

# 200MW MMC HVDC 시스템의 On-line Commissioning Test

김재혁\*, 구남준\*, 홍정원\*, 이준철\*\*, 정홍주\*  
(주)효성\*, 연세대학교\*\*

## On-line Commissioning Test of a 200MW MMC HVDC System

Jae-hyuk Kim\*, Nam-jun Koo\*, Jung-won Hong\*, Jun-chol Lee\*\*, Hong-ju Jung\*  
Hyosung Corporation\*, Yonsei University\*\*

### ABSTRACT

효성은 자체 기술로 개발한  $\pm 120\text{kV}$  200MW MMC HVDC 시스템을 양주 변전소에 설치하여 정격 출력(200MW/60MVar) 기준 6시간 Heat Run 시험을 성공적으로 마무리하여 국내 최초로 전압형 HVDC 시스템의 On-line 커미셔닝 시험을 완료하였다. 200MW HVDC 시스템에는 MMC 기술이 적용되었으며, 시스템을 구성하는 컨버터와 제어 시스템은 순수 국내 기술로 개발되었다. 양주 변전소의 HVDC 시스템은 경기 북부 계통의 상정 고장 시 과부하를 해소하고 계통의 안정성을 확보하는데 효과적인 역할을 하게 될 것으로 전망된다. 효성은 본 양주 MMC HVDC 시스템의 커미셔닝 시험을 성공적으로 완료함으로써 전압형 HVDC 시스템의 설계, 제작 및 시험 기술의 국산화를 달성하였으며 해외 시장에 진출하기 위한 기술 경쟁력을 확보하게 되었다. 본 논문에서는 MMC HVDC 시스템의 커미셔닝 시험 과정 일부와 결과를 소개한다.

### 1. 서론

최근 몇 년 동안, 전력계통 안정화와 신뢰성 향상을 위한 기술적 요구가 높아지면서 HVDC 전력전송 기술이 활발하게 연구되어왔다. 특히, 전압형 HVDC 시스템은 유·무효전력의 독립적인 제어가 가능하기에 전류형 HVDC 시스템과 비교해 전력계통의 안정화에 기여 가능한 장점이 있다. 게다가 전압형 HVDC 시스템은 MMC 기술의 발전에 따라 대용량화가 이뤄졌는데, 이미 단일 프로젝트 용량은 2GW를 넘어서고 있으며, 현재 단일 스테이션의 최고 용량은 직류단 전압이  $\pm 500\text{kV}$ , 정격용량이 3GW에 이르고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 전압형 HVDC의 기술 트렌드에 맞춰 (주)효성에서는 2017년부터 국책 연구소 및 국내 업체와 함께 200MW MMC HVDC 시스템 개발을 시작하였다. 그리고 24년에 양주 변전소에서 On-line Commissioning 시험 운전을 완료하여 해당 프로젝트를 성공적으로 완수하였다. 본 논문에서는 양주 변전소에 실증한 200MW MMC HVDC 시스템의 시스템 구성과 시험 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 200MW MMC HVDC 시스템 구성

그림 1은 시스템 구성으로 양주 변전소 내에 Back-to-Back 구조로 MMC HVDC가 설치되어 있는 형태이다.

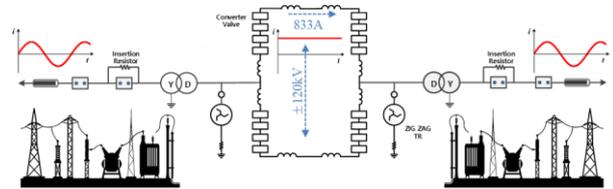


그림 1. 200MW HVDC 시스템 구성

MMC HVDC 시스템은 모듈화된 소형의 전력변환 모듈을 직렬로 쌓아 밸브를 이루는 방식으로, 기존의 전류형 HVDC 시스템에 비해 Yard 설비 면적이 작기 때문에 전체 시스템 면적이 상대적으로 작은 장점을 지닌다. 그림 2는 양주 200MW MMC HVDC 실증 단지 전경과 컨버터 밸브를 보여주고 있다.

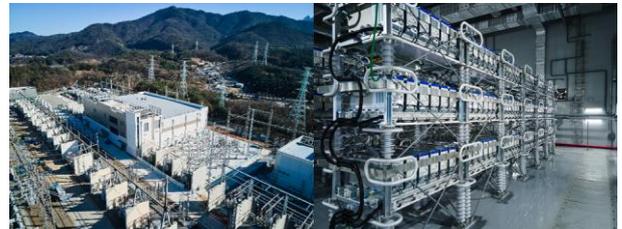
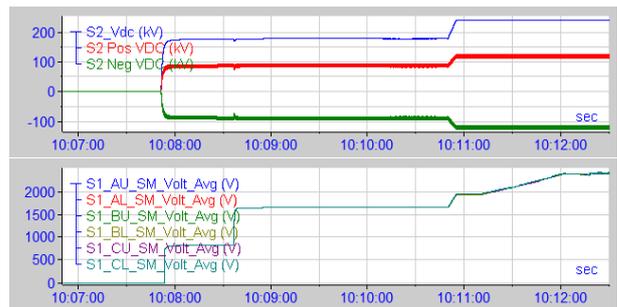


그림 2. 200MW HVDC 실증단지 전경 및 컨버터 밸브

### 3. On-line Commissioning 시험

#### 3.1 200MW HVDC 기동 시퀀스 시험

그림 3은 200MW HVDC 시스템의 기동 시퀀스를 보여준다.



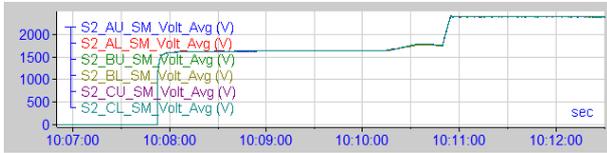


그림 1. 기동 시퀀스 시험 결과

Station #1(S1)과 Station #2(S2)측의 CB(Circuit Breaker)와 DS(Disconnection Switch)를 통해 양측 Station의 서브모듈 커패시터를 Passive Charging 시키고, S2는 Active Charging을 수행, DC 전압제어를 통해 DC 240kV를 제어한다. 해당 상태에서 S1은 Passive Charging을 수행하여 서브모듈 커패시터를 정격전압까지 충전을 시키고, P/Q 제어를 수행하여 기동 시퀀스가 종료된다.

### 3.2 200MW HVDC 운전시험 결과

기동 시퀀스가 종료되고 S1과 S2 컨버터의 제어상태가 정상적으로 확인되면 오퍼레이터는 HMI를 통해 제어모드와 지령을 하달한다.

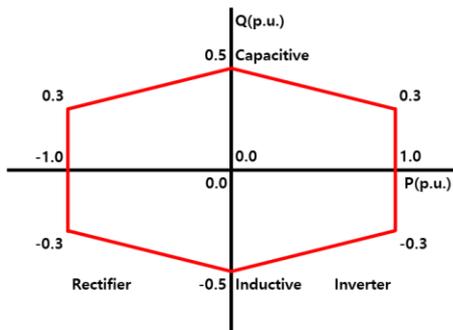


그림 2. 유·무효전력 운전곡선

그림 5는 HVDC 시스템의 유·무효전력의 운전곡선을 평가하기 위해 수행한 운전영역 시험 결과이다. 유효전력을 20MW씩 가변 함에 따라 양 Station이 제어하는 무효전력은 변동되는데, 그림 4의 운전곡선을 만족함을 확인할 수 있다.

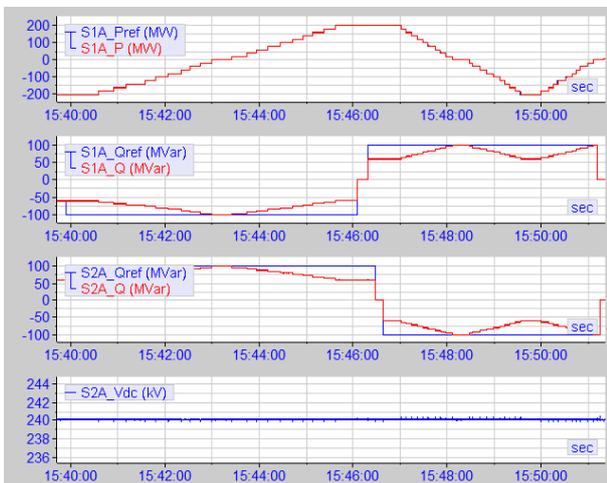


그림 3. 운전영역 시험 결과

그림 6은 본 시스템의 유효전력 제어응답 특성 및 역전송 기능을 평가하기 위해 수행한 Step Response 시험 결과이다. 해당시험은 -200에서 +200MW, +200에서 -200MW로

전력전송을 수행하는데 있어 제어 응답시간이 400ms 이내를 만족하는지 평가하는 시험이다. 시험은 유효전력이 지령치의 90%에 도달하는 시간을 측정하였다. 시험결과 유효전력 제어 응답시간이 400ms 이내를 만족하면서 시스템은 안정한 제어상태를 유지함을 확인하였다.

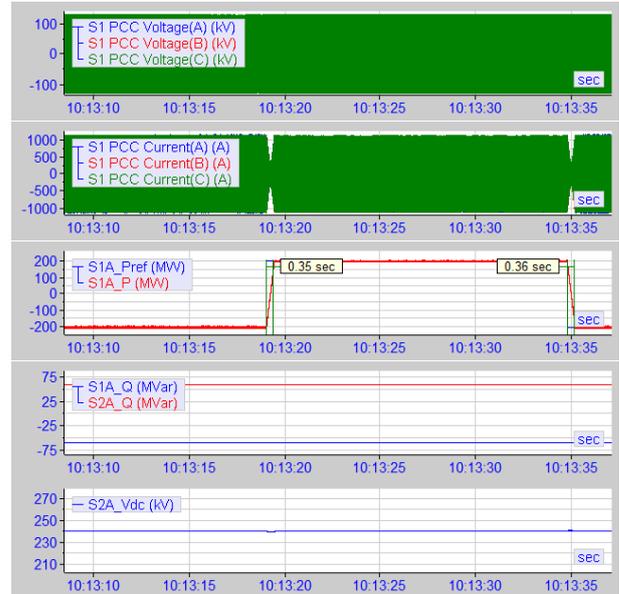


그림 4. 역전송 시험 결과

## 4. 결론

본 논문에서는 양주 변전소에 실증 완료한 200MW MMC HVDC 시스템 구성과 시험 결과를 소개하였다. On-line 성능시험을 통해 유·무효전력 운전 곡선 내에서의 안정적인 운전을 검증하고, 각종 Protection, Redundancy, Heat Run, 고조파 측정, 소음 시험 등을 수행하였다. 그리고 DPS 시험을 통해 각종 Contingency에 따른 제어 및 보호, Oscillation Damping 기능을 검증 완료하였다. 그리하여 최종적으로 프로젝트에서 요구하는 기능/성능 조건을 모두 만족시켰고, 이로써 국내 최초 전압형 HVDC 개발 및 실증을 성공적으로 완료하였다.

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(2022 5500000090, 특고압 직류배전용 멀티터미널 제어시스템 고도화 및 컨버터스테이션 엔지니어링 기술개발)

## 참고 문헌

- [1] H. Pang and X. Wei, "Research on Key Technology and Equipment for Zhangbei 500kV DC Grid," 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018 -ECCE Asia), Niigata, 2018.