

LED 구동용 1단방식 고역률 컨버터

허민호*, 송지석*, 박성준*, 김광현*, 김중권**
 전남대학교*, 준성ENR**

Single Stage PFC Converter for LED Drive

Min-Ho Heo*, Ji-Seok Song, Sung-Jun Park*, Kwang-Heon Kim*, Jong-Kweon Kim**
 Chonnam National University*, Junsung ENR**

Abstract - LED 조명시스템의 구동드라이브는 크게 1단 방식과 2단 방식으로 구분할 수 있다. 1단 방식은 경제성은 있으나 LED 출력제어에 역률 보정을 하지 못하는 반면, 2단 방식은 LED 출력제어와 함께 역률 보정은 가능하나 회로가 복잡하여 경제성에 약점을 안고 있다. 본 논문에서는 입력측 역률을 개선하고 고조파 발생을 억제하기 위한 능동역률 개선회로와 함께 능동 클램프 방식의 플라이백 컨버터 방식을 이용하여 2차측 출력을 동시에 제어할 수 있는 단일단 형태의 구동 드라이브를 구성하여 시뮬레이션과 실험을 통해 제작 단가 절감 효과와 시스템 효율 향상을 검증하였다.

1. 서 론

최근 LED는 차세대 광원으로서 각광을 받고 있으며, 디스플레이 및 백라이트, 일반 조명에 이르기까지 폭 넓은 시장을 형성하고 있다. 특히 소형, 박형, 경량화, 장수명 및 다양한 색상으로 표현 가능하고, 세계적으로 이슈화 되고 있는 친환경, 즉 수은이 없는 차세대 조명기기로서 연구가 활발히 이루어지고 있다. 점차히 정량적인 밝기만을 제공하는 조명에서 인간의 감성적인 부분을 표현하기 위해 다채로운 색채를 이용한 조명이 요구되고 있다. 이러한 LED 조명시스템의 핵심적인 한 부분인 구동 회로는 크게 1단 방식과 2단 방식으로 구분할 수 있다. 1단 방식은 경제성은 있으나 디밍 시 역률 보정을 하지 못하는 반면, 2단 방식은 PFC단의 출력에 정전류 제어가 가능한 DC/DC단을 추가하는 방식으로 디밍 시 역률 보정은 가능하나 회로가 복잡하여 경제성에 약점을 안고 있다.

전력용 반도체의 발전과 더불어 전기, 전자 장비에 필요한 안정적인 SMPS에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 응용분야가 확장되고 있다. SMPS는 대부분 입력단에 전파 정류기와 평활용 콘덴서가 있는 콘덴서 입력형 정류 방식을 이용한다. 커패시터 입력형 정류 회로는 교류 입력전압의 최대값 부근의 짧은 기간 동안만 정류회로가 도통되기 때문에 폭이 좁은 펄스성 전류를 발생시킨다. 이러한 펄스성 전류는 각각의 전자기기에서 동시에 발생하여 동 위상으로 더해지게 되므로 상용전원측의 전압강하를 발생시키고 많은 고조파 성분을 함유하기 때문에 입력측 역률이 크게 저하되는 문제점을 가지고 있다. 이는 전압의 왜곡을 발생시켜 전도성 전자파 장애를 일으키므로 전력 계통에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 이에 대한 대책으로서 IEC, IEEE 등 국제기구에서는 IEC61000-3-2, IEEE519 등과 같은 규격을 제정하여 600[W] 이하의 소형 전자기기를 대상으로 하여 고조파 성분에 의한 입력 측 역률저하에 대한 규제를 하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 가장 널리 쓰이는 방법 중 하나는 2단 역률 개선을 위한 PFC단과 출력전압 조절을 위한 DC/DC컨버터 단으로 구성되어 있다. 2단 방식은 역률개선단과 DC/DC컨버터 단을 각각 설계함으로써 고 역률, 낮은 고조파 왜곡, 충분한 에너지 축적시간의 장점을 가지고 있어 최적 설계가 가능하지만, 역률 개선단과 DC/DC컨버터 단은 서로 독립된 제어기와 스위치가 필요하기 때문에 회로가 복잡해지고 제작비용이 많이 들며 두 번의 전력 변환 단계를 거쳐야 하기 때문에 효율적인 측면에서 전체적인 효율감소를 보이는 단점이 있다.

본 논문에서는 입력측 역률을 개선하고 고조파 발생을 억제하기 위한 능동역률 개선 회로 구성을 위해 능동 클램프 방식의 플라이백 컨버터를 이용한 입력측 역률 개선과 변압기 2차측 출력을 동시에 제어할 수 있는 단일단 형태의 토폴로지를 제안하고 시뮬레이션과 실험을 통해 그 효과를 입증하였다.

2. 본 론

2.1 회로구성과 동작원리

실제 스위칭 전원의 응용에 있어서 고전압 또는 누설전류로 인한 사고 위험으로부터 사용자를 보호하기 위하여 입력과 출력사이에 전기

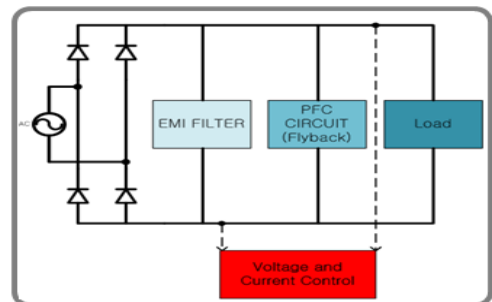
적인 절연이 요구된다. Flyback 컨버터는 비절연형 컨버터중 Buck-boost 컨버터와 기본 동작은 동일하다.

$$V_i DT_s = \frac{N_1}{N_2} V_o (1-D) T_s \quad (1)$$

N_1, N_2 는 변압기의 1차, 2차 권수이며, D 는 듀티비를 나타낸다. 출력전압은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_o = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{1-D} V_i \quad (2)$$

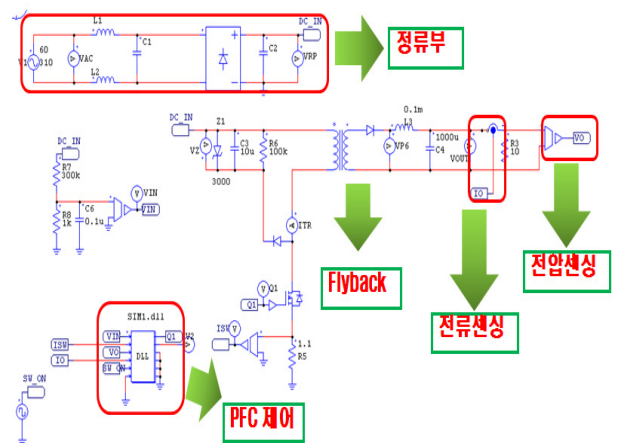
그림 1은 제안된 LED 구동용 단상 PFC Flyback 컨버터의 블록도를 나타낸 것으로 단상전압원, EMI 필터, 정류기 등을 포함하는 정류부와 변압기, 인덕터, 스위칭소자, 다이오드, 커패시터 등을 포함하는 Flyback 컨버터부, 출력전압과 출력전류를 센싱하여 단위역률을 제어할 PFC 제어부로 구성되어 있다.



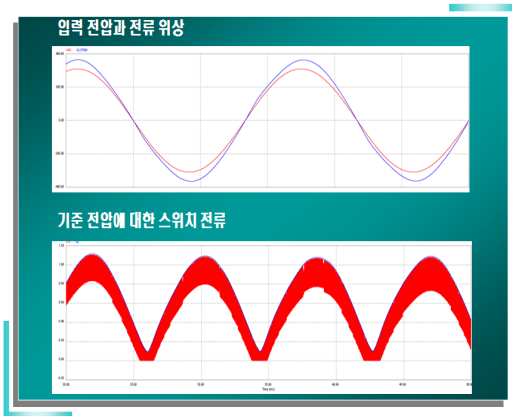
〈그림 1〉 1단방식 PFC Converter

2.2 시뮬레이션 결과

그림 2는 제안된 LED 구동용 단상 PFC Flyback 컨버터의 타당성을 검증하기 위한 PSIM 회로도이다. 출력전류 및 출력전압을 센싱하여 입력전압과 입력전류가 단위역률을 이루도록 DLL 파일을 이용하여 PI제어 알고리즘을 사용하였다.



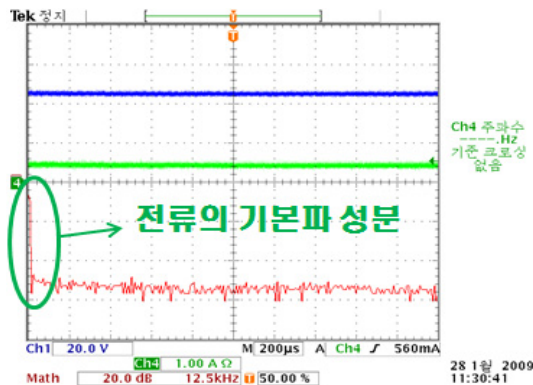
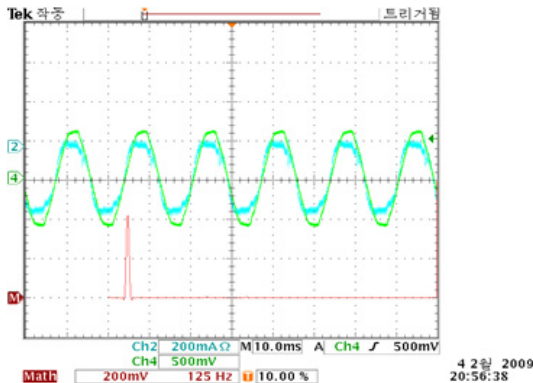
〈그림 2〉 제안된 회로도



<그림 3> 시뮬레이션 결과

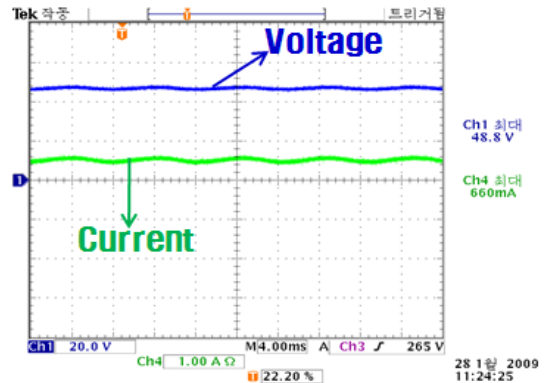
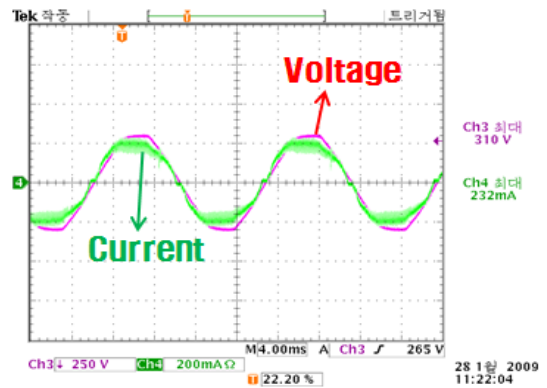
그림 3은 PSIM을 이용한 시뮬레이션의 입력전압과 입력전류의 위상을 측정된 파형으로 입력전압과 입력전류가 정확하게 동위상을 이루고 있음을 알 수 있다. 또한 기준 전압에 대한 스위치 전류는 불연속모드(DCM)로 제어되고 있음을 알 수 있다. 높은 고역률을 얻기 위하여 PFC 회로는 항상 DCM 모드로 작동해야 한다. 변압기의 전압이 최대로 충전되고 최소로 방전될 때 PFC 회로는 최대 출력을 낸다.

2.3 실험 결과



<그림 4> 입출력 전압/전류 FFT 분석파형

그림 4는 시뮬레이션을 바탕으로 실제 프로토타입의 LED 구동용 단상 PFC Flyback 컨버터를 제작하여 실험한 입력전압과 입력전류의 파형을 나타내고 있다. 입력전류의 FFT(FFT: Fast Fourier Transform) 분석을 통한 결과 고조파 성분이 많이 함유되어 있지만 기본파 성분에 비하여 매우 작음을 알 수 있다. 또한 입력전류의 파형이 입력전압의 파형을 잘 추종하여 단위역률을 이루고 있음을 알 수 있다.



<그림 5> 입력 역률 및 출력 파형

그림 5는 입력전압과 입력출력이 동위상을 이룰 때의 출력 전압 및 출력전류의 파형을 나타낸 것으로 입력 전압 220[V]에서 출력 전압 48.8 [V], 출력전류 660[mA]로 출력이 32[W]로 잘 제어 되고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문은 고효율 LED 출력제어를 위해 복잡한 회로방식 및 경제성에 약점을 가지고 있던 2단 방식을 탈피한 2차측 출력을 동시에 제어할 수 있는 1단방식의 능동 클램프 방식의 플라이백 컨버터를 제안하였다. 제안된 방식은 고조파 성분을 제거하고, 역률을 개선하기 위하여 능동 PFC 기법을 이용한 전류 불연속 모드 단상 40W급 LED 구동드라이브 플라이백 컨버터로 PSIM 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 프로토타입 제작을 통하여 제안된 회로의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성 사업으로 수행된 연구결과임.
본 연구는 지식경제부의 에너지자원 인력양성사업을 통한 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] J. Qian, Q. Zhao, and F. C. Lee, "single stage single switching power factor correction AC/DC converters with dc bus volt feedback for universal line applications," IEEE Transactions Power Electronics, Vol. 13, Nov 1998, pp-1079~1088
- [2] M. H. Kheruluwala, R. L. Steingerwald, and R. Gurumoorthy, "Fast response high power factor converter with a single power stage," IEEE Proc.PESC, 1991, pp-769~779
- [3] Jindong Zhang, Milan M. Jovanovic, and Fred C. Lee, "comparison between CCM sing-stage and two-stage boost PFC converters," IEEE Proc. APEC, 1999, pp-335~341
- [4] Redl, R.; Balogh, L.; Sokal, N.O. "A new family of single-stage isolate power-factor correctors with fast regulation of the output voltage", IEEE Proc. PESC, 1994, pp-1137~1144
- [5] Qiao, Chongming; Smedley, K.M., "A topology survey of single-stage power factor corrector with a boost type input current shaper", IEEE Proc. APEC, 2000, pp-460~467