

HVDC 케이블의 전기적시험 평가회로 구성

안용호*, 장태인*, 양병모*, 김종채**, 전승익***, 김정년***, 최창열***
 한전전력연구원*, 한국전력공사**, LS전선 중앙연구소***

Electrical Test Circuit for HVDC Cable

Yong-Ho An*, Tae-In Jang*, Byeong-Mo Yang*, Jong-Chae Kim**, Seung-Ik Jeon***, Jeong-Nyoun Kim***,
 Chang-Youl Choi***

KEPRI*, KEPCO**, Electric Power R&D Center, LS Cable Ltd.***

Abstract - 1970년대 이후 반도체 기술의 발달로 싸이리스트 밸브가 기존의 수은방전밸브를 대체 하면서 HVDC 기술이 급격히 향상되고 교류송전에 비해 직류송전이 갖는 여러 가지 이점 때문에 최근 HVDC 송전이 점점 증가하고 있는 추세에 있다. 본 논문에서는 2000년에 발표된 CIGRE 189의 "800kV급까지의 HVDC 송전케이블의 전기적 평가 권고안"에 준하여, HVDC해저케이블의 전기적 평가를 위한 극성반전시험 및 임펄스 중첩시험을 해석을 통하여 모의하고 전기적 시험회로의 설계 및 구성한 후 평가한 결과에 대해서 설명한다.

1. 서 론

1954년 스웨덴 본토와 발틱해의 고트랜드사이에 처음 포설된 이래로 HVDC 케이블 포설 및 송전용량은 꾸준히 증가하고 있다. 특히 1970년대 이후 반도체 기술의 발달로 싸이리스트밸브가 기존의 수은방전밸브를 대체 하면서 HVDC 송전기술이 급격히 향상되었고 교류송전에 비해 직류송전이 갖는 여러 가지 장점은 HVDC 송전의 증가를 가속화하고 있다.[1]

이러한 HVDC 송전기술은 케이블의 제조[2]와 포설, 교류와 직류의 상호 변환을 가능하게 하는 전력변환기술등 여러 가지 분야가 결합된 기술분야 라고 할 수 있다.

한편, 최근의 송전전압은 초고압화 경향으로 현재 국내에서는 765[kV] 가공송전이 시운전중에 있다. 지중 및 해저 케이블 역시 송전용량의 증가에 따라 초고압화 경향으로 옮겨가고 있고 해저에 많이 포설되고 있는 HVDC 케이블 또한 초고압화 경향을 띄고 있다.

따라서, HVDC케이블 및 접속함의 전기적 시험평가방법도 송전전압의 증가에 따라 개정 되었다.

본 연구에서는 CIGRE 189의 "800kV급까지의 HVDC 해저케이블의 전기적 평가 권고안"에[3]에 근거하여 전기적 시험을 진행하는데 있어서 극성반전시험 및 중첩 임펄스 시험설비를 구축하여 평가하였다.

2. 본 론

2.1 전기적 평가 권고안

표1에 CIGRE 189의 전기적 평가권고안 중 본 연구에서 다루고자하는 고전압 임펄스 중첩시험 부분을 표시하였다.

<표 1> HVDC 케이블의 전기적 평가권고안, CIGRE 189.

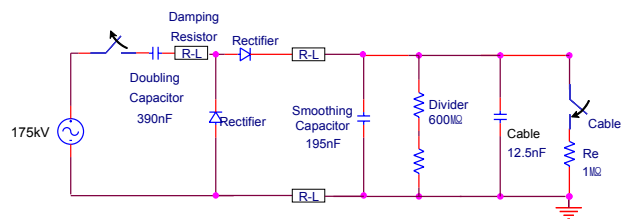
시험 항목	시험 방법
부하주기시험 (Loading Cycle Test)	도체와 쉬스(sheath)사이에 +DC(=1.8U ₀ *) 10주기, -DC(=1.8U ₀) 10주기의 과통전 시험을 실시, 이 때 1주기는 8시간의 도체가열과 16시간의 냉각으로 구성
극성반전시험 (Polarity Reversal Test)	부하주기시험 후 +DC(=1.4U ₀), -DC(=1.4U ₀)의 전압을 4시간 간격으로 극성 반전 시키는 과통전시험을 10주기 동안 실시, 이 때 1주기는 8시간의 도체가열과 16시간의 냉각으로 구성. 극성반전 시간은 2분내 수행함.
임펄스중첩시험 (Switching Surge*)	극성반전 시험후 -DC(U ₀)전압을 2시간 인가한 후, 전압이 인가된 상태에서 10회의 (+) 임펄스 전압(U _{p2} =1.15×SSL)을 2분 이상 간격으로 인가. 같은 방법으로 +전압에 대한 (-) 임펄스 전압(U _{p2} =1.15×SSL) 인가 시험 실시
임펄스중첩시험 (Lighting Impulse*)	극성반전 시험후 -DC(U ₀)전압을 2시간 인가한 후, 전압이 인가된 상태에서 10회의 (+) 임펄스 전압(U _{p1} =1.15×LIPL)을 2분 이상 간격으로 인가. 같은 방법으로 +전압에 대한 (-) 임펄스 전압(U _{p1} =1.15×LIPL) 인가 시험 실시

- * U₀ : 케이블 운전전압 (250kV)
- * Switching Surge Test waveform : time to crest T_{CR}=250μs±20%, time to half value T₂=2500μs±60% by IEC 60 & 230
- * Lighting Impulse Test waveform : time to crest T₁=1-5μs, time to half value T₂=50±10μs by IEC 60 & 230

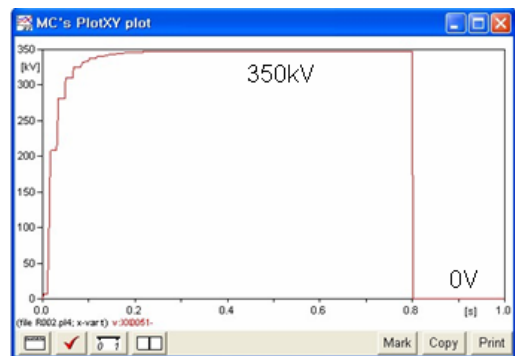
고전압 임펄스 중첩시험의 목적은 직류고전압으로 운전되고 있는 HVDC 케이블에 스위칭 썬(Switching Surge) 또는 뇌 임펄스(Lighting Impulse)가 침입시 케이블의 이상 유무를 시험하기 위한 것이다. 표1에서와 같이 부하주기시험>Loading Cycle Test), 극성반전시험(Polarity Reversal Test), 중첩임펄스 시험시 필수적으로 정극성 및 부극성 출력을 낼 수 있는 내압기가 필요하며, 특히 극성반전시험에는 2분안에 정극성에서 부극성으로 극성반전이 가능한 고전압 직류 발생기가 있으면 가능한 시험들이다. 하지만 임펄스 중첩시험은 고전압 직류발생기와 고전압 임펄스 발생기가 있어야 하고 이들을 적절히 조합하여 원하는 파형과 크기의 중첩 전압을 발생시키는 회로를 구성하여야 한다. 따라서 고전압 직류발생기와 고전압 임펄스 발생기의 출력전압을 모듈별로 모의시험하고 2개의 모듈을 적절히 조합하여 원하는 출력을 발생시키는 회로구성의 가능성을 시험한다.

2.2 극성반전시험

극성반전 시험시 2분내 방전을 시키기 위해서 적절한 방전저항의 설계가 필요하였다. 그림 2와 같은 시뮬레이션 회로에서 방전저항 1MΩ를 설치하였을 경우 각 소자에서 발생하는 과전압을 해석하였으며 용량이 충분한가를 검토하였다. 그림 3은 극성반전시 케이블에 인가되는 전압파형을 나타낸 것이다.



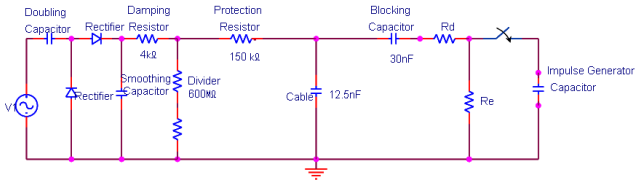
<그림 2> 극성반전 시험회로



<그림 3> 극성반전시 케이블에 인가되는 전압

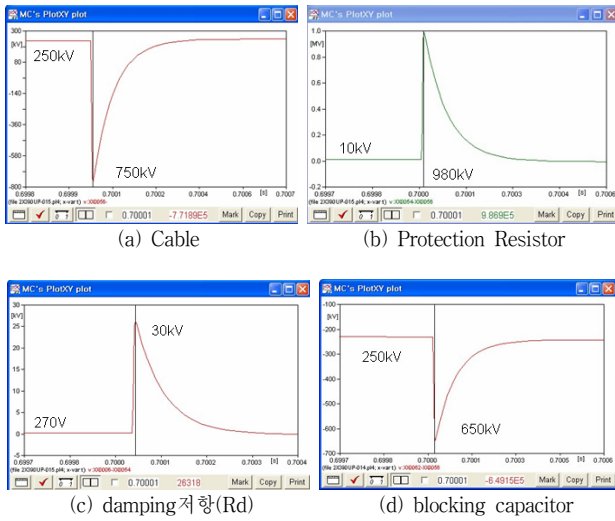
2.3 중첩임펄스 시험

중첩 임펄스 시험을 위해서는 커플링커패시터 및 보호저항의 설계가 필요하며 그림 4와 같이 구성하여 모의를 하여 두 소자의 스펙을 결정하였다.



〈그림 4〉 중첩 임펄스 회로

시뮬레이션 결과 각 소자 및 시료에 걸리는 전압은 아래 그림 5와 같이 설비에 문제가 없음을 규명하였다.



〈그림 5〉 중첩임펄스 시험시 각 소자의 과전압

3. 결 론

본 논문에서 HVDC 케이블의 전기적 평가를 위해 DC시험평가방법에 대해서 시뮬레이션하고 설비스펙을 결정하여 제작하고 시험평가하여 시험방법을 정립하고 HVDC 해저케이블 전기적 시험시 이용하였으며 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. Electra 189에 따라 부하주기, 극성반전, 중첩임펄스 시험을 위해 방전저항, 커플링커패시터, 보호저항 등을 제작하여 기준설비를 이용하여 DC평가방법을 정립하였다.
2. 제작된 부품으로 DC평가회로를 구성하여 HVDC 해저케이블 전기적 시험을 성공적으로 수행할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 안정식, 이석진, 신진철, 김찬기, "HVDC 기술동향", 전력전자학회지, Vol. 8, No. 3, pp17-21, 2003
 [2] M.J.P. Jeroense, F. H. Kreuger, "Electrical Conduction in HVDC mass-impregnated Paper Cable" IEEE Trans. on Dielectrics and Insulation. Vol. 2, No. 5, pp718-723, 1995
 [3] "Recommendations For Tests Of Power Transmission DC Cables For Rated Voltage Up To 800 kV" Electra No. 189, pp39-55, Apr. 2000