

# 1700V급 IGBT 모듈용 트랜스포머 절연형 게이트 구동 회로

박유철, 김태완, 오필경, 서정광, 박민호  
LS산전

## Transformer-Isolated Gate Driver with Power Supply for 1700V IGBT

Park Yu Cheol, Kim Tae Wan, Oh Pil Kyoung, Seo Jeong Kwang, Park Min Ho  
LS IS Co., Ltd.

### ABSTRACT

최근 전력용반도체 모듈 시장이 발전함에 따라 고전압 제품에 대한 수요가 증가하고 있다. 하지만 1700V급 이상의 고전압용 IGBT 모듈을 구동하기 위한 게이트 드라이버의 경우 해외의 제품은 단가가 매우 높은 것이 현실이다. 이에 따라 1700V급 이상의 전력반도체 모듈용 게이트 드라이버를 손쉽게 구현할 수 있도록 단가 경쟁력과 향상된 성능을 갖춘 게이트 드라이버를 연구하게 되었다. 본 논문에서는 1700V급 이상의 전력용반도체 모듈용 게이트 드라이버를 제작하고 각 부분의 과형을 설명하였다.

### 1. 서론

에너지 고갈의 문제로 인하여 세계적으로 신재생 에너지의 발전이 급속도로 진행되고 있다. 신재생 에너지용 전력변환장치의 핵심 기술인 전력용반도체의 수요가 늘어남에 따라 고전압 고전압의 모듈이 요구되고 있는 상황이다. 이에 따라 1200V급까지는 coreless 형태의 IC로 모듈 구동 가능 하지만 1700V급 이상에서는 절연 문제로 인하여 트랜스포머를 사용한다. 현재 판매중인 1700V급 이상의 IGBT 모듈용 구동회로는 고가의 제품이라 사용하기에는 어려움이 있다. 본 논문에서는 가격적인 문제를 해결하고 국내에서도 손쉽게 고전압 모듈을 구동할 수 있도록 트랜스포머 게이트 구동 회로를 제작하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 트랜스포머 구동 회로

기존의 트랜스포머를 사용한 방식<sup>[1],[2]</sup>은 2차측의 트랜스포머 전압을 끌어올리는 커패시터 때문에 마지막 에너지가 펄스의 형태로 구동되는 문제가 있었다. 이런 문제를 해결하기 위하여 edge triggered 형태로 게이트 구동 회로를 구성하였다.<sup>[4],[5]</sup>

그림 1은 트랜스포머 구동 회로의 블록 다이어그램이다. 그림의 왼쪽에서부터 보면 1차측 과형은 2개의 과형으로 나뉘진다. 턴 온 부분과 턴 오프 부분의 과형을 검출하여 트랜스포머를 통해 2차측으로 넘어간다. 2차측에서 턴 온 부분을 RS latch의 S로 받고 턴 오프 부분을 R로 받는다. Latch의 출력이 316J를 통과하면 사용자가 원하는 전압의 형태로 나온다. 여기서 316J를 사용한 이유는 일반적으로 많이 사용하는 검증된 IC이고 DESAT 검출과 Fault 기능이 있기 때문에 사용하였다.

여기에는 유사한 기능의 비절연 게이트 구동 IC와 같은 형태의 구동회로를 적용할 수 있다. 본 논문에서는 출력을 +15V, 15V로 고정을 하였지만 사용자가 원하는 전압으로 변경이 가능하다.

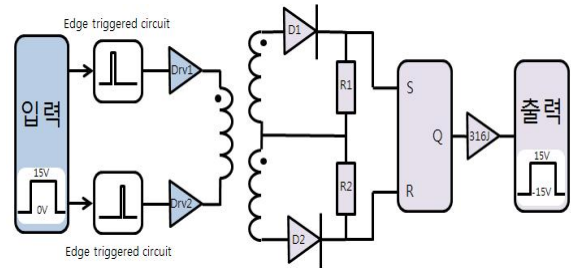


그림 1 트랜스포머 구동 회로 블록 다이어그램  
Fig. 1 Block diagram of the transformer gate driver

#### 2.2 파워 서플라이

1700V급 이상의 IGBT 구동회로를 위한 절연형 open loop 구동 전원을 설계하였다.<sup>[3]</sup> 입력은 SMPS에서 오는 안정적인 전원이라는 가정하에 파워서플라이를 설계하였고, 입력이 불안정하다면 2차측 출력에 별도의 비절연형 SMPS를 추가해야한다.

그림 2의 파워 서플라이는 1차측 스위치를 고정 과형으로 제어하여 트랜스포머 턴수비에 따라 출력 전압을 결정한다.

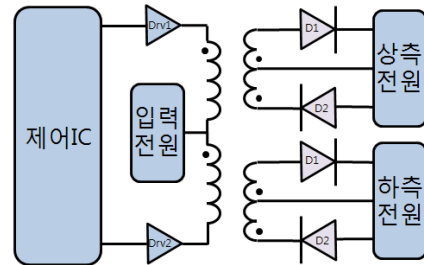


그림 2 파워 서플라이 블록 다이어그램  
Fig. 2 Block diagram of the power supply

#### 2.3 실험결과

그림 3은 제작된 게이트 드라이버이다. 사이즈는 126\*106mm로 기존의 판매되고 있는 제품보다 크지만 가격적인 측면과 내압이 확보되는 트랜스포머의 교체로 1700V급 이상의

IGBT 구동이 가능하다는 이점이 있다. 제안된 회로는 1차측 전원만으로 1차, 2차 전원이 가능하도록 설계하였다.



그림 3 제작된 트랜스포머 게이트 드라이버  
Fig. 3 Transformer-isolated gate driver

그림 4는 edge triggered 파형을 보여주고 있다. 입력신호로부터 턴 온 신호와 턴 오프 신호를 추출하였다. 2차측에서는 턴 온 신호로부터 파형을 생성하여 턴 오프 신호를 받으면 파형을 종료한다. 이렇게 파형을 형성하면 완벽한 파형의 복원이 가능하다. 파형의 딜레이 시간은 그림 5, 6에서 보여준다.

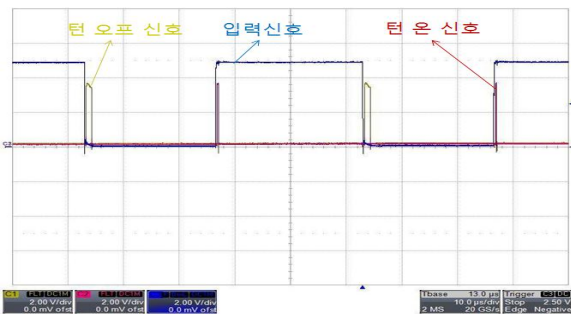


그림 4 Edge triggered 파형  
Fig. 4 Edge triggered gate driver

그림 5, 6을 보면 턴 온 딜레이 시간은 666.27ns, 턴 오프 딜레이 시간은 649.23ns이다. 316J의 딜레이가 300ns인 점을 감안하면 좋은 결과이다. 또한 딜레이시간이 더 짧은 논리 게이트를 사용하면 이보다 더 좋은 결과가 나올 것이라 기대된다.

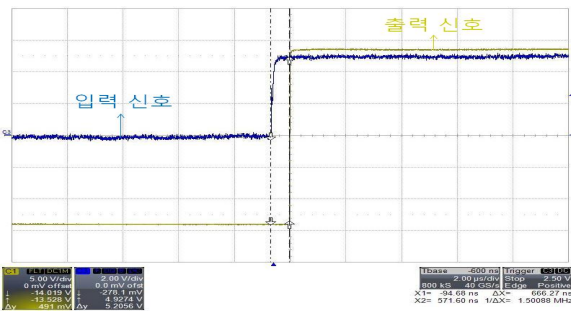


그림 5 입출력 턴 온 딜레이 시간  
Fig. 5 Delay time to turn on the gate driver

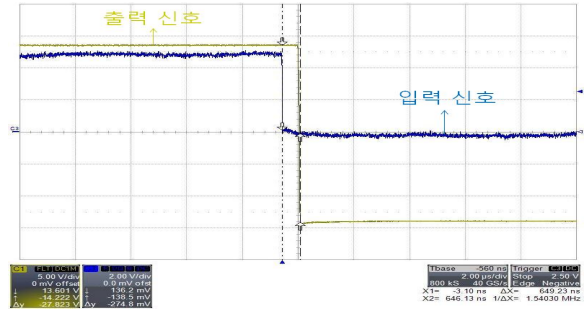


그림 6 입출력 턴 오프 딜레이 시간  
Fig. 6 Delay time to turn off the gate driver

### 3. 결론

기존의 트랜스포머 구동회로는 전압을 끌어올리는 커패시터 때문에 마지막 펄스 문제가 발생하여 본 논문에서는 edge triggered 형태의 구동회로를 제안하였다. 실험 결과 제안된 트랜스포머 구동 회로는 넓은 영역의 주파수 동작, 완벽한 2차측 펄스의 구현, 우수한 딜레이 시간의 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 트랜스포머의 내전압이 확보되면 1700V급 이상의 모듈 구동회로의 수정 없이 손쉽게 구현 할 수 있다. 또한 현재 판매되고 있는 제품보다 가격적인 측면에서 이점이 있을 것으로 생각된다. 차후에는 부품을 최소화 하고 배치를 정돈하여 사이즈를 줄이고 신뢰성 향상을 위한 연구를 할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] S.Y.Hui, Henry Shu Hung Chung, S.C.Tang, "Coreless Printed Circuit Board (PCB) Transformers for Power MOSFET/IGBT Gate Drive Circuits", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 14, NO. 3, MAY 1999
- [2] S.Y.R. Hui, S.C. Tang, H. Chung, "Some electromagnetic aspects of coreless PCB transformers", IEEE TRANSACTION ON POWER ELECTRONICS, VOL. 15, NO. 4, JULY 2000, pp. 805 810
- [3] E. Dallago, M. Passoni, G. Venchi, "Design and optimization of a high insulation voltage DC/DC power supply with coreless PCB transformer", 2004 IEEE International Conference on Industrial Technology, Vol. 2, pp. 596 601
- [4] S. Pawel, J. Thalheim, "1700V Fully Coreless Gate Driver with Rugged Signal Interface and Switching Independent Power Supply", Proceedings of the 20th International Symposium on Power Semiconductor Device & IC's, MAY 18 22, 2008 Orlando, FL, pp. 319 322
- [5] Ruxi Wang, M. Danilovic, D. Boroyevich, Zheng Chen; R. Kaushik, "Transformer isolated gate drive design for SiC JFET phase leg module", Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) 2011 IEEE, pp. 1728 1733