

# 아답터 소형화를 위한 Active Valley Filler 플라이백 컨버터

서동현, 허태원\*, 최홍균\*, 김희욱\*, 한상규†  
국민대학교 POESLA, 삼성전기\*

## An Active Valley Filler Flyback converter for size reduction of adapter

Dong Hyun Suh, Tae Won Heo\*, Heung Kyun Choi\*, Hugh Kim\*, Sang Kyoo Han†  
Power Electronics System Laboratory, Kookmin University, Samsung Electromechanics\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 아답터의 크기를 소형화하기 위한 Active Valley Filler 플라이백 컨버터를 제안한다. 기존의 아답터에서 입력 전해 캐패시터는 전파 정류된 AC 전압( $90\sim 264V_{RMS}$ )을 평활 시키고, 안정적으로 출력단에 에너지를 공급하기 위해 입력 에너지를 저장하는 수단으로 사용된다. 입력 전해 캐패시터는 마진이 고려되어야 하기 때문에 설계를 통해 구한 용량 및 내압보다 더 큰 값의 캐패시터가 사용되고, 이것은 아답터의 크기 증가로 이어진다. 반면, 제안 방식은 플라이백 컨버터의 입력단에 Active Valley Filler 회로를 적용하여 기존에 사용되었던 큰 크기의 입력 전해 캐패시터보다 작은 크기의 캐패시터를 사용할 수 있으므로 아답터의 소형화가 가능하다. 제안 방식의 타당성을 검증하기 위해 휴대폰 아답터용 10W급 플라이백 컨버터의 시작품을 제작하여 실험하고 그 결과를 제시한다.

### 1. 서론

최근 스마트폰, 태블릿 PC 등 다양한 휴대용 전자기기들의 소형화 추세와 함께 배터리를 충전하기 위한 AC DC 아답터의 소형화에 대한 요구 또한 증가하고 있다. 따라서 이러한 요구를 만족시키기 위하여 아답터의 고전력, 고밀도화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1,2]</sup>

그림 1에 보이는 회로는 비교적 적은 소자수와 간단한 구조 때문에 일반적으로 아답터에 사용되는 기존의 플라이백 컨버터이다.  $C_{bulk}$ 에 해당되는 입력 전해 캐패시터는 브릿지 다이오드를 통해 전파 정류된 AC 전압을 DC 형태의 전압으로 평활 시키고 입력 에너지를 저장하는 역할을 한다. 입력 전해 캐패시터가 크면 클수록 평활 및 에너지 저장 능력은 우수하지

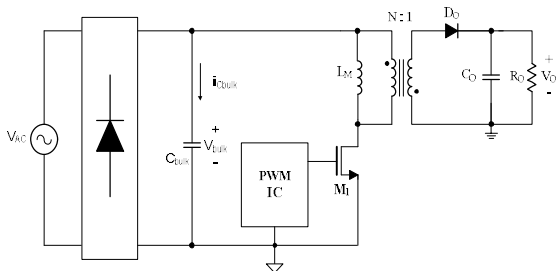


그림 1 아답터에 사용되는 기존 플라이백 컨버터  
Fig. 1 Conventional Flyback converter for adapter

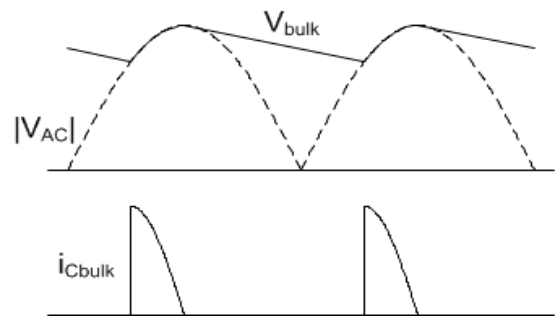


그림 2 입력 전해 캐패시터의 전압 및 전류 파형  
Fig. 2 Voltage and current waveforms of input capacitor

만, 큰 크기 때문에 아답터의 소형화에 불리한 요소로 작용한다. 또한 전 구간( $90\sim 264V_{RMS}$ )의 AC 전압을 충전시키기 위해 큰 내압의 전해 캐패시터를 사용해야 하고 이것은 아답터의 크기 증가로 이어진다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 낮은 정격의 전해 캐패시터를 사용하여 아답터의 크기를 소형화할 수 있는 Active Valley Filler 플라이백 컨버터를 제안한다.

### 2. 본론

#### 2.1 Active Valley Filler 플라이백 컨버터

제안 Active Valley Filler 플라이백 컨버터를 그림 3에 나타내었다. Active Valley Filler는 전파 정류된 AC 입력 전압이 일정 전압보다 높고 낮음에 따라 동작이 결정된다. 입력 전압이 일정 전압보다 높은 구간에서는 Active Valley Filler가 동작하지 않고 전파 정류된 입력 전압 자체로 컨버터를 구동시킨다. 반면 입력 전압이 낮은 구간에서는 Active Valley Filler가 동작하여 컨버터가 정상적으로 구동될 수 있는 최소 입력 전압을 유지시켜준다. 제안 방식은 낮은 입력 전압 유지만을 위한 작은 전해 캐패시터를 사용할 수 있으므로 아답터의 소형화가 가능하다는 장점이 있다.

#### 2.2 동작 원리

제안 Active Valley Filler 플라이백 컨버터는 기존 플라이백 컨버터의 크기가 큰 입력 전해 캐패시터를 작은 크기의 캐패시터와 MOSFET, Comparator로 대체한다. 상기 설명 하였듯,

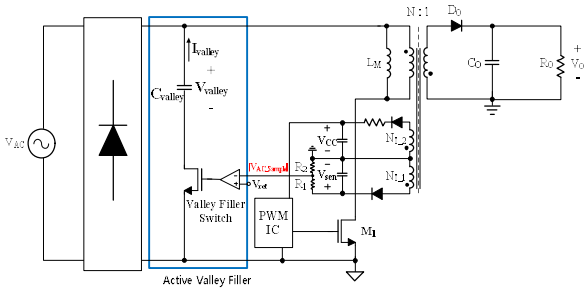


그림 3 제안 Active Valley Filler 플라이백 컨버터  
Fig. 3 Proposed Active Valley Filler Flyback Converter

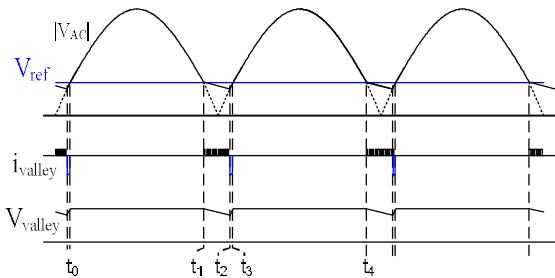


그림 4 Active Valley Filler 회로의 주요 동작 파형  
Fig. 4 Key waveforms of Active Valley Filler

Active Valley Filler는 일정 전압 대비 전파 정류된 AC 입력 전압( $V_{AC}$ )의 크기에 따라 동작이 결정된다. 트랜스포머의 보 조건권을 통해 강압된  $|V_{AC}|$ 를 Comparator를 이용하여 일정 전압과 비교한다. 여기서 일정 전압은 플라이백 컨버터가 정상 동작할 수 있는 최소 전압( $V_{ref}$ )을 의미한다. 그림4에 Active Valley Filler 회로의 주요 동작 파형을 나타내었다.  $|V_{AC}| > V_{ref}$  인 구간 $[t_0 \sim t_1]$ 에서는 Active Valley Filler가 활성화되지 않은 채로 컨버터가 동작한다. 반면  $|V_{AC}| < V_{ref}$  인 구간 $[t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3]$ 에서는 Valley Filler Switch가 턴온 되어 Active Valley Filler가 활성화된다. 먼저  $[t_1 \sim t_2]$  구간동안 Valley Filler Switch와 직렬 연결된 작은 크기의 캐패시터( $C_{Valley}$ )가 방전되면서 컨버터의 정상 동작을 위한 최소 전압을 유지시켜준다.  $[t_2 \sim t_3]$  구간동안은 상승하는  $|V_{AC}|$ 에 의해  $C_{Valley}$ 는  $V_{ref}$ 까지 충전되어 다음 방 전시 컨버터의 정상동작을 위한 전압을 유지한다. Active Valley Filler에 의해 입력 전압이 낮은 구간에서만 전압 유지가 필요하므로  $C_{Valley}$ 의 내압을 작게 사용할 수 있다.  $C_{Valley}$ 의 크기를 최대한 줄이기 위해서 최소 입력 전압, 전부하 조건에서도 컨버터가 정상동작을 할 수 있는 최소 캐패시턴스 값에 대한 설계가 요구된다.  $C_{Valley}$ 의 최소 캐패시턴스는 식(1)에 의해 구할 수 있다.

$$C_{Valley-min} = \frac{2V_o I_o (t_1 + t_2)}{\eta (V_{Valley-t1}^2 - V_{Valley-t2}^2)} \quad (1)$$

### 2.3 실험 결과

제안 Active Valley Filler 방식을 적용한 10W급 플라이백 컨버터를 제작하여 표1의 조건에서 실험을 수행하였고, 그림 5에 주요 실험 결과 파형을 나타내었다. 제안 방식을 적용하여 기존의 10W급 휴대폰용 아답터에 사용되었던 전해 캐패시터 (삼영社 캐패시터 기준)의 크기를  $320\text{mm}^2(8.2\mu\text{F}/400\text{V} \cdot 2\text{ea})$ 에서  $92\text{mm}^2(22\mu\text{F}/100\text{V} \cdot 1\text{ea})$ 로 줄일 수 있었다.

표 1 실험 조건

Table 1 Test Condition

$V_{in}$	220Vac	$V_o$	5V
Turn Ratio	45:3	$I_o$	2A
$L_m$	580uH	$P_o$	10W
$C_{Valley}$	22uF/100V	$V_{ref}$	80V

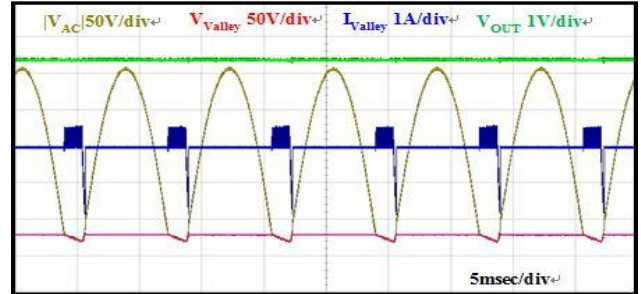


그림 5 Active Valley Filler 플라이백 컨버터의 실험 결과 파형  
Fig. 5 Experimental result waveforms of Active Valley Filler Flyback Converter

### 3. 결론

본 논문에서는 아답터의 크기를 소형화 할 수 있는 Active Valley Filler 플라이백 컨버터를 제안하였다. 제안 방식의 동작 원리를 설명하였고 10W급 플라이백 컨버터를 제작하여 실험 결과를 제시함으로써 제안 방식의 타당성을 검증하였다. 기존 방식은 입력 전해 캐패시터를 사용하여 입력 전압을 평활하고 에너지를 저장하는 방식으로 입력 캐패시터 설계 시 고려되어야 하는 사항들을 만족시키기 위해 크기가 커지는 것이 불가피하다. 그렇기 때문에 기존 방식은 아답터의 소형화가 불가능하다는 단점이 있다. 반면, 제안 방식은 작은 크기의 캐패시터와 MOSFET, Comparator로 구성된 Active Valley Filler 회로를 적용함으로써 아답터에서 큰 부피를 차지하는 기존의 큰 입력 전해 캐패시터를 제거하였다. Active Valley Filler의 구성 요소인 작은 전해 캐패시터를 사용하여 캐패시터의 부피를 기존 대비 71.25%까지 줄였다. 현재 사용되고 있는 MLCC(Multi Layer Ceramic Capacitor)는 캐패시터의 내압에 가까운 전압이 인가되면 캐패시턴스가 감소하는 문제점이 있다. 향후 위의 문제점이 개선된 MLCC가 개발되어 본 논문에서 제안한 방식에 적용한다면 더 큰 크기 감소 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 ICT연구센터육성 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(NIPA 2014 H0301 14 1005)

### 참고 문헌

- [1] Siyoung Kim, Seung Ki Sul, and Thomas A. Lipo, "AC/AC Power Conversion Based on Matrix Converter Topology with unidirectional Switches", IEEE Trans. On Industry Applications, Vol. 36, No.1, pp.139-144, 2000
- [2] Bernhard Peppenbreier and Lothar Sack, "Regenerative Drive Converter with Line Frequency Switched Rectifier without DC Link Components", Proceedings of Power Electronics Specialists Conference, Vol. 5, pp. 3917-3923, 2004