

# IGBT 폭파시험

정종규\*, 서동우\*, 정홍주\*  
(주)효성\*

## IGBT explosion test

Jong-Kyou Jeong\*, Dong-Woo Seo\*, Hong-Ju Jung  
Hyosung Corporation

### ABSTRACT

High Voltage Direct Current (HVDC) 시스템은 고압 직류 송전을 위한 시스템이다. 고압 직류 송전을 위해서는 전력변환기가 교류전력을 직류전력으로 변환해주어야 하는데, 최근에는 모듈형 멀티레벨 컨버터(Modular Multilevel Converter, MMC)가 많이 적용되고 있다. 모듈형 멀티레벨 컨버터는 단위 서브모듈이 직렬로 구성되어야 하는데 기구적으로 하나의 밸브 구조물에 6개의 서브모듈이 일정한 간격을 두고 위치하게 된다. 모듈형 멀티레벨 컨버터의 특징 중에 하나는 예비모듈이 구성되어 가용율을 높일 수 있다는 것이다. 본 논문에서는 서브모듈의 IGBT 폭파에 의해 발생하는 플라즈마가 주변 서브모듈에 도달해 절연과파괴를 발생시키는지 확인하였다.

### 1. 서 론

HVDC란 반도체 소자로 구성된 전력변환장치를 통하여 공급받은 교류전력을 직류로 변환시켜 송전한 후에 수전단에서 다시 교류 전력으로 변환시켜 계통에 전력을 공급하는 시스템을 말한다. 최초의 전압형 HVDC는 1994년 ABB사가 스웨덴 Gotland에 설치하여 1999년 상업운전을 시작하였다. 초기에는 2-level 또는 3-level 컨버터를 기반으로 개발되었으나, 대용량 전력 전송의 한계, 높은 스위칭 손실 등이 문제가 되어 그 한계에 봉착하였다. 이후 대용량 IGBT 소자의 개발과 MMC(Modular Multi-level Converter) 방식의 도입으로 대용량 송전이 가능하게 되었다. MMC 방식은 모듈화된 Half-Bridge 또는 Full-Bridge 인버터를 직렬로 연결하여 계단 형태의 정현파 전압을 형성한다. 따라서 직렬 연결된 모듈 개수를 조절함으로써 대용량 송전이 가능하다. 또한 기존의 2, 3-level의

높은 스위칭 주파수에 비하여 전력망 기본 주파수의 약 3배 정도까지 스위칭 주파수를 낮출 수 있기 때문에 변환손실률을 1% 수준까지 낮출 수 있다. 또한 낮은 고조파 특성으로 AC 고조파 필터를 생략하거나 최소화 할 수 있기 때문에 설치 면적에 있어서도 큰 장점을 가지게 된다.

모듈형 멀티레벨 컨버터는 시스템 용량에 따라서 수십에서 수백개의 서브모듈이 직렬로 구성이 된다[1]. 6개의 서브모듈은 밸브 구조물에 일정한 간격을 두고 설치되는데 서브모듈의

간격을 최소화하면 전체 시스템의 설치 면적을 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만 서브모듈을 너무 가깝게 설치하면 절연 거리 확보가 필요하고 서브모듈 폭발 시 주변 서브모듈에 영향을 미칠 수 있어 주의가 필요하다. 본 시험에서는 밸브 구조물 위에 서브모듈 3대를 구성하고 가운데 서브모듈을 폭파시킨다. 폭파된 서브모듈에 의해 발생하는 플라즈마가 절연과파괴를 일으키는 지 확인하였다.

### 2. 시험 준비

서브모듈의 IGBT 폭파 시험은 3대의 서브모듈과 밸브 구조물, 측정장비 등으로 구성된다. IGBT 폭파에 의해 내/외부에 미치는 영향(IGBT 주변 부품 물리적 파괴, 플라즈마에 의한 절연 파괴 등)을 확인하였다. 서브모듈 폭발 시 상황을 관찰하기 위해서 초고속 카메라를 설치하여 내/외부에 발생하는 플라즈마를 확인하였다.

#### 2.1 시험 회로

시험을 위해 3대의 서브모듈을 밸브 구조물에 설치하고 가운데 서브모듈이 폭발하면서 발생하는 플라즈마를 관찰하기 위해서 초고속 카메라를 설치한다.

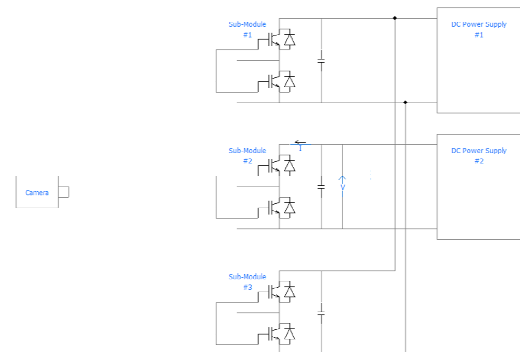


그림 1 폭파 시험 구성도  
Fig. 1 Explosion test configuration

#### 2.2 시험 구성품

시험을 위한 구성품은 표 1과 같다. 피시험 모듈 1대와 주변 서브모듈 2대를 준비한다. 커패시터 전원 공급을 위해 DC 전원 공급장치가 2대 준비되며 폭파 시점의 플라즈마 상태 모니터링을 위해서 초고속 카메라가 설치된다.

표 1 폭파 시험 구성품  
Table 1 Explosion test equipment

No.	아이템	수량
1	피시험 모듈	1 대
2	시험 구성 모듈	2 대
3	DC 전원 공급기	2 대
4	초고속 카메라	1 대
5	오실로스코프	1 대

### 3. 시험 결과

피시험 모듈을 단락시켜 내부 IGBT를 폭파시킨다. 내부 IGBT 폭파에 의해 발생하는 내/외부 플라즈마가 피시험 모듈 좌/우측에 설치된 시험 구성 모듈에 영향을 미치는지 확인하였다. 시험을 종료한 후 육안 검사를 통해서 플라즈마에 의해 내/외부 그을임 발생 여부와 파편의 비산 정도를 확인하다. 폭파에 의해 피시험 모듈 내부 구성품의 파괴 여부도 육안으로 확인하였다. 플라즈마에 의한 그을임은 피시험 모듈의 IGBT 주변에 관찰되기는 했지만 방폭 구조에 의해서 그 영향이 매우 미미하였다. 또한 폭파 파편의 비산 역시 방폭 구조물에 의해 외부 영향은 거의 없었다. 그림 2는 폭파 당시의 플라즈마 발생 현상을 초고속 카메라로 관찰한 캡처 사진이다. 피시험 모듈의 플라즈마가 시험 구성 모듈에 미치지 않으며 절연 파괴가 발생하지 않는 것을 확인하였다.

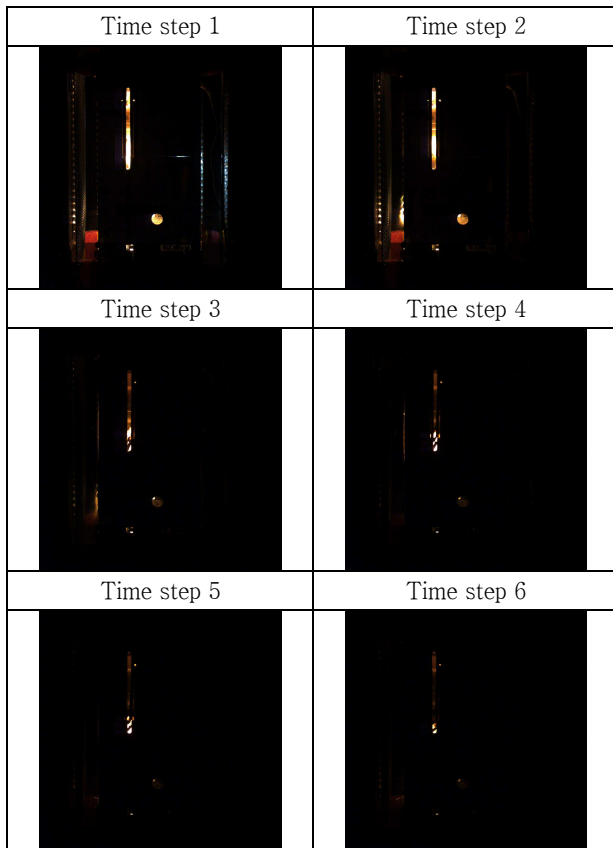


그림 2 플라즈마 촬영  
Fig. 2 Plasma shooting

### 4. 결론

MMC HVDC 시스템의 서브모듈 폭파 시험을 통해서 내/외부에 발생 가능한 플라즈마 현상을 초고속 카메라를 이용해서 관찰하였다. 플라즈마의 도달 범위를 확인하고 당시의 설계 타당성을 검증하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20179310100060)

### 참고 문헌

- [1] G. Gemmel, J. Dorn, D. Rezmann, D. Soerangr, "Prospects of Multilevel VSC Technologies for Power Transmission," IEEE PES Transmission & Distribution Conference & Exposition, April 21~24, 2008 Chicago, USA