

소프트 스위칭 기법을 이용한 고효율 LED드라이브

송광석, 최우석, 이상혁*, 박성준
 전남대학교, 대성전기(주)*

High-efficiency LED drive using Soft switching technique

Kwang Seok Song, Woo Seok Choi Sang Hyup Lee*, Sung Jun Park
 Chonnam National Univesity, Daesung Electric

ABSTRACT

본 논문은 LED구동회로 동작 시 전류와 광 출력의 변동폭을 최소화할 요구하는 LED 조명광원의 특성을 고려하여 소프트 스위칭을 할 수 있는 2차 공진 제한 회로로서 일반 인덕터의 정현적 전류와 콘덴서의 정현적 전압에 의해 이루어지는 특성을 반영하여 1차 공진회로에서 전압을 잡고 부하에 직렬로 인덕터를 삽입하는 회로를 구성함으로써 2차 공진회로를 구성할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 공진회로는 PISM을 이용한 시뮬레이션과 실험을 통해 제안된 알고리즘의 타당성과 우수성을 검증하였다.

1. 서 론

조명산업은 에너지 절감형 대체산업으로 에너지 위기에 대응하는 국가 전략적 부품소재 산업으로 부각되고 있다. 기존 조명의 대표주자인 백열등과 형광등은 기술적 개선에 한계를 보이고 있고, 새로운 고효율 광원에 대한 요구가 커지고 있다. 최근 대표적 직류 광원으로서 고출력 LED는 저소비전력과 장수명 그리고 빠른 점·소등 속도의 장점으로 인해 고출력 LED의 효율을 향상시켜 일반 조명용으로 사용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 조명용 LED 구동회로의 효율 향상을 위해 스위치 온/오프 시 소프트 스위칭이 가능한 새로운 2중 공진형 Buck type DC/DC컨버터 토폴로지를 제안하고자 한다. 또한 제안된 DC/DC 컨버터의 검증을 위해 시뮬레이션을 수행을 통해 제안된 DC/DC 컨버터 우수성을 확인 할 수 있었다.

2. 제안된 2차 공진형 LED 구동드라이브

2.1 2차 공진형 LED 구동드라이브

일반적으로 공진회로는 인덕터의 정현적 전류와 콘덴서의 정현적 전압에 의해 이루어진다. 이러한 1차 공진회로에서 전압을 유지하고 있는 LED나 배터리와 같은 부하에서의 적용은 상당한 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 1차 공진회로에서 전압을 유지하는 부하에 직렬로 인덕터를 삽입하는 회로를 구성함으로써 2차 공진회로를 구성할 수 있다.

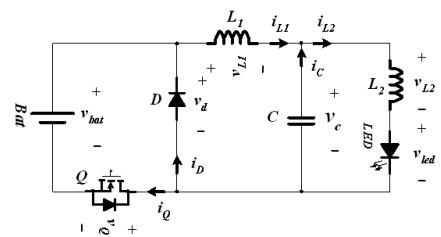


그림 1 제안된 소프트 스위칭방식의 벡컨버터
 Fig 1 Proposed soft switching buck converter

그림 1은 DC/DC 컨버터에서 소프트 스위칭을 할 수 있는 2차 공진 제한 회로로서 기본 토폴로지는 비절연형 Buck 컨버터로 Gate Amp 전원을 위하여 스위치를 그라운드로 하였으며 L1 C에 의한 1차 공진회로와 L2 C에 의한 2차 공진회로로 구성하였다. 본 회로의 특징은 LED와 직렬로 인덕터 회로를 구성함으로써 2차 공진이 가능한 것이다.

2.1.2 동작 모드 분석

제안된 회로에서 동작모드는 그림 2와 같이 크게 6개 모드로 나눌 수 있으며 각 동작모드의 해석은 아래와 같다.

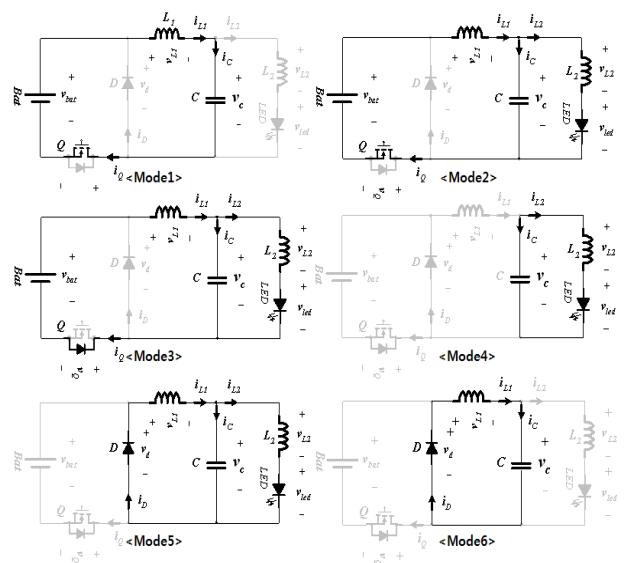


그림 2 모드 동작에 따른 등가회로
 Fig 2 Equivalence circuit of operation mode

Mode 1:

모든 소자의 전류는 영이며 공진형 콘덴서의 전압이 초기 전압 $v_C(0)$ 인 상태에서 스위치(Q)가 온 되는 순간부터 시작 하며 L1 C에 의해 공진이 이루어지며 스위치 Q가 온 되는 순간의 스위치 전류를 구하면 아래와 같이 zero가 되어 ZCS 스위칭이 이루어짐을 알 수 있다. 이 모드는 콘덴서 전압이 LED의 스텔스 홀드 전압과 같아지면 끝이 난다.

Mode 2:

1차 공진에 의해 공진형 콘덴서 C1의 전압이 다이오드의 스텔스홀드 전압보다 큰 순간이 되어 LED에 직렬로 연결된 인덕터의 전류가 형성되면서 L1 C L에 의한 2차공진이 이루어진다.

Mode 3:

인덕터 L1 전류가 부인 영역으로 스위치 Q는 다이오드를 통하여 전류를 형성함으로 이 영역에서 스위치(Q)가 오프 된다면 ZVS 동작을 행하게 된다. 이 모드는 인덕터 L1 전류 zero가 되는 순간에 끝이 난다.

Mode 4 :

인덕터 L2의 에너지가 콘덴서로 전달되는 영역으로 인덕터 L2와 콘덴서의 공진회로를 형성한다.

Mode 5 :

인덕터 L2에서 에너지 전달되는 에너지에 의해 콘덴서 전압이 부가되는 영역이다. 이때 콘덴서 전압의 부로 인해 다이오드 D와 인덕터 L1에 의한 전류루프가 형성된다.

Mode 6:

인덕터 L1의 에너지가 콘덴서로 전달되는 영역으로 이 모드는 다이오드 전류가 zero가 되는 순간에 끝이 난다.

3. 시뮬레이션

1.1 시뮬레이션

제안된 컨버터의 타당성 및 설계를 위한 시뮬레이션 회로도로 지령전류를 설정하고 정 전류출력을 추종 하도록 하여 그림 3은 출력에 따른 제안된 2차 공진회로의 동작특성을 보기 위한 시뮬레이션 회로이다.

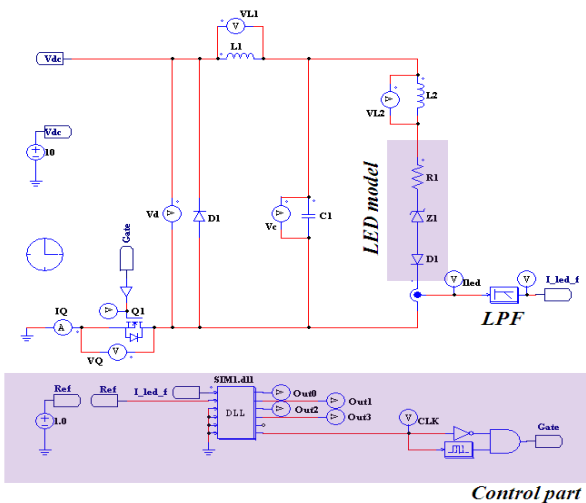


그림 3 컨버터의 시뮬레이션 회로도
Fig 3 Simulation circuit of converter

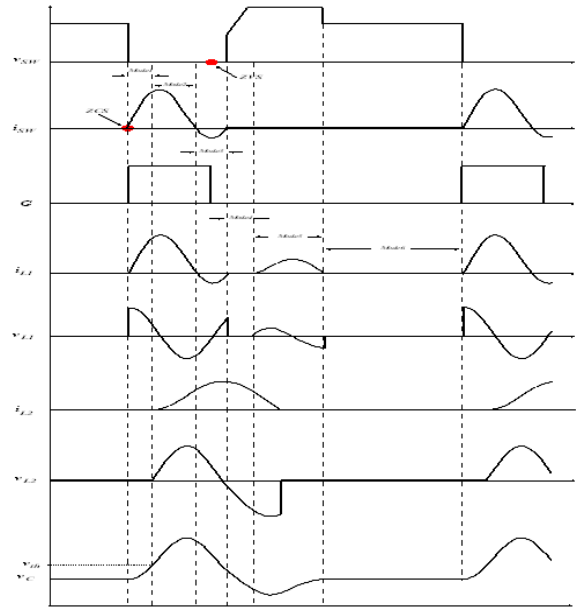


그림 4 컨버터의 시뮬레이션 파형특성
Fig 4 Simulation charactic waveformss circuit of converter

v_q 와 i_q 는 스위치단 전압과 전류를 나타내고 있으며 아래 부분은 G 는 Gate Amp.의 출력을 통한 스위치 온, 오프 부분을 확대한 파형이다. 공진을 통한 출력특성을 확인하기 위해 1차공진이 이뤄지는 인덕터의 전압(v_{L1})과 전류(i_{L1})에 대한 출력파형과 2차공진을 나타내는 전압(v_{L2})과 전류(i_{L2})에 대한 출력파형 및 공진 커패시터(v_c)를 정의하였다. 그림에서 알 수 있듯이 스위치 오프 시 ZVS가 스위치 온 시 ZCS가 이루어짐을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 단순한 Buck컨버터로서는 한계를 지니고 있는 LED드라이브에 부하형 인덕터를 삽입하여 스위치 전류 또는 전압을 정현과 형태로 변화시킴으로서 스위칭 손실을 거의 0으로 저감시킬 수 있도록 하여 종래에 비해 시스템 효율을 상승시켰으며, 시뮬레이션을 통한 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

이 논문은 전남대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] Huafeng Xiao, Shaojun Xie, "A ZVS Bidirectional DC DC Converter With Phase Shift Plus PWM Control Scheme," Power Electronics, IEEE Transactions on Vol. 23 , Issue 2, pp. 813~823, 2008.
[2] 박건욱, 정두용, 이수원, 정용채, 원충연, 서광덕, "높은 승압비를 가진 공진형 소프트 스위칭 부스트 컨버터", 전력전자학회, 2009년도 추계학술대회 논문집, pp. 173~175, 2009. 11.Edition, Addison Wesley Publishing Company, Inc. pp. 1 14, 1978.