

2차 측 포스트 레귤레이터를 이용한 새로운 직렬 공진형 LED 구동회로

백승재, 이아라, 권기현*, 류동균*, 홍성수
 국민대학교 전력전자연구소, 삼성전기*

A New Series Resonant LED Driver Using Secondary Side Post Regulator

Seung Jae Baek, Ah Ra Lee, Gi Hyun Kwon*, Dong Kyun Ryu*, Sung Soo Hong
 Kookmin University Power Electronics Center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

기존 LED(Light Emitting Diode) 전류 제어용 SSPR(Secondary Side Post Regulator) 스위치를 갖는 구조의 다중출력 컨버터는 LED 정 전류 제어를 위한 별도의 부스트 컨버터 없이 전류제어가 가능하여 원가 및 부피 저감과 효율이 상승하는 장점이 있다. 하지만, 주 출력단(Master)의 피드백을 받아 1차 측 메인 스위치를 제어하게 되어 제어 회로가 복잡하고 주 출력단 부하 변동에 의해 부 출력단(Slave)의 크로스 레귤레이션(Cross Regulation) 특성이 좋지 않은 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존 SSPR 스위치의 장점을 갖고 주 출력 단의 부하 변동에도 부 출력단의 크로스 레귤레이션 특성이 좋은 새로운 직렬 공진형 LED 구동회로를 제안한다. 최종적으로 제안 회로를 4채널 LED 구동회로에 적용하여 그 실험 결과를 바탕으로 제안 회로의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

LED는 긴 수명, 고효율, 친환경 등의 장점으로 차세대 조명 소자로 각광 받고 있다. LED를 광원으로 하는 LCD(Liquid Crystal Display) TV는 저 전력 소모, 얇은 두께, 다양한 색 표현력, 밝은 화면 등 많은 장점을 갖고 있다. 기존 LCD TV 용 다채널 LED 구동회로는 그림 1과 같다. 메인 컨버터에서 생성된 전력을 변압기를 통해 2차 측으로 전달하고 LED 전류 제어를 위해 부스트 컨버터를 사용한다. 또한, 화면의 휘도 조절을 위해 LED에 직렬로 연결된 스위치($M_1 \sim M_n$)를 사용하여 PWM 디밍(Dimming) 방식으로 LED 밝기를 조절한다. 하지만, 부스트 컨버터에 의해 부피 및 원가가 상승하고, 효율이 저

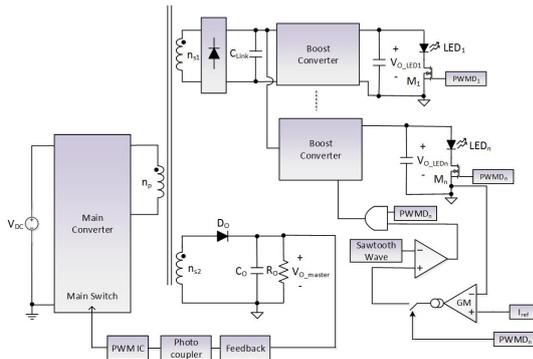


그림 1 기존 LCD TV용 LED 구동회로

감되는 단점을 갖고 있다. 따라서, 최근에는 그림 2와 같이 부스트 컨버터를 제거하고 변압기와 각 LED 출력 캐패시터 사이에 직렬로 연결된 SSPR 스위치($M_{S1} \sim M_{Sn}$)를 이용하여 LED의 전류를 제어하는 회로가 제안 되었다.^[1, 2] 하지만, 주 출력단을 피드백 받아 1차 측 메인 스위치를 제어하는 방식으로, 메인 스위치의 제어회로가 복잡해지고 주 출력단의 부하가 낮아질 때, 2차 측으로 전달되는 전력량이 줄어들어 부 출력단의 크로스 레귤레이션 특성이 좋지 않다는 단점을 갖고 있다. 따라서, 본 논문에서는 부스트 컨버터와 1차 측 메인 스위치의 제어회로가 없어 부피 및 원가가 저감되고 주 출력단 부하 변동에도 부 출력단의 크로스 레귤레이션 특성이 좋은 새로운 직렬 공진형 LED 구동회로를 제안한다.

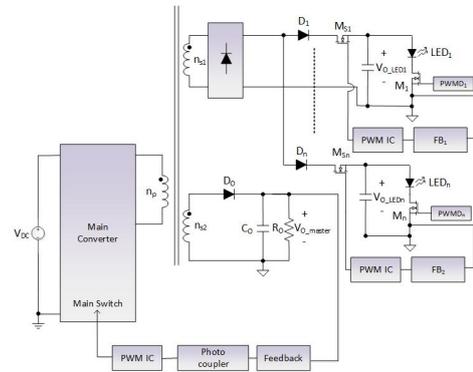


그림 2 기존 부스트 컨버터가 없는 전원장치의 예

2. 본론

2.1 제안 회로

제안 회로는 그림 3과 같이 부스트 컨버터가 없고, 메인 스위치의 시비율이 50 : 50이며 스위칭 주파수를 고정시켜 주 출력단의 피드백 회로가 없다. 그리고, 2차 측 정류단과 출력 캐패시터($C_{O1} \sim C_{On}$) 사이에 직렬로 다이오드($D_1 \sim D_n$), SSPR 스위치($M_{S1} \sim M_{Sn}$)가 연결되어 있다. 또한, 변압기의 제3권선의 정류단이 입력 캐패시터(C_{in})와 연결되어 있는 하프 브릿지(Half Bridge) 형태의 직렬 공진형 컨버터이다. 1차 측 메인 스위치(M_{main1})가 턴 온 되면 스위칭 주파수와 동일한 공진 주파수를 갖는 인덕터(L_r)와 캐패시터(C_r)가 공진을 시작 하고 메인 스위치 턴 온과 동시에 2차 측 모든 SSPR 스위치를 동시에 턴 온 하게 된다. 이때, 각 LED 채널의 전압편차로 인해 출력

전압의 차이가 발생하게 되는데, 출력전압이 낮은 LED 채널부터 다이오드가 턴 온 되어 출력 캐패시터에 전력을 순차적으로 전달하게 되고, SSPR 스위치가 턴 오프 되면 출력 캐패시터에서 LED로 전력을 공급하여 LED의 전류 제어가 가능하다. 메인 스위치의 고정된 시비율과 주파수로 인해 발생하는 여분의 전력은 부하에 필요한 모든 전력이 전달된 후 변압기 제3 권선의 정류 다이오드가 도통되면서 1차 측 입력 캐패시터로 회귀하게 된다. 그리고, M_{main2} 가 턴 온 되면 앞서 설명한 동작과 같은 동작을 반복하게 된다.

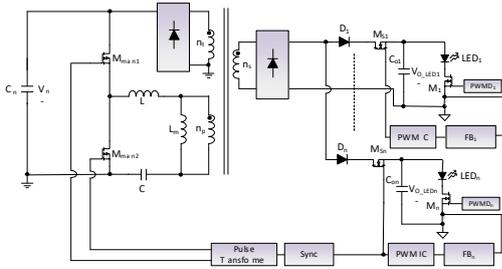


그림 3 제안 방식이 적용된 LED 구동 회로

2.2 제안 회로의 LED 제어 방식

그림 1과 같이 부스트 컨버터를 사용하여 LED를 제어할 경우 LED전류를 검출하여 OTA(Operational Transconductance Amplifier)에 인가하고, OTA 출력과 톱니파(Sawtooth Wave)를 비교하여 부스트 컨버터 스위치를 구동한다. 최종적으로, OTA 출력을 PWM 디밍 신호와 연동하여 디밍 온 구간에서만 부스트 스위치를 동작시켜 전력을 전달하고, 디밍 오프 구간에서는 링크 캐패시터(C_{Link})에서 전력을 전달하여 일정한 출력전압을 유지하게 된다. 그러나, 제안 회로의 경우 2차 측에 링크 캐패시터가 존재하지 않아 디밍 오프 구간에서는 부하에 전력을 전달할 수 없게 되어 LED 출력전압이 낮아지게 된다. 따라서, 디밍 오프 구간에서도 전력이 전달되게 하기 위한 제안 회로의 제어 방법은 그림4와 같다. OTA 출력 단자를 OP AMP(Operational Amplifier)의 비 반전 단자에 인가하여 기준 전압으로 사용하고 LED 출력 전압을 검출하여 OP AMP의 반전 단자에 인가하여 OP AMP 출력을 톱니파와 비교하여 SSPR 스위치를 구동한다. OP AMP의 기준전압으로 사용되는 OTA의 출력은 디밍 온 구간에서 일정하게 제어되는 LED 전류에 따른 LED 출력 전압의 크기를 간접적으로 나타내어 이를 기준 전압으로 사용하면 디밍 오프 구간에서도 LED 출력 전압을 일정하게 제어할 수 있다.

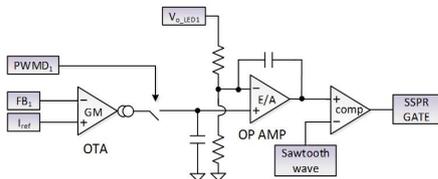


그림 4 제안 회로의 제어부 블록도

3. 실험결과

제안 방식의 타당성 검증을 위해 제안 방식을 적용한 4채널 LED 구동회로를 제작하여 실험을 수행하였다. 실험 조건은 표 1과 같고, 그림 5는 100%~0.2% 디밍시의 LED 전류 및 2차 측으로 전달되는 SSPR 스위치 전류와 회귀되는 전류 파형을 나타낸다. 실험결과 제안 방식의 회로는 디밍 시에도 일정하게

LED 전류를 제어하는 것을 확인하였다. 또한, LED 출력전압이 낮은 순서로 다이오드가 턴 온 되어 순차적으로 SSPR 스위치의 전류가 흐르고, 2차 측 여분의 전력이 제 3권선을 통하여 입력 캐패시터로 회귀하는 것을 확인하였다.

표 1 실험조건

V_{in}	400V	L_m	1.5mH
L_r	176uH	C_r	48nF
Turn Ratio($n_p : n_s : n_t$)	22:33:22		
F_{s_Main}	50KHz	F_{s_SSPR}	100KHz
I_{LED}	120mA		

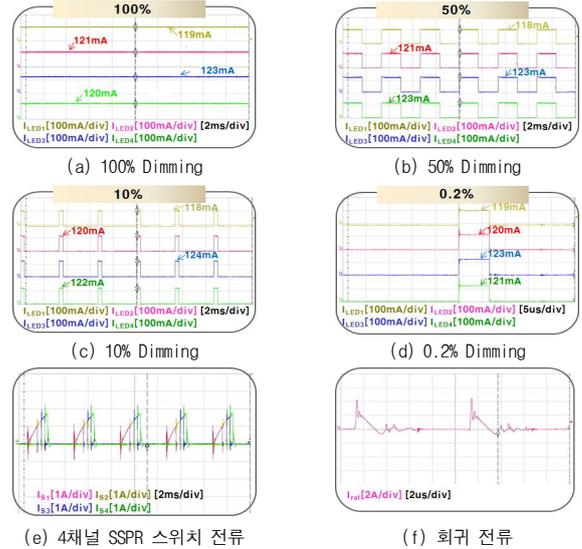


그림 5 제안 회로의 LED, SSPR 스위치 및 회귀 전류 파형

4. 결론

본 논문에서는 SSPR 스위치를 이용한 새로운 방식의 직렬 공진형 컨버터를 제안하였다. 공진형 컨버터를 이용하여 메인 스위치의 스위칭 손실을 최소화 하고 부스트 컨버터 없이 SSPR 스위치로 LED 전류를 제어할 수 있어 원가 및 부피 저감, 효율 상승이 가능한 장점이 있다. 또한, 주 출력단의 피드백 없이 메인 스위치의 시비율이 50 : 50이고 고정 주파수로 동작하기 때문에 메인 스위치 제어 회로가 간단하고, 급격한 부하 변동에도 크로스 레귤레이션 특성이 뛰어난 장점이 있다. 최종적으로, 제안 방식을 적용한 회로를 제작하여 실험을 통해 제안 방식 회로의 타당성 및 우수성을 검증하였다.

본 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원 및 2014년도 국민대학교 교내 연구비 지원 결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Lin, Y. L, Liu, K.H, "A new synchronous switch post regulator for multi output forward converters", APEC '90, Conference Proceedings 1990., Fifth Annual pp.693-696
- [2] 정진우, 임정규, 정세교, 김종해, 오동성, "다중출력 LLC 공진 컨버터의 Cross regulation 특성 분석", 전력전자학회, 전력전자학회논문지 2012. 8, pp281-290