

## 지하철 변전소용 GTO 싸이리스터 차단기 개발

윤재학, 최세경<sup>U</sup>, 정명길  
현대중공업(주) 마북리연구소

### The Development of GTO circuit breaker for subway substation

J.H. Yun, S.K. Cho<sup>U</sup>, M.K. Jung  
Mabook-Ri Research Institute, HYUNDAI Heavy Industries Co., Ltd.

**Abstract** - High speed DC circuit breakers (HSCB) are indispensable for protection of DC electric subway substations from fault current. However, the HSCB has mechanical contact to wear, which requires rather frequent maintenance. we have succeeded in developing and manufacturing a GTO DC circuit breaker using GTOs and ZnO varistors. In this paper, we describes the outline of the system itself, its characteristics and test data.

#### 1. 서 론

현재 전철용 직류변전소에 있어서 직류회로의 개폐 및 사고전류의 차단에 사용되는 직류고속차단기(High Speed Circuit Breaker : HSCB)는 기계 접점을 가지고, 전류차단시의 회로에너지를 아크에너지로 변화시켜 차단을 행하므로, 주접촉자의 마모, 소호 절연물의 열화 및 고속개폐에 따른 기계 기구의 보수점검이 필요한 것 등 몇가지 문제점을 갖고 사용되고 있는 실정이다.

한편, 개폐속도가 대단히 빠르고 또한 반영구적으로 사용할 수 있는 반도체 개폐장치는 종래의 개폐장치를 대체할 수 있는 이상적인 개폐장치로서 오래 전부터 연구되어 왔다. 그러나 종래의 개폐장치에 비하여 크기가 크고, 가격이 비싸다는 등 난관 때문에 널리 보급되지 못하였고 그 고속성을 살린 제한된 용도에 한정되었다.

차츰 반도체 및 그 주변기술의 현저한 진보로 가격, 치수 등 종래의 난관이 타개되고 있다. 이에 본 연구를 통해 직류전철 변전소, 전기차량 및 기타 공업설비의 직류회로 보호에 적합한 직류용 고속도차단기를 무접점화한 GTO 차단기를 개발하였다.

여기에서는 이 차단장치의 기본 구성 및 동작특성을 살펴보고 시험결과에 대해 보고한다.

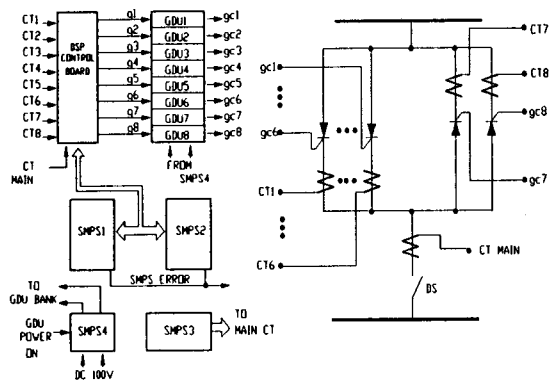


그림 2-1. GTO 차단기 기본구성

#### 2. GTO 차단기 시스템 구성

##### 2.1 GTO 차단기 기본구성 및 사양

GTO 차단기는 주접촉자로서 GTO 밸브를, 소호장치로서 산화아연 바리스터(ZnO)로 구성되는 차단기이다.

표1-1 차단기 개발 사양

항목	사양		
	정방향	역방향	
정격	DC 전압(V)	1,500	1,500
	DC 전류(A)	3,000	1,000
	동작전류(KA)	3-4-5-6	-
	차단용량(KA)	50(추정단락전류)	
차단 성능	전류상승률(KA/ms)	근거리	원거리
		3.6	0.3
	최대차단전류	12KA	
	표준동작책무	0-10s-CO	
GTO 소자 특성	전압	4,500V	
	전류	3,000A	
소자의 구성	정방향 6 병렬, 역방향 2 병렬		
냉각방식	강제 냉각(Heat-pipe, Fans)		
주변온도	-10℃~40℃		

그림 2-1은 GTO 차단기의 기본구성을, 표1-1에 개발 사양을 도시하였다.

## 2.2 주요 구성요소

### 2.2.1 GTO STACK

GTO 6개(g1~g6)를 정방향 병렬운전으로 사용하고, 2개(g7,g8)를 역방향 병렬운전용으로 사용되도록 설계하였다.

병렬운전중인 GTO의 분담전류를 항상 점검하기 위해 1,000A급의 HALL CT CT1~CT6를, 운전중인 MAIN 전류를 검출하기 위하여 5,000A급의 HALL CT인 CTmain를 사용하고 있다.

### 2.2.2 전원 공급 장치

GTO 구동을 위한 전원공급 장치 SMPS4와 제어 시스템을 운전하기 위한 제어전원 SMPS1, SMPS2 그리고 MAIN CT용 공급전원인 SMPS3 로 구성 되어 있다.

SMPS1과 SMPS2는 이중화된 전원 공급장치인데 출력단자가 서로 연결되어 정상시에는 MASTER모듈이 전원 부담을 100%로 공급하다가 예기치 못한 사고로 전원 공급이 차단될 경우에 SLAVE 모듈이 100% 부담하도록 하여, 전원공급 장치의 고장에 따른 사고 발생을 최소화하였다.

### 2.2.3 GTO 구동 UNIT

GTO소자 구동을 위한 DRIVE UNIT으로서 GTO 구동 입력신호를 DSP BOARD에서 광 신호로 전달된다. 그림 2-1에 나타난 바와 같이 8개의 GTO를 구동하기 위하여 8개의 GDU가 사용되었다.

### 2.2.4 제어 시스템

제어기는 고속의 DSP CPU를 사용하여, 차단 알고리즘을 빠르게 수행할 수 있도록 하였으며, 병렬운전을 위한 각 GTO GATE 신호를 동기화 할 수 있는 시간 지연 회로를 EPLD로 집적화하여 DSP 제어보드 내에 실장하였다. 입출력 단자로서는 GTO GATE ON, OFF 신호를 입출력하기 위한 광 신호부, 각 GTO의 전류 분담을 측정하기 위한 CT 입력단자, 운전 상태를 PC에서 관측, 조작이 가능하도록 RS232단자와 PC없이도 GTO의 운전 상태 감시 및 운전기능과 차단조건을 입력할 수 있는 LCD OPERATOR 단자를 갖고 있다.

## 3. GTO 차단기의 시험결과

### 3.1 전류분담 시험

그림 3-1-1은 전원전압을 DC1,044V로, 부하저항을 0.3Ω으로 했을 때의 6병렬 GTO회로 중 GTO #1,#2,#3,#4에 분담된 전류파형을 동시에 측정한 것이다. 이때 오실로스코프 파형 단위는 500A/DIV이다.

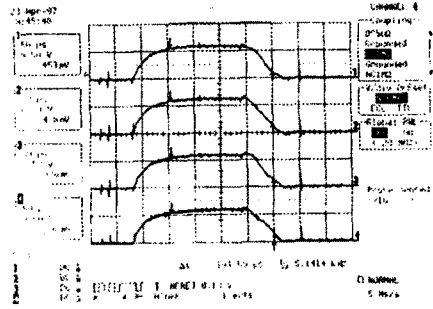
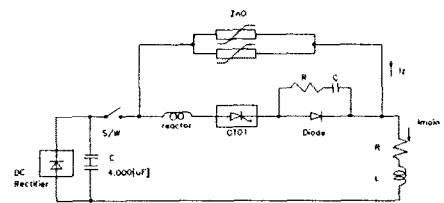


그림 3-1-1 전류 분담

### 3.2 소호소자 방전 시험

차단기의 표준동작책무를 고려한 차단시 필요한 총에너지 용량은 900KJ로 시뮬레이션되었으며 JEC 규격에도 만족한다.

소호회로는 100KJ급 산화아연소자로 이루어진 9병렬 구성에 의하여 구현하였으며, 소자의 방전시험은 그림 3-2-1의 시험회로에서 Zn소자 양단간의 전압  $V_z$ , 흡수전류  $I_z$ , 주단자전류  $I_{main}$ 을 측정하였다. 그림 3-2-2과 그림 3-2-3에서는 전원전압을 770V, 부하저항을 0.3Ω으로 설정하고 900μs one pulse 통전시의 모의선로인덕턴스값의 변화에 따른 소호소자의 방전특성을 나타낸 것으로 인덕턴스값이 작을수록 주전류의 물진율이 높아지고 방전 에너지도 커짐을 보여준다. 또 소호소자가 차단전류를 흡수함에 따라 차단신호와 거의 동시에 한류 차단됨을 알 수 있다.



3-2-1 소호소자 시험회로

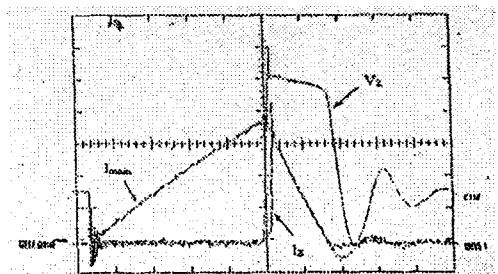


그림3-2-2 인덕턴스 1.5mH의 방전시험 파형  
( 100A/Div, 500V/Div)

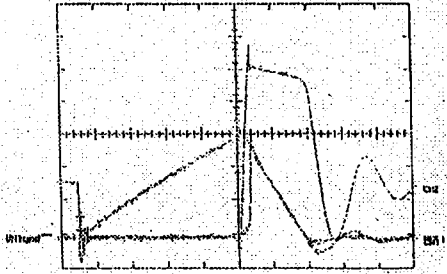


그림 3-2-3 인덕턴스 2mH의 방전시험 파형  
( 100A/Div, 500V/Div)

### 3.3 차단동작 시험

그림 3-3-1과 3-3-2에 설정전류에 의한 차단  
과 di/dt 차단에 의한 결과 파형을 나타냈다.

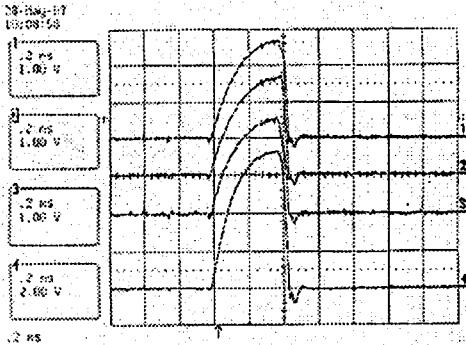


그림 3-3-1 Ip=3500A 설정시 차단시 결과 파형  
( 파형1: GTO1 250A/Div, 파형2: GTO3 250A/Div  
파형3: GTO5 250A/Div, 파형4: MAIN 1,000A/Div)

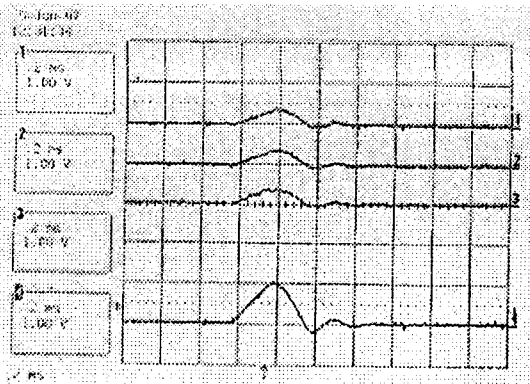


그림 3-3-2 di/dt=2.5A/μs 설정시 차단결과 파형  
( 파형1: GTO1 250A/Div, 파형2: GTO3 250A/Div  
파형3: GTO5 250A/Div, 파형4: MAIN 500A/Div)

### 4. 결론

본 연구는 전철용 직류변전소의 기계식 고속도 차단기와 대체 가능한 고성능 정지형 직류차단기의 개발을 목적으로 하였다. GTO 싸이리스터 차단기의 장점은 첫째, 차단시 아크가 발생하지 않아 조작용, 특히 유지 보수면이 좋고 둘째, 기계식 차단기에 비해 차단특성이 우수하여 차단기 단락용량 저감, 사고확대 방지 등 기술적 잇점을 가지고 있다.

이러한 무접점차단기의 개발을 위해 적용한 기술로 인해 고속화, 고기능화가 가능해짐에 따라 실용화의 과제가 해결된다면 향후, 전철용 직류변전소를 필두로, 각종 용도로의 적용이 고려될 수 있을 것이다

### 5. 참고문헌

- [1] HIROSI FUKUI."PARALLELING OF GATE TURN OFF THYRISTORS" IEE ind, Appl. Soc. Meet. 1982,pp741-746
- [2] 전기철도 지상설비의 POWER ELECTRONICS 응용장치 후지시보 Vol 61. No.5 1988
- [3] Toshimasa Jinzenji, "Circuit Configuration Interrupting performance of Bi-direction DC thyristor Circuit Breaker", Electrical Engineering in Japan, Vol.PAS-102, No.5, May, 1983
- [4] John G. Kassakian et al, "Principal of Power electronics", Addison Welsley Publishing Company, Inc 1991

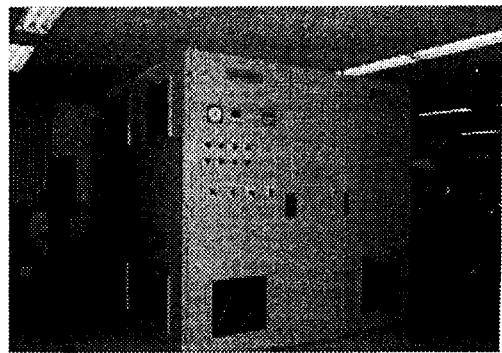


사진 1. 개발제품 외관

본 연구는 한국전력공사 지원자금으로 시행한 기술개발사업의 기술개발 결과입니다.