

# DC 50kV급 HVDC Valve 개발

백승택\*, 정택선\*, 권준범\*, 정용호\*, 이덕진\*\*  
LS산전\*, 한국전력공사\*\*

## Development of DC 50kV Valve for LCC-HVDC

Seung Taek Baek\*, Teag Sun Jung\*, Jun Bum Kwon\*, Yong Ho Chung\*, Deog Jin Lee\*\*  
LSIS\*, KEPCO\*\*

### ABSTRACT

HVDC는 고압직류송전 방식으로서 기존의 AC 송전 시스템과 비교하여 송전 손실을 줄이고, 장거리 대용량의 전력 전송, 주파수가 다른 지역이나 국가 간 전력망 연계, 각 나라별 지역별 계통 분리, 신재생에너지의 계통 연계 등 기존 AC 송전 방식으로는 해결하기 어려웠던 문제점들이 HVDC를 통해 해결되고 있으며 세계 각국에서 HVDC 시스템을 활발하게 적용하고 있는 상황이다. LS산전은 2009년 HVDC 사업을 착수한 이래 변환소 기자재 비용의 20% 이상을 차지하는 변환용 싸이리스터 밸브 국산화를 위해 노력해 왔고 그 결과 단위 모듈 DC 50kV급 밸브 모듈을 개발하였다. 본 논문은 LS산전이 자체 개발한 HVDC 싸이리스터 밸브에 대해서 소개하고자 한다.

### 1. 서 론

고압 직류 송전, 즉 HVDC(High Voltage Direct Current)는 발전소에서 발전된 교류 전기를 높은 전압의 직류로 변환하여 수백 ~ 수천km 떨어진 곳으로 송전하거나, 50km이상 떨어진 섬과 육지를 해저 케이블을 통해 송전한 후에 이 고압 직류를 다시 교류로 바꾸어서 사용하는 송전 시스템으로, 기존의 AC 송전 시스템과 비교하여 송전 손실을 줄이고, 장거리 대용량의 전력 전송, 주파수가 다른 지역이나 국가 간 전력망 연계, 각 나라별 지역별 계통 분리, 신재생에너지의 계통 연계 등 기존 AC 송전 방식으로는 해결하기 어려웠던 문제점들이 HVDC를 통해 해결되고 있으며 세계 각국에서 HVDC 시스템을 활발하게 적용하고 있다.

우리나라는 1998년 ALSTOM(구 AREVA)사를 통하여 제주와 해남 사이에 ±180kV, 300MW급 HVDC를 설치하여 현재 운영 중에 있다. 또한 ALSTOM사를 통하여 올해 초 제주 진도간 ±250kV 400MW급 HVDC시스템 건설을 시작하여 2012년 내에 준공을 목표로 진행 중에 있다. 그러나 아직까지 국내의 자체 기술을 이용하여 HVDC 시스템을 설계하거나 국내 기술을 통한 기기 제작을 이용하여 건설한 경험은 전혀 없는 상태이다. 그동안 한국전력과 전력 연구원의 주도적인 연구 활동을 통해서, HVDC 시스템 전반에 대한 설계, 운영, 모델링, 시뮬레이션 등에 대한 엔지니어링 기술을 보유하게 되었고, 2009년 한국 전력이 미래 성장 동력 분야 중 하나로 HVDC를 선정하면서 이에 대한 기술 국산화가 가속화 되었다.

2009년 11월에 한국전력은 민간 기업체 (LS산전, LS전선,

대한전선)과 공동으로 HVDC 국산화 기술개발 협동연구를 공식적으로 시작하였다. ±80kV 60MW급 Pilot HVDC 시스템 건설을 통해서 HVDC 핵심기술에 대한 국산화를 착수하였고 2012년 내에 HVDC Pilot 시스템에 대한 실증 운전을 목표로 진행 중에 있으며, 그 다음 단계로는 ±250kV 및 ±500kV급 기술을 단계별로 확보해 나간다는 전략을 수립하여 각 기술 분야에 대한 한국전력과 민간 기업의 역할을 정하여 기술 국산화를 진행하고 있으며, 본 원고에서는 대용량 전력전자 기술이 적용되는 HVDC 싸이리스터 밸브 국산화 개발 현황에 대해서 소개하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 HVDC 싸이리스터 밸브 구성

싸이리스터 밸브는 HVDC 시스템의 핵심 기술 중 하나이며, 교류를 직류로 변환시키는 전력변환기의 역할을 하고 있다. 싸이리스터의 조합부터 밸브, 브릿지까지의 12펄스 싸이리스터 브릿지의 단선도를 그림 1에 나타내었다.

12펄스 싸이리스터 브리지의 밸브는 많은 수의 싸이리스터 조합으로 구성되어 있다.

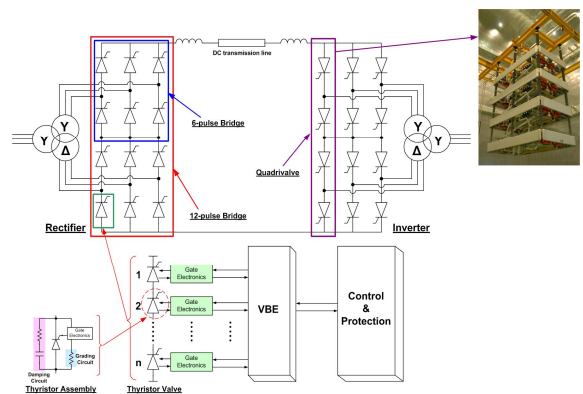


그림 1 HVDC Valve 및 Tower 구성도(12-펄스 컨버터 기준)

HVDC 싸이리스터 밸브는 다음과 같다.

- Valve Section : 총 11개의 Thyristor가 직렬로 구성된 TCA (Thyristor Clamped Assembly), 2개의 di/dt 리액터, 스너퍼 회로, Gate electronics
- Valve Module : Valve Section 2개 직렬연결

○ Valve : 시스템의 정격에 따라서 Valve module의 직렬연결 수가 변동이 되고, 60MW ±80kV 시스템에서는 현재 1개의 Valve module이 Valve를 구성하고 있음.

○ Valve Tower : QuadriValve라고 불리우며, 총 4개의 Valve가 직렬로 연결되어 있음.

개발된 HVDC 싸이리스터 밸브는 그림 2와 같다.

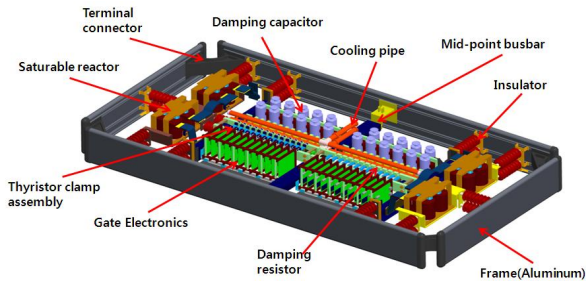


그림 2 싸이리스터 밸브 구성도

## 2.2 싸이리스터 밸브 구성 소자

실제 HVDC에서 싸이리스터는 이상적인 스위치가 아니기 때문에 모든 정상상태 및 과도상태에서 직렬 연결된 싸이리스터가 정상적인 동작을 하기 위해서 보조적인 소자들의 구성이 필요하다. 즉, 스너버 캐패시터, 스너버 저항, di/dt 리액터, 직류 분압 저항 그리고 fast grading 캐패시터 등이다.

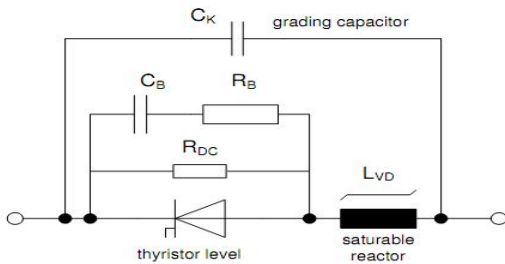


그림 3 HVDC 싸이리스터 밸브의 구성 소자

### 2.2.1 Thyristor Clamped Assembly(TCA)

싸이리스터 밸브는 기본적으로 두 개의 valve section으로 구성되어 있고, 구조 상 대형 구조로 설계 및 제작이 된다. 고압의 직류전압을 견디기 위해서 많은 수의 싸이리스터가 직렬로 연결이 되어 있고 개발된 싸이리스터 밸브는 모듈 당 22개의 싸이리스터가 직렬연결이 되어있다. 그러므로 각 valve section당 11개의 싸이리스터가 직렬로 연결되어 있으며 이 구조를 Thyristor Clamped Assembly(TCA)라 한다. TCA는 싸이리스터와 heatsink, clamped circuit cooling pipe 등으로 구성이 되어있다.

### 2.2.2 스너버 캐패시터

스너버 캐패시터는 싸이리스터가 턴 오프될 시 발생하는 과전압을 억제하기 위해서 각 싸이리스터에 병렬로 연결이 된다. 현재의 싸이리스터 밸브에 적용되는 스너버 캐패시터는 하나만 연결이 되며 화재 위험이 없는 소재로 제작이 되어 있다.

### 2.2.3 스너버 저항

스너버 캐패시터와 회로 인덕턴스의 조합으로 인해 발생될

수 있는 공진을 저감시키기 위해서 저항을 스너버 캐패시터와 직렬로 연결한다. 이 저항에 스너버 캐패시터의 전체 전류가 흐르므로 가장 큰 손실을 야기시킨다. 이러한 손실로 인한 열을 방출시키기 위해서 밸브에 적용되는 냉각수를 사용한다. 스너버 저항의 냉각 방식은 직접냉각 방식과 간접 냉각방식이 있다. 설계 및 제작된 스너버 저항은 간접 냉각 방식을 적용하였다.

### 2.2.4 직류 분압 저항

밸브가 차단(block)되고 직류전압이 인가될 때 직렬 연결된 싸이리스터의 전압 분배는 싸이리스터의 누설전류에 의해 결정이 된다. 따라서 직렬 연결된 싸이리스터에 균등한 전압이 인가되도록 각각의 싸이리스터와 병렬로 저항을 연결한다.

### 2.2.5 di/dt 리액터(saturable reactor)

싸이리스터가 턴 온될 때의 di/dt 스트레스와 턴 오프시 dv/dt 스트레스를 제한하기 위해서 TCA에 직렬로 리액터를 연결한다. di/dt 리액터는 초기 전류에서는 높은 인덕턴스를 가지지만 싸이리스터가 안정적으로 턴 온이 되자마자 낮은 인덕턴스를 갖도록 설계를 해야 한다.

이것은 커뮤테이션 리액턴스의 증가를 방지하기 위해서이다.

### 2.2.6 Gate Electronics

HVDC 밸브에는 직렬로 10~25개의 싸이리스터가 연결되어 있으며, 이를 효율적으로 제어하고, 보호 및 감시하기 위해서는 Gate Electronics라는 장치가 개별적으로 필요하다. Gate Electronics는 싸이리스터의 동작 및 감시에 직접적으로 관여하는 구성품으로써, Valve를 제어하기 위한 필수 구성품이라고 볼 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 LS산전의 HVDC 싸이리스터 밸브 개발과 밸브의 주요 핵심 부품에 대하여 간단하게 기술하였다. LS산전은 2009년 HVDC 사업을 착수한 이래 변환소 기자재 비용의 20% 이상을 차지하는 변환용 싸이리스터 밸브 국산화를 위해 노력해 왔다. 이번에 개발된 HVDC Valve는 ±250kV/200MW HVDC 시스템까지 적용이 가능한 용량이며, 2012년 중에 한국 전력공사와 협동연구로 진행하고 있는 HVDC 제주 실증단에 적용하여 실증 운전을 통해 검증 할 예정이다. LS산전은 이번에 개발된 밸브 기술을 기반으로 DC 250kV 및 500kV급 HVDC 시스템에 적용할 수 있는 싸이리스터 밸브도 계속 개발하여 국내는 물론 세계 시장 진출도 모색한다는 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] H.Gibson, J.P.Ballad, J.K.Chester, "Characterization, Evaluation and Modeling of Thyristors for HVDC Converter Valves", IEEE Int. Conf. Proc. 255, pp.320~324, 1985.
- [2] H.Gibson, J.P.Ballad, "Forward Recovery Damage in High Power Semiconductors", IEE Prof. Group Meeting, 'Power Semiconductors', May 1984.
- [3] IEC 60700 1, Thyristor Valves for High Voltage Direct Current (HVDC) Power Transmission.