

# DC 80kV급 HVDC Valve 성능 검증을 위한 Type Test

송응협, 정택선, 이진희 백승택, 정용호  
LS 산전

## DC 80kV HVDC Valve Type Test for Product Reliable Verification

W.H. Song, T.S Jung, J.H. Lee, S.T. Baek, Y.H. Chung  
LS Industrial Systems

### ABSTRACT

본 논문은 DC 80kV급 전류형 HVDC Valve의 Type Test를 위하여 개발된 대전류원과 고전압 공진회로로 구성된 합성시험 설비를 소개하고 DC 80kV급 HVDC Valve의 Type Test를 통하여 Valve의 성능을 검증한다.

### 1. 서론

최근 신재생에너지의 증가로 인하여 직류송전 시스템(HVDC Transmission System)이 큰 관심을 받고 있다. 직류송전시스템은 전력변환의 형태에 따라 크게 Thyristor를 기반으로 하는 전류원(LCC) 방식과 IGBT를 기반으로 하는 전압원(VSC) 방식으로 구분한다. 특히 전류원 방식은 다수의 Thyristor를 직렬로 연결한 사이리스터 밸브 모듈(Thyristor Valve Module)이 중요한 부분을 차지하고 있다. 이러한 사이리스터 밸브는 납품하기 전 제품 성능 검증을 위하여 국제 규격인 IEC에서 요구하는 Valve Operational Test가 필요하다.

Valve 성능 검증을 위하여 IEC 규격에서 요구하는 시험은 Routine Test, Type Test(Dielectric Test/Operational Test)가 있으며, STC(Synthetic Test Circuit)라 불리는 합성시험회로는 Type Test 항목 중 Operational Test를 위한 시험 설비다. 합성시험 설비는 대전류 회로와 고전압 공진 회로로 구성되어 있으며 사이리스터 밸브 모듈의 실제 동작 조건과 동일한 전압/전류 스트레스를 인가한다.

본 논문에서는 자체 개발한 합성시험설비를 소개하고 IEC에서 요구하는 Operational Test 항목을 시험하여 80kV급 HVDC Valve의 성능을 검증하였다.

### 2. 합성시험 설비 구성 및 IEC 시험 항목 소개

#### 2.1 회로 구성

그림 1은 합성시험 설비의 전체 회로를 나타낸다. 대전류원 회로는 6 pulse Back to Back 컨버터로 구성되어 있으며 시료 밸브의 도통 구간에서 전류 스트레스를 인가한다. 고전압원 회로는 고전압 설비와 공진회로로 구성되어 있으며 시료 밸브의 비도통 구간에서 공진을 이용하여 교류 전압 스트레스를 인가한다. 또한 임펄스성 전압에 대한 보호 동작 시험을 위하여 시료 밸브에 임펄스 발생기가 연결된다. 그림 2는 합성시험을 위

한 Test Valve를 나타낸다.

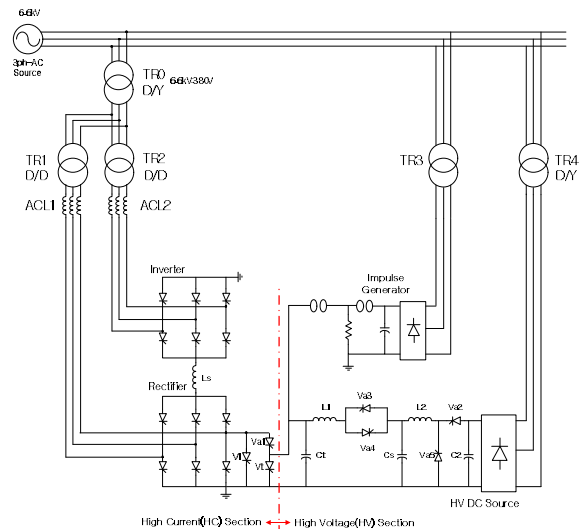


그림 1 합성시험 설비 단선도

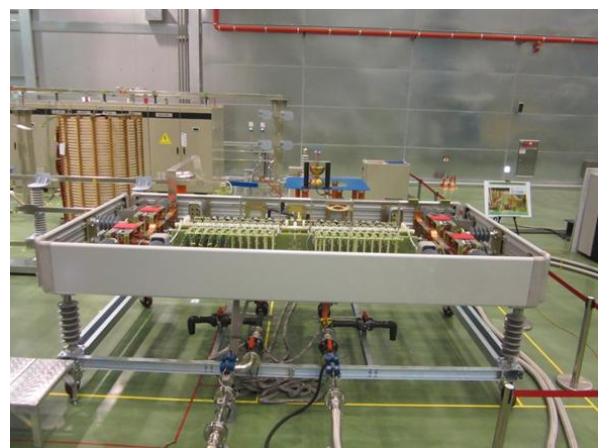


그림 2 80kV HVDC Thyristor Valve Module

#### 2.2 IEC Operational Test 시험항목

표 1은 국제 규격인 IEC에서 요구하는 HVDC Valve Operational 시험 항목이다. Valve에 인가하는 시험 전압/전류 및 환경 조건은 IEC 규정에서 상세히 다루고 있다. 시험항목

11(Valve Fault Current Tests)은 매우 큰 시험 전류가 필요하여 일반적으로 단락발전기를 이용하여 시험한다. 따라서 합성 시험 설비에서는 시험항목 11은 제외한다.

table 1. IEC 60700 1 Operational Test Lists

Operational tests (periodic firing and extinction tests)	시험대상
<b>9.3.1 Maximum continuous operating duty tests</b>	Valve or Valve-section
9.3.1.1 Maximum continuous firing voltage test	
9.3.1.2 Maximum continuous recovery voltage test	
9.3.1.3 Heat-run test	
<b>9.3.2 Maximum temporary operating duty test (<math>\alpha=90^\circ</math>)</b>	Valve or Valve-section
<b>9.3.3 Minimum AC voltage tests</b>	Valve or Valve-section
9.3.3.1 Minimum delay angle test	
9.3.3.2 Minimum extinction angle test	
<b>9.3.4 Temporary under voltage test</b>	Valve or Valve-section
<b>9.3.5 Intermittent direct current tests</b>	Valve or Valve-section
<b>10 Tests with transient forward voltage during recovery period</b>	<b>Valve or Valve-section</b>
<b>11 Valve fault current tests</b>	Valve or Valve-section
11.1 One-loop fault current test with re-applied forward voltage	
11.2 Multiple-loop fault current test without reapplied forward voltage	

### 3. 시뮬레이션 및 시험 결과

그림3,4는 Operational 시험 중 대표적인 시험항목에 대한 시뮬레이션 파형을 나타낸다. 그림 3은 Operational Test 항목 중 기본 동작 시험인 Maximum continuous operating duty test 시뮬레이션 파형을 나타낸다. 그림4는 과도 구간에서의 동작 시험인 Maximum Temporary Operating Duty Test 항목에 대한 시뮬레이션 파형을 나타낸다.

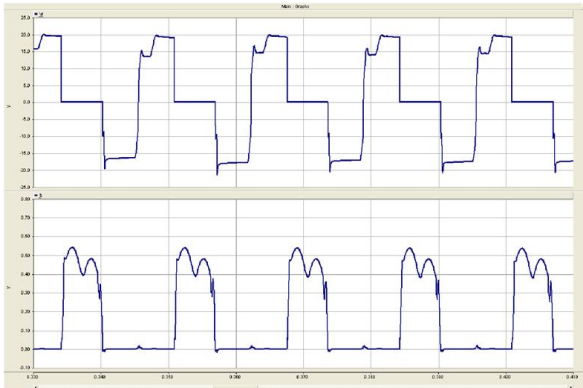


그림 3 Simulation - Maximum continuous operating duty test

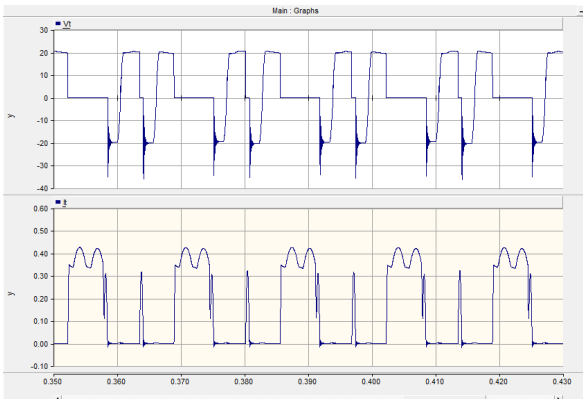


그림 4 Simulation - Maximum Temporary Operating Duty Test

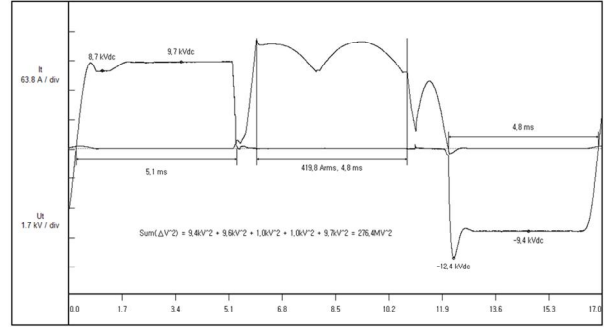


그림 5 Test waveform - Maximum continuous operating duty test(Pre-Heating Mode)

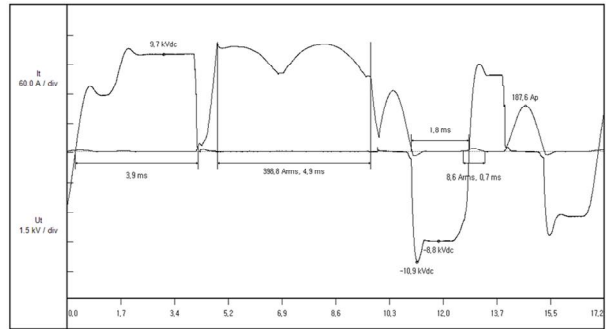


그림 6 Test waveform - Maximum Temporary Operating Duty Test(Test mode)

그림 5, 그림 6은 합성시험설비의 DAQ 측정 시스템으로 측정된 시험 결과 파형을 나타낸다.

### 4. 결론

본 논문은 전류형 80kV급 HVDC Valve에 대하여 제품의 성능을 검증하기 위한 합성시험회로에 대하여 기술하였다. 기술한 합성시험회로에 대하여 시뮬레이션으로 동작에 대한 검증을 하였으며 제작을 통하여 구현하였다. 또한 80kV Valve 개발품에 대하여 IEC에서 요구하는 모든 시험항목을 통과함으로써 제품의 성능 검증을 완료하였다.

### 참고 문헌

- [1] Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission Part 1: Electrical testing, IEC60700 1
- [2] B.L. Sheng E. Jansson A. Blomberg H O Bjarme D. Windmar. "A New Synthetic Test Circuit For the Operational Tests of HVDC Thyristor Modules" Paper presented at IEEE PELS APEC2001 Conference on March 04 08, 2001, at Anaheim, USA. Conf. Proceedings pp.1242 1246.
- [3] 송용협, 백승택, 이육화, 정용호, "HVDC Valve Operational Test를 위한 STC 제어기 설계", 2013년 전력전자 하계학술대회