

차량용 헤드램프를 위한 소프트 스위칭 DC/DC 컨버터

극중직¹, 김선필¹, 김춘성¹, 박성미², 박성준¹
 전남대학교¹, 승강기대학교²

The Soft-switching DC/DC converter for the Vehicle Headlamp

Qu Zhongzhi, Sun pil Kim, Chun sung Kim, Seong Mi Park, Sung jun Park
 Chonnam National University¹, Korea Lift College²

ABSTRACT

최근 자동차 조명시장에서 LED를 이용한 헤드램프 개발이 빠르게 이루어지고 있다. LED 헤드램프는 기존의 할로겐 램프와 다르게 에너지 효율이 높으며, 헤드램프뿐만 아니라 차량 내부에 다양하게 활용이 가능하다는 장점을 갖는다. 현재 차량에 적용되어 있는 LED 헤드램프 대부분은 SEPIC을 이용한 LED전류제어를 한다. 이러한 경우 헤드램프의 효율은 SEPIC에 의해 대부분 결정이 되며, 부수적인 기능추가를 위해서는 보조 ECU가 추가적으로 필요하다. 따라서 본 논문에서는 차량용 헤드램프를 위한 DC/DC컨버터를 제안하고, 이에 대해 검증한다.

1. 서 론

근래에 국·내외 자동차 시장은 큰 변화를 맞이하고 있다. 휘발유나 경유와 같은 화석에너지는 자원의 고갈과 고유가, 점차 증대되는 환경오염의 문제로 인하여 대체 에너지를 이용한 차량 개발이 집중적으로 이루어지고 있다. 전기에너지를 이용한 하이브리드 자동차나 전기자동차가 사용화가 이루어지고 있으며, 이에 따라 기존의 단순히 차량연비만 신경 쓰던 시대에서 이제는 차량 전체 에너지 효율을 높이는 관점으로 옮겨가고 있다. 특히 자동차 업계는 2025년까지 기존 자동차의 에너지 소비를 50%까지 감소시킨다는 목표를 세웠고, 현재의 등화용 에너지 소비 비중이 높음을 감안 할 때, 대안으로 반도체 광원으로 전환할 경우 이 목표 달성에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.^{[1][2]}

따라서 본 논문에서는 차량용 헤드램프를 위한 H type 소프트 스위칭 DC/DC컨버터를 제안한다. 제안된 DC/DC컨버터는 구동 드라이버는 MCU를 이용하여 컨버터 출력전류 제어를 하게 되며, H type 공진형 스너버를 적용하여 소프트 스위칭을 구현하였다. 제안된 회로의 검증을 위해 PSIM과 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

2. 제안된 차량용 LED 구동 드라이버

그림 1은 본 논문에서 제안하는 H type 공진형 스너버가 적용된 DC/DC 컨버터이다. 기본적인 구조는 부스트 컨버터이며, H type 공진형 스너버가 소프트 스위칭을 위하여 적용되었다.

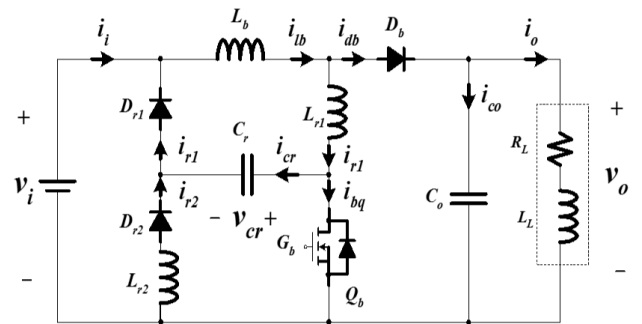


그림 1 제안된 H-type DC/DC 컨버터
 Fig. 1 A Proposed H-type DC/DC Converter

공진형 스너버는 인덕터 Lr1과 Lr2, 커패시터 Cr, 전류패스 루프를 위한 다이오드 Dr1과 Dr2를 추가하여 공진형 스너버 회로를 구성한다. 추가된 공진형 스너버는 스위치 Qb가 ON/OFF시 ZVZCS(Zero Voltage Zero Current Switching) 동작을 가능하도록 해주며 스위칭에서 발생하는 손실을 감소시킨다. 따라서 부스트 컨버터는 스위칭 손실을 최소화 하며 기본적인 출력전류 제어를 하게 된다. ZCS가 되는 구간을 Mode1, ZVS가 되는 구간을 Mode2로 하여 해석하였다.

Mode 1은 스위치(Qb)가 ON 되는 순간(t0)부터 시작하며 스위치 전류(ibq)는 식 (1)와 같이 전원전압에서 인덕터를 통하여 흐르는 전류(ir1)과 콘덴서(Cr)에서 다이오드(Dr2)를 거쳐 스너버 인덕터(Lr2)를 통하여 흐르는 전류(icr)의 차로 구할 수 있다.

$$i_{bq} = i_T - i_{cr} \quad (1)$$

스너버 콘덴서(Cr)은 스너버 인덕터 Lr1의 회수에 의해 vcr(t0) 로 충전되어 있다고 가정하면, 스위치가 ON될 때 콘덴서에 충전된 에너지는 인덕터(Lr2)와 공진이 되면서 전원전압과 같은 전압이 된다. 이때 공진전류(icr)는 다음과 같다.

$$i_{cr} = \frac{v_c(t_0)}{Z_r} \sin[\omega_r(t-t_0)] \quad (2)$$

$$v_{cr} = v_{cr}(t_0) \cos[\omega_r(t-t_0)] \quad (3)$$

따라서 스위치가 ON되는 순간의 스위치 전류(ibq)를 구하면

아래와 같이 zero가 되어 ZCS가 이루어짐을 알 수 있다. 이 모드에서 콘덴서 전압(vc)이 입력전압에 부가됨으로 스위치가 OFF시 ZVS가 되는 조건을 만들 수 있다.

Mode2에서는 Mode1에서 콘덴서 전압(vcr)이 입력전압의 부가된 상태에서 스위치가 오프 함으로 ZVS가 이루어지며 다이오드 Cr Dr1 Lb Lr1으로 1차측 루프를 형성하여 커패시터 전압(vcr)과 공진형 인덕터(Lr1)의 공진에 의해 형성된다. 이 모드가 되는 순간의 인덕터 전류는 다음과 같다.

$$i_T(t_3 - t_0) = \frac{v_i}{L_b + L_{r1}}(t_3 - t_0) \quad (4)$$

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

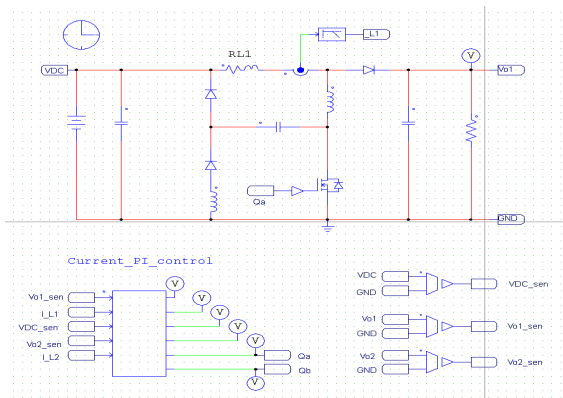


그림 2 제안된 시뮬레이션 회로
Fig. 2 The proposed simulation circuit

제안된 회로의 타당성을 검증하기 위하여 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 실험을 통한 효율을 측정하여 타당성을 검증하였다. 그림2는 PSIM을 이용하여 구현한 제안된 회로이며, 입력전압 13[V], 26[W]급으로 설계하였으며, 출력은 1[A]로 정전류 제어를 하였다.

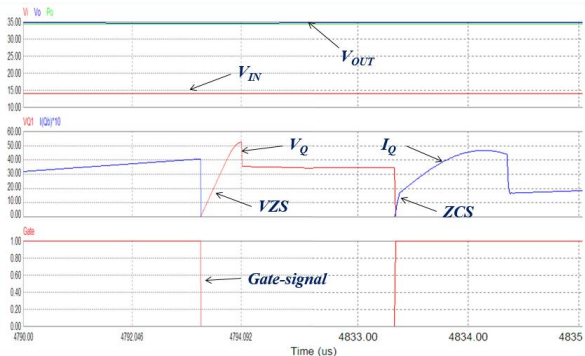


그림 3 시뮬레이션 결과 파형 (ZVS, ZCS)
Fig. 3 Simulation Result Waveform (ZVS,ZCS)

그림 3은 공진형 스너버는 인덕터 Lr1과 Lr2, 커패시터 Cr, 전류패스 루프를 위한 다이오드 Dr1과 Dr2를 추가하여 공진형 스너버 회로를 구성한다. 추가된 공진형 스너버는 스위치 Qb가 ON/OFF시 ZVZCS(Zero Voltage Zero Current Switching) 동작을 가능하도록 해주며 스위칭에서 발생하는 손실을 감소시킨

다. 따라서 부스트 컨버터는 스위칭 손실을 최소화 하며 기본적인 출력전류 제어를 하게 된다.



그림 4 실험 결과 (효율측정)
Fig. 4 Experimental result (Efficiency measure)

제안된 회로를 기반으로 70*70mm 사이즈의 실험보드를 제작하였으나, 파형을 얻기 불가능하여 요코가와社의 WT3000을 이용하여 효율을 측정하여 기존 시스템과의 효율을 비교하였다. 기존의 헤드램프용 컨버터의 효율은 80[%]였으나, 제안된 회로를 이용하여 측정한 결과 효율은 약 92.9[%]로 제안된 회로를 이용할 경우 기존의 헤드램프보다 높은 효율을 얻을 수 있음을 확인 하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 차량용 헤드램프를 위한 H type 공진형 스너버를 적용한 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안된 회로는 공진형 스너버를 이용하여 ZVZCS가 가능하다. 제안된 회로의 타당성 검증을 위해 시뮬레이션 및 실험을 수행한 결과, 92[%]의 효율이 나옴을 확인하였다.

이 논문은 (주)LG 이노텍의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

[1] Chi Jen Huang, Ying Chun Chuang, Yu Lung Ke, "Design of Closed loop Buck boost converter for LED Driver circuit", Industrial and Commercial Power Systems technical Conference (I&CPS), 2011.
[2] 최은주, 변동규, "LED Headlamp의 구동을 위한 통합형 LDM(LED Driver Module) 구현", 대한전자공학회 하계 학술대회, 33권, 1호, pp.1359 1361, 2010.