

# LED 조명용 전력변환장치의 전류 리플 최소화 기법

홍석진\*, 신수철\*, 고영상\*, 이희준\*, 원충연\*, 이택기\*\*  
성균관대학교\*, 한경대학교\*\*

## A Current Ripple Reduction Method of LED Lighting System

Seok Jin Hong\*, Soo Cheol Shin\*, Young Sang Go\*, Chung Yuen Won\*, Taek Gi Lee\*\*  
Sungkyungkwan University\*, Hankyung University\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 MOSFET의 전계효과를 이용하여 LED 조명용 전력변환기 출력의 전류 리플을 최소화 하는 방법과 이로 인하여 발생하는 스위칭 손실을 최소화하는 기법을 제안한다. 제안하는 방식은 MOSFET의 선형영역을 사용하여 출력 전류를 제어함으로써, 전력변환기의 출력 전류에 리플이 발생하지 않는다. 이러한 방식은 스위칭 방식의 전력변환 회로에 비하여 출력전류리플이 상대적으로 매우 작기 때문에, 수동필터를 최소한으로 설계할 수 있는 장점을 갖는다. 제안된 방법을 전통적인 Buck 컨버터에 적용하고 시뮬레이션을 통하여 제안된 회로와 알고리즘의 이론적 타당성을 검증하였다.

### 1. 서 론

LED 조명설비는 수은 또는 메탈 할라이드 전등에 비하여 조명효율이 좋으며, 장시간 사용이 가능 하므로, 최근 새로운 조명 시스템으로 각광받고 있다. 특히, 최근에 빌딩의 조명설비와 신호등은 LED 조명설비로 대체되고 있다. 그러나 LED 조명설비는 직류전력을 공급하는 전력변환기를 필요로 하는 단점을 갖는다. 기존의 LED용 직류 전력변환 장치는 스위칭방식을 이용하기 때문에 전류 또는 전압에 리플이 발생한다. 그러나 LED 조명 설비는 입력 전원에 민감한 발광 다이오드를 사용하기 때문에 리플전류 또는 리플 전압에 대하여 조명의 플리커 현상을 유발할 수 있으며, 수명 또는 신뢰성에 큰 영향을 미친다. 이러한 이유로 기존의 전력변환 장치는 시스템에 비하여 대용량 수동 필터를 필요로 하는 단점을 갖는다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 전력변환장치에서 발생시키는 리플전류와 리플전압을 최소화하는 방법을 MOSFET를 이용하여 구현하였다. 제안한 방법은 전력용 반도체를 스위칭 하지 않고 선형영역에서 게이트 전압을 제어함으로써, 반도체 소자의 스위칭 손실과 수동 필터 용량을 최소화할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

### 2. 본 문

#### 2.1 수동 필터를 이용한 LED 조명용 전력변환장치

기존의 LED 조명용 전력변환 장치는 출력전류의 리플을 저감시키기 위하여 그림 1과 같은 수동 필터를 필요로 한다<sup>[1]</sup>. 수동 필터는 전력변환 장치의 스위칭 주파수, 출력 전류 및 전압

의 크기, 공진 주파수 등을 고려하여 설계하며, 상대적으로 용량이 큰 시스템에서 수동 필터의 크기 및 설치 면적은 시스템 설계에 어려움을 갖게 하는 요인이 된다. 특히, 가변 전압 및 전류 출력을 갖는 시스템에서는 수동필터의 설계가 어려운 단점이 있다.

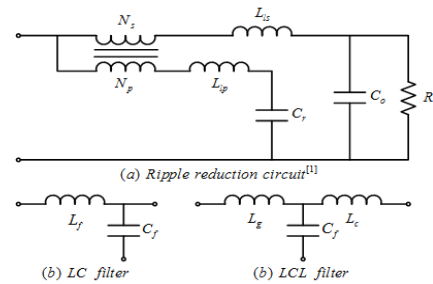


그림 1. 리플저감을 위한 각종 필터 예  
Fig 1. Examples of various filters for ripple reduction

#### 2.2 제안하는 제어알고리즘

그림 2는 제안한 LED 조명설비의 전력변환장치로 전통적인 Buck 컨버터에 보조 스위치를 추가한 구조이다. 보조 스위치는 게이트 전압을 제어하여 FET의 선형영역에서 전류를 제어하므로 스위칭 기법을 사용하지 않고, 전계효과를 이용하여 보조 스위치에 흐르는 전류의 양을 제어한다. 기존의 Buck 컨버터만을 이용하는 LED 조명용 전력변환 장치에 비하여 보조 스위치를 추가적으로 필요로 하는 단점을 가지나, LED 조명 설비에 전류 리플이 최소화 된 전원을 공급함으로써, 조명설비의 신뢰성, 유지보수성, 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다.

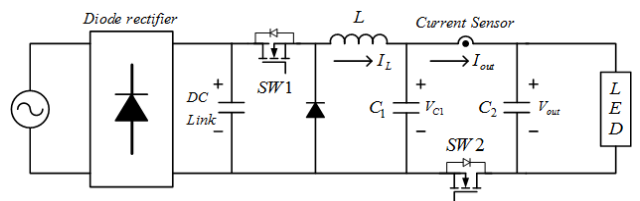


그림 2. Buck-Converter에 적용한 모습  
Fig 2. Apply to Buck-Converter

SW1은 일반적으로 알려진 Buck 타입의 컨버터용 스위치로 스위칭 동작을 이용하여, 컨버터 출력측 직류링크( $C_1$ )의 전압을 일정하도록 제어한다. SW2는 LED 조명 설비에 전력을 공급하기 위한 스위치로 LED 조명설비로 흐르는 전류의 크기를 조절한다.

SW1과 SW2에 대한 제어알고리즘은 그림 3과 같다. 입력받은 전압지령에 대하여 각각의 제어기는 SW1과 SW2의 스위칭을 통하여 출력전압을 제어한다. SW1에 대한 출력은 PWM방식을 이용하여 스위칭을 하고 SW2에 대한 출력은 DA 컨버터를 이용하여 MOSFET의 게이트 전압의 크기를 제어한다. SW2의 게이트 전압을 제어함으로써 FET의 채널의 크기를 선형적으로 제어하여 리플전류 없이 FET에 흐르는 도통 전류를 제어할 수 있다. 또한 CC제어, CV제어를 할 수 있다. SW2에서 발생할 수 있는 도통 손실을 최소화하기 위하여 작을수록 좋지만, 시스템의 응답성을 고려하여  $C_1$ 의 전압이  $C_2$ 의 전압보다 2[V] 크도록 제어한다. 제안한 SW2의 선형영역을 이용하여 도통 전류를 제어하는 방식은 출력전류에 리플을 최소화 할 수 있다.

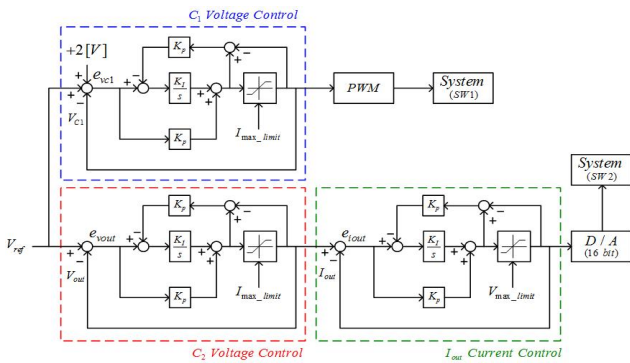


그림 3. 제안하는 제어 알고리즘

Fig. 3. Control block of output current ripple reduce

### 2.3 시뮬레이션

표 1은 제안된 시스템의 입출력 파라미터이다. 파라미터의 조건대로 일반적인 Buck 컨버터와 MOSFET을 추가한 컨버터의 시뮬레이션을 하여 비교함으로써 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

표 1. 제안된 buck-컨버터의 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters of proposed buck-converter

항 목	조 건 값
입 력 전 압	311 [ V ]
출력전압 (CV)	12~300 [ V ]
출력전류 (CC)	0~3 [ A ]
스위칭 주파수	200 [ kHz ]
부 하	50 [ Ω ]
인덕터 (L)	240 [ μH ]
커패시터 (C)	200 [ μF ]

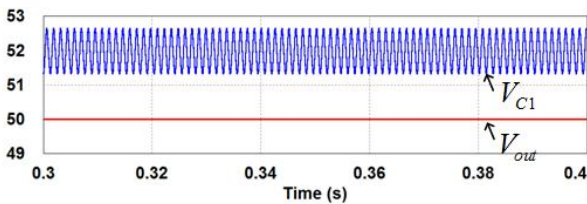


그림 4. 제안된 방법을 적용한 전·후 전압파형 비교

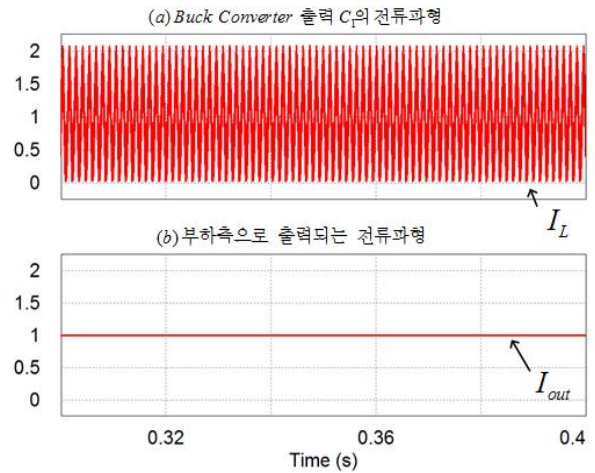


그림 5. 제안된 방법을 적용한 전·후 전류파형 비교

LED 조명설비에서 일반적으로 요구되는 전압의 최대값 (50[V])을 기준으로 하여 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 4, 5는 일반적인 Buck 컨버터와 MOSFET을 추가한 회로의 시뮬레이션 결과이다. 그림 5에서 볼 수 있듯이, 리플이 존재하는 일반적인 Buck 컨버터와는 달리 MOSFET을 추가한 회로의 출력전류에는 리플이 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 4에서는 그림 3에서는 제안하였던 제어 알고리즘을 적용하여  $C_{Link}$ 의 전압을  $C_{Link}$ 보다 2[V]크게 제어함으로써 도통 손실을 최소화 한다. 부하로 출력되는 전류의 리플이 크게 감소됨에 따라 전압의 리플도 함께 감소하게 된다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 MOSFET의 선형영역에서 전류를 제어하여 출력전류의 리플을 저감시키는 방법에 대하여 제안하였다. 수동소자를 최소한으로 사용함으로써 컨버터의 부피를 최소화하고, 수동필터 이상의 리플저감 효과를 낼 수 있다. 최근 조명설비 등에 사용되는 컨버터의 부피가 점점 작아지고 있는 추세에서 제안된 방법은 큰 장점을 가지게 된다. 제안된 방법과 알고리즘을 Buck 컨버터에 적용하여 시뮬레이션으로 정밀급 Power Supply에 적용이 가능한 것을 확인하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 기술혁신사업 (No.20119010200060 11 2 100)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 계문호, 조기연, 김은수, 강유리, 김성철 “DC DC 컨버터의 출력 전류 리플 저감 필터 적용에 관한 연구”, 대한전자공학회 학술대회 논문집, 1996, Vol.19. No.1, p.741~743
- [2] 박현서, 박재성, 오동성, 홍성수, 한상규, “낮은 120Hz 출력 전류 리플을 갖는 역률개선 LED 구동 회로” 전력전자학술대회 논문집, Vol.2011, No.7
- [3] Zhang, Y.F, Yang, L, Lee, C.Q. “Optimal Design Of Integrated EMI Filter” Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1995. Vol. 1, p.274~280