

Y-capacitor와 미분기를 이용한 포토커플러 없는 절연형 AC/DC컨버터의 출력제어신호 전송기법

양정우, 김희욱*, 최흥균*, 허태원*, 한상규†
 국민대학교 PEOSLA, 삼성전기*

Transmission method of output control signal for an isolated AC/DC converter using Y-capacitor and integrator instead of a photo-coupler

Jung Woo Yang, Hugh Kim*, Heung Gyun Choi*, Tae Won Heo*, Sang Gyu Han†
 Power Electronics System Laboratory, Kookmin University, Samsung Electro-Mechanics*

ABSTRACT

본 논문은 Y capacitor와 미분기를 이용한 절연형 AC/DC컨버터의 제어신호 전송기법을 제안한다. 기존 SSR(Secondary Side Regulation)의 제어단(Photo coupler, TL431 및 부가회로)은 바이어스 전류에 의한 대기전력 손실이 크다. 하지만 제안된 방식은 기존 SSR의 제어단을 제거하고, 2차 측 제어신호를 EMI노이즈 경로로 사용되는 Y capacitor와 저항, 커패시터만을 이용하여 1차 측으로 전송한다. 제안 신호전송기법의 이론적 해석과 PSIM Tool을 이용한 Simulation 결과를 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 전기/전자 기기들에 대한 대기전력규제가 강화됨에 따라 그에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 2차 측에서 직접 제어하는 SSR방식은 TL431, Photo coupler구동을 위한 바이어스 전류가 흘러야 하므로, 대기전력 규제를 만족하기 어렵다. 반면 1차 측에서 출력전압을 간접적으로 제어하는 PSR(Primary Side Regulation)방식은 대기전력 규제를 만족하기에 용이하지만, 트랜스포머의 보조 권선을 이용하여 출력전압을 간접 제어하므로 급격한 부하 변동 시 정확한 출력전압 제어가 어렵다.^[2] 따라서 본 논문에서는 출력전압의 직접적인 검출 및 정확한 출력전압 제어가 가능하며, 낮은 대기 소모 전력의 구현이 가능한 SSR방식을 제안한다.

2. 제안 SSR 방식

그림 1은 제안된 SSR방식을 적용한 DCM구동 플라이백 컨버터를 도시하였다. 2차측에서 출력전압을 직접 검출하여 제어신호를 생성하는 PFM IC와 절연된 1, 2차측 간 제어신호 전송을 위한 Y capacitor와 미분기, 그리고 전송된 제어신호를 Gate 신호로 생성해주는 PWM Block으로 구성된다. 그림에서 볼 수 있듯이 2차 측에서 출력전압을 직접 검출하므로 정확하게 제어할 수 있으며, Photo coupler, TL431 및 부가회로 제거를 통해 저 대기 소모 전력을 구현할 수 있다.

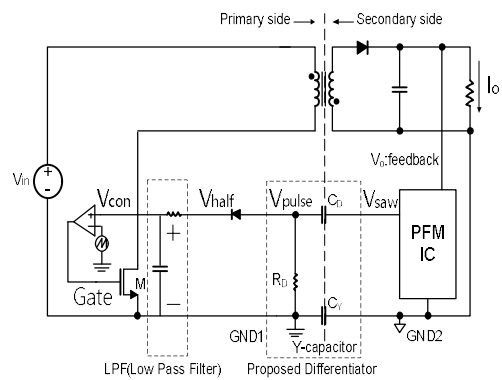


그림 1 제안 SSR 방식 DCM 플라이백 컨버터
 Fig. 1 Proposed SSR Flyback Converter

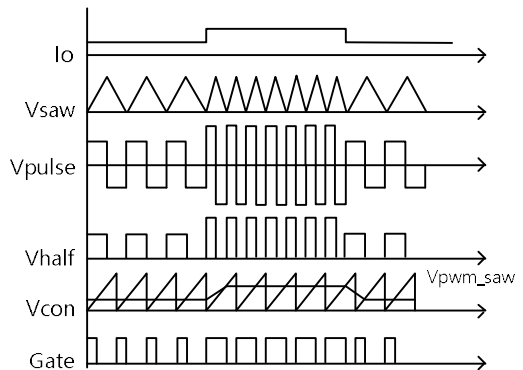


그림 2 제안 SSR 방식 신호전송파형
 Fig. 2 Principal waveform of proposed SSR

2-1 제안 SSR 신호 전송 방법

제안 SSR방식은 부하에 따라 PFM IC에서 발생하는 삼각파형의 주파수 변조를 통하여 제어가 이루어진다. PFM IC는 부하에 따라 주파수가 가변되는 삼각파형을 만들어준다. 부하가 작을 때에는 주파수가 느리고 기울기가 완만한 파형을 생성하고, 부하가 클 때에는 주파수가 빠르고 기울기가 가파른 파형을 생성한다. PFM IC에서 만들어진 삼각파는 그림 2의 V_{saw} 파형과 같다. V_{saw} 의 주파수는 f_{saw} 로 나타낸다. 발생된 삼각파는 $C_D R_D C_Y$ 경로를 거쳐 미분된 파형을 가진다. 저항과 커패시터로 구성된 미분기를 거치면 삼각파의 상승 반주기에서는 일

정한 값의 양의 기울기를 가지므로 식(1)에 의해 일정한 양의 전류 값을 갖고, 식(2)에 의해 저항 R_D 값이 곱해진 양의 전압 값을 갖는다. 반대로 하강 반주기에서는 일정한 음의 기울기를 가지므로 음의 전압 값을 가지는 V_{pulse} 와 같은 펄스파형을 가진다.

$$i_{pulse} = C_D \frac{dV_{saw}}{dt} \quad (1)$$

$$V_{pulse} = i_{pulse} \times R_D \quad (2)$$

미분기를 거쳐 생성된 전압파형은 다이오드를 거쳐, 양의 전압 값만을 가지는 V_{half} 의 파형을 가지게 된다. V_{half} 파형은 LPF(Low Pass Filter)를 거쳐 새로운 제어 전압 값인 V_{con} 를 가지게 되며, 고정주파수의 톱니파와 비교를 통해 출력인 Gate 파형이 발생되어 스위치 M을 구동함으로써 전력변환 동작이 이루어진다.

- I_o 小 \rightarrow f_{saw} 小 \rightarrow V_{half} 小 \rightarrow Duty小
- I_o 大 \rightarrow f_{saw} 大 \rightarrow V_{half} 大 \rightarrow Duty大

제안된 전송방법의 경우, 신호전달을 1 2차측 간 EMI 노이즈 경로를 위한 Y capacitor인 C_Y 를 신호전달 경로로 이용하므로 기존 SSR방식에 사용되는 Photo coupler와 TL431제거를 통해 소모 대기전력 절감이 가능하다. 또한, 2차 측 PFM IC를 통해 출력전압을 직접 검출하므로 정확한 출력전압 제어가 가능하다.

2-2 제안 SSR 방식의 시뮬레이션 결과

제안된 SSR방식을 PSIM simulation을 통하여 해당 신호전송방법에 대한 타당성을 검증하였다.

표 1 제안 SSR 구동회로 주요 파라미터
Table 1 Principal Parameters for Proposed SSR

Input voltage	90Vrms ~ 264Vrms
Output voltage/current	5V / 2A
Trans Turn ratio	54 : 3 : 3
Magnetizing Inductanc	500uH
C_H / R_H / C_Y	10pF / 100K Ω / 100pF

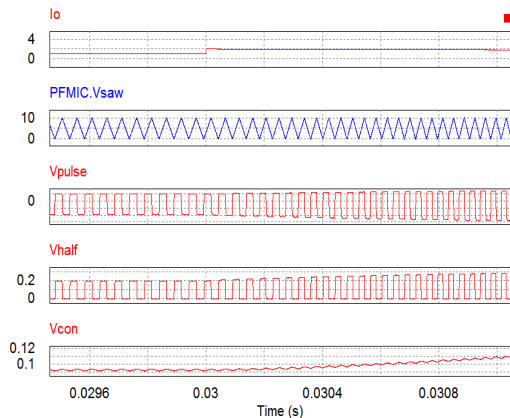


그림 3 로드변화에 따른 신호전송파형
Fig. 3 Principal simulation waveform according to load change

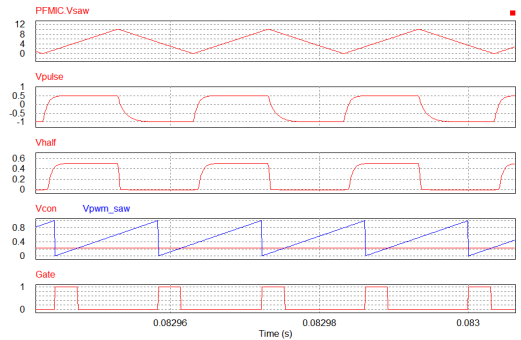


그림 4 제안 SSR 방식 시뮬레이션 신호전송파형
Fig. 4 Principal simulation waveform of proposed SSR

그림3는 입력전압이 264Vrms인 경우, 로드변화에 따라 PFM IC 출력전압 V_{saw} , 미분기와 Y capacitor에 의해 미분된 전압 V_{pulse} , 다이오드에 의해 반파 정류된 V_{half} , LPF 통해 필터링된 V_{con} 를 보인다. 부하 감소가 발생하면 PFM IC출력의 V_{saw} 의 주파수는 증가하여, PWM의 삼각파와 비교되는 V_{con} 전압 또한 상승한다. 따라서 Gate파형의 Duty가 증가하여 과도구간 이후 정상상태에 도달 시 제어가 정상적으로 이루어짐을 확인하였다. 또한, 그림 4는 제안 SSR 방식의 신호전송방법의 파형을 나타내었다. 파형을 통해 본 논문에서 이론적으로 제시한 파형과 동일한 방법으로 신호전송이 이루어짐을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 정확한 출력전압 제어 및 검출이 가능한 SSR방식을 제안하였다. 기존 SSR방식의 경우에는 TL431, Photo coupler 및 부가회로에 의한 소모 대기전력이 크며, 이를 완화하기 위해 PSR방식을 사용하는 경우 정확한 출력전압 제어가 어렵다. 하지만, 제안 방식은 저항, 커패시터만으로 신호전송을 하므로 저 대기 전력을 구현할 뿐만 아니라 가격 및 사이즈 측면에서도 우수한 장점을 가진다. 또한 제어단을 2차 측에 위치시킴으로써 출력전압을 직접적으로 검출함으로써 정확한 출력전압 제어가 가능하다. 따라서 제안전송기법은 1 2차 간 신호전송이 요구되는 모든 전력변환 컨버터에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

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

참고 문헌

- [1] Yu Kang Lo, Shang Chin Yen, and Chung Yi Lin "A High Efficiency AC to DC Adaptor With a Low Standby Power Consumption" IEEE Trans, vol55, Feb 2008, pp. 963 965
- [2] C. E. Harm, G. Knoedl, and W. A. Nitz, "Output voltage estimating circuit for a power converter having galvanic isolation between input and output circuits," U.S. Patent5,138,543, Aug. 11, 1992