

# LED조명을 위한 직류-직류 변환기의 일차 측 전류 제어 기법

권옥환, 홍주표\*, Wanyuan Qu\*, 손영석\*, 최영호, 최병조  
경북대학교 전기전자컴퓨터학부, \*(주)실리콘웍스

## Primary Side Current Control Method in Dc-to-Dc Converters for LED Lighting

O.H.Kwon, J.P.Hong\*, W.Y.Qu\*, Y.S.Son\*, Y.H.Choi, B.C.Choi

Switch Mode Power Conversions Laboratory in Kyungpook National University,

\*Silicon Works Co.,Ltd.

### ABSTRACT

본 논문에서는 정전류 LED조명 구동을 위한 일차측 전류 제어의 새로운 기법을 제안한다. 일정한 온 타임으로 동작하는 경계 모드(Critical Mode) 플라이백 타입으로 우수한 역률을 달성하였고, 의사 공진(Quasi resonant) 동작으로 스위칭 손실을 최소화 하였다. 본문에서 LED전류가 5% 이하로 정전류 제어 되는 9W급 플라이백 타입의 일차 측 전류 제어 기법을 실험으로 검증한다.

### 1. 서론

최근 에너지 위기와 빠르게 확산되고 있는 녹색 산업 성장의 일환에 의해 백열등과 형광등을 대체할 수명이 길고, 전력 대비 효율이 높은 LED 조명이 각광받고 있다. 이러한 LED조명을 구동하기 위한 기존의 방식은 이차 측의 피드백 회로의 제어 신호를 오픈 커플러를 통해 일차 측 제어기로 전달하는 구조로써 이차 측 전류 감지 시 발생하는 손실과 피드백 회로들로 인한 제작 비용 및 사이즈 증가를 초래한다.

따라서 본 논문은 단일단 플라이백 전원 공급 장치를 이용하여 일차 측 전류 제어 기법을 채택함으로써 제작 비용 및 사이즈 절감을 가능하게 하였으며, 0.9 이상의 우수한 역률과 스위칭 손실을 최소화하기 위해 일정한 온 타임으로 동작하는 경계 모드(Critical Mode)를 적용하였다. 끝으로 LED를 부하로 하는 실제 회로를 설계하여 이차 측의 전류 제어 기법과 동등한 수준의 정전류가 제어됨을 확인 및 검증하였다.

### 2. LED조명의 출력 제어 기법

#### 2.1 기존 방식의 이차 측 전류 제어 기법

그림 1은 이차 측에서 LED 출력 전류를 제어하는 기존의 절연형 LED 전원 공급 장치의 단순화된 회로도를 나타낸 것이다. 이 구조는 경계 모드(Critical Mode)로 동작하는 단일단 플라이백 컨버터로 이차 측에는 LED의 평균 전류를 감지하여 피드백 제어 신호를 생성하는 제어기와 감지 저항, 입출력 신호가 완전히 절연 되어 있을 때 신호 전달 목적으로 사용하는 오픈 커플러 그리고 제어기의 전원으로 사용될 전압 바이어스 회로로 구성되어있다. 이와 같이 기존의 방식으로는 이차 측의 다수의 회로 소자 사용으로 인해 비용 및 사이즈 증가가 불가

피하게 된다.

따라서 본 논문은 이러한 단점을 보완하기 위해 일차 측에서 LED 평균 전류를 제어하는 기법을 제안하였다.

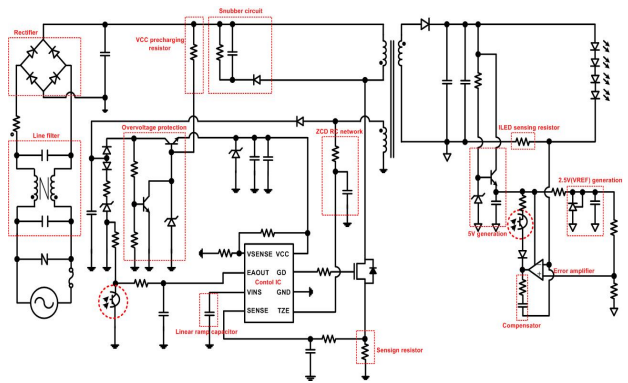


그림 1 LED 구동을 위한 기존의 이차 측 전류 제어 회로  
Fig. 1 Secondary Side Current Control Circuit for LED

#### 2.2 제안된 방식의 일차 측 전류 제어 기법

그림 2는 제안된 방식의 일차 측 전류 제어 기법을 구현하기 위한 제어기의 내부 블록도이다. 일차 측 스위치에 흐르는 전류가 감지 저항으로 인해 전압 형태로 CS 단자로 입력되고 스위치가 오프 되기 직전의 피크 전압은 매 사이클마다 샘플 홀드가 되며 이는 K 블록을 통해 이차 측 다이오드에 흐르는 평균 전류 값을 연산한다.

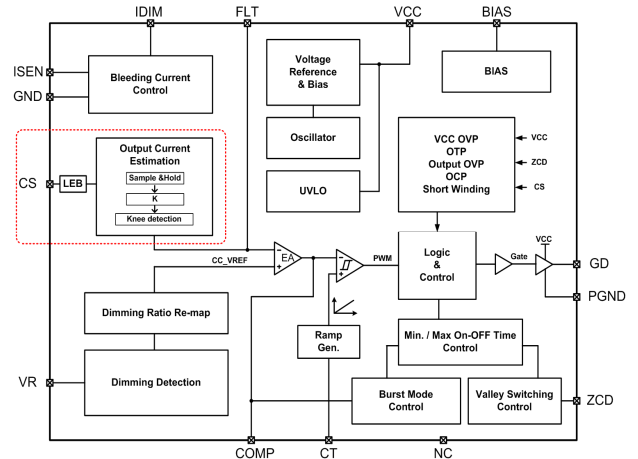


그림 2 제안된 방식의 일차 측 전류 제어기의 내부 블록도  
Fig. 2 Proposed Primary Side Regulation Controller

하기 식 (1)은 이차 측 다이오드의 매 사이클 동안의 평균 전류값을 연산하는 공식을 나타낸다.

$$I_{cycle\ avg}_{sec,diode} = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_P}{N_S} \cdot \frac{V_{CS}}{R_{CS}} \quad (1)$$

하지만 효율 개선을 위해 의사 공진 동작을 하는 구조에서 실제 LED에 흐르는 총 전류량은 스위치의 턴 오프 시점부터 공진을 시작하는 시점까지의 전류량을 의미한다. 따라서 이 공진 시작 지점을 감지하기 위한 Knee 지점 검출 블록이 필요하게 되고 이 지점부터 다음 사이클의 피크를 샘플하기 직전인 턴 오프 지점까지 전류는 0이 되도록 해야 한다. 이러한 동작으로 얻은 매 사이클의 펄스 형태의 이차 측 전류는 저주파 대역 통과 필터(LPF)를 통해 DC 형태로 변환되고 목표로 하는 출력 전류값과 비교되어 오차 증폭기(Error Amplifier)를 통해 피드백 루프를 형성하게 된다. 그리고 경계 모드(Critical Mode)의 동작과 스위칭 손실을 최소화하기 위해 트랜스포머의 보조 권선에서의 공진 주기의 1/4 만큼이 지연된 RC 네트워크가 연결된 핀과 영전압이 내부 비교기 동작으로 인해 다음 사이클의 스위치를 턴 온 시키는 구조가 된다. 그림 3은 정전류 제어를 위한 일차 측 전류 제어 기법의 원리를 나타낸다.

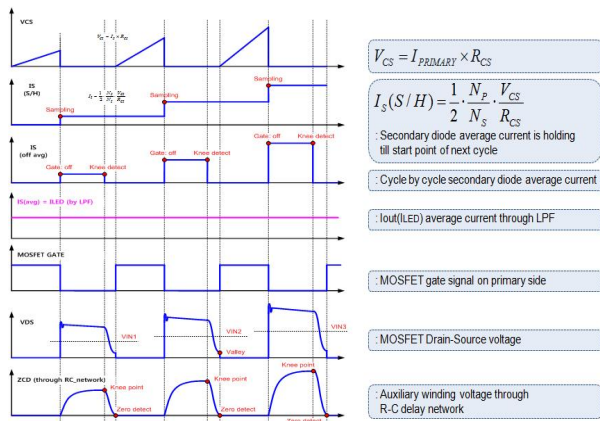


그림 3 제안된 방식의 이차 측 평균 전류의 추출 원리  
Fig. 3 Principle of Extracting Secondary Current

### 3. 실험 및 결과

표 1은 제안된 방식의 일차 측 전류 제어 기법을 구현하기 위한 실험 회로 파라미터이다.

표 1 실험 회로 파라미터  
Table 1 Circuit parameters

Transformer	N <sub>p</sub> :94 Turns N <sub>s</sub> :24 Turns N <sub>A</sub> :22 Turns L <sub>lk</sub> = 60uH, L <sub>m</sub> = 1.25mH	Comparator for knee detection	THS4222D
Main switch	STD3NK80ZT4	SPST switch	NC7SZ66P5
Schottky diode	PDS3200 13	Controller	NCL30000
Error Amplifier	LM358N	-	-

그림 4는 AC 입력 라인 전압이 85VAC에서 270VAC 범위

내에서 LED 부하의 평균 전류를 300mA로 제어하는 9W 출력을 가진 전압 공급 장치의 실험 회로도 및 동작 원리를 설명하는 실험 파형이다. 끝으로 LED 출력 전류가 입력 전압 전구간 내에서 5% 내로 제어되는지를 보여준다.

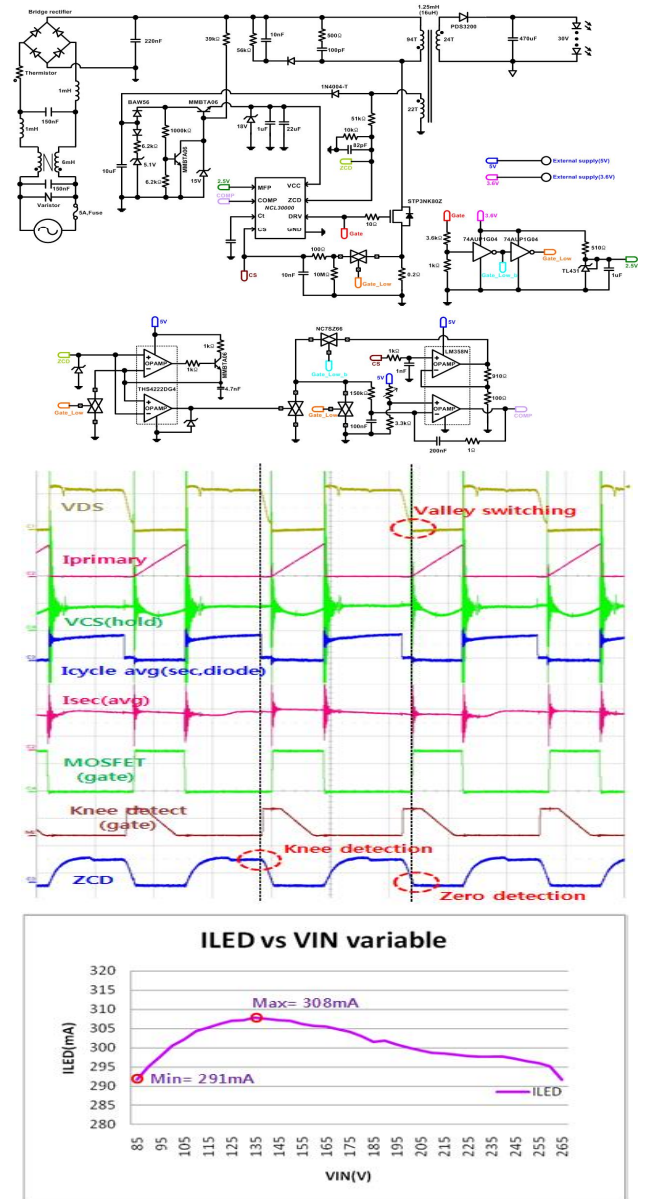


그림 4 제안된 구조의 실제 실험 회로도 및 결과  
Fig. 3 Experiment Circuit & Results

### 4. 결론

본 논문에서는 정전류 LED조명 구동을 위한 일차측 전류 제어의 새로운 기법을 제안하였으며 LED 출력 전류가 5% 이하로 제어됨을 실험을 통하여 검증할 수 있었다.

### 참고 문헌

[1] Du Shaowu and Zhu Feng and Pei Qian, "Primary Side Circuit of a Flyback Converter for HBLEd", PEDG2010, pp.339-342