

# Arm Short 보호 기능을 포함한 다기능 IGBT GATE DRIVER Multi Function IGBT Gate Driver Including Arm Short Protection

이 경 복\*  
Lee Kyung -Bok

조 국 춘\*  
Cho Goog-Chun

최 종 목\*  
Choi Jong- Mook

---

## ABSTRACT

This paper introduces the main function and protection method of IGBT gate driver that designed by KOROS. Recently, the applications of insulated gate bipolar transistors(IGBTs) have expanded widely, particularly in the area of railway converters. This driver is suitable for railway traction applications, so they are designed for circumstance of railway vehicle such as vibration. The input control power for this driver is supplied from battery charger of railway. it is no necessary an isolated power supply board or auxiliary power supply, with substantial savings in cost and space in railway applications. This gate driver can be used wide range of input voltage. So, performance of the driver has no relation with the battery voltage(70V~110V). The protection methods of IGBT gate driver have many kind of ways, but this gate driver is designed to apply to converter for railway system, so this gate driver includes protection for arm short current and low control power voltage, etc. And the process of protection method and protection reference value are optimized by means of sufficient test with our own facilities.

---

### 1. 서론

현재 철도차량용 인버터의 전력용 반도체 소자로 사용되어지고 있는 IGBT 소자의 정확한 구동을 위하여 당사가 새롭게 개발한 IGBT GATE DRIVER의 주요 기능 및 보호 동작에 대하여 소개한다.

본 논문에서 언급한 IGBT GATE DRIVER는 철도차량용 인버터 기기에 사용되는 IGBT 소자의 구동을 위하여 특별히 진동 및 환경을 고려해 설계되었으며, 신뢰성 높고 안정적인 DRIVER의 동작을 위하여 DRIVER의 입력전원을 별도의 전원장치를 사용하지 않고 차량의 제어전원을 직접적으로 사용할 수 있도록 설계되었다.

또한 입력 전원의 변동폭을 최대한 보장함으로써 차량 제어전원 (DC70 -110V)의 변동과 무관하게 최고의 성능을 보장하도록 설계되었다.

IGBT 소자를 보호하기 위한 보호동작 방법은 DRIVER의 종류에 따라 다양한 방법이 있을 수 있겠으나, 본 DRIVER는 철도 차량용 인버터에 적합하도록 설계하여 소자의 단락 전류 및 과전류에 대한 차단 보호 동작과 제어 전원의 이상 유무등에 대한 보호 동작기능을 포함하고 있다.

또한 보호 동작에 대한 처리 방법 및 소자의 종류에 따른 차이점등을 현차 시험 및 당사가 추진 중인 국책과제 등을 통하여 최적화 하였다.

---

\* 한국 철도차량연구원 중앙연구소 전장품개발팀, 비회원

## 2. Gate Driver

### 2.1 Gate Driver 개요

IGBT GATE DRIVER는 제어기에서 출력되어진 Turn-On, Turn-Off 신호를 수신하여 적절한 보호 기능을 가지고 IGBT 소자를 직접적으로 구동하는 주요 장치로 인버터의 신뢰성을 좌우하는 장치이다.

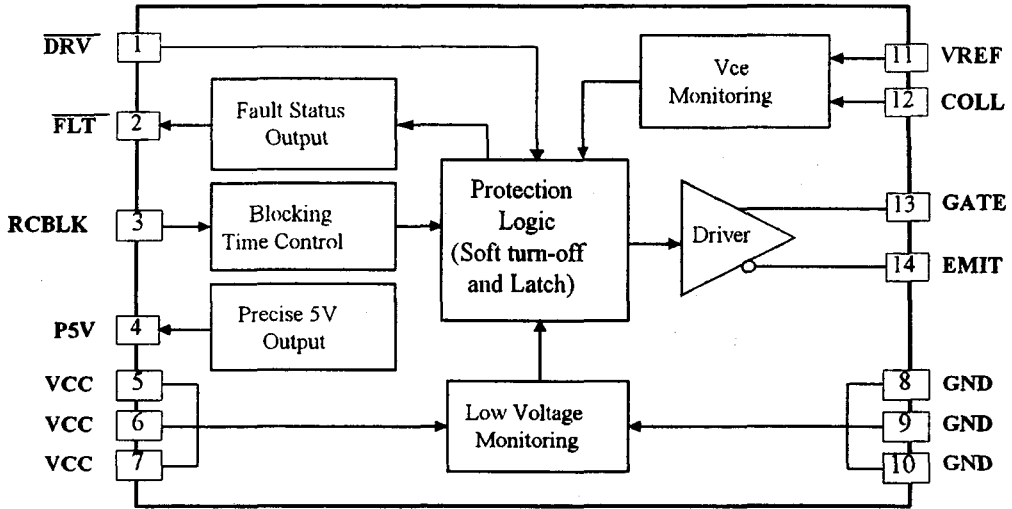
당사가 개발한 IGBT GATE DRIVER는 진동과 입력전압의 변동폭이 심한 철도차량용 IGBT 인버터에 적합하도록 설계되어진 Dual Type IGBT GATE DRIVER로 수많은 환경시험과 양산품에 대한 적용으로 신뢰성을 확실히 보장한다.

### 2.2 Block Diagram 및 핀 배치

본 IGBT GATE DRIVER의 HYBRID IC의 핀 배치 및 Block Diagram은 아래와 같다.

표 1. Pin Description

Pin	Name	Function
1	$\overline{\text{DRV}}$	IGBT의 입력 구동 신호. CMOS의 입력 pin. "Low" 일 때 IGBT on 신호. 내부에 6.8k $\Omega$ pull-up 저항.
2	$\overline{\text{FLT}}$	Fault 출력 신호. open collector type. fault 일 때 "Low", normal 일 때 "High-Z".
3	CBLK	fault 시에 latch된 fault 신호를 일정시간 유지하여 재구동 신호를 차단하기 위한 시간제어용 capacitor 연결. 내부에 방전용 100k $\Omega$ 저항.
4	P5V	fiber optic receiver의 전원용 5V 출력.
5,6,7	VCC	전원 전압 (+) 단자.
8,9,10	GND	전원 전압 Gnd 단자.
11	VREF	과전류 감지를 위한 기준전압 입력 pin.
12	COLL	Collector 전위(desaturation) 감지 위한 pin.
13	GATE	Gate 구동 pin.
14	EMIT	Emitter pin.



(BLOCK DIAGRAM)

## 2.3 IGBT GATE DRIVER의 주요 기능 요약

### 2.3.1 입력전원의 저전압 보호

정격 입력전압 DC100V이나, 철도차량의 특성상 제어전원의 변동폭(DC70-110V)을 감안하여 입력전압이 DC 35V 이하로 변동시에 저전압에 따른 fault 신호가 발생하여 구동신호를 차단하고, 입력전압이 DC 45V 이상으로 상승하면 fault 신호가 해제되어 재구동 가능하다. 이는 차량의 배터리 전원의 변동폭보다 더욱 크게 설계하여 안정성을 극대화 하였다.

### 2.3.2 IGBT 소자의 과전류 보호

IGBT의 과전류 또는 단락전류 사고시 IGBT의 Collector 전위(desaturation)를 감지하여 fault 신호를 발생하며, 구동신호를 차단하여 IGBT를 보호한다. 소자의 종류에 따라 기준 전위를 변동하여 전류의 크기를 다르게 설정할수 있다.

### 2.3.3 Fault 발생시 Soft Turn-Off 기능

Fault 신호 발생시 즉시 Gate와 Emitter간의 전압을 11V 정도로 낮추어 단락 전류의 크기를 낮추고 빠른 시간에 완전히 turn-off함으로써 turn-off시에 발생하는 collector와 emitter간의 spike 전압을 최소화하여 IGBT를 보호한다.

### 2.3.4 Fault 신호의 latch

Fault 신호 발생과 관련한 노이즈에 대한 내성을 높이기 위하여 LPF(Low Pass Filter)를 사용하였으며, 이에 따라 5us 지연된 fault 신호(open-collector output : pin 2)가 출력되면서 latch되어 구동신호를 차단하게 된다. Latch 기능은, 연속적이며 반복적인 단락전류에 의한 열 폭주로부터 소자를 보호한다

### 2.3.5 Fault 발생시 일시적인 재구동 신호의 차단

Latch된 fault 신호는 일정 시간(pin 3에 capacitor  $C_{blk}$ 를 연결하여 결정)이 경과한 후 구동신호의 off에 의해 해제된다. Fault 신호는 일정 시간 경과전까지는 절대 해제되지 않으며 이 기간의 재구동 신호는 차단되어 IGBT는 보호된다.

## 2.4. Functional Description

### 2.4.1 구동 방식

그림 2와 같이 optic receiver 또는 optocoupler 출력이 구동신호이다. "Low"일 때 IGBT는 on 상태이며 Pin 내부에 수 k $\Omega$ 의 pull-up 저항이 있다. 입력 pin은 높은 noise 내성을 위하여 Schmitt trigger 특성을 지니고 있다. 또한, 노이즈에 의한 오구동을 방지하기 위하여 LPF가 내장되어 있다.

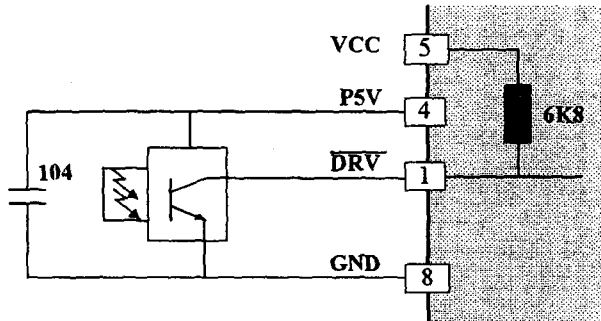


그림 2. 구동신호 연결

### 2.4.2 저전압, 과전류 Fault시 보호 동작

Pin 2(  $\overline{FLT}$  )는 open-collector type으로서 fault 상태에서는 "low" 상태이며, 정상동작시에는 "High-Z" 상태가 된다.

Fault 감지시 Pin 2(  $\overline{FLT}$  )는 5  $\mu$ sec 지연되어 latch되며 "low" 상태가 된다. Fault 발생에 따른 처리 절차는 그림 4와 같다. Pin 1(  $\overline{DRV}$  )이 "high" 상태로 일정시간 유지되어야 latch된  $\overline{FLT}$  신호가 해제된다 (그림4-a 참조).

또한 유지되어야 하는 일정시간은 pin 3의 capacitor  $C_{blk}$ 에 의해 정해진다. 만약 pin 1(  $\overline{DRV}$  )이 "high" 상태에서 일정시간 경과 전에 "low" 상태로 변했다면, 다시 "high" 상태로 일정시간 유지되어야 latch된  $\overline{FLT}$  신호가 해제된다. (그림4-b 참조 : retriggerable action) 외부에 zener diode(Dref)를 pin 11에 연결하여 IGBT 소자에 흐르는 과전류 또는 단락사고 전류에 대한 기준 전압을 제공한다. (IGBT 소자의 전압 Level에 따라 기준 전압의 크기가 달라진다)

Turn-off시 고압의 Collector 전위로부터 이 pin을 보호하기 위하여 고압용 fast recovery diode(Dm)를 사용하여 연결하여 설계하였으며, turn-off시 이 diode를 통하여 흐르는 역전류의 최대치를 감소시키기 위하여 직렬로 저항(Rm)을 연결하였다.(실험 데이터 참조)

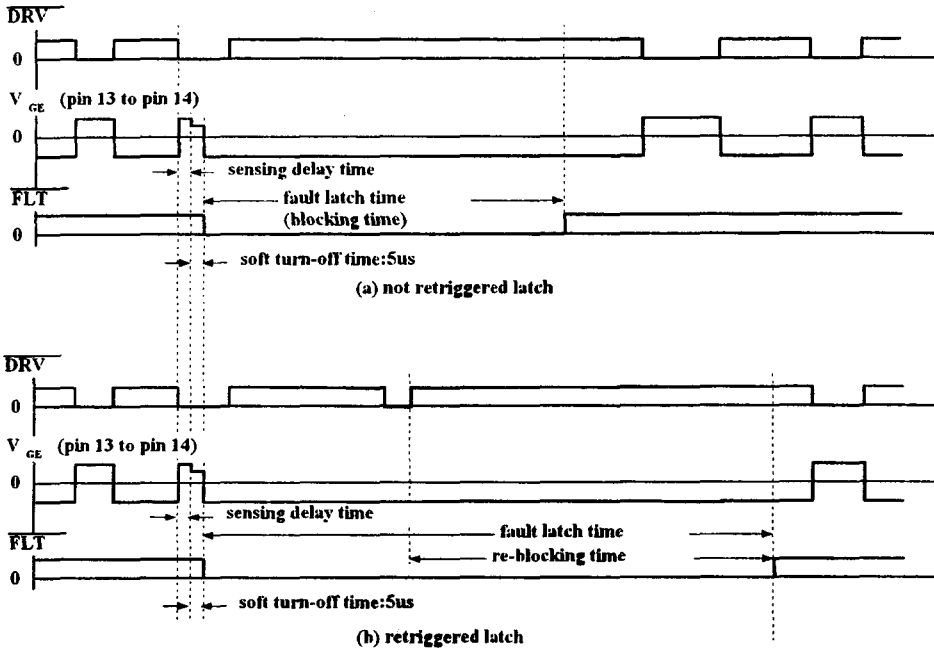


그림 4. Fault 신호의 latch와 해제

GATE, EMIT pin의 충전 전류 최대치는 3300V/1200A의 IGBT 소자를 구동할 수 있는  $\pm 15A$ 이며, Gate 충전 전류는 gate 저항에 의해서 제한된다.

GATE, EMIT 전압은  $\pm$ 전압으로 구동되므로 전체 전압 상승분은 2배가 되며, IGBT와의 배선은 최대한 짧게 선을 꼬아서 조립하며, 소자의 특성에 맞게 turn-on 속도와 turn-off 속도를 각각 다르게 할 수 있다.

IGBT에 최대한 가까운 점에 back-to-back zener diode를 연결하여 사고전류 발생시 gate 전압의 상승을 최대한 억제하여야 하며, 또한 고압/대용량 IGBT의 경우 gate와 emitter간에 커패시터( $C_{ge}$ )를 연결하여 turn-on 전류의 기울기를 낮추어 반대편 소자의 역병렬 다이오드의 역회복 전류의 크기를 최소화 하였다. (그림5 참조)

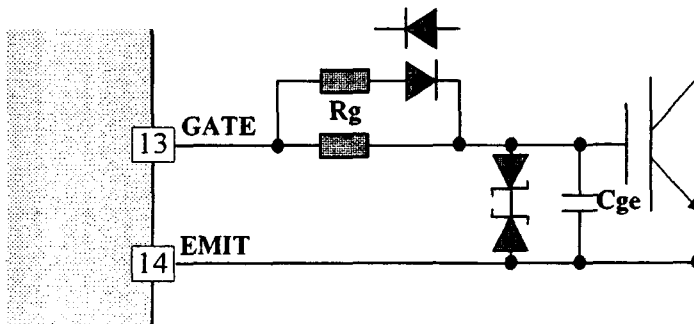
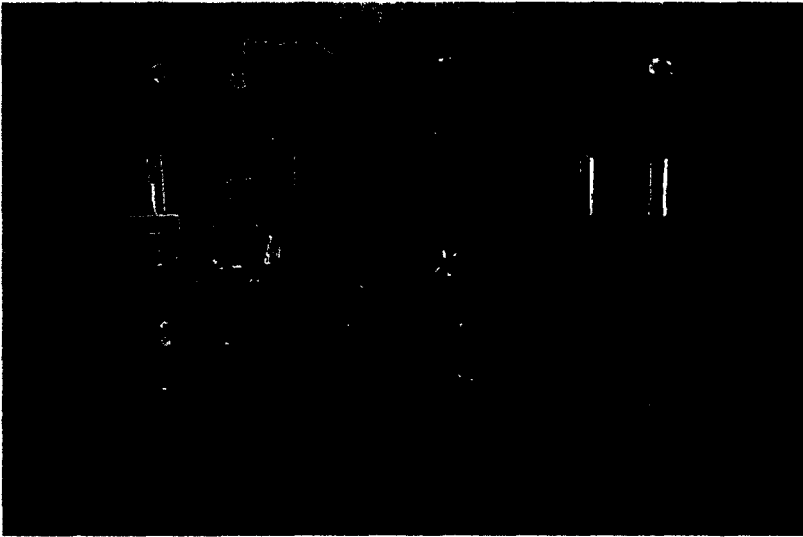


그림 5. Gate Emitter 배선

### 3. Drive 외형 및 특성

#### 3.1 Drive 외형 실물도



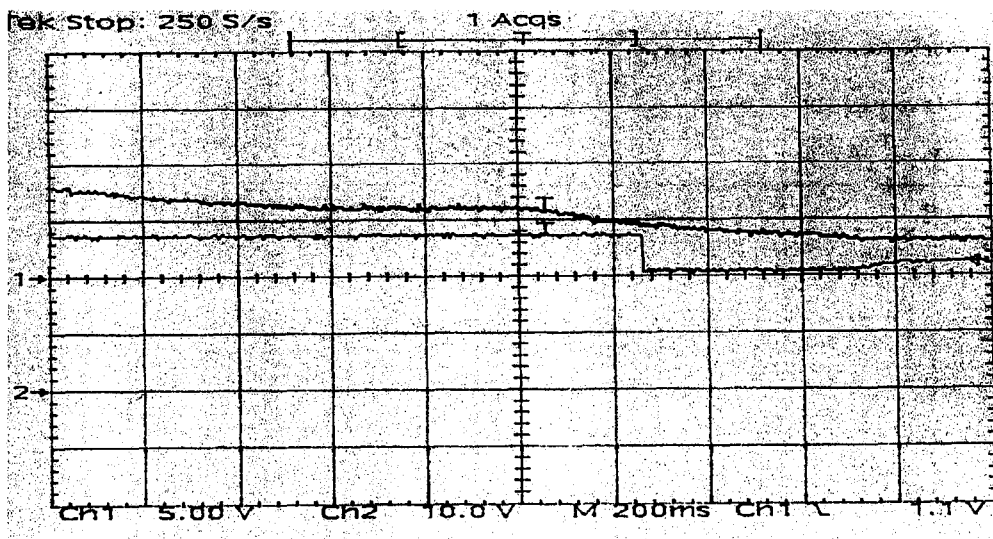
### 4. 실험 데이터

#### 4.1 저전압 보호동작

CH1 : Fault signal, CH2 : 입력전압

시험방법 : Driver의 입력전압을 서서히 낮추어 저전압 보호 동작 확인

시험결과 : 입력전원 DC30V 정도에서 보호동작

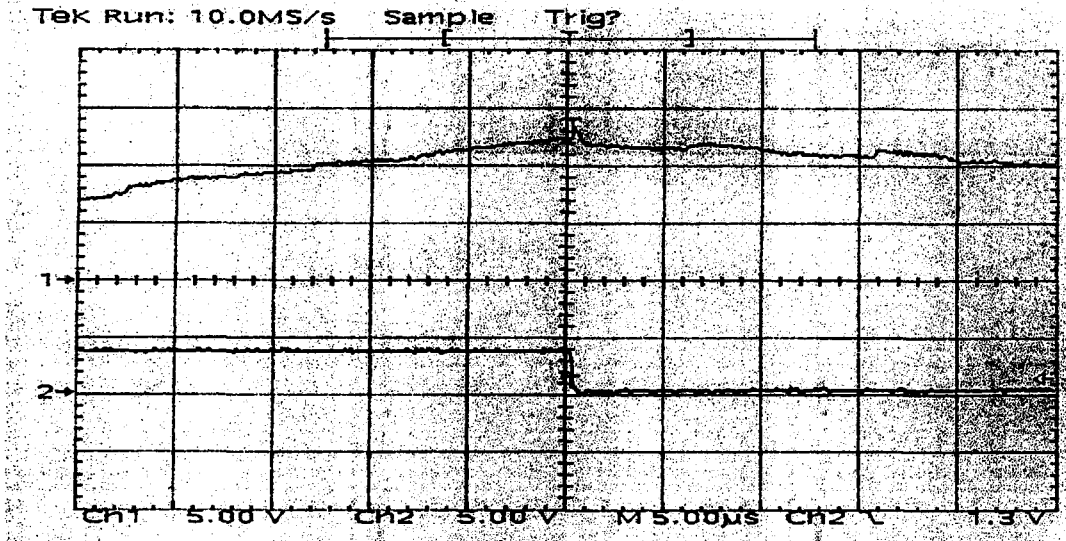


#### 4.2 Arm Short시 보호 동작

CH1 : Collector 전위, CH2 : Fault signal

시험방법 : 3300V/1200A급 IGBT 구동시 COLLECTOR 전위를 서서히 상승하여 보호동작 확인

시험결과 : COLLECTOR 전위가 12V 정도 상승시에 보호동작

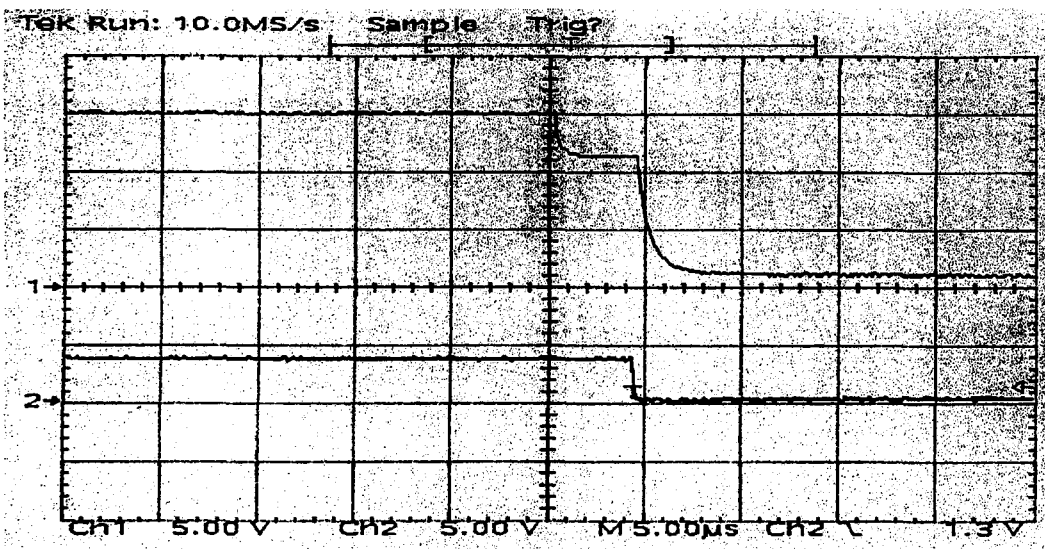


#### 4.3 Soft Turn - Off 과정

CH1 : Gate- ground 전압, CH2 : Fault signal

시험방법 : 고장 발생시 Gate의 전위가 11V 정도로 낮추어져 Turn-off 되는지 확인.

시험결과 : 11V 정도로 낮추어 5usec 이내로 Turn-off



## 5. 결론

이번 연구로 새로이 개발된 IGBT GATE DRIVER는 현재 사용되어지고 있는 수많은 전력용 IGBT GATE DRIVER가 지니고 있는 기능을 포함하면서, 특히 진동과 여타의 환경 조건이 열악한 철도 차량용 인버터의 구동에 적합하도록 구조 및 전기적인 특성을 고려하여 설계되어졌다. 철도 차량용 인버터는 그 특성상 고압, 대용량의 소자로 구성되는 경우가 많으므로, GATE DRIVER의 구동 능력 또한 최대한 극대화하여 설계되어졌다.

본 IGBT GATE DRIVER 하나로 3300V/1200A급 IGBT 소자 두개를 구동할수 있도록 설계되어졌으며(스위칭 주파수 : 2 kHz 미만), 차량의 운행에 따른 차체의 진동과 승객의 안전을 최대한 고려하여 자체적인 보호 동작 기능이 최우선적인 요소로 설계되어졌다.

본 DRIVER의 모든 부품은 온도, 진동, 내압에 대한 철도 차량이 요구하는 모든 시험 조건을 만족하는 최적의 부품으로 선정 되었으며, 현차 및 자체 시험을 통하여 그 기능이 입증되었다.. 현재 본 IGBT GATE DRIVER는 한국철도차량(주)에서 제작하는 모든 IGBT 인버터뿐만 아니라, 국책과제용 인버터, 해외 수출용 인버터에 적용되어지고 있으며, 그 신뢰성 및 안정성에 커다란 호응을 받고 있다.