

부스트 컨버터가 없는 LED 구동 플라이백 컨버터의 비동기식 LED 전류 제어 방법

박재성, 백승재, 최서우*, 류동균*, 홍성수
국민대학교 전력전자연구소, 삼성전기*

Asynchronous LED Current Control Method for Flyback LED Driver without Boost Converter

Jae Sung Park, Seung Jae Baek, Seo Woo Choi*, Dong Kyun Ryu*, Sung Soo Hong
Kookmin University Power Electronics Center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

기존 LED(Light Emitting Diode) 백라이트 LCD(Liquid Crystal Display) TV 용 전원 장치는 다중출력 플라이백 컨버터를 사용하여 로직 보드, 영상 보드, LED 백라이트 등의 구동에 필요한 다양한 전원들을 생성, 공급한다. 특히, 기존에는 LED 백라이트의 구동을 위한 출력단에는 부스트 컨버터를 추가하여 LED 전류를 제어하였다. 따라서, 부스트 컨버터에 의한 부피 및 원가가 증가하는 단점이 있었다. 본 논문에서는 부스트 컨버터 없이 보조 스위치 하나만을 사용한 LED 구동회로를 이용하여 LED의 정전류 제어가 가능한 저 가격형 LED 구동회로의 비동기식 제어방법을 제안한다. 최종적으로 제안 회로를 32인치 LCD TV 용 LED 백라이트에 적용하여 그 실험 결과를 바탕으로 제안 회로의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

LED는 긴 수명, 고효율, 친환경 등의 장점으로 차세대 조명 소자로 각광받고 있다. LED를 광원으로 하는 LCD TV는 저 전력 소모와 얇은 두께, 다양한 색 표현력, 밝은 화면 등 많은 장점을 갖고 있어 큰 주목을 받고 있다. 그림 1과 같이 기존 LED 백라이트 LCD TV용 전원장치는 상용전원(90°264V_{rms})으로부터 입력을 받아 다중출력 플라이백 컨버터를 이용하여 로직 보드, 영상 보드, LED 백라이트 등의 구동에 필요한 다양한 전원들을 생성, 공급한다. 특히, LED 백라이트 구동을 위한 출력단에는 부스트 컨버터를 사용하여 LED 전류를 일정하게 제어하였고, 화면의 휘도 조절을 위해 LED에 직렬로 연결된

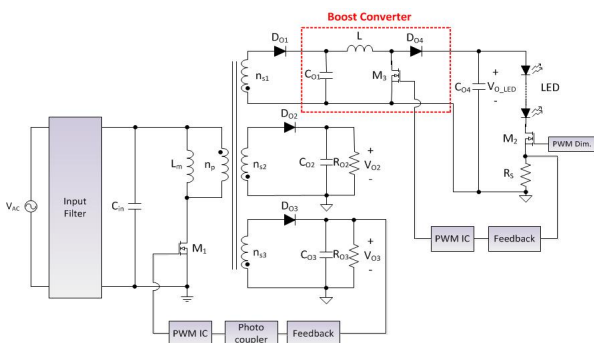


그림 1 기존 LED 백라이트 LCD TV 용 전원장치
Fig. 1 A conventional power supply for LED backlight LCD TV

스위치(M_2)를 사용하여 PWM 디밍(Dimming) 방식으로 LED의 밝기를 조절하였다. 이러한 방식은 플라이백 컨버터의 출력 변동에도 LED에 흐르는 전류를 일정하게 제어할 수 있다는 장점이 있지만, 부스트 컨버터에 의해 LED 구동회로의 부피 및 원가가 증가하게 되는 단점이 있다. 따라서, 이러한 단점을 극복하기 위해서는 그림 2와 같이 부스트 컨버터와 같은 포스트 레귤레이터(Post Regulator) 없이 스위치 하나만으로 출력 전압 제어가 가능한 회로가 필요하다.^{[1],[2]} 이러한 방식은 보조 스위치(M_2) 하나만을 사용하여 출력 전압을 제어하고, 주 스위치(M_1)와 동기를 맞추어 스위칭을 하는 동기식 제어 방법을 사용하였다. 그러나 동기식 제어 방법의 경우 동기를 맞추기 위한 보조 회로가 추가로 필요하고 제어회로가 복잡해지는 단점이 있다.^[2] 또한, 주 스위치와 보조 스위치의 동기화에 의해 보조 스위치는 항상 주 스위치의 스위칭 주파수와 같은 주파수로 동작하기 때문에 주파수 변경을 통한 스위칭 손실 저감에 어려움이 있고, high side에 위치한 보조 스위치의 구동을 위해 펄스 트랜스포머나 부트스트랩 회로가 별도로 필요하여 게이트 드라이버의 부담이 증가하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 부스트 컨버터가 없는 LED 구동회로를 사용하면서 동기를 위한 보조 회로가 필요 없고, 보조 스위치의 스위칭 주파수 변경을 통한 스위칭 손실 저감이 가능하여 효율에 유리한 비동기식 제어 방법을 제안한다.

2. 본론

2.1 제안 방식 회로

제안 방식의 회로는 그림 3과 같이 기존 부스트 컨버터가 없는 LED 구동회로에서 보조 스위치(M_3)의 위치가 low side

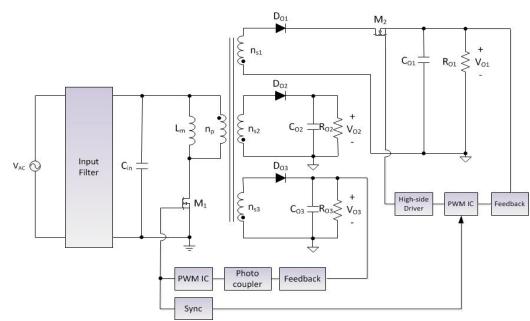


그림 2 기존 포스트 레귤레이터가 없는 전원장치의 예
Fig. 2 A example of conventional power supply without post regulator

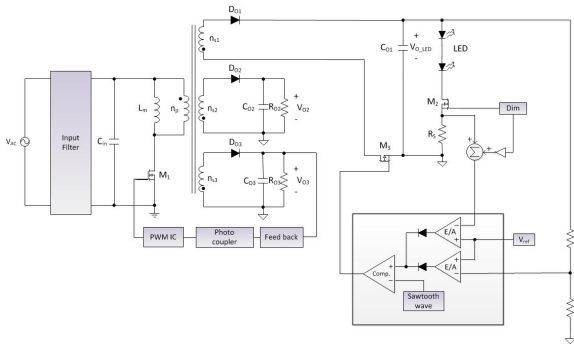


그림 3 제안 방식이 적용된 LED 백라이트 용 전원장치
Fig. 3 The proposed circuit for LED backlight

로 변경된 구조로, 보조 스위치가 주 변압기와 2차 측 그라운드 사이에 직렬로 연결되어 있다. 제안 방식의 경우 기존과 달리 보조 스위치로 P 채널 MOSFET을 사용하였고, low side에서 구동하여 펄스 트랜스포머나 부트스트랩 회로 등의 high side 드라이버가 불필요하기 때문에 게이트 드라이버의 부담이 감소하는 장점이 있다. 또한, 비동기식으로 구동하여 주 스위치(M1)와의 동기를 위한 추가 회로가 필요 없는 장점이 있다. 비동기식으로 제어를 할 경우, 주 스위치가 턴 오프 되고 동시에 보조 스위치가 턴 온 될 때 전력이 전달되어 출력 커패시터(CO1)를 충전하고, 주 스위치가 턴 온 되거나 보조 스위치가 턴 오프 되면 출력 커패시터(CO1)에서 LED에 전력을 공급하여 LED 전류 제어가 가능하다. 보조 스위치의 스위칭 주파수는 가칭주파수 대역보다 크면서 스위칭 손실을 고려하여 효율에 유리하도록 20KHz로 선정하였다.^[3]

2.2 제안 비동기식 제어 방식

제안 방식의 회로는 주 스위치의 스위칭 시점과 관계없이 비동기식 제어를 통해 LED 전류를 제어한다. LED 전류를 검출하여 연산 증폭기(Operational Amplifier)의 반전 입력 단자에 인가하고 연산 증폭기의 출력을 톱니파와 비교하여 보조 스위치의 시비율을 결정하는 방식이다.

한편, LED의 휘도 조절을 위해 디밍을 할 때, 매우 낮은 디밍 범위에서는 연산 증폭기의 느린 동특성으로 인하여 LED 전류를 정확하게 조절할 수 없다. 따라서 그림 3과 같이 LED에 인가되는 전압을 검출하여 주 출력(V_{CS})의 변동에 의해 전압이 변동하거나, 낮은 디밍 범위에서도 LED 전류가 일정 수준 이하로 감소하지 않도록 전압을 일정하게 제어하였다. 또한, PWM 디밍 방식을 이용한 휘도 조절 시 LED 전류는 흐르지 않다가 흐르는 동작을 반복하게 되고, 전류가 흐르지 않아 보조 스위치의 시비율이 커져있는 상태에서 디밍 신호가 인가되어 LED에 전류가 흐르게 되면 LED에 큰 스파이크 성 전류가 발생할 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해 반전된 디밍 신호와 검출된 LED 전류를 더한 후 연산 증폭기에 인가하여 LED에 전류가 계속 흐르는 것처럼 인식하도록 한다. LED에 전류가 흐를 때에는 반전된 디밍 신호는 0이 되어 검출된 LED 전류만을 이용하여 제어하게 되고, 전류가 흐르지 않을 때에는 기준 전압(V_{ref})보다 높은 디밍 신호를 연산 증폭기의 반전 입력 단자에 인가하여 보조 스위치가 최저 시비율로 동작하도록 한다. 따라서 전류가 흐르지 않다가 다시 흐를 때, 보조 스위치의 시비율이 점차 증가하는 동작을 하여 LED에 발생하는 스파이크 성 전류를 방지할 수 있다.

3. 실험결과

제안 방식의 타당성 검증을 위해 제안 방식을 적용한 부스트 컨버터가 없는 LED 구동회로를 제작하였고, 32인치 LCD TV 용 LED 백라이트에 적용하여 실험을 수행하였다. 실험조건은 표 1과 같고, 그림 4는 100%~0.2% 디밍 시의 LED 전압 및 전류 파형을 나타낸다. 실험결과 제안 방식의 회로는 디밍 시에도 일정하게 LED 전류를 제어하는 것을 확인하였고, 0.2%의 낮은 디밍 시에는 LED 전류가 일정 수준 이하로 감소하지 않도록 전압제어 동작을 하는 것을 확인하였다.

표 1 실험조건
Table 1 Test Condition

V _{in}	220V _{ac}	L _m	567.4uH
Turn Ratio(N _p :N _{S1} :N _{S2} :N _{S3})			50 : 70 : 7 : 3
F _{S MI}	67KHz	F _{S MB}	20KHz
V _{O LED}	132V	I _{LED}	240mA

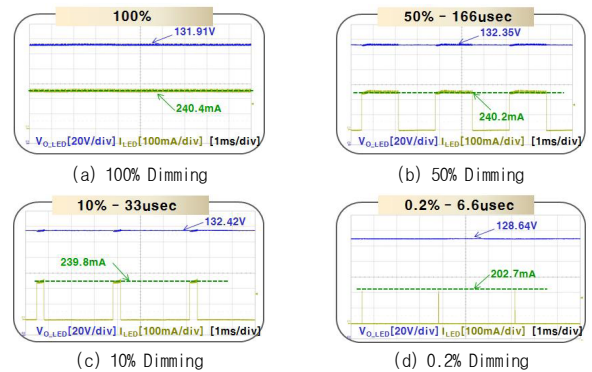


그림 4 제안 방식 회로의 LED 전압 및 전류 파형

Fig. 4 The LED voltage and current waveforms of the proposed circuit

4. 결론

본 논문에서는 부스트 컨버터가 없는 LED 구동 플라이백 컨버터의 비동기식 제어 방법을 제안하였다. 제안 방식의 회로는 부스트 컨버터 없이 보조 스위치 하나만을 사용하여 부피 및 원가 저감이 가능한 장점이 있다. 또한, 기존 동기식 제어 방식에 비해 동기를 위한 보조회로가 필요 없고 스위칭 주파수 변경을 통한 보조 스위치의 스위칭 손실 저감이 가능하여 효율에 유리한 장점이 있다. 최종적으로 제안 방식을 적용한 회로를 제작하여 실험을 통해 제안 방식 회로의 타당성 및 우수성을 검증하였다.

본 연구는 삼성전자(주)의 연구비 지원과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학T연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2013 H0301 13 2007)

참고 문헌

- [1] 이성주, 이해돈, 김호진, 양승욱, “다중출력 전원장치 및 다중출력 발생 방법”, 한국특허출원번호 1020060041606, 2007
- [2] S.J. Lee, H.J. Kim, H.D. Lee, S.U. Yang, G.H. Choe, H.S. Mok, “A New Automatic Synchronous Switch Post Regulator for Multi Output Converters”, PESC '06. 37th IEEE, pp. 1 4.
- [3] 김동희, 최규영, 이병국, 이태원, “부스트 컨버터 토폴로지의 스위칭 주파수에 따른 손실 분석”, 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2010. 11, pp. 171 172