

MMC(Modular Multi-level Converter) type 25MVA HVDC 시스템 시험

정종규*, 정홍주*, 유현호*, 이두영*
(주) 효성

MMC(Modular Multi-level Converter) type 25MVA HVDC System Test

Jong-kyou Jeong*, Hong-ju Jung*, Hyun-ho Yoo*, Doo-young Lee*
Hyosung Corporation*

ABSTRACT

본 논문은 (주)효성 중공업연구소에서 국책과제를 통해 자체 개발한 MMC(Modular Multi-level Converter) type $\pm 12kV$ 25MVA HVDC 시스템의 시험결과에 대해 소개한다. 제주에 구축된 HVDC 실증단지는 국내 유일의 MMC type 전압형 HVDC 시스템이며 11-레벨의 AC 출력 전압을 형성하는 2개의 컨버터가 Back-to-Back 형태로 구성되어 있다. 각 컨버터의 AC 출력단은 각각 계통과 풍력발전단지에 연계되어 풍력발전단지에서 생산된 전력을 계통으로 전송하는 역할을 한다. 본 논문에서는 국책과제의 정량적 목표항목을 달성하기 위한 시험을 수행한 결과에 대해서 소개한다.

1. 서 론

HVDC란 반도체 소자로 구성된 전력변환장치를 통하여 공급받은 교류전력을 직류로 변환시켜 송진한 후에 수전단에서 다시 교류 전력으로 변환시켜 계통에 전력을 공급하는 시스템을 말한다^[1]. 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 면적이 있어서도 큰 장점을 가지게 된다^[2].

이와 같이 급격하게 발전하는 MMC 기술에 대해 (주)효성에서는 지난 2012년 11월부터 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 MMC type HVDC 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 제주도에 있는 행원풍력발전단지 계통에 설치하여 다양한 실증시험이 수행되었다.

2. 본 문

2.1 25MVA VSC HVDC 시스템 구성

그림 1은 제주도에 설치된 25MVA HVDC 실증단지 전경과 컨버터 밸브룸 내부 모습이다. 실증단지 내에는 컨버터, 제어기, 냉각시스템 등이 건물 내에 설치되어 있으며 컨버터 밸브룸에는 2기의 컨버터가 Back-to-Back으로 구성되어 설치되어 있다.



그림 1. 실증단지 전경 및 컨버터 밸브
Figure 1. HVDC site and converter valve

그림 2는 25MVA HVDC 시스템의 구성을 간략하게 표현한 것으로 기존에 설치된 제주행원풍력 D/L 중간에 당사의 HVDC 시스템이 설치되었다. 실증 시스템은 정상 운전 시, 풍력발전단지의 유효전력 출력을 HVDC Station1에서 Station2를 통해 한전 계통으로 전송하며 각 Station에서 무효전력 제어를 독립적으로 할 수 있도록 되어 있다. HVDC 시스템의 Trip 또는 유지보수가 필요한 경우에는 Bypass line을 통해서 전력전송을 유지할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 각 컨버터의 AC 측에는 PQ meter를 설치하여 전력품질 및 손실을 측정할 수 있도록 하였다.

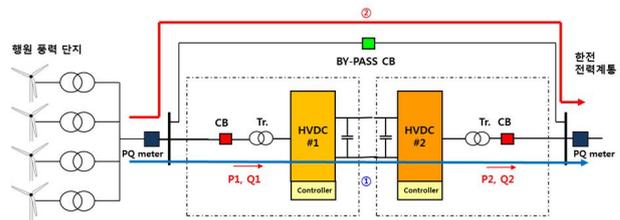


그림 2. 25MVA HVDC 시스템 구성
Figure 2. 25MVA HVDC system

2.2 25MVA HVDC 기동 시퀀스

그림 3은 25MVA HVDC 운전 기동 시퀀스이다. 한전 계통에 연계된 Station2를 기동하여 DC link 전압을 제어하고 풍력발전단지 측 Station1을 기동하여 유효전력 제어를

수행한다.

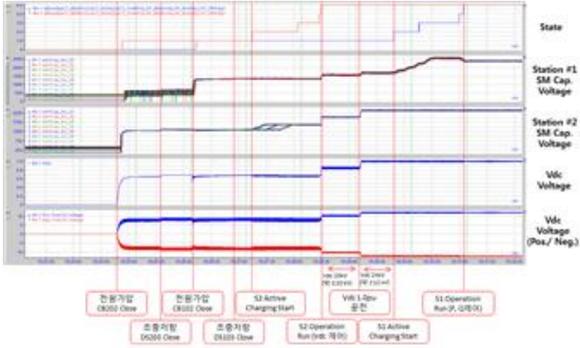


그림 3. 25MVA HVDC 운전 기동 시퀀스
Figure 3. 25MVA HVDC operating sequence

2.3 20MW HVDC 시험 결과

그림 3의 운전 기동 시퀀스에 따라서 시스템이 운전을 시작하면 성능평가를 위한 시험을 수행한다.

2.3.1 유·무효전력 응답 특성 확인 시험

본 과제에서 유·무효전력의 응답특성 요구 사항은 10% (2MW/2MVar) 변동 시, 500ms 이내이며, 시험을 통해서 동작 특성을 만족하는 것을 그림 4에서 확인할 수 있다.

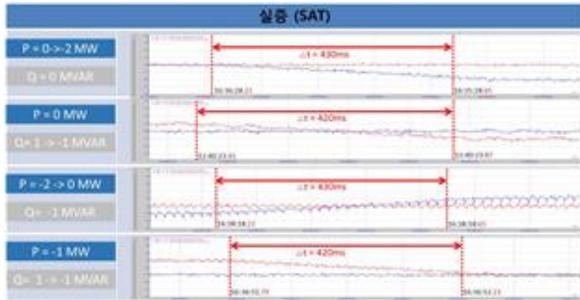


그림 4. 응답특성
Figure 4. Response characteristics

2.3.2 고조파 특성 확인 시험

그림 5는 컨버터의 AC계통 PCC 지점의 고조파를 측정한 파형이며, 수치는 약 2.5%이다. 이는 IEEE519에서 기준으로 하고 있는 5% 이하를 만족한다.

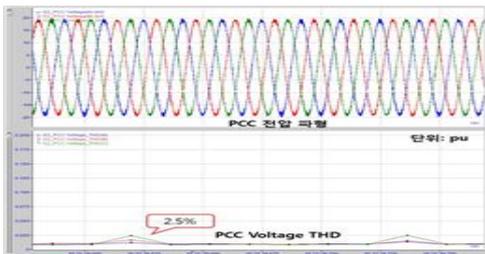


그림 5. 고조파(THD) 특성
Figure 5. THD characteristics

2.3.3 정격 유효전력 제어 시험

당사에서 개발한 HVDC 시스템은 20MW 정격으로 설계되어 있다. 그림 6은 정격운전 시험 시, 손실을 측정할 파형이다. 20MW 정격 운전이 안정적으로 수행되며, 이때

Station 변환 손실은 약 1.5%로 확인되었다.

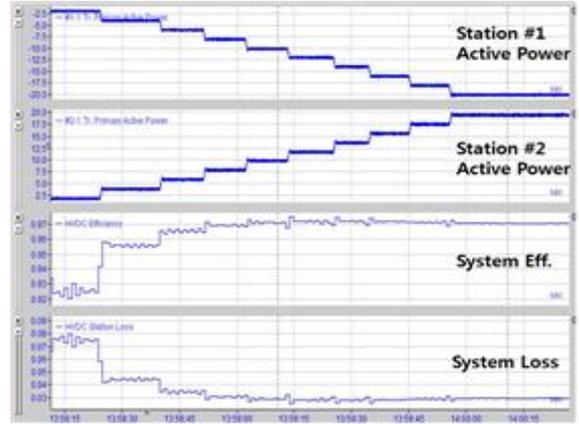


그림 6. 20MW HVDC 손실
Figure 6. HVDC losses at rated active power

3. 결론

본 논문은 제주도에 설치한 MMC type 25MVA VSC HVDC 시스템에 대한 전반적인 소개와 시험 결과를 기술하였다. 실증시험을 통해서 20MW 정격운전이 안정적으로 되는 것을 확인하였고 이때 전력 변동 응답특성, 고조파 특성, 손실 데이터를 확보하였다. 이러한 시험결과 데이터를 통해서 국내최초로 개발된 MMC type HVDC 시스템의 성능 평가가 완료되었음을 확인할 수 있다. 또한 실증시험의 경험을 바탕으로 국내 MMC type HVDC 시스템의 용량 확대 및 국산화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

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

참고 문헌

- [1] Cigre-Brazil B4 “Tutorial on VSC in Transmission Systems, HVDC & FACTS, Rio de Janeiro, Brazil”, October 6~7, 2009.
- [2] 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