

전 부하영역에 대해 정확한 출력전압 제어가 가능한 Primary Side Regulator

구현수, 최윤, 금문환, 오동성*, 한상규†
 국민대학교 POESLA, 삼성전기*

Primary Side Regulator with tightly regulated output voltage over an entire load range

Hyun Su Gu, Yoon Choi, Moon Hwan Keum, Dong sung Oh*, Sang Kyoo Han†
 Power Electronics System Laboratory, Kookmin University, Samsung Eleetromechanics*

ABSTRACT

본 논문에서는 전 부하영역에 대해 정확한 출력전압 제어가 가능한 PSR(Primary Side Regulator) 구동 기법을 제안한다. 기존 PSR 방식의 경우, 무 부하 및 급격한 부하 변동 시에 정확한 출력전압 제어가 어렵다. 하지만 제안 구동기법은 보조권선의 출력 다이오드 양단 노드 전압을 각각 검출하여 두 지점 전압을 부하변동 알고리즘에 적용하여 정확한 출력전압을 검출하므로 정밀하게 제어할 수 있다. 제안 출력전압 검출 알고리즘의 타당성 검증을 위해 12W 급 플라이백 컨버터 실험결과를 바탕으로 제안방식의 타당성을 검증한다.

1. 서론

최근 전자기기의 배터리를 충전하기 위한 Adaptor 장치들에 대한 많은 연구 개발이 진행되고 있다. Adaptor 장치들은 점차 대기전력 규제가 강화됨에 따라 2차 측 제어부를 제거하여 1차 측에서 출력전압을 간접적으로 제어하는 PSR 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[1]. 하지만 기존 PSR 방식은 트랜스포머의 권선 비를 이용하여 출력전압을 간접제어하기 때문에 급격한 부하 변동 시 정확한 출력전압 제어가 어려운 문제점이 있다^[2]. 따라서 본 논문에서는 전 부하영역에 대해 정확한 출력전압 제어가 가능한 PSR방식을 제안한다.

2. 제안 PSR 방식

그림 1은 제안 PSR방식을 적용한 플라이백 컨버터를 도시하였다. 기존 방식의 경우, 보조권선의 출력전압을 V_{O*1} 에서 검출하여 출력전압 V_o 를 간접 제어한다. 자기소자의 누설인덕턴스(L_{lk}) 성분에 의하여 부하 변동 시 각 권선 간의 결합계수가 달라짐으로써 정확한 출력전압 검출이 어렵다. 따라서 정밀한 출력전압 제어를 위하여 부가적인 기법이 필요하다.

2-1 제안 PSR 출력전압 검출 방식

출력전압 검출 방식으로 그림 1과 같이 보조권선의 양단전압 V_{O*1} 과 정류된 전압 V_{O*2} 를 동시에 검출 및 비교를 통하여 트랜스포머 권선비에 따른 전압 $V_o N_p / N_s$ 에 가까운 전압을 선택하여 출력 전압제어를 수행한다. 즉 스위치 오프 시간의 3/4지

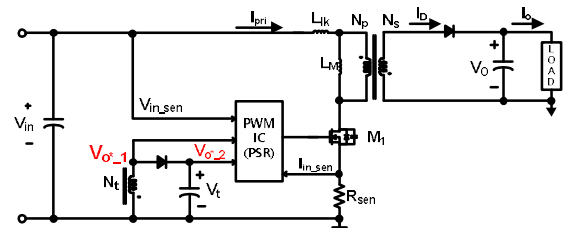
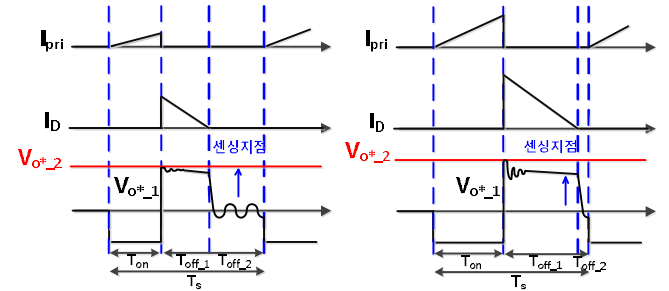


그림 1 제안 PSR 방식 플라이백 컨버터
 Fig. 1 proposed PSR Flyback converter



(a) 출력 부하가 작은 경우 (b) 출력 부하가 클 경우
 그림 2 제안 PSR 방식 적용 플라이백 컨버터 주파형
 Fig. 2 Principal waveforms of proposed PSR Flyback converter

점에서 V_{O*1} 과 V_{O*2} 를 동시에 검출하여 V_{O*2} 의 절반인 $V_{O*2}/2$ 와 V_{O*1} 을 비교한 후 V_{O*1} 이 크다면 V_{O*1} 를 출력전압 V_o 의 예측치로 선정되고 반대로 $V_{O*2}/2$ 가 크다면 V_{O*2} 가 예측치로 선정된다.

한편, 그림 2(a)에 나타낸 바와 같이 출력 부하가 작은 경우 보조권선의 출력다이오드가 도통하는 시간이 그림 2(a)와 같이 매우 짧은 시점이 된다. 제안방식은 디지털로 제어하여 정확한 다이오드 턴 오프 시점을 검출하기 어렵기 때문에 스위치 오프 시간의 3/4지점에서 출력전압을 검출하는 방식을 사용한다. 상기한 바와 같은 시점이 2차측 다이오드가 턴 오프된 이후 시점이라면 V_{O*1} 이 0으로 떨어진 상태이다. 따라서 0으로 떨어진 보조권선의 양단전압 V_{O*1} 에서 출력전압을 검출하여 제어하게 되면 출력전압 V_o 는 지령치보다 높게 제어된다. 하지만 제안방식은 상기한 바와 같이 출력전압 검출 알고리즘에 따라 검출된 $V_{O*2}/2$ 가 V_{O*1} 보다 크므로 V_{O*2} 를 출력전압 예측치로 선정하여 출력전압을 제어한다. 이 경우 보조권선의 출력전압 V_{O*2} 는 트랜스포머의 누설인덕턴스(L_{lk})에 저장되는 에너지가 작아 ringing 현상이 거의 발생하지 않는 점을 이용하여 트랜스포머

의 누설인덕턴스(L_{lk})의 영향을 받지 않고 출력전압을 일정하게 제어할 수 있다

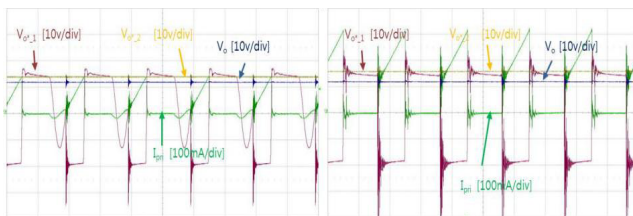
반대로, 출력 부하가 클 경우 보조권선 양단전압 V_{O*1} 은 트랜스포머 누설인덕턴스(L_{lk})에 저장된 큰 에너지로 인해 큰 ringing 전압으로 나타나며 이로 인해 다이오드로 정류된 보조 권선의 출력전압 V_{O*2} 는 권선 비에 따른 전압 V_0N_1/N_2 보다 큰 값을 갖게 된다. 따라서 V_0N_1/N_2 보다 큰 V_{O*2} 를 이용하여 출력 전압 V_0 를 제어 할 경우 출력전압 V_0 는 지령치보다 낮게 제어된다. 이 경우 상기한 바와 같은 출력전압 검출 알고리즘에 따라 ringing이 지난 시점인 스위치 오프 기간의 3/4지점에서 검출된 V_{O*1} 이 $V_{O*2}/2$ 보다 크므로 V_{O*1} 이 출력전압 예측치로 선정되어 출력전압을 제어하므로 트랜스포머의 누설인덕턴스(L_{lk})의 영향을 받지 않고 출력전압을 일정한 레벨로 제어할 수 있다.

2-2 제안 PSR 방식의 실험결과

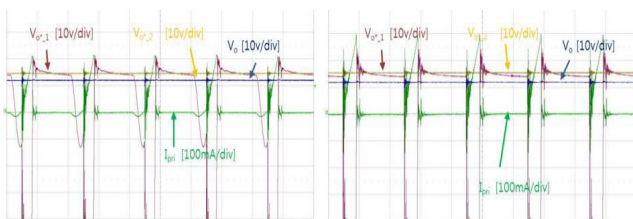
상기한 바와 같은 이론적 해석을 바탕으로 12W급 플라이백 컨버터 시작품을 제작하였고, 실험에 사용된 주요 파라미터는 다음과 같다.

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

Input Voltage	90 Vrms	264 Vrms
Output Voltage (V_o)	12V	
Output Current (I_o)	1A	
Trans. Turn ratio	88 : 11 : 12	
Magnetizing Inductance	2mH	



(a) 제안 PSR 방식 실험결과 주요파형@ Vin=90Vrms



(b) 제안 PSR 방식 실험결과 주요파형@ Vin=264Vrms

그림 3 제안 PSR 방식 실험결과 주요파형
Fig. 3 Experimental waveforms of proposed PSR

그림 3은 입력전압이 90V_{rms}, 264V_{rms}일 때 트랜스포머 1차 측 전류 I_{p1} , 다이오드 양단 전압 V_{O*1} , V_{O*2} , 출력전압 V_0 를 보인다. 왼쪽의 파형은 부하가 작을 때, 오른쪽의 파형은 부하가 클 때의 파형을 나타낸다. 부하가 작을 경우 V_{O*2} 를 출력전압 V_0 의 예측치로 선정하여 제어함으로써 정전압제어가 되고, 부하가 클 경우에는 V_{O*1} 을 출력전압 V_0 의 예측치로 선정하여

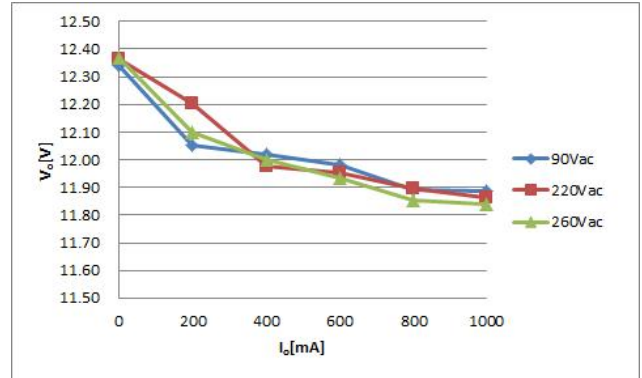


그림 4 제안 PSR 방식 출력전압 Regulation
Fig. 4 Output voltage regulation of proposed PSR

제어함으로써 일정하게 제어 되는 것을 파형을 통해 확인할 수 있다.

그림 4는 제안 PSR 방식 출력전압 Regulation을 나타낸 그래프이다. 입력 전압 변동과 출력전류 변동에 따른 출력전압 Regulation 측정 결과 출력전압의 최소 전압과 최대 전압의 편차가 약 0.53V로써 출력 전압 검출 알고리즘을 적용하여 실험한 결과 우수한 Regulation 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 전 부하영역에 대해 정확한 출력전압 검출이 가능한 PSR 방식을 제안하였다. 기존 PSR 방식의 경우에는 무 부하 및 급격한 부하 변동 시에 정확한 출력전압 제어가 어렵다. 제안 방식은 부하가 증가하였을 때에는 보조권선의 다이오드 앞 V_{O*1} 에서 검출하고 부하가 감소하였을 때에는 보조권선의 다이오드 뒤 V_{O*2} 에서 검출한다. 보조권선의 다이오드 양단에서 검출된 전압을 부하변동 알고리즘에 적용하여 정확한 출력전압을 검출하므로 정밀하게 제어할 수 있다. 제안 방식은 간단한 알고리즘을 디지털로 만들어 줌으로써 정확한 출력전압 검출이 가능한 장점이 있다. 따라서 PSR 방식 뿐 아니라 다양한 어플리케이션에 응용 가능하여 폭넓은 활용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA 2013 H0301 13 2007)

참고 문헌

- [1] B. A. Mcdonald and D. E. Jenkins, "Primary side voltage sense for AC DC power supplies," U.S. Patent 2006/0083032, April 2006.
- [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. Patent 5,138,543, Aug. 11, 1992