

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

정종규*, 정홍주*, 유현호*, 박용희*, 이두영*
(주)효성*

Commissioning Test of the MMC(Modular Multi-level Converter) type 25MVA HVDC Pilot Project

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

ABSTRACT

본 논문은 (주)효성 중공업연구소에서 국책과제를 통해 자체 개발한 MMC(Modular Multi level Converter) type $\pm 12\text{kV}$ 25MVA HVDC 시스템에 대하여 실증단지 구축 및 commissioning test에 대한 소개를 한다. 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. 주요 AC/DC Yard 기기들은 AC 고조파 필터, 밸브리액터, DC 리액터, 변압기, CGIS등이 있다. HVDC의 commissioning test를 위해 IEEE, IEC, Cigre TB 등의 문서들을 종합 분석하여 당사의 시스템에 알맞은 시험절차서와 검증항목을 준비하였다. 본 논문에서는 당사에서 준비한 시험절차서 및 검증항목에 대하여 소개하고자 한다.

1. 서론

HVDC란 반도체 소자로 구성된 전력변환장치를 통하여 공급받은 교류전력을 직류로 변환시켜 송진한 후에 수진단에서 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 손실들이 문제가 되어 그 한계에 봉착하게 되었다. 이후 대용량 IGBT 소자의 개발과 MMC(Modular Multi level Converter) 방식의 도입으로 대용량 송진이 가능하게 되었다. MMC 방식은 모듈화된 Half Bridge 혹은 Full Bridge 인버터를 직렬로 연결하여 계단 형태의 정현화 전압을 형성한다. 따라서 직렬 연결된 모듈 개수를 조절함으로써 대용량 송진이 가능하다. 또한 기존의 2, 3 level의 높은 스위칭 주파수에 비하여 전력망 기본주파수의 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.

이와 같이 급격하게 발전하는 MMC 기술에 대해 (주)효성에서는 지난 2012년 11월부터 한국에너지기술평가원의 지원을

받아 MMC type HVDC 시스템을 개발과제를 시작하였으며, 현재까지 컨버터 및 제어시스템의 제작 및 공장시험(FAT)을 완료하였다. 또한 개발된 컨버터와 제어시스템의 검증을 위하여 제주도에 실증단지를 구축하여 시험을 준비 중에 있다.

2. 본론

2.1 25MVA HVDC 실증시스템

제주도에 설치된 25MVA HVDC 실증시스템은 11 레벨의 AC 출력 전압을 형성하는 2개의 컨버터가 Back to Back 형태로 구성되어 있으며, 각 컨버터의 AC 출력단은 각각 계통과 풍력발전단지에 연계되어 풍력발전단지에서 생산된 전력을 계통으로 전송하는 역할을 한다. 제어 시스템의 상위레벨 통신은 Ethernet 기반의 IEC61850 프로토콜을 이용하였으며, 하위 단의 통신은 고속의 Serial 통신을 이용하였다. HVDC 시스템의 제어기 검증을 위해서 그림 1과 같은 RTDS 기반의 HILS(Hardware in the Loop Simulation) 시스템을 구축하고 실증시스템에서 확인되어야 하는 시험 항목을 사전에 모의 및 검증하여 신뢰성을 확보하였다.

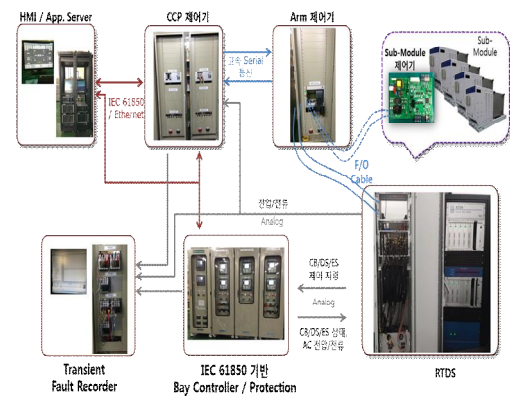


그림 1 RTDS 기반 HILS 시스템
Fig. 1 HILS System based on RTDS

2.2 25MVA HVDC Commissioning Test

HVDC 시스템은 전력변환기, 제어기, 야드기기 등으로 구성된 대용량 복합 시스템으로 실제 계통에 연계되어 운전되기 위해서는 단위 기기들에 대한 현장 설치 및 검사, 서브시스템 별 기능 검사, 컨버터 스테이션 별 동작 검사, 전체 시스템 운전

시험 등이 수행되어야 한다. 이러한 일련의 과정은 IEEE, IEC, Cigre Technical Brochure 등의 문서에 기술되어 있으며, 세부 내용에 대해서는 개발 업체에서 자체적으로 계획을 세운다. 기존의 Commissioning 관련 문서들은 대부분 전류형 HVDC를 기준으로 기술되어 있는데, 당사에서는 이러한 내용을 토대로 전압형 HVDC에 적합한 Commissioning 문서를 만들고자 하였으며, 그 결과 25MVA HVDC 시스템의 Commissioning을 위한 시험절차서와 체크시트를 준비하였다.^{[1], [2]}

2.2.1 Pre commissioning test

Pre commissioning test는 HVDC를 구성하는 주요 기기들의 설치 상태 및 기본 기능을 현장에서 확인하는 단계이다. 기기들은 설계 및 제작이 완료되어 공장 출하 전 성능 검사를 마치고 현장에 설치되지만 운송 및 설치를 거치면서 진동 및 충격, 손상 등을 입을 수 있고 기능을 상실할 위험이 있으므로 현장에 설치가 완료된 후 이러한 부분들을 확인할 필요가 있다. 당사는 그림 2와 같이 각 주요 기기들을 분류하고 기기들의 현장 설치 후 시험을 위한 시험절차서 및 체크시트를 준비하였으며, 내용을 다음과 같다.

도면을 통한 설치 상태 확인, 전력케이블 및 신호케이블 결선 확인, 절연성능 확인, 수동소자 값 확인, CT 및 PT 극성 및 턴비 확인, 접촉 저항값 확인 등이 있다.

2.2.2 Subsystem test

Subsystem test는 pre commissioning test가 완전히 완료된 후 기능 또는 물리적인 성질이 유사한 기기들을 그룹화 하여 기능을 검증하는 현장시험이다. 당사에서는 HVDC를 구성하는 주요 기기들을 그룹화 하여 총 9개의 subsystem을 정의하였으며, 정의된 subsystem의 구성 및 기능 확인을 위하여 시험절차서와 체크시트를 준비하였다.

2.2.3 Converter station test

Converter station test는 Back to Back으로 구성된 HVDC 시스템의 컨버터 단위 시험을 의미한다. 컨버터의 구성 및 용량에 따라서 DC 전원 공급장치를 이용한 시험은 적용할 수 있는데, 당사의 시스템은 pilot project로 DC 전압이 상대적으로 높지 않아 DC 전원 공급장치를 이용한 무부하 컨버터 시험을 수행하고 AC 계통전원을 이용한 시험을 이어서 진행한다.

2.2.4 Transmission test

Transmission test는 양 측 컨버터의 정상 동작이 확인된 후, 양측 컨버터 간의 DC 송전을 최종적으로 검증하는 시험을 의미한다. 양측 컨버터의 DC 링크의 전기적 연계가 최초로 이루어져 시험이 진행되는데, 저전력(<0.2p.u.) 전송 시험을 우선 수행하고 이어서 대전력 전송 시험을 이어서 진행한다. 해당 절차에서는 HVDC 시스템의 양방향 전력 전송을 확인하고 유·무효전력의 한계 용량을 확인하는 시험을 수행하여 최종적으로 HVDC 시스템의 성능을 평가한다.

3. 결론

본 논문에서는 (주)효성에서 국책과제로 개발한 25MVA HVDC 시스템의 개요 및 현장 시험(Commissioning test)에 대하여 소개하였다. HVDC 시스템의 성능을 검증하기 위한 절차와 각 절차의 시험 항목에 대한 소개 및 준비사항에 대하여 기술하였다. 이번 실증 시험의 준비 및 수행은 대응량화를 위한 발판이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE standard 1378 1997
- [2] IEC 61975

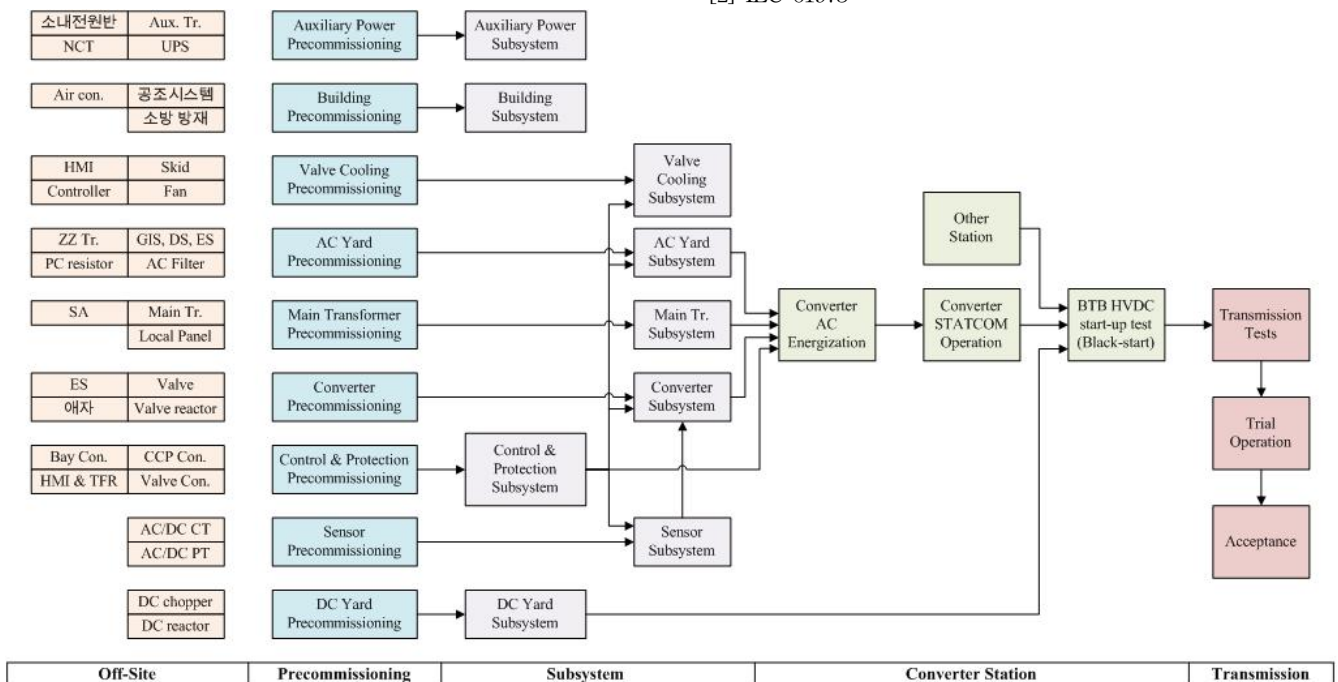


그림 2 커미셔닝 절차 구성도
Fig. 2 Commissioning test flow diagram