

# 새로운 절연형 두 채널 LED 드라이버

김종우, 문정필, 문건우  
KAIST

## New Isolated Two-channel LED Driver

Jong-Woo Kim, Jung-Pil Moon, and Gun-Woo Moon  
KAIST

### ABSTRACT

본 논문에서는 하나의 스위치를 갖는 새로운 절연형 두 채널 LED 드라이버를 제안한다. 제안하는 드라이버는 두 채널 LED 드라이버의 각 채널 전류를 같게 제어하기 위한 블라킹 캐패시터를 공진 캐패시터로 사용하여 플라이백 타입의 인버터를 사용하게 된다. 기존의 드라이버가 LLC 타입의 인버터를 사용하기 때문에, 제안하는 드라이버는 하나의 스위치만 사용할 뿐만 아니라, 게이트 드라이버 및 공진 탱크 소자를 절감할 수 있어 가격적 측면에서 큰 장점을 지니게 된다. 또한, 밸리 스위칭 기법을 적용하여 제안하는 드라이버는 높은 효율을 보인다. 400V 입력, 150-100V/0.3A 출력을 갖는 프로토타입을 통해 제안하는 드라이버의 성능을 검증하였다.

### 1. 서론

LED는 긴 수명, 높은 효율, 그리고 환경친화적 특징으로 인하여 많은 어플리케이션에서 주목 받고 있다. 100W급의 LED 드라이버는 PFC와 DC/DC 컨버터로 이루어진 두 단의 형태를 주로 사용하고 있다. PFC는 드라이버의 높은 역률을 제공하며, DC/DC 컨버터는 LED의 전류를 제어한다. LED의 밝기는 흐르는 전류에 의해 결정되기 때문에, 직렬로 연결한 형태가 주로 사용된다. 그러나, 지나치게 많은 LED의 직렬 연결은 DC/DC 컨버터의 높은 출력 전압을 의미하며, 이는 출력 캐패시터와 2차 측 정류기의 높은 전압 스트레스를 야기한다. 따라서, 두 채널을 갖는 구조가 100W급의 LED 드라이버에 많이 사용되며, 두 채널의 전류를 같게 분배하는 것이 주요 쟁점이 된다.

두 채널의 LED 전류를 같게 분배하는 방법으로는 반도체 소자를 이용한 액티브 방식과 캐패시터 혹은 자성소자를 이용한 패시브 방식으로 나눌 수 있다. 이 중에서도, 캐패시터를 이용한 방식은 캐패시터의 전하 보존 법칙을 이용하여 간단하게 두 채널의 전류를 같게 제어할 수 있기 때문에 많은 연구자들에 의해 응용되었다<sup>[1]</sup>.

캐패시터의 전하 보존 법칙을 이용한 두 채널 LED 드라이버의 1차측 인버터는 전류 소스 형태로 구현되어야 하며, LLC 인버터가 주로 사용되어 왔으나 이는 두 개의 스위치와 플로팅 게이트 드라이버, 그리고 공진 탱크 소자로 인하여 많은 수의 소자를 필요로 한다. 본 논문에서는 2차측의 블라킹 캐패시터를 공진 소자로 이용함으로써, 드라이버의 1차측에 플라이백 인버터를 사용할 수 있는 드라이버를 소개한다.

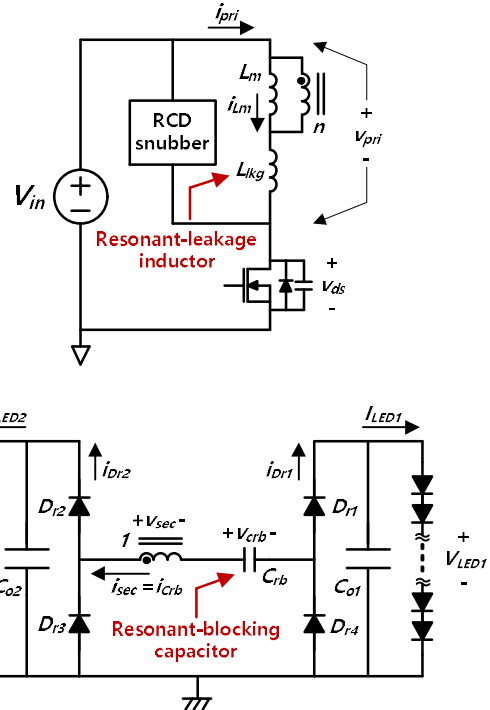


그림 1. 제안된 두 채널 LED 드라이버

### 2. 제안된 두 채널 LED 드라이버

그림 1은 제안된 두 채널 드라이버의 회로도이다. 위 그림에서 볼 수 있듯이, 제안된 드라이버는 2차측의 블라킹 캐패시터가 공진 캐패시터의 역할도 함께 하도록 한다. 또한, 트랜스포머의 누설 인덕터가 공진 인덕터 역할을 함으로써 공진 탱크 소자의 수가 최소화되었다. 또한, 1차측 인버터는 플라이백 타입을 선정함으로써 메인 스위치의 수와 게이트 드라이버 또한 최소화되었다.

제안된 드라이버는 LLC 인버터를 사용하는 드라이버와 비교하였을 때, 하나의 메인 스위치, 플로팅 게이트 드라이버, 그리고 캐패시터 하나를 절감할 수 있어 가격적 측면에서 가장 큰 강점을 지닌다 할 수 있다.

제안된 드라이버는 메인 스위치의 온 타입을 제어함으로써 LED의 전류를 제어하고, 스위칭 손실을 최소화하기 위하여 밸리 스위칭 기법을 채택하였으며, 2차 측 정류 다이오드의 스위칭 손실을 최소화하기 위하여 최대 출력 조건에서 below 영역에서 동작한다.

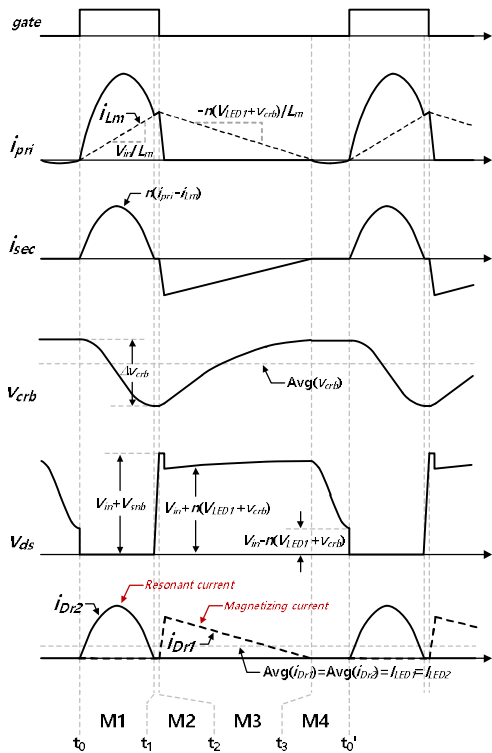


그림 2. 제안된 드라이버의 주요 동작 파형

그림 2는 제안된 드라이버의 주요 동작 파형을 나타낸다. 제안된 드라이버는 하나의 스위칭 주기에 4개의 모드를 통해 동작한다.

모드 1 ( $t_0 \sim t_1$ ): 메인 스위치는 스위치 양 단의 전압이 최소일 때 켜진다. 트랜스포머의 누설 인덕터( $L_{lk}$ )와 공진 블라킹 캐패시터( $C_{rb}$ )의 공진 전류가 출력 캐패시터  $C_{o2}$ 에 전달된다.

모드 2 ( $t_1 \sim t_2$ ): 공진이 끝난 이후에도 메인 스위치는 여전히 켜져 있다. 트랜스포머 1차측 전류( $i_{pri}$ )는 자화 인덕터 전류와 같아지며, 선형적으로 증가한다.

모드 3 ( $t_2 \sim t_3$ ): 메인 스위치가 꺼지면,  $i_{pri}$ 가 RCD 스너버에 의해 영이 되며, 자화 인덕터에 저장된 에너지가  $C_{rb}$ 와 출력 캐패시터  $C_{o1}$ 에 전달된다.

모드 4 ( $t_3 \sim t_0'$ ): 자화 인덕터 전류( $i_{lm}$ )가 영이 되면, 스위치 양 단 전압은 메인 스위치의 출력 캐패시터와 트랜스포머 1차측 인덕턴스의 공진에 의해 줄어들게 된다. 스위치 양 단 전압이 최소일 때 메인 스위치가 꺼지며, 모드 1로 돌아가 동작한다.

### 3. 실험 결과

제안한 드라이버는 400V입력, 150-100V/0.3A 출력을 갖는 프로토타입에서 실험되고 검증되었다. 제안한 드라이버의 설계는 지면 관계상 생략되었다. 실험에 사용한 소자는 다음과 같이 선정되었다: RM8 트랜스포머 코어,  $n:1=78:38$ ,  $L_m=1.5mH$ ,  $L_{lk}=8\mu H$ , 200V/220nF 공진 블라킹 캐패시터, FQP6N80 메인 스위치, MBRB50360TG 2차측 정류 다이오드.

그림 3은 제안된 드라이버의 다른 출력 전압에서의 동작 파형을 나타낸다. 밸리 스위칭 기법을 적용하여 스위칭 손실을 최소화하였다. 또한, 최대 출력전압

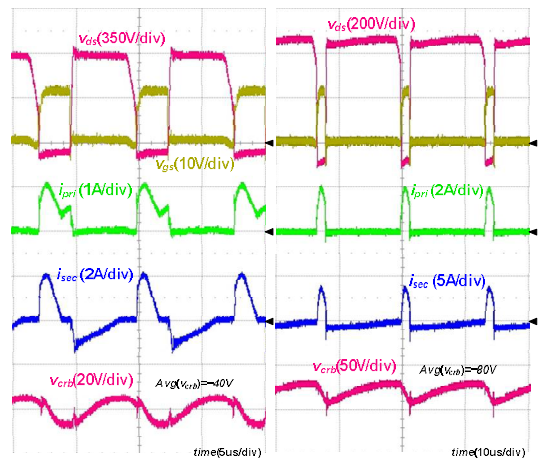


그림 3. 제안된 드라이버의 동작 파형

(좌)  $V_{LED1} = V_{LED2} = 150V$  (우)  $V_{LED1} = V_{LED2} = 100V$

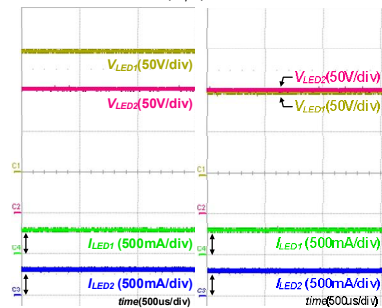


그림 4. 출력 전압이 다를 때의 동작 파형

(좌)  $V_{LED1} = V_{LED2} = 150V$  (우)  $V_{LED1} = 100V$ ,  $V_{LED2} = 150V$

조건에서 최대 효율을 갖기 위해 below 영역에서 동작하는 것을 확인할 수 있다. 출력전압이 작을 때는 스위치의 온 타임을 줄여서 전류를 제어하게 된다. 그림 4는 LED의 출력전압이 다를 때의 동작 파형이다. 그림과 같이 출력전압이 달라지더라도 두 채널의 전류는 같게 분배된다. 소자 수가 최소화되고 밸리 스위칭 기법을 선택하여 효율을 두 채널의 전압이 150V일 때 96.2%, 100V일 때 94.1%로 LLC 인버터에 비해 못지 않는 고효율을 보였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 하나의 스위치를 갖는 새로운 절연형 두 채널 LED 드라이버를 제안하고 검증하였다. 간단한 구조와 적은 소자 수로 두 채널의 전류를 같게 분배하며 높은 효율을 보이고 가격적 측면에서 강점을 지니는 드라이버를 실험을 통하여 검증하였다.

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010-0028680).

### 참고 문헌

- [1] X. Wu, J. Zhang, and Z. Qian, "A simple two-channel LED driver with automatic precise current sharing," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 58, no. 10, pp. 4783-4788, Oct. 2011.