

LED 정전류 제어를 위한 인터리브드 플라이백 컨버터의 연구

김효선, 송광석, 김승애, 김태훈*, 박성준
전남대학교, 삼성전기*

The study of interleaved flyback converter for LED Constant-current control

Hyo Seon Kim, Gwang Seok Song, Seung Ae Kim, Tae Hun Kim*, Sung Jun Park
Chonnam National University, Samsung Electro-Mechanics*

ABSTRACT

최근 LED 드라이버의 효율 향상에 집중될수록 LED의 특성을 고려한 정전류 제어가 더욱 중요해지고 있다. 본 논문에서는 LED 모듈과 같은 정전류 제어가 필요한 부하에 플라이백 컨버터의 병렬구조 연결에 의한 정전류 공급법에 대해 제안한다. 플라이백 컨버터를 병렬구조로 연결하고 전류 불연속 모드 상태에서 스위칭 소자에 PWM 신호를 교차 인가하고, 또한 싱글 스테이지의 전력변환을 함으로써 시스템 효율을 개선하였다. 더불어 병렬구조로 연결된 플라이백 컨버터의 변압기를 통합하여 설계함으로써 코어의 부피, 비용 및 출력 리플 저감의 효과를 가능하게 하였다. 제안된 알고리즘 및 시스템에 대해서 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 조명 연구 분야에서는 LED의 효율 향상이 최대 관심사이다. 그 효율 향상에는 LED 자체의 효율 뿐만 아니라 구동 드라이버 효율도 포함되어 있어 새로운 토폴로지와 그 제어 방법이 활발히 개발되고 있는 실정이다.

LED의 특성은 LED의 접합온도, LED에 흐르는 전류, LED의 밝기, LED 양단 전압에 의해 결정된다. LED에 전류가 흐르게 되면 온도가 상승하면서 발광에 기여하지 않는 전자와 정공의 재결합이 증가하여 밝기가 저하되고, 순방향 전압도 저하된다. 또한 밝기 저하량은 순방향 전류가 클수록 커지는 특성을 가지고 있다.

LED의 전원 구동장치의 제어방식은 정전압 제어 방식과 정전류 제어 방식으로 나뉜다. 정전압 제어 방식은 저항에서의 소비되는 전력으로 말미암아 효율이 떨어지고, 온도 상승시 전류 제어가 어렵다는 문제점이 있다. 일반적으로는 전류에 따라 변하는 밝기 문제와 관련하여 정전류 제어 방식이 많이 선택되고 있다.

기존의 LED 구동 드라이버의 경우 입력 교류가 전파정류단을 거쳐 PFC, DC/DC 컨버터단을 통과하고 이를 다시 정전류 제어단을 거쳐 최종적으로 LED로 공급되는 구조로 되어 있다. 이 경우 결국 3단계의 Stage를 거치기 때문에 효율 저하의 문제점이 있었다.

제안하는 토폴로지는 PFC단과 정전류 제어단을 동시에 포함할 수 있는 Flyback converter 단만으로 구성되어 있는데 통과하는 Stage를 줄임으로써 효율상승을 도모할 수 있다는 장

점이 있다.

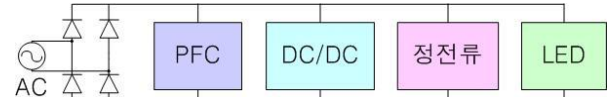


그림 1 기존의 LED 구동 토폴로지 단
Fig. 1 Conventional LED Operating Topology Stage



그림 2 제안하는 LED 구동 토폴로지 단
Fig. 2 Proposed LED Operating Topology Stage

2. 본문

2.1 제안하는 Flyback 토폴로지

그림3에서 나타내는 토폴로지는 EMC 회로와 단상 다이오드 브릿지를 통과시켜 얻은 DC 출력을 플라이백 컨버터 회로에 입력시키는 구조로 되어 있다. 또한 동일한 플라이백 컨버터 2개를 입력단에서 병렬로 연결시킨 이른바 인터리브드 방식으로 되어 있다. 2개의 플라이백 컨버터는 그림과 같이 하나로 형성된 코어를 변압기로 활용하게 되는데 각각의 플라이백 회로의 1차, 2차 권선을 코어의 좌, 우 막대에 감게 되어 있다.

각각의 플라이백 회로의 스위칭 소자에는 교차 PWM 신호로 구동하게 되어 있어 전류가 교차하여 부하에 출력되도록 하였다.

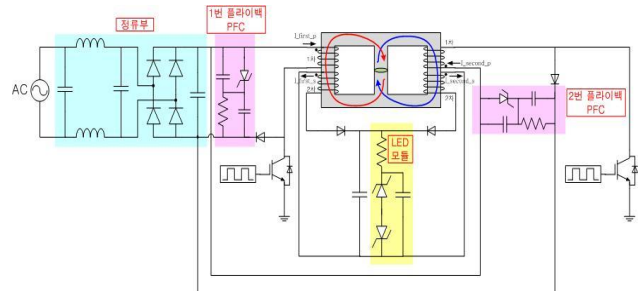


그림 3 제안하는 LED 드라이버 스키메틱
Fig. 3 Proposed LED Driver Schematic

정전류 제어 방식은 제어가 비교적 수월한 불연속 전류 모드에서 동작되도록 하였다. 인터리브드 구조와 서로 교차하는 게이팅신호에 의해 부하에 흐르는 전류는 주기적으로 교차하여 흐르므로 전류가 0이 되는 구간을 현저히 줄어든게 하였다. 결국 DCM에서 CCM과 유사한 효과를 거두도록 한 것이다.

2.2 변압기 설계

본 논문에서 제안하는 변압기의 특징은 하기와 같다. 그림과 같이 일반형 코어 2개를 맞붙여 양쪽 부분에 1, 2차 권선을 각각 감게 하였다. 2차 권선은 1차권선과 같은 코어에 1차와 절연시켜 감게 되며, 가운데 자로에서의 자속 방향이 서로 반대가 되도록, 즉 자속이 서로 상쇄되도록 각 권선에서의 전류 방향을 설정하도록 하였다. 이를 인터리브드 자속 방식(Interleaved Flux Method)이라 표현하기로 한다. 가운데 코어에 흐르는 자속의 양은 양쪽 권선수의 차, 자로의 자기저항과 그 비율등으로 결정된다.

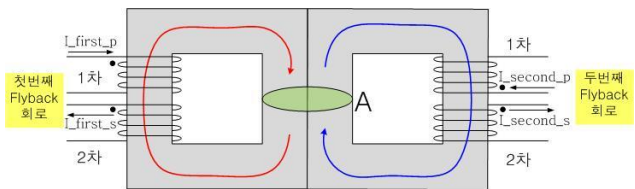


그림 4 기존의 인터리브드 변압기 구조
Fig. 4 Conventional Interleaved Transformer Structure

가운데 자로에서 자속이 교차 상쇄하도록 설정하면 하기와 같은 장점을 가진다.

첫째, 가운데 자로에 흐르는 자속의 Maximum 값은 각각의 플라이백 변압기에서 발생할 수 있는 최대 자속량을 초과할 수 없게되는 결과 가운데 자로의 코어 단면적을 기존 단면적 대비 0~50% 로 축소할 수 있게 되며 이는 스택 제작시 부피 감소 및 제작비 절감의 효과를 가진다. 코어 단면적을 줄인 후의 코어는 그림 5로 표현하였다.

둘째, 두 개의 플라이백 컨버터 스위치에 PWM을 서로 교차 인가하면 코어 내의 자속이 스위칭 주기에 맞추어 교차 발생하게 되는데 이는 마치 각종 토폴로지에서 리액터 대신에 커패시터 변압기를 사용하면 효과를 볼 수 있는 출력 리플 저감 효과를 가지게 한다.

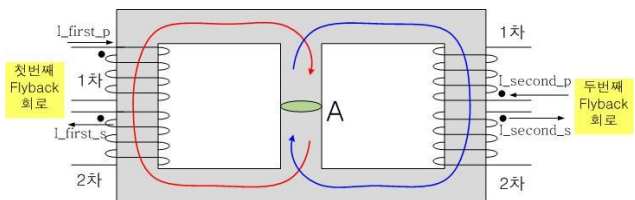


그림 5 제안하는 인터리브드 변압기 구조
Fig. 5 Proposed Interleaved Transformer Structure

2.3 시뮬레이션

제안하는 토폴로지를 PSIM을 사용하여 시뮬레이션 하였는데 그림 5의 통합된 코어의 특성은 PSIM상에서 구현하기 어려워 일반 변압기 2개와 DLL을 활용하여 시뮬레이션 하였고 그 결과파형은 그림 7과 같다.

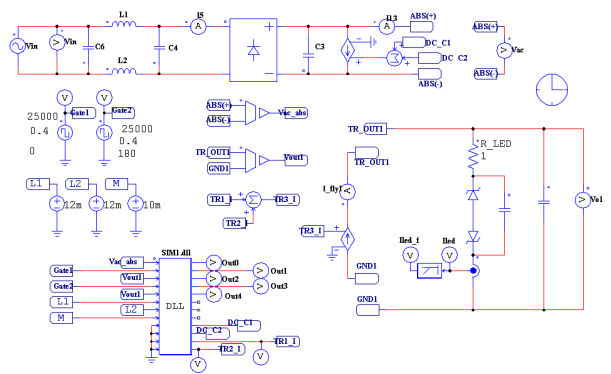


그림 6 PSIM상에서의 스키매틱
Fig. 6 Schematic in PSIM

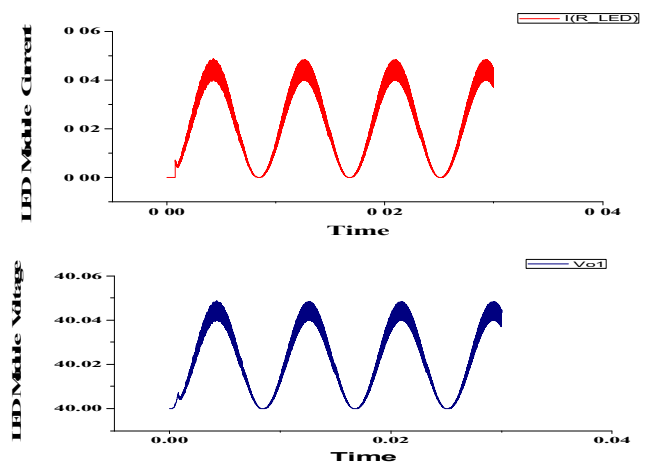


그림 7 PSIM 결과 파형 (LED Module Current/Voltage)
Fig. 7 Wave Pattern in PSIM(LED Module Current/Voltage)

3. 결론

제안하는 토폴로지를 사용하여, LED 모듈의 구동 드라이버 단을 2단계로 축소하여 효율을 높였으며, 인터리브드 자속방식의 변압기 설계를 통한 코어의 부피 및 제작비 저감, 전류 리플 저감이라는 효과를 가지도록 하였으며 이는 LED 구동드라이버 연구 분야에 일정부분 기여할 수 있다고 판단된다.

지역혁신인력양성사업
본 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고 문헌

- [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, pp 1079~1088, Nov. 1998
- [2] M. H. Kheruluwala, R. L. Steingerwald, and R. Gurumoorthy, "Fast response high power factor converter with a single power stage," IEEE Proc.PESC, pp 769~779, 1991