

# Y-Capacitor와 저역통과필터를 이용한 포토커플러 없는 절연형 AC/DC 컨버터

박철완, 허태원\*, 최흥균\*, 김희욱\*, 한상규†  
국민대학교 POESLA, 삼성전기\*

## Isolation type AC/DC Converter without photo-coupler using Y-capacitor and LPF(Low-Pass-Filter)

Chul Wan Park, Tae Won, Heo\*, Heung Gyun Choi\*, Hugh Kim\*, Sang Kyoo Han†  
Power Electronic System Laboratory, Kookmin University, Samsung Electro-Mechanics\*

### ABSTRACT

본 논문은 저 대기전력의 구현이 가능하며 출력전압을 정확하게 제어할 수 있는 플라이백 컨버터 제어방식을 제안한다. 제안 방식은 모든 절연형 컨버터에 적용 가능하고, 2차 측에 PFM(Pulse Frequency Modulation) IC를 위치시켜 정확한 출력전압 제어가 가능하다. 또한, 1,2차 측간에 신호 전달을 위하여 기존에 사용되는 TL431과 포토커플러가 아닌 Y capacitor와 Low Pass Filter를 적용하여, 저 대기전력 구현이 가능하다. 제안방식의 타당성을 검증하기 위하여 이론적 해석과 시뮬레이션을 통하여 가능성을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 휴대용 기기의 발전이 가속되면서 기기충전을 위한 어댑터에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 동작 중 EMI(Electro magnetic interference) 및 출력 단 Ground 노이즈 등이 Power 동작에 미치는 영향을 일정 이하로 제한하거나 대기 모드 동작 시 소비전력 저감 등 새로운 사양이 대두되고 있으며 가격 경쟁력에 대한 요구가 증가하고 있다. 기존 어댑터는 일반적으로 낮은 전력으로 동작하며, 소자수가 적고 소형화가 용이한 플라이백 컨버터가 주로 사용된다. 또한 출력전압 제어를 위해 SSR (Secondary Side Regulation) 방식과, PSR (Primary Side Regulation) 방식이 사용된다.<sup>[1]</sup> SSR 방식의 경우 정확한 출력전압 제어가 가능하지만 2차 측의 포토커플러와 TL431에 소자 동작을 위한 바이어스 전류가 요구되므로 지속적인 소모 전력이 발생하여 저 대기전력 구동에 한계가 있다. 또한 PSR의 경우 2차 측 부가회로가 존재하지 않아 구조가 간단하고, 저 대기전력 구현이 가능한 반면 출력전압을 보조전선을 통해 간접적으로 검출하기 때문에 정확한 출력전압 검출에 한계가 있다.<sup>[2]</sup> 따라서 상기 두 방식의 장점을 결합하여 저 대기전력 구동이 가능하며 정확한 출력전압 제어가 가능한 새로운 컨버터 제어방식을 제안한다.

### 2. 제안 컨버터 구동방식

그림1은 제안 구동회로의 회로도 및 블록도를 나타내었다. 제안회로는 PFM IC, PET(Pulse Edge Transmitter), Buffer Low pass filter, 및 비교기단으로 구성되어있다. 본 제어방식은 PFM IC를 2차 측에 위치해 출력전압을 직접적으로 검출하여 제어신호의 주파수를 조절할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 2차 측 PFM IC에서 발생된 신호를 1차 측으로 전달하기 위하여 절연된 1,2차 측간 EMI 노이즈 경로로 사용되는 Y capacitor인  $C_Y$ 를 이용하고 있는 점이 특징이다. 먼저, PFM IC에서 발생된 제어신호는 PET를 통해 Edge 신호로 변환되어 커패시터를 통해 1차 측으로 전송된다.

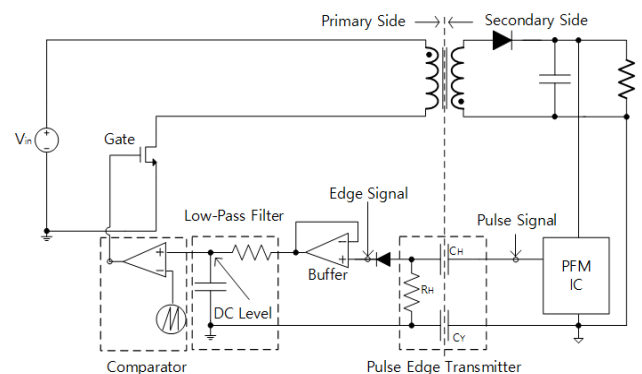


그림 1 제안 컨버터 회로도  
Figure 1 Proposed converter circuit

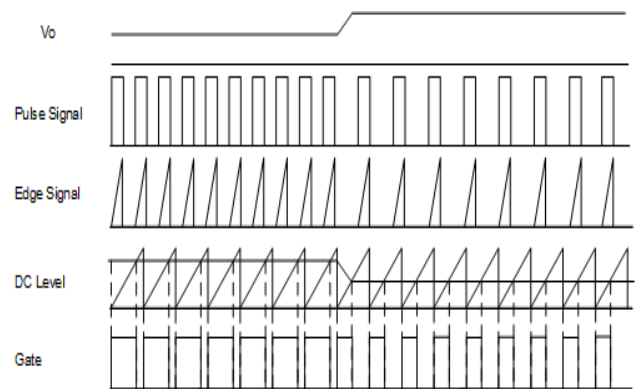


그림 2 제안 컨버터 동작파형  
Figure 2 Key waveform of proposed converter circuit

전송된 Edge신호는 제어회로 내의 Load Effect를 피하기 위한 Buffer를 거치고, Low pass filter를 통하여 일정한 DC level로 변환된다. 그 후 비교기에서 고정주파수를 갖는 Sawtooth wave와 비교하여 게이트 신호 즉, Duty를 만들게 된다. 따라서 출력전압의 변화에 따라 PFM IC에서 발생하는 신호의 주파수가 변조되고, 이에 따라 PET에서 생성되는 Edge신호의 주기가 변화하게 된다. 이 신호는 다시 비교기에서 고정주파수를 갖는 Sawtooth wave와 비교되는 DC level을 변화하고 Duty를 가변하게 된다. 이와 같은 제어과정을 통하여 전체 컨버터의 전력변환 동작이 이루어지고 이를 그림2에 도시하였다. 한편, 일반적으로 절연된 1,2차 측간에 신호를 전달하기 위한 방법으로 포토커플러를 사용하는 방법과 PT(Pulse Transformer)를 사용하는 방법이 있다. 포토커플러를 사용하는 경우 앞서 밝힌 바와 같이 2차 측에서 직접적으로

출력전압 검출이 이루어지기 때문에 정확한 출력전압 제어 가능하나 소자동작을 위한 바이어스 전류로 인해 지속적인 소모 전력이 발생해 저 대기전력 구동에 한계가 있고, PT를 사용하는 경우 신호의 전달을 방해하는 EMI 노이즈에 강하다는 장점이 있으나 1,2차 측간 절연거리 만족을 위해 PT의 크기가 적정한 수준을 만족해야 하는 단점을 가지고 있으므로 소형화에 한계가 있다. 하지만 본 구동방식의 경우 2차 측 부가회로를 제거하여 저 대기전력 구현이 가능하고, 노이즈 경로를 위하여 반드시 사용해야 하는 Y capacitor를 PET의 High pass filter로 사용하고 있으며, 이 외에 저항과 커패시터만으로 신호 전달을 하고 있으므로 가격 및 크기 면에서 유리하고, 특히 반도체 IC로의 집적화가 가능하다는 강점을 가지고 있다.

#### 4. 제안회로 실험결과

제안 컨버터 제어방식을 검증하기 위해 10W급 플라이백 컨버터에 제안방식을 적용하여 시뮬레이션 하였다. 그림3은 시뮬레이션 회로도를 나타내었고 주요 파라미터는 표1에 나타내었다. 이론적인 동작파형을 확인하기 위하여 각 제어구간별 동작파형을 출력부하조건에 따라서 이론적인 파형과 비교하여 보았고, 이를 그림4에 나타내었다. 그림에서와 같이 정상상태 출력부하에 따라서 2차 측 PFM IC에서 주파수 변조가 이루어져 Duty가 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 정확한 출력전압제어를 확인하기 위하여 출력부하 변화 시 출력전압의 변화를 확인하였고, 이를 그림5에 도시하였다. 그림에서와 같이 전 부하에서 무 부하로 출력부하가 급변함에 따라 800mV의 오버슈트로 정확하게 출력전압이 제어되는 것을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

표 1 회로 동작 주요 Parameter  
Table 1 Key parameter of proposed circuit

Parameter	Value
$V_{in}$	90V <sub>rms</sub> ~ 264V <sub>rms</sub>
$W_o$	10W ( 5V / 2A )
$N_p:N_s$	16 : 1
$L_M$	1mH

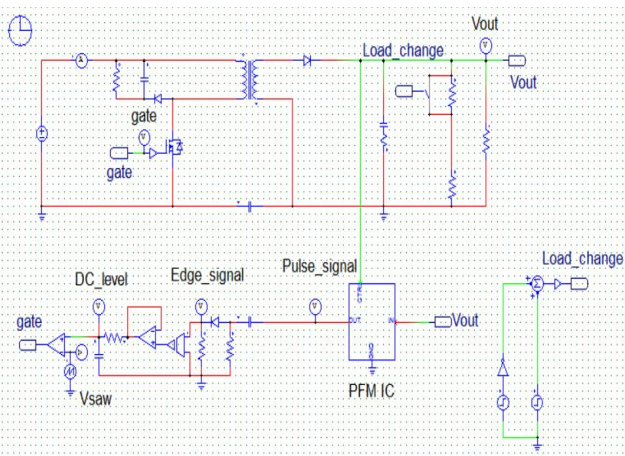
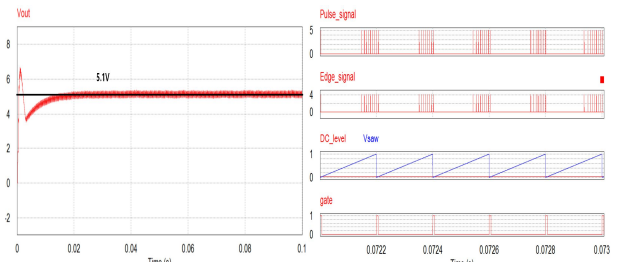
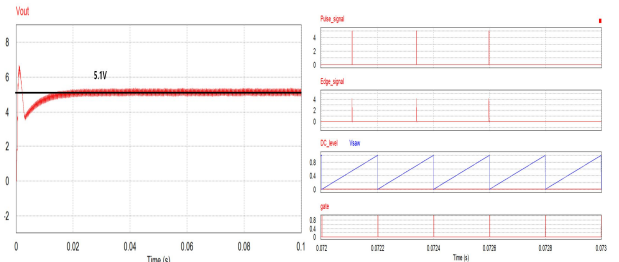


그림 3 시뮬레이션 회로도  
Figure 3 Simulation Circuit



(a) 출력전압 (5V/2A) (b) 제어 단 동작파형



(c) 출력전압 (5V/0.1A) (d) 제어 단 동작파형

그림 4 Simulation 동작파형  
Figure 4 Simulation key waveform

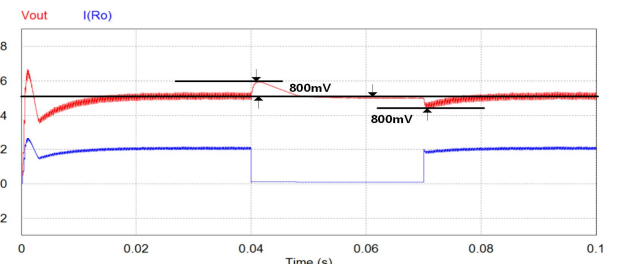


그림 5 Load 변화에 따른 출력전압  
Figure 5 Output voltage in dynamic load

#### 5. 결론

본 논문에서는 최근 다양하게 요구되는 전력변환장치의 변화에 따라 제어기술에 사용되는 PSR과 SSR의 장점을 동시에 지닌 새로운 컨버터 구동방식을 제안하였다. 제안된 구동방식은 2차 측에 위치한 PFM IC를 이용하여 정확한 출력전압제어가 가능함과 동시에 저 대기전력 구동이 가능한 특징을 가지고 있다. 제안회로의 타당성 검증을 위하여 Simulation을 통하여 각 제어구간별 동작과 부하변화에 따른 컨버터 출력전압을 검증하였다. 특히, 본 구동방식은 기존의 제어방식과는 달리 요구되는 소자수가 적어 반도체 IC로의 집적화가 가능하고, 다양한 절연 컨버터에 적용 시 고효율 구현이 가능할 것으로 기대된다.

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

#### 참고 문헌

- [1] K.Y LEE, Y.S. Lai : Novel circuit design for two stage AC/DC converter to meet standby power regulations, pp. 1 10. Vol. 1. 2008
- [2] T. Vu, Seamus O'Driscoll, Jhon V. Ringwood "Primary side sensing for a flyback converter in both continuous and discontinuous conduction mode" ISSC Vol 1 pp. 1 June .2012,