

분산형 전력변환을 이용한 LED 구동 회로

김상언, 노정욱
국민대학교 전자공학과

LED Driver Circuit using Distributed Power Conversion

Sang Eon Kim, Chung Wook Roh
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

ABSTRACT

본 논문은 LED 구동회로에서 DC/DC 컨버터회로를 분산하여 저발열, 부피저감이 가능한 새로운 구조의 LED 구동회로를 제안한다. 제안된 회로의 특징은 기존 백컨버터에서 발열이 높고 부피가 큰 부품들을 제거하여 발열을 낮추고 부피를 줄이는 효과가 있다. 또한 전력을 분산시킴으로써 기존회로보다 소자의 전압, 전류스트레스가 감소한다. 제안한 회로를 검증하기 위해 이론적 분석결과를 통해 타당성을 검토하였고 전장용 LED 구동회로에 적용하여 실험을 통해 우수성을 검증하였다.

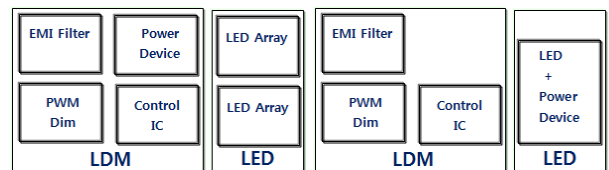
1. 서론

최근 LED(Light Emitting Diode)를 광원으로 이용하는 조명이 주목을 받고 있다. LED 광원은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 조명은 물론 자동차에도 사용이 활발해지고 있다. LED를 사용한 등화장치의 연구는 1990년대부터 단순한 신호용으로 사용된 이후로 최근에는 정지등과 주행등(Daytime Running Lamp)에 적용되어 일반에 보급화가 진행 중에 있으며 2000년대 초반부터는 자동차 등화장치의 핵심인 전조등 개발이 국내 외에서 활발하게 진행되고 있다.^{[1][2]} 본 논문에서는 LED성장이 기대되고 있는 시점을 앞두고 LED전조등에 Hybrid LED Cell을 이용하여 높은 유연성과 작은 크기의 보드크기로 구현할 수 있는 LED 구동시스템을 제안하고자 한다.

2. 제안 Hybrid LED Cell 및 구동시스템

본 논문에서는 기존의 DC/DC 백컨버터를 이용한 LED 구동회로와 차별화되고 독자적인 구동 기술을 제안한다. 제안된 LED구동회로는 그림 1(a)와 같이 기존의 LDM(LED Driver Module)부와 LED부로 구성된 회로에서 LDM부에 있던 Power Device를 분리하여 LED부에 통합함으로써 높은 유연성과 작은 보드크기로 구현이 가능하다. 그림 2는 본 논문에서 제안된 Hybrid LED Cell과 제안된 LED Cell을 이용한 구동 시스템 블록도이다.

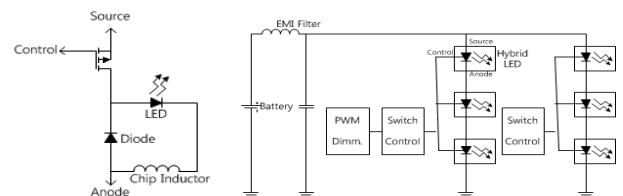
그림 2 (a)는 기존의 단품 LED에 스위치 1개, 다이오드 1개, 그리고 칩 인덕터 1개로 구성된 제안 Hybrid LED Cell의 블록도이다. 제안 LED Cell의 스위치, 다이오드, 인덕터는 모두 LED 단품 1개에 해당하는 전류 및 전력만을 담당하여 작은 크기로 구현이 가능하며, LED를 Hybrid로 구성이 가능하다.



(a) 기존 LDM과 LED (b) 제안된 LDM과 Hybrid LED

그림 1 기존 LDM과 LED와 제안된 LDM과 Hybrid LED
Fig. 1 Conventional LDM and LED, proposed LDM and Hybrid LED

제안 Hybrid LED Cell은 Source, Anode, Control 의 단자의 3단자 소자이며, Source 단과 Anode단은 각각 단품 LED 의 Cathode 단과 Anode 단에 해당한다. 제안 LED Cell 의 Control단은 LED 전류 제어를 위한 신호로 PWM 방식으로 제어된다. 인가된 구형파의 구형파 폭(PWM 방식의 경우)이나 구형파 주기(주파수 제어 방식의 경우)를 변조함에 따라 제안 LED Cell의 LED 전류가 결정된다. 그림 2 (b)는 제안된 Hybrid LED Cell로 LED 구동 시스템을 구성한 일반 구성도를 나타낸다. 그림처럼 제안 Hybrid LED Cell의 Source단과 Anode단을 일반적인 직/병렬 LED Array 구성과 동일하게 구성한다. 제안 Cell의 Control단은 각각 직렬 연결된 LED Branch의 제어 전류 신호(PWM)를 인가한다. 제안 Hybrid LED Cell을 이용한 LED 직/병렬 구성시 어떤 사양의 연결 시에도 그림 2 (b)의 LED 구성도처럼 일반화된다. 따라서 구동 모듈 표준화에 매우 유리하다. 또한 제안 LED Cell 을 이용한 구동 방식은 기본 동작은 백컨버터를 이용한 LED 구동 방식과 유사하다. 따라서, SMPS 구동 방식의 주요 장점인 고효율 전력 변환이 가능하다. 그리고 Hybrid LED Cell의 경우 스위치와 다이오드가 직접화 되어 방열판을 따로 사용하지 않고 LED 자체의 방열판으로도 가능하다.



(a) Hybrid LED Cell (b) 제안된 회로를 이용한 구동 시스템 블록도

그림 2 Hybrid LED Cell과 제안된 LED Cell을 이용한 LED 구동회로
Fig. 2 Hybrid LED Cell and LED Driver using Proposed LED Cell

그리고 기존의 벡컨버터를 이용한 LED 구동 회로에 비해, 외부 스위치, 외부 다이오드, 그리고 외부 인덕터가 없이 switch control IC 및 PWM dimming IC로만 구현 가능하다. 따라서 외장 보드는 EMI Filter와 Control IC류만 포함하므로 보드 크기 및 부피가 획기적으로 줄어든다. 또한 제안 방식은 방열판 사용을 최소화하거나 제거할 수 있다. Cell 내에 집적된 스위치와 다이오드는 전압/전류 스트레스가 LED 단품 1개의 전압/전류 스트레스에 해당되어 기존회로보다 스트레스가 낮아 스위칭 손실이 적을 뿐만 아니라, LED 자체의 방열판 공유로 충분하기 때문이다.

2.1 제안된 LED 구동회로의 동작원리

그림 3은 스위치에 ON/OFF에 따른 등가회로를 도시화 하였다. 각 모드 별 등가회로 동작은 다음과 같다.

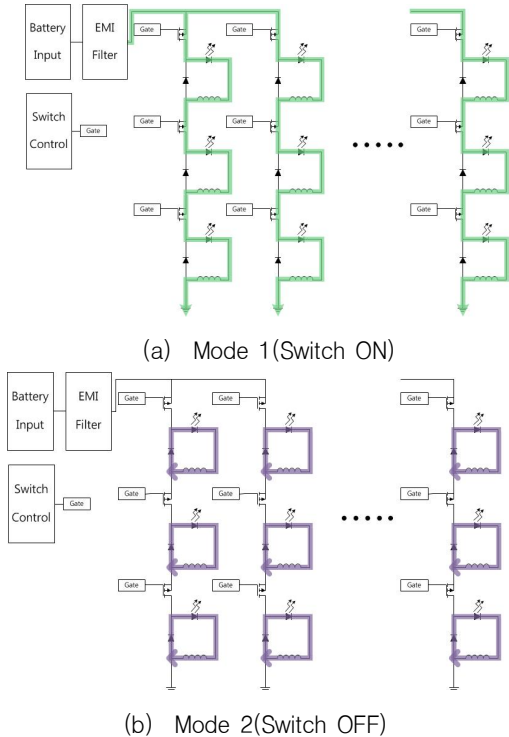


그림 3 스위치상태에 따른 도통 경로
Fig. 3 Conductive path according to switch status

제안된 Hybrid LED를 적용한 회로에서 그림 3 (a)는 스위치가 도통되는 경우이다. Mode1 동안의 각 Hybrid LED의 스위치는 도통하게 된다. 이때의 각각의 인덕터 전류는 $(V_i - 3V_F)/L$ 의 기울기를 가지고 증가하고 모든 다이오드는 차단된다.

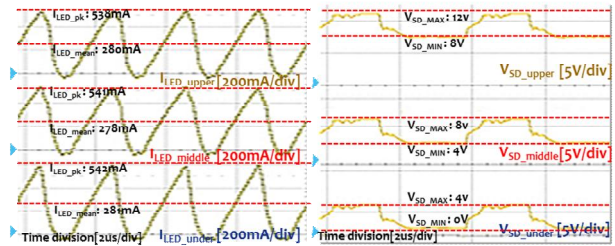
그림 3 (B)의 등가회로처럼 스위치가 차단되면 각각의 다이오드는 도통하며, 이때의 인덕터 전류는 $-V_F/L$ 의 기울기를 가지고 각각 감소한다.

2.2 제안된 LED 구동회로의 실험 결과

본 논문을 같은 이론적 해석을 바탕으로 전장용 LED 구동 회로를 위한 시작품을 설계하고 실험 결과를 제시하여 타당성을 검증한다. 설계를 위한 입출력 사양과 실험에 사용된 주요 파라미터는 다음과 같다.

표 1 제안 Hybrid LED 구동회로 주요 파라미터
Table 1 Principal Parameters for Proposed Hybrid LED Driver

| | |
|------------------------------|--------|
| Input Voltage | 12Vdc |
| Output Voltage (V_{LED}) | 2Vdc |
| Output Current (I_{LED}) | 280mA |
| Frequency | 230KHz |
| Output Inductor | 4.7uH |
| Output Capacitor | 10uH |



(a) LED 전류파형 (b) 스위치의 V_{SD} 파형

그림 4 Hybrid LED의 주요 동작 파형
Fig. 4 Experimental waveforms of Hybrid LED

실험 결과 주요파형은 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 Hybrid LED 3개를 직렬로 연결하여 구동하여도 각 Hybrid LED의 전류는 모두 동일한 크기가 흐르며 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 Hybrid LED의 각 스위치는 하나의 전압스트레스만 해당되어 낮은 전압 스트레스와 별도의 방열판 없이 동작이 가능함을 확인하여, 제안회로의 우수성을 검증하였다.

3. 결론

본 논문은 최근 각종 환경규제와 소비전력 문제등으로 인해 전력소모 및 수명, 친환경성 등에서 큰 장점을 가진 LED를 이용한 새로운 구조의 전장용 LED 구동 시스템을 제안하였다. 제안한 방식은 기존에 전장용 LED의 LDM에서 Power Device를 분리시켜 LED에 직접화하면서 전체 구동회로에서 발열이 크고 부피가 큰 부품들을 사용하지 않아도 되는 점을 주목한다. 이를 고려하면 LDM에서는 EMI filter와 부피가 작은 Control IC만 존재하므로 기존보드에 비해 작은 크기의 LDM 보드를 구현할 수 있다. 또한 Power Device를 분리시킴으로써 높은 유연성과 높은 효율의 전장용 LED를 제안하였고 제안회로는 하드웨어 실험을 통하여 우수함을 확인하였다. 따라서 제안된 회로는 유사한 입/출력 사양을 갖는 여러 응용분야에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 삼성전자(주)의 연구비 지원과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2012 H0301 12 2007)

참고 문헌

- [1] 신상욱, 임종민 외 “자동차용 LED 전조등의 기술 및 표준화 동향”, 한국조명·전기설비학회 2008 추계학술대회 논문집 145 148, 2008.10
- [2] 홍대운, 이성재 “LED를 이용한 차량용 램프구현”, 한국광학회 2004년도 동계학술발표회 논문집 266 267, 2004.2