

수동필터와 PFC IC 사용에 따른 1kW급 직류 전원장치의 특성 비교

정 인화, 김 형우, 김 상철, 김 남균, 김 은동, 김 종수

한국전기연구원

Characteristic Comparison of 1kW DC Power Supply Using Passive Filter and PFC IC

In-Wha Jeong, Hyoung-Woo Kim, Sang-Cheol Kim, Nam-Kyun Kim, Eun-Dong Kim, Jong-Soo Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 입력부에 LC 수동소자와 PFC IC를 각각 사용했을 경우의 1kW급 직류 전원장치에서의 동작 특성을 비교하고 있다.

1. 서 론

일반적으로 풀브릿지 방식은 750W 이상의 전원용량을 가지는 스위칭 전원장치를 구현하는데 사용되고 있다. 또한 영전압 위상천이 제어방식은 하드 스위칭 PWM 컨버터와 소프트 스위칭 공진형 컨버터 모두에 적용할 수 있는 스위칭 방식으로 컨버터의 스위칭 손실을 크게 낮출 수 있으며 스위칭 소자의 게이트 신호에 시간지연을 두는 것만으로도 별도의 추가회로 없이 소프트 스위칭을 할 수 있으므로 중대용량의 전원장치에 가장 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 1kW급 직류 전원장치로서 풀브릿지 영전압 위상천이 컨버터 기술을 적용하여 전원장치의 입력부가 각각 LC 수동필터와 PFC IC 모듈로 이루어진 경우의 동작 특성을 비교하고자 한다.

2. 본 론

2.1 수동필터를 사용한 1kW급 직류 전원장치

수동필터를 사용한 1kW급 직류 전원장치는 풀브릿지 영전압 위상천이 컨버터를 기본으로 구성되었으며 턴온과 턴오프 동안에 영전압 스위칭을 구현하기 위해서 회로의 기생 인터너스 성분을 포함한 외부 인터너와 풀브릿지 컨버터를 구성하는 각각의 스위치에 병렬로 부착된 캐패시터를 통해 직렬 공진회로를 구성하게 된다. 1kW급 직류 전원장치의 출력 전압은 내부 변압기의 1차측에 연결된 스위칭 소자의 유효 턴온 시간을 위상천이 방식에 의해 조정함으로써 가변시킬 수 있으며 이를 통해 넓은 범위의 입력 전압과 출력 전류 조건에서도 원하는 출력 전압을 고정된 스위칭 주파수에서 얻을 수 있다.

2.1.1 전력변환부 회로 구성

수동필터를 사용한 1kW급 직류 전원장치용 풀브릿지 영전압 위상천이 컨버터의 기본 회로도는 그림 1과 같다. 그림 1에서 살펴보듯 컨버터는 4개의 IGBT 스위치로 이루어져 있고 각각의 스위치는 내부에서 역방향으로 연결된 바디 다이오드를 갖고 있으며 추가로 외부에서 캐패시터를 병렬로 부착하게 된다. 또한 컨버터의 입출력을 전기적으로 절연시키기 위해서 2차탭 타입의 변압기가 사용되고 있으며 1차측에는 직렬 공진회로를 구성하기 위한 공진 캐패시터와 인터너가 연결된다.

2.1.2 수동필터를 사용한 입력부 구성

수동필터를 사용한 1kW급 직류 전원장치의 입력부를 살펴보면 노이즈 필터와 브릿지 정류기, DC link 용 전

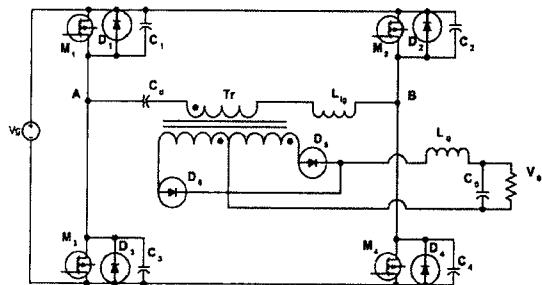


그림 1. 1kW급 직류 전원장치 기본 회로도

해 캐패시터로 구성되어 있으며 4개의 600V 40A급 IGBT로 이루어진 풀브릿지 스위칭 회로는 2차탭 변압기를 통해서 출력 다이오드와 출력 필터부에 연결된다. 먼저, LC 수동소자로 이루어진 노이즈 필터는 교류 220V 입력전원에서 유입될 수 있는 EMI 노이즈 등을 차단하여 전원장치가 안정된 상태에서 동작하도록 보호해 준다. 이렇게 LC 회로에 의해서 필터링된 입력전원은 입력 교류전원을 직류전원으로 변환시켜주는 브릿지 정류기へ 인가된다. 이후 과전압 보호를 위해서 DC link에 병렬로 연결된 썬지 보호기와 초기 도립전류 제한을 위한 썬미스터를 통해서 입력 에너지를 저장해 주는 전해 캐패시터에 전달된다. 실험 결과에 의하면 전원장치의 입력부에 노이즈 필터만을 사용한 경우, 입력 역률은 약 70% 정도에 불과하였다.

2.2 PFC IC를 사용한 1kW급 직류 전원장치

수동필터만을 사용한 전원장치의 입력부로는 캐패시터 입력형 정류 회로에서 발생하는 펄스성 입력 전류의 역률을 개선하는데 한계가 있기 때문에 입력 역률을 개선하고 고조파 발생을 억제하기 위해서 부스트 방식의 PFC IC 모듈을 사용하여 입력 전류를 정현파가 되도록 제어하게 된다.

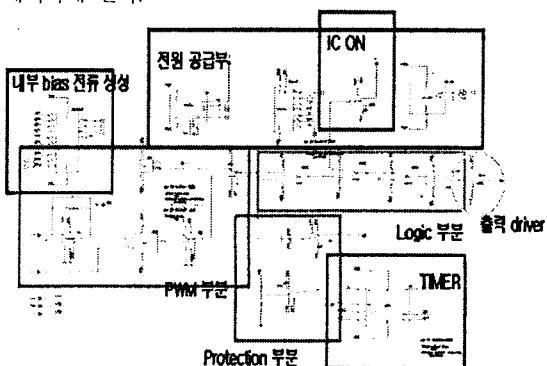


그림 2. 평균전류 모드 PFC IC 내부 구성도

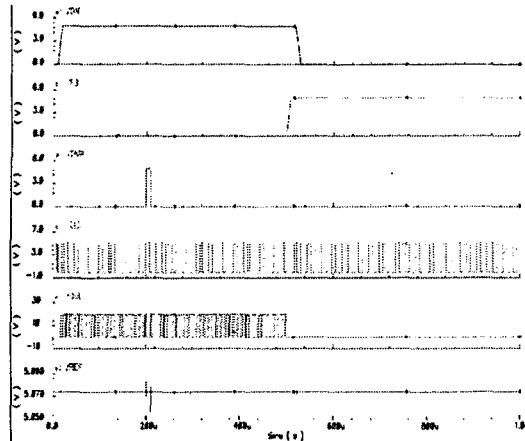


그림 3. PFC IC 동작 특성 시뮬레이션 결과

2.2.1 PFC IC를 사용한 입력부 구성

입력부에 사용된 PFC IC는 FUJI사에서 개발한 평균 전류 모드 방식의 PFC IC FA5502를 사용하였으며 이후 한국전기연구원에서 시스템 파워 모듈에 적용하기 위해 CMOS 공정을 통해서 개발한 PFC IC를 적용할 예정이다.

그림 2는 평균전류 모드 PFC IC의 내부 구성도를 보여주고 있다. 전체 구성을 살펴보면 크게 구동전원을 공급하기 위한 전원 공급부, 외부 스위칭 소자를 구동하기 위한 드라이버부, 내부 제어를 위한 PWM, 타이머, 로직부와 외부로부터 PFC IC를 보호하는 보호 회로부로 이루어져 있다.

그림 3은 설계된 PFC IC의 동작 특성을 검증하기 위한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보듯 PFC IC는 내부에 100kHz의 구동 클럭을 가지고 있으며 출력 신호는 20V의 전압값을 가진다. 또한 과전압 신호가 전달될 경우에는 약 5μs의 지연시간을 가진 후에 출력 신호가 오프되는 것을 살펴볼 수 있다.

2.2.2 PFC IC 입력부 실험 결과

그림 4는 0.8μm 50V CMOS 공정을 통해서 제작된 PFC IC를 나타내고 있다. 제작된 PFC IC의 유효 핀수는 14핀이며 DIP 16 패키지 방식을 적용하였다.

그림 5는 입력부에 수동필터와 PFC 모듈을 각각 부착할 수 있도록 제작된 1kW급 직류 전원장치의 내부 모습을 보여주고 있다.

그림 6은 PFC IC를 사용한 1kW급 직류 전원장치에 인가되는 입력 전압과 입력 전류 파형을 보여준 것으로 입력 전류가 입력 전압 파형에 완벽하게 추종함을 확인할 수 있으며 실험 결과에 의하면 입력 역률은 95% 이상의 고역률을 나타내었다.

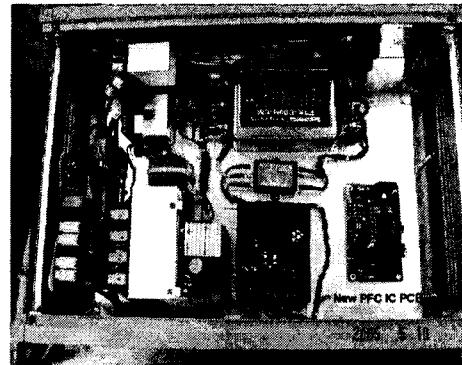


그림 5. 1kW급 직류 전원장치 내부 모습

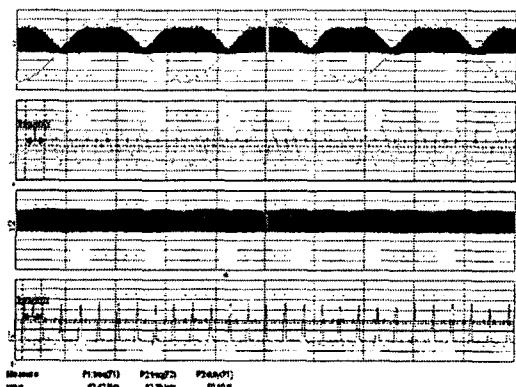


그림 6. 입력 PFC 모듈 실험 결과

3. 결 론

본 논문에서는 입력부에 LC 수동소자와 PFC IC를 각각 사용했을 경우의 1kW급 직류 전원장치에서의 동작 특성을 비교하고 있다. 풀브릿지 영전압 위상천이 컨버터를 기본으로 구성된 1kW급 직류 전원장치에서 입력부에 노이즈 필터만을 사용하였을 경우, 입력 역률은 약 70% 정도였으며 평균전류 모드 방식의 PFC IC를 적용한 경우는 95% 이상의 고역률을 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Bo Feng and Dehong Xu, "1kW PFC Converter With Compound Active-Clamping", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 20, No. 2, 2005
- [2] 최창석, "대기전력 저감을 위한 전력용 반도체 기술", 전력전자학회지, 제10권 제1호, pp. 22-29, 2005

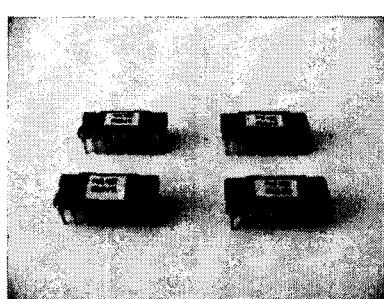


그림 4. CMOS 공정을 적용한 PFC IC 1차 시제품