

단일단 동기정류기형 APWM 하프브리지 플라이백 컨버터

박해용, 이한모, 권봉환
포항공과대학교

Single-Stage APWM Half-Bridge Flyback Converter with Synchronous Rectifier

Hae Yong Park, Han Mo Lee, and Bong Hwan Kwon
Pohang university of science and technology

ABSTRACT

본 논문에서는 단위역률과 고효율을 갖기 위한 단일단 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터 회로를 제안한다. 제안된 회로에서는 역률 개선단을 통해 입력전류의 리플이 줄어들게 되며, 거의 단위역률에 가까운 고역률을 갖게 된다. 또한 비대칭 펄스폭 변조에 의한 하프브리지 플라이백 DC/DC 컨버터는 영전압 스위칭 (ZVS) 동작을 하게 되며, 출력단에 동기정류기를 사용하여 스위칭에 의한 손실을 줄였다. 출력전압 24V, 최대 출력 200W, 스위칭 주파수 100kHz에서 제안된 컨버터의 성능을 입증하기위해 실험이 진행 되었다.

1. 서 론

최근 들어 LED 기술이 발달함에 따라 LCD 백라이트 유닛, 가로등, 자동차의 헤드라이트 등 많은 응용 분야에서 LED의 사용이 점차 증가하고 있다. LED는 전력 소비가 적고, 동작 수명이 길며, 높은 연색성 (CRI)을 가지며, 무엇보다 환경 친화적이라는 장점을 갖는다.^[1] 이러한 LED 구동을 위해서 높은 AC 전압을 낮은 DC전압으로 바꿔주는 AC/DC 컨버터가 주로 사용된다. 일반적으로 LED와 같은 조명소자들을 포함한 조명기기들은 역률과 고조파에 관한 규제 EN/IEC 61000 3 2 Class C를 만족해야 한다. 따라서 AC/DC 컨버터는 정류부에 역률개선을 할 수 있는 역률개선 회로를 추가로 필요로 하게 된다. 낮은 출력 전력 예에서는 이러한 역률개선단과 DC/DC 단이 하나의 스위치를 공유하는 단일단 AC/DC컨버터가 널리 쓰인다. 따라서 본 논문에서는 조명용 LED 구동에 적합한 단일단 AC/DC 컨버터를 제안한다. 제안된 회로를 통하여 역률 개선단에 의한 역률개선 특성과, 비대칭 펄스폭 변조방식에 의해 동작하는 스위칭 특성^[2]을 실험적으로 확인해 봄으로써 제안된 회로의 타당성을 입증하였다.

2. 제안된 단일단 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터

그림 1은 역률 개선단과 하프브리지 플라이백 DC/DC 컨버터가 두 개의 스위치에 의해 결합된 단일단 AC/DC 컨버터 구조를 나타낸다. 정류 다이오드의 도통 손실을 줄이기 위해 출력에는 정류 다이오드를 대신해 동기정류기가 사용되었다.

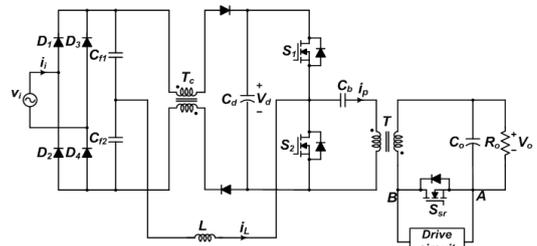


그림 1. 단일단 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터
Fig 1. Single-stage APWM half-bridge flyback converter with SR

2.1 역률 개선단

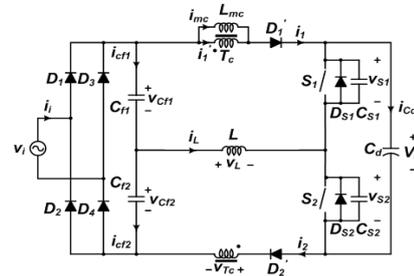


그림 2. 역률 개선 회로
Fig 2. PFC circuit

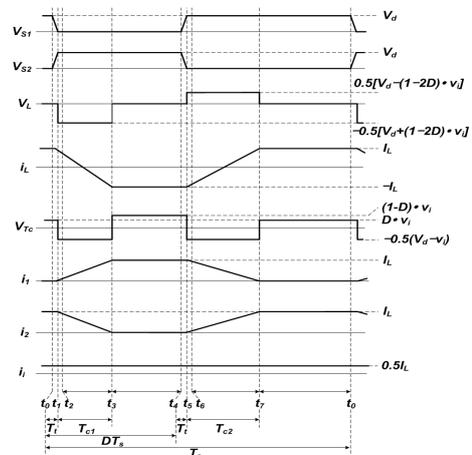


그림 3. 역률 개선단 이론적 동작 파형
Fig 3. Theoretical waveforms of PFC circuit

그림 2는 역률 개선단 회로이다. 결합형 인덕터 T_c 는 자화

인덕턴스 L_{mc} 와 턴비가 1:1인 이상적 변압기로서 모델링 되었으며, 밀결합 되었다. 그림3은 한 주기 동안 정상상태에서의 역률 개선단의 이론적 파형을 나타낸다.

2.2 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터

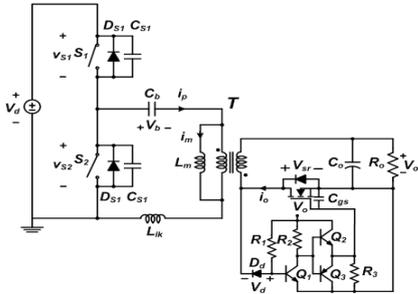


그림 4. 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터
Fig 4. Asymmetrical half-bridge flyback converter with SR

그림 4는 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터이다. 전압 구동 방식의 동기정류기 구동회로는 기본적으로 push pull 구조를 갖고 있다. D_d 는 동기정류기의 극성을 판별하고, 극성에 따라 Q_1 은 동기정류기를 제어한다. 그림 5는 한 주기 동안의 정상상태 동작순서를 나타낸다.

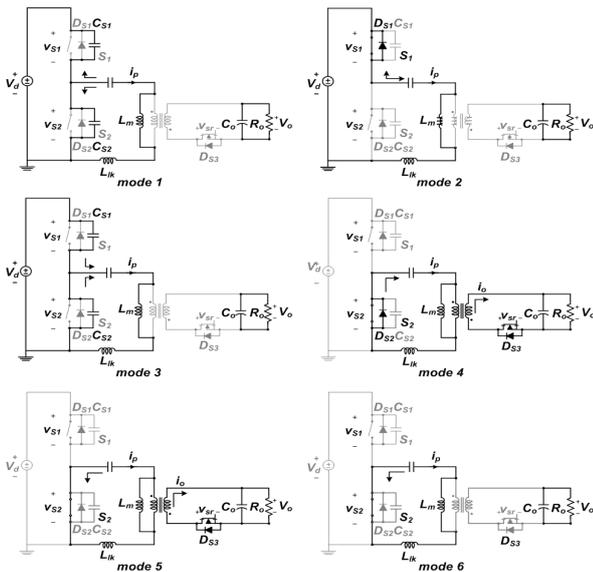


그림 5. 동기정류기형 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터 동작 순서
Fig 5. Operating modes of APWM half-bridge flyback converter

Mode 1~2 : 모드 2에서 스위치 S_1 은 턴온 되며, 스위치 S_2 는 턴오프 상태이다. 변압기 1차측 전류 i_p 는 선형적으로 증가하게 된다. 전압 V_{sr} 의 극성이 양이어서 Q_1 이 턴온 상태이며, Q_2 는 전류를 pull 하게 된다. 이때 동기정류기는 턴오프 상태이다.

Mode 3~4 : 모드 3에서 스위치 S_1 은 턴오프 되고, 모드 4에서 스위치 S_2 가 턴온 되며, V_{sr} 이 음의 값을 갖게 된다. 따라서 D_d 가 도통되어 Q_1 은 턴오프 되며, Q_2 에 의해 전류를 push하게 되어 동기정류기가 턴온 된다. 커패시터 C_0 와 누설 인덕턴스 L_{lk} 사이 에 공진이 발생한다.

Mode 5~6 : 모드 5에서는 전류 i_p 와 i_m 의 전류의 방향이 변하고, 모드 6에서는 동기정류기가 영전류 스위칭 (ZCS) 턴오프 되게 된다. 이로써 한주기의 스위칭 동작이 끝나게 된다.

3. 실험

본 논문에서 제안한 컨버터의 성능을 입증하기 위해 최대 출력 200W, 출력전압 24V, 스위칭 주파수 100kHz, 220Vrms 입력전압에서 실험을 하였다. 그림 6은 220Vrms 입력전압에서 역률개선단의 전압과 전류 파형을 나타낸다.

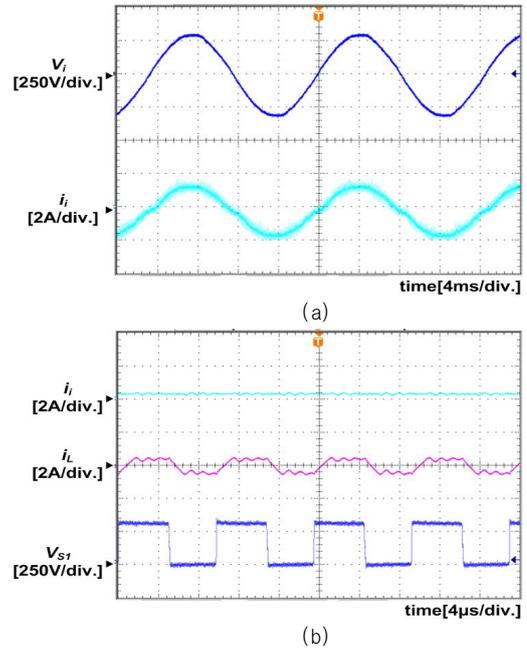


그림 6. 역률 개선단 전압, 전류 파형.
Fig 6. Voltage and current waveforms of PFC stage.

그림 6의 (a)는 입력전압, 입력전류 파형을 나타낸다. 입력전류는 고조파 성분이 거의 없는 사인파 형태를 나타내고 있다. 그림 6의 (b)는 역률개선단의 입력전류, 인덕터 전류, 스위치 S_1 의 전압 파형을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 고역률과 고효율을 갖기 위한 단일단 동기정류기형 하프브리지 플라이백 컨버터를 제안하였다. 제안된 회로의 스위치들은 영전압 스위칭 (ZVS) 턴온을, 동기정류기는 영전류 스위칭 (ZCS) 턴오프 되는 특성을 보였다. 제안된 회로는 220Vrms에서 역률 0.99, 효율 90.5%를 각각 나타냈다.

참고 문헌

- [1] Wendt, M., and Andriesse, J.W., "LEDs in real lighting applications: From niche markets to general lighting", Proc. IEEE Ind. Appl. Conf. (IAS), 2006, pp. 2601-2603.
- [2] Chen, T.M., and Chen, C.L., "Characterization of asymmetrical half bridge flyback converter", Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC), 2002, pp. 921-926.