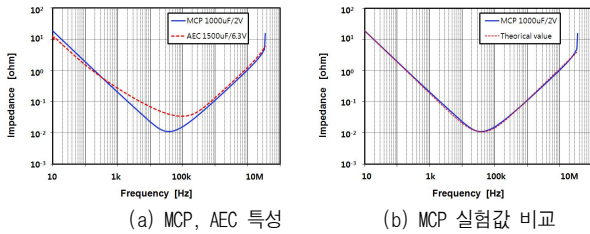


그림 3 커패시터 임피던스의 주파수 특성  
Fig. 3 Frequency characteristics of capacitor impedance

### 3. 실험 결과

앞 절에서 논의한 두 종류 커패시터의 내부등가 저항에 따른 특성을 관찰하기 위하여 시험용 강압형 컨버터를 제작하고 평가용 커패시터에 따른 특성 변화를 관찰 하였다. 시험용 강압형 컨버터는 입력전압이 12V 출력전압이 1.8V, 최대출력전류가 20A, 스위칭 주파수는 330kHz와 530kHz를 선택 할 수 있도록 하였으며 PWM 제어기는 TI사의 TPS40195를 사용하였다. 그림 4에서는 1500μF/6.3V급 알루미늄 전해 커패시터와 1000μF/2V급 MCP 커패시터를 각각 적용하였을 경우 최대부하에서 스위칭 주파수에 따른 출력전압 리플을 관측한 것이다. 실험 과정에서 알루미늄 전해 커패시터에서는 출력리플전압이 최대 300mV로 관측되었고, MCP 커패시터는 약 70mV로 비교적 작았으며, 실험결과로부터 알루미늄 전해 커패시터보다는 MCP 커패시터를 적용하는 것이 출력 리플전압 저감에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

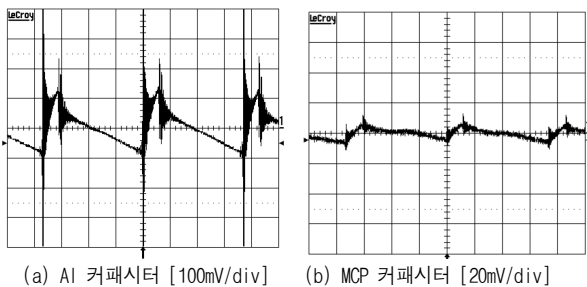


그림 4 커패시터의 리플전압  
Fig. 4 Ripple voltage for the capacitors

그림 5 (a)에는 커패시터에 따른 부하전류와 리플전압을 나타낸 것이다. 그림에서 1500μF/6.3V급 알루미늄 전해 커패시터를 한 개를 사용하였을 때 리플전압이 약 300mV이었고, 두 개를 병렬로 사용하였을 때 리플전압이 약 200mV로 저감되었다. 또한 1000μF/2V급 MCP 커패시터를 사용하였을 경우 출력 리플전압은 최대 70mV에서 비교적 부하전류에 대해 일정하게 안정되고 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 출력전압 리플을 저감시키기 위해서 알루미늄 전해 커패시터보다 MCP 커패시터를 사용하는 것이 훨씬 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 그림 5 (b)에는 강압형 컨버터의 전력변환 효율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 시험용 컨버터의 효율 특성은 부하전류가 약 10A일 때 최대 92%를 나타내었으며, 알루미늄과 MCP 커패시터 모두 측정오차 범위 내에서 동일한 특성을 보였다.

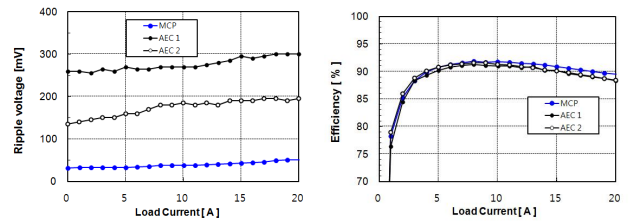


그림 5 Buck 컨버터의 정상상태 특성  
Fig. 5 Steady state characteristics for Buck converter

### 4. 결론

본 논문에서는 적층형 전도성 고분자(MCP) 커패시터를 강압형 컨버터에 적용하는 경우 출력전압의 리플 특성을 관측하고 그 결과를 보고하였다. MCP 커패시터의 특성을 비교하기 위하여 알루미늄 전해커패시터를 비교 대상으로 하였으며 우선 두 소자의 임피던스에 대한 주파수 특성을 관측하였다. 그 결과 MCP 커패시터가 알루미늄 전해커패시터보다 약 4배 정도 작은 내부저항을 나타내고 있다는 것을 알 수 있었다. 두 종류 커패시터의 내부등가 저항에 따른 특성을 관찰하기 위하여 시험용 강압형 컨버터를 제작하고 평가용 커패시터에 따른 특성 변화를 관찰 하였다.

실험결과 알루미늄 전해 커패시터 리플전압은 부하전류와 함께 비례하여 증가하고 있으나 MCP 커패시터는 부하전류에 대해 일정하게 안정되고 있다는 것을 알 수 있었으며, 출력전압 리플을 저감하기 위해서는 MCP 커패시터를 사용하는 것이 훨씬 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 2011년도 한국산업단지공단 지원 받아 수행한 생산기술사업화 지원사업의 현장맞춤형 기술개발 부문 연구 과제입니다.

### 참고 문헌

[1] Prymak, J.D., "Conductive polymer cathodes the latest step in declining ESR in tantalum capacitors", APEC, vol.2, pp 661 667, 2000.  
[2] Jinno, M., Po Yuan Chen, Yu Chun Lai, Harada, K, "Investigation on the ripple voltage and the stability of SR buck converters with high output current and low output voltage", IEEE transactions on industrial electronics, vol. 57, pp 1008 1016, 2010