

# 용량성 부하 구동용 하이브리드 구동장치의 소형 DC-DC 컨버터에 관한 연구

조용호, 김기석, 박진일, 홍선기  
호서대학교 정보제어공학과, 디지털제어공학과 SEMIC 연구실

## A Study on small DC-DC Converter of the hybrid drive system for capacitive load

Yong ho Cho , Ki seok Kim, Jin il Park, Sun ki Hong  
Hoseo University Information Control Eng, Digital Control Eng SEMIC LAB

### ABSTRACT

본 논문은 용량성 부하 구동용 하이브리드 구동장치에서 사용되는 절연된 외부 소형 DC DC 컨버터에 관한 연구이다. 외부 소형 DC DC 컨버터는 스위칭 소자를 구동하는데 필요한 독립 전원을 공급해 준다. 기존의 제품들은 트랜스를 사용하고 절연을 위해 절연 소자를 추가하여 사이즈의 축소가 어렵다. 이러한 문제를 커플드 인덕터를 통하여 소형화된 컨버터를 제작하였다. 제작된 소형 DC DC 컨버터는 실험을 통해 기존의 DC DC 컨버터와 비교, 분석을 진행 하였다.

### 1. 서 론

용량성 부하를 구동하기 위한 하이브리드 구동장치는 높은 전압을 발생시키는 플라이백 컨버터와 그 전압을 임의의 파형으로 바꿔주는 단방향 인버터로 구성이 되어있다. 단방향 인버터는 충전, 방전 스위치가 존재하고 두 개의 스위치를 ON/OFF 제어하여 임의의 파형으로 만들어 준다. 이 두 개의 스위치는 서로 절연된 전압을 필요로 한다. 이러한 절연된 전원 전압은 스위칭 트랜스에서 별도의 독립된 전원을 만들거나, 하이브리드 구동장치 외부에 소형 DC DC 컨버터가 추가되어진다. 기존의 사용중인 DC DC 컨버터는 상용 제품으로 면적을 많이 차지하기 때문에 소형화를 시키기 위해, 스위치 절연 전원 전압용 소형 DC DC 컨버터를 재설계하고 제작하였다. 제작된 컨버터는 실험을 통하여, 사용의 적합성을 시험하였으며, 실험 결과를 통하여 타당성을 검토하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 절연된 소형 DC-DC 컨버터

본 논문에서 소형화된 DC DC 컨버터는 독립전원을 위한 절연이 필요하다. 절연을 위해서는 트랜스포머와 포토커플러 혹은 트랜스포머와 전압 센서 같은 절연 기능을 가지고 있는 소자가 필요하다. 하지만 이러한 소자들의 추가로 인해 DC DC 컨버터의 사이즈가 증가하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 출력 전압을 피드백 받아 제어하는 방식이 아닌 1차 측 제어(Primary Side Regulation: PSR) 방식을 사용하는 DC DC 컨버터를 설계 하고 시뮬레이션을 진행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 원하는 출력 전압과 전류 얻을 수 있음을 확인하였다.<sup>[1]</sup>

#### 2.2 DC-DC 컨버터 설계 및 제작

제어기의 선정은 입력 전압과 출력 전압, 출력 전류를 고려하여 제어기를 선정하였다.

표 1 DC-DC 컨버터 사양  
Table 1 DC-DC Converter Specification

$V_{\in}$	28V
$V_{OUT}$	15V
$I_{OUT}$	100mA

위의 사양을 만족하고 1차 측 제어방식을 사용하는 제어기인 L사의 LT8301 제품을 선정하였다. 이 제품은 스위치가 내장된 제품으로 크기 축소에 적합한 제품이다.

다음으로 기존 제품에서 제일 많은 면적을 차지하던 트랜스포머를 대체하여 커플드 인덕터를 사용하였다. 수식 (1)은 커플드 인덕터의 선정을 위한 1차측 인덕턴스 계산 수식 이다.

$$L_{PRI} \geq \frac{T_{OFF(MIN)} \cdot N_{PS} \cdot (V_{OUT} + V_F)}{I_{SW(MIN)}} \quad (1)$$

$T_{OFF(MIN)}$ 은 최소 스위칭 오프 타임이고  $I_{SW(MIN)}$ 은 최소 스위치 전류 제한이다. 위 수식을 통해 47uH 커플드 인덕터의 인덕턴스 값을 계산 하였고 1차측과 2차측의 권선비가 1:1 인 커플드 인덕터를 선정하였다.

선정된 소자들로 컴퓨터 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션을 통해 원하는 전압과 전류가 출력 되는 것을 확인 하였다. 시뮬레이션된 회로를 PCB로 제작하였고 기존 사용하던 제품보다 47% 작은 크기의 소형 DC DC 컨버터를 제작하였다.<sup>[2]</sup>

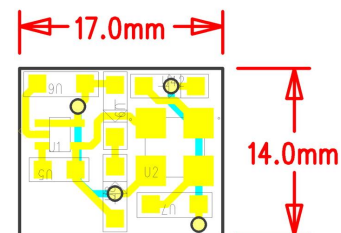


그림 1 소형 DC-DC 컨버터의 PCB Layout  
Fig. 1 PCB Layout of small DC-DC Converter

제작된 컨버터는 300Ω 부하 저항으로 실험을 진행 하였고 출력 전압 15V, 출력 전류 100mA가 나오는 것을 확인 하였다. 그림 2는 제작한 소형 DC DC 컨버터의 출력 전압과 전류 파형이다.

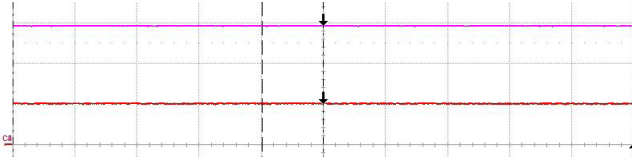


그림 2 소형 DC-DC 컨버터의 출력 전압, 전류 파형  
Fig. 2 Output Voltage, Current waveform of small DC-DC Converter

### 2.3 실험 결과

실험은 하이브리드 구동장치의 출력 전압이 0 ~ 150V의 임의의 파형이 10Hz로 출력 하도록 실험 환경을 구성하였다. 인버터의 제어기로는 Fusion FPGA를 사용하였다.

그림 3은 상용 DC DC 컨버터와 제작된 컨버터를 이용하여 구동한 하이브리드 구동장치의 출력 전압 파형을 비교한 것이다. 그림 3(a)는 출력 전압이 정현파와 같이 임의의 전압으로 출력 된다. 동일한 환경에서 제작한 소형 DC DC 컨버터로 바꾸어 실험을 한 경우, 그림 3(b)와 같이 출력 전압 파형이 그림 3(a)와는 다르게 노이즈 같은 파형이 나타남을 볼 수 있다. 이는 출력 전압을 만들어 주는 스위칭 소자의 정상적이지 않은 동작에 의해 기인하는 것으로 판단된다. 따라서, 제작한 소형 DC DC 컨버터와 기존의 컨버터 간에 어떤 차이점이 있는지 분석해 보았다.

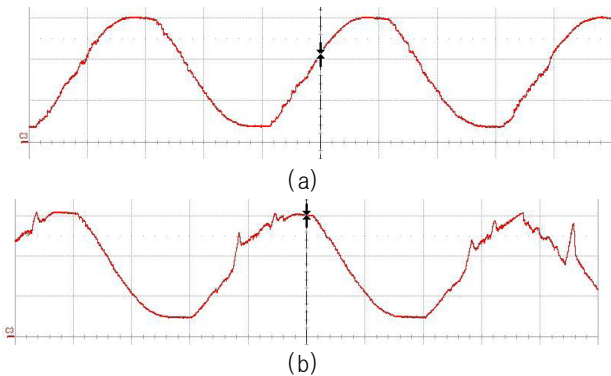


그림 3 하이브리드 구동장치의 출력 전압 파형  
Fig. 3 Output Voltage Waveform of Hybrid Drive

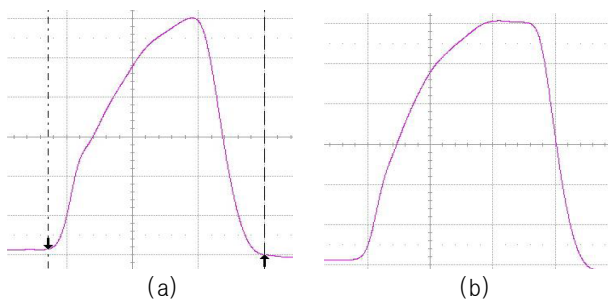


그림 4 게이트와 소스 양단의 전압 파형  
Fig. 4 Voltage waveform of between gate and source

원인 분석을 위해 먼저 스위칭 소자의 게이트와 소스 양단의 전압을 확인하였다. 그림 4(a)는 소형화된 DC DC 컨버터를 사용 하였을 때의 게이트 소스 양단의 전압이고, 그림 4(b)는 상용 DC DC 컨버터를 사용 하였을 때의 게이트 소스 양단의 전압이다. 상용 제품을 사용한 파형보다 소형화된 컨버터를 사용한 파형이 피크치는 같지만 스위칭 신호모양이 다름을 알 수 있다. 파형이 on인 동안의 시간은 각각 320.5 ns와 328.5 ns로 큰 차이는 없지만, 그림 4(a)가 그림 4(b)보다 전반적으로 폭이 좁고, 완전히 켜있는 시간도 상대적으로 짧은 것을 알 수 있다.

다음으로 스위치가 동작 할 때의 상용 DC DC 컨버터 출력 전류와 제작한 소형 DC DC 컨버터의 출력 전류를 확인 하였다. 그림 5(a)는 제작된 소형 DC DC 컨버터의 출력 전류이고, 그림 5(b)는 상용 컨버터의 출력 전류이다. 스위칭 신호인 펄스파형이 스위칭 소자의 게이트 단자로 인가될 때 DC DC 컨버터의 출력 전류에 출렁임이 생기게 된다. 제작된 컨버터 출력 전류는 in rush 전류가 상용 컨버터에 비해 천천히 증가하는 것으로 보이며, 피크값도 상대적으로 작다. 이러한 점들도 스위치가 동작하는데 영향을 주는 것이 아닌가 판단되며, 좀 더 근본적인 연구가 필요하다고 판단된다.

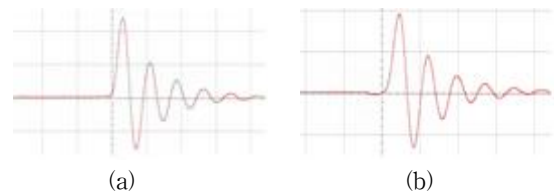


그림 5 DC-DC 컨버터의 출력 전류  
Fig. 5 Output Current of DC-DC Converter

### 3. 결론

본 연구에서는 용량성 부하 구동용 하이브리드 구동장치에서 사용되는 소형 DC DC 컨버터의 설계 및 제작, 실험까지 수행하였다. 기존의 큰 면적을 차지하는 DC DC 컨버터에 비하여 47%작은 면적의 소형 DC DC 컨버터를 제작하였다. 제작된 컨버터는 설계 사양을 만족 하였지만 실 부하인 하이브리드 구동장치의 스위치 전원으로 사용할 경우 출력 전압에 노이즈 같은 현상이 발생하게 되었다. 향후 이런 부분을 제거하기 위하여 추가적인 연구와 실험이 필요하다고 판단된다.

### 참 고 문 헌

[1] Choi, B.; Lim, W.; Sanghyun Bang; Seungwon Choi "Small signal analysis and control design of asymmetrical half bridge DC DC converters", IEEE Journals & Magazines, Vol. 53, Issue. 2, Pages 551 ~ 520, 2006.

[2] Bryant, B.; Kazimierczuk, M.K. "Small signal duty cycle to inductor current transfer function for boost PWM DC DC converter in continuous conduction mode", IEEE Conference Publications, Circuits and Systems, 2004. ISCAS '04. Proceedings of the 2004 International Symposium on, Vol. 5, Pages 856 ~ 859, 2004.